

что конкреции оказываются более поздними образованиями, чем вмещающие их породы. Их форма обусловлена механизмом роста, определяющимся разницей потенциалов флюидного давления. В образовании конкреций значение имеют состав и свойства вмещающей породы, ее проницаемость для флюида, а также способность к отложению и переотложению вещества.

Вариации состава и локализация конкреционных образований, тесно связанных с породами вулканогенно-осадочной формации, свидетельствуют о типовом геодинамическом режиме развития. Планируемые дальнейшие исследования будут способствовать повышению детальности оконтуривания и эффективности локального металлогенического прогнозирования рудоносных вулканотектонических структур.

Литература

1. Ахмедов А.М. Бассейны черносланцевой седиментации раннего протерозоя Балтийского щита (этапы развития, режимы седиментации, металлоносность) // Дисс. на соиск. док. геол. мин. наук. Санкт-Петербург, 1997.
2. Горбачев О.В. Кремнистые породы углеродистых формаций и их геохимические особенности // Литол. и полезн. ископаемые. 1985. № 3. с. 111-119.
3. Зарицкий П.В. Конкреции и значение их изучения при решении вопросов угольной геологии и литологии. Харьков, 1985, 177 с.
4. Македонов А.В. Конкреции как индикаторы различных типов форм залегания и концентрации органического вещества // Конкреции и конкреционный анализ нефтегазоносных формаций. Тюмень, 1983. С. 9–12.
5. Негруца В.З., Негруца Т.Ф. Методические принципы и историко-геологическое значение конкреционного анализа глубокометаморфизованных отложений докембрия // Осадочная геология глубокометаморфизованных комплексов докембрия. Л., Наука, 1989. С. 25–35.
6. Неручев С.Г. Уран и жизнь в истории Земли. Л., 1982. 208 с.
7. Светов А.П., Свириденко Л.П. Стратиграфия докембрия Карелии. Сортавальская серия свекокарелид Приладожья. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 1992. 152 с.

Новые промышленные типы комплексных руд благородных и цветных металлов в докембрии восточной части Балтийского щита

Петров О.В., Шевченко С.С., Ахмедов А.М.

ФГУП «ВСЕГЕИ», г. Санкт-Петербург, e-mail: Anver_Ahmedov@vsegei.ru

В связи с постепенным истощением недр, встает вопрос об изменении стратегии развития минерально-сырьевой базы России. Стратегия прироста запасов, базирующаяся на традиционных типах рудных месторождений постепенно смещается в сторону выявления новых нетрадиционных типов промышленного оруденения, которое при сравнительно невысоких рудных концентрациях металла отличается большими объемами рудной массы и ее комплексным составом. Так, например, в Китае последние десять лет сделана ставка на выявление в докембрии различных типов комплексного промышленного оруденения, связанного с развитием в зеленокаменных поясах и мобильных зонах архея зон милонитизации и метасоматической переработки вмещающих комплексов. Это позволило Китаю увеличить свои запасы цветных и благородных металлов в три раза. В период с 1995 – 2007 год только по меди были увеличены запасы на 7 млн. тонн и планируется превысить мировой уровень добычи меди, доведя его к 2025 г. до 16 млн. тонн металла [4]. Основная ставка делается на поисковые работы выполняемые на площадях, сложенных амфиболитами и гнейсами архея, где доминируют процессы милонитизации, низкотемпературного метасоматоза и развиты горизонты массивных колчеданных руд. В северо-восточном Китае, в районе Хонгтоушань, выявлено более 30-ти тел массивных колчеданных руд с полиметальной специализацией, залегающих среди амфиболитов, содержащих биотит, хлорит и скаполит. Колчеданные руды существенно милонитизированы и в зонах дробления присутствуют рудные тела со средним содержанием меди – 11%, золота – 1,74 г/т, серебра 235 г/т. Учитывая значительную протяженность рудных тел и их мощность, такое проявление в перспективе оценивается как крупное месторождение комплексных медь-благороднометалльных руд [2].

