

В александровском комплексе на Южном Урале, а также няртинском и харбейском комплексах на севере Урала, древнейшие возрастные определения превышают 2.2 млрд. лет, но надежно обоснованный возрастной рубеж метаморфизма гранулитовой фации определяется цифрами около 2,1 млрд лет [1]. Полиметаморфизм амфиболитовой и эпидот-амфиболитовой фаций проявился в интервале 1,9 – 1,65; около 1,4; 1,25 – 0,9 и 0,7 – 0,55 млрд. лет назад (за исключением александровского комплекса, где в цирконовой хронометрии не выделяется поздний из перечисленных этапов метаморфизма).

На п-ве Канин из гнейсов микулкинского комплекса проанализированы цирконы третьего морфотипа. Получено три возрастных интервала: 1994 – 1764, 1372 – 1338 и 1260 – 1080 млн лет, которые согласуются с возрастом постгранулитовых процессов метаморфизма в породах александровского комплекса. Максимальные уровни метаморфизма в породах микулкинского комплекса отвечали амфиболитовой фации умеренных давлений [5].

Таким образом, в пределах Западной тектонической зоны Урала наиболее древние датировки (2,6; 2,1 – 1,7 млрд лет) имеют метаморфогенные цирконы из пород тараташского комплекса. История метаморфизма пород других древнейших комплексов Западной тектонической зоны Урала началась на рубеже 2,1 млрд лет назад или несколько ранее. В породах александровского комплекса Южного Урала и микулкинского комплекса п-ва Канин поздние генерации цирконов датируются интервалом 1,25 – 0,9 млрд лет, а в породах полиметаморфических комплексов севера Урала (няртинском и харбейском) – 0,7 – 0,55 млрд лет.

Цирконовые даты, отвечающие возрасту каледонского и герцинского этапов развития Канино-Тимано-Уральского региона, установлены только в гнейсовых комплексах Восточной тектонической зоны Урала.

Литература

1. Пыстина Ю.И., Пыстин А.М. Цирконовая летопись уральского докембрия. Екатеринбург: УрО РАН, 2002. 168 с.
2. Пыстин А.М., Пыстина Ю.И. Структура, метаморфизм и возраст докембрийских образований полуострова Канин и Северного Тимана // Проблемы геологии и минералогии. Сыктывкар: Геопринт, 2006. С. 176–194.
3. Краснобаев А.А. Циркон как индикатор геологических процессов. М.: Наука, 1986. 152 с.
4. Ленных В.И. Метаморфические комплексы западного склона Урала // Доордовикская история Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1980. С. 3–40.
5. Lorenz H., Pystin A.M., Olovyannichnikov V.G., Gee d.G. Neoproterozoic high - grade metasmorphism of the Kanin Peninsula, Timanid Orogen, northern Russia // The Neoproterozoic Timanide Orogen of Eastern Baltica. Geological Society Memoirs, № 30. London: Publ. by the Geological Society, 2004. P. 59–68.

Медно-благороднометальная минерализация в докембрийских клинопироксенитах на Полярном Урале

Пыстин А.М.¹, Пыстина Ю. И.¹, Потапов И. Л.¹, Ронкин Ю. А.²

¹Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар, e-mail: pystin@geo.komisc.ru

²Институт геологии и геохимии УрО РАН, г. Екатеринбург

Территория Полярного Урала традиционно рассматривается перспективой на выявление месторождений высокотемпературных платиноидов, связанных с хромитсодержащими офиолитами. Лишь в последние годы здесь появились предпосылки для обнаружения платино-палладиевой минерализации в аналогах магматитов Платиноносного пояса Урала и других магматических комплексах. Первая находка нового для Полярного Урала генетического типа проявления минералов платиновой группы (МПГ) была сделана в 2002 году при проведении групповой геологической съемки масштаба 1:200 000 в бассейне р. Мал. Хараматалоу. Рудопоявление получило название Озерное. По данным [1] в малосульфидных золото-палладий-платиновых рудах содержания меди – до 1,41%,

золота – до 2,15 г/т, палладия – до 1,66 г/т, платины – до 0,26 г/т. Был сделан вывод о принадлежности рудопоявления Озерное к волковскому (баронскому) типу [1,2].

Полевые исследования, проведенные в 2007 г., показали, что вмещающие медно-благородно-метальное оруденение магматиты верлит-клинопироксенитового ряда слагают небольшой массив (1,0×4,0 км) среди габброидов, входящих в состав Войкаро-Сыньинской офиолитовой ассоциации. В разрезе массива преобладают клинопироксениты. Контакты клинопироксенитового массива с габброидами тектонические. Структурный план массива резко дискордантный (северо-западный) по отношению к общеуральскому (северо-восточному) простиранию окружающих пород. Учитывая, что северо-западная ориентировка в рассматриваемом районе присуща структурно-вещественным комплексам доуралид, мы предполагаем, что рудовмещающие клинопироксениты представляют собой фрагмент докембрийского основания уралид.

Изучение руд с помощью высокоразрешающего электронного микрозонда JSM-6400 с энергодисперсионным спектрометром ISIS LINK и волновым спектрометром Microspex (Институт геологии Коми НЦ УрО РАН) показало, что благородные металлы образуют интерметаллоиды в системах Au-Cu, Au-Pd-Cu и Au-Ag, а также представлены соединениями Pd с Te, Bi и Sb [3].

В результате выполненных нами исследований [4,5 и др.] число обнаруженных минеральных видов благородных металлов в настоящее время составляет около двух десятков.

С целью уточнения содержаний полезных компонентов в породах и более обоснованного представления о распределении благородных и редких металлов в породообразующих минералах был выполнен микроэлементный анализ проб методом HR/ICP-MS. В результате минералогических и геохимических исследований было установлено, что во всех породообразующих силикатах, как первичных (оливин, клинопироксен), так и вторичных (амфибол, серпентин, хлорит) отсутствуют значимые содержания благородных и цветных металлов, а также других редких элементов. Все они концентрируются в первичных рудных минералах.

Наличие в магнетите примеси титана, хрома и магния доказывается присутствием в продуктах распада этого минерала ильменита и шпинели, иногда титанита. В ильменитах и титанитах отмечается примесь хрома и ванадия. Эти элементы, вероятно, наследуются новообразованными минералами из первичного магнетита.

Fe-Ni-Co сульфиды (кобальтовые виолариты) образуют пятна и отдельные зоны в первичном пирротине или находятся с ним в сростках. Установлены также полные псевдоморфозы виоларитов по кобальтовым пентландитам. Эти факты свидетельствуют, что в рудах проявления Озерное первичные Ni-Co минералы, представленные, вероятно, рядом пентландит ($\text{Ni}_5\text{Fe}_4\text{S}_8$) – кобальт-пентландит (Co_9S_8) имели довольно широкое распространение. Большая часть Fe-Ni-Co сульфидов, имеющих состав маложелезистых кобальтовых виоларитов, образует самостоятельные минеральные выделения и отмечается в тесной ассоциации со вторичными рудными минералами и силикатами, чаще всего с магнетитом и халькопиритом поздней генерации, а также серпентином. Учитывая, что все первичные сульфиды меди и железа, а также цинка (халькопирит, пирротин, кубанит, борнит, сфалерит) имеют постоянную примесь кобальта и никеля и, в то же время, эти же сульфиды в новообразованных минеральных ассоциациях (с магнетитом поздней генерации, серпентином, хлоритом) стерильны в отношении элементов-примесей, можно утверждать, что процессы серпентизации приводят не только к перераспределению, но и к повышению концентрации минералов кобальта и никеля в рудах.

Минералы платиновой группы могут встречаться в разных минеральных ассоциациях, вероятнее всего, формирующихся на разных этапах длительной и сложной эволюции процессов рудообразования [6]. Тем не менее, в изученных нами пробах практически все минеральные образования благородных металлов ассоциируются с халькопиритом поздней генерации и серпентином и залегают трещинки в той или иной степени измененных первичных силикатах. Состав минералов платиновой группы, среди которых преобладают арсениды, а также имеются соединения с Bi, Te и Sb, являются еще одним свидетельством относительно позднего образования платиноидов, когда накапливаются наиболее энергетически выгодные и устойчивые соединения благородных металлов. Вышесказанное относится также к золоту и серебру, которые обнаруживают теснейшую связь с минералами платиновой группы.

По аналогии с Co-Ni минерализацией можно предположить, что низкотемпературные процессы, связанные, прежде всего, с серпентизацией пород привели не только к перераспределению благородных металлов, но и к их концентрации.

Для проверки этого предположения был выполнен микроэлементный анализ концентратов серпентина и магнетита методом HR/ICP-MS.

Смысл выделения концентратов этих минералов заключался в том, что, судя по микрозондовым исследованиям, минералы благородных металлов, также как и Co-Ni сульфидов, ассоциируются с серпентином и новообразованными рудными минералами. Если это верно, то по крайней мере некоторые пробы серпентина и магнетита (к сожалению, невозможно выделить в чистом виде магнетит поздней генерации) должны быть обогащены благородными металлами и редкими металлами группы железа, микровключения которых могут сохраниться в продуктах магнитной и гравитационной сепарации.

В результате было установлено, что в отдельных пробах серпентина в сравнении с породой отмечается повышение содержаний палладия, кобальта и никеля. В магнетите в сравнении с породой возрастают концентрации платины, палладия, кобальта, никеля и золота. В электромагнитной фракции (после отделения из протоочки магнитных минералов) содержания элементов в основном такие же, как и в породе в целом.

Расчеты коэффициентов парной корреляции значимых для изучаемых руд элементов показывают, что наблюдается обычная для сульфидных медно-благороднометалльных руд положительная корреляция золота и серебра с медью. В то же время корреляция элементов группы платины с медью отсутствует, как отсутствует корреляция элементов и внутри платиновой группы. Обращает на себя внимание относительно высокое значение коэффициента корреляции палладия с серебром, платины с золотом и никеля с медью и всеми благородными металлами. При положительной корреляции титана с ванадием отчетливо виден антогонизм этих элементов с медью и благородными металлами.

Расчет коэффициентов парной корреляции между элементами в продуктах магнитной сепарации пород (серпентина и магнетита) свидетельствует, что отмеченные выше связи при низкотемпературном изменении руд в целом сохраняются.

Приведенные выше данные подтверждают ранее полученные результаты сотрудниками Ямальской горной компании, указывающими на отсутствие явной связи между платиноидами и сульфидами меди. Относительно высокая степень корреляции никеля со всеми благородными металлами может указывать на то, что не только сульфиды меди, как это установлено для большинства платинородных объектов в базит-ультрабазитовых комплексах, но и сульфиды, содержащие никель (прежде всего пентландиты), могут концентрировать значительное количество платиноидов. Отсутствие корреляции платины с палладием может быть свидетельством того, что механизмы концентрации этих элементов при рудогенезе имеют определенные различия.

Литература

1. Котельников В.Г., Романова Н.В. Новый тип медного платино-золото-палладиевого оруденения на восточном склоне Полярного Урала/ Геология и минеральные ресурсы европейского северо-востока России: Материалы XIV Геологического съезда Республики Коми. Т. IV. Сыктывкар: Геопринт, 2004, с. 40–42.
2. Малых О.Н. Новый тип платинородного оруденения на территории Полярного Урала // Геология и минеральные ресурсы европейского северо-востока России: Материалы XIV Геологического съезда Республики Коми. Т. IV. Сыктывкар: Геопринт, 2004, с. 58–61.
3. Медно-золото-палладиевая минерализация в ультрабазитах Войкаро-Сынинского массива на Полярном Урале/ С.К. Кузнецов, В.Г. Котельников, С.А. Онищенко, В.Н. Филиппов// Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН, № 5. 2004. С. 2–4.
4. Состав и распределение минералов благородных и редких металлов в породах рудопроявления Озерное (Полярный Урал) / А.М. Пыстин, Ю.И. Пыстина, В.В., Терешко и др. // Алмазы и благородные металлы Тимано-Уральского региона. Сыктывкар: Геопринт, 2006. С. 210–211.
5. Некоторые особенности минералогии рудных минералов Cu-Pd-Pt-Au проявления Озерное на Полярном Урале / Ю.И. Пыстина, С.А. Онищенко, В.В., Терешко // Алмазы и благородные металлы Тимано-Уральского региона. Сыктывкар: Геопринт, 2006. С. 211–213.
6. Минералы благородных металлов: Справочник. М.: Недра, 1986. 272 с.