Аналогичная тенденция отмечается во всех промышленно развитых горнодобывающих регионах мира и, особенно, в северной части Канадского, Балтийского щитов и Гренландии. В северо-западной части Гренландии (Земля Инглефельд) выявлены мощные (до 200 м) и протяженные (до 5 км) зоны милонитизации и метасоматоза северо-восточного. простирания, развитые среди гранатовых амфиболитов и биотит-амфиболовых гнейсов [5]

В зонах метасоматоза располагаются лентовидные горизонты массивных колчеданных руд, протяженностью до 800 м и мощностью 20-30 м. Зоны милонитизации подчеркиваются развитием красно-коричневого биотита, серицита, хлорита и скаполита. Для колчеданных руд определяющим комплексом металлов являются золото, медь, цинк, никель, молибден. При этом главными составляющими руд являются золото со средним содержанием 1,4 г/т, медь – 0,3%, серебро – 3,1г/т, палладий – 0,3 г/т. С учетом значительного объема колчеданных залежей и вмещающих их метасоматитов рудный узел Инглефельд оценивается как крупное месторождение комплексных медь-благороднометалльных руд.

Месторождения комплексных медно-никелевых благороднометалльных руд, связанные с метасоматитами наиболее успешно разведываются в Северной Финляндии и Норвегии (зеленокаменные пояса Каутокейно, Карасйокки, Киттеля). Часть из них (месторождение Кейвитса) уже сдано в эксплуатацию в 2006 г. Канадская горнорудная компания Scandinavian Mineral Ltd. в 2006 году выполнила оценку ресурсов этого месторождения, расположенного в зеленокаменном поясе Киттеля (вблизи Рованиеми). Выявленные ресурсы месторождения до глубины 300 м составили 86 млн. т руды, содержащей в среднем: 0,31% никеля, 0,44% меди, 0,15 г/т золота, 0,21 г/т палладия и 0,32 г/т платины (или запасы 266,6 тыс.т. никеля, 378,4 тыс.т. меди, 12,9 т золота, 18,1 т палладия и 27,5 т платины). До глубины 1000 м ресурсы месторождения увеличиваются более чем в два раза. Месторождение будет эксплуатироваться открытым способом, с ежегодной добычей 3,5 млн. т руды, из которой будут получать никель-медь-благороднометалльные концентраты. Месторождение Кейвитса представляет собой ультраосновной – основной массив площадью до 5 кв. км с оливинитовой и габбровой зонами. Однако, массив нацело изменен наложенными метасоматическими процессами, приуроченными к зонам милонитизации, брекчирования. Главными минералами метасоматитов являются коричневый биотит, хлорит, актинолит и скаполит. Близкий по типу и характеру изменения массив габбро-перидотитов располагается в Южной Финляндии (месторождение Юва), где бедная никель-медная минерализация ассоциирует с повышенными концентрациями золота и платиноидов, при этом характер метасоматических изменений остается таким же, как и в месторождении Кейвитса.

Общей особенностью указанных выше типов месторождений является масштабное проявление характерного метасоматоза, связанного с поздне Svecofennian эпохой активизации (1,75–1,7 млрд. лет). Как правило, метасоматические процессы контролируются разрывными зонами, зонами милонитизации и выделяются низкотемпературной ассоциацией минералов: красно-коричневым биотитом, хлоритом, актинолитом и скаполитом. Предполагается, что основную рудогенерирующую роль в возникновении рудных концентраций цветных и, особенно, благородных металлов играет хлор-натровый метасоматоз, где хлор является главным транспортером металлов, извлекаемых из вмещающих кристаллических комплексов. Обязательным условием развития благороднометалльных метасоматитов является пространственная близость их с полями развития слюдоносных, керамических и редкометалльных метасоматитов. Все это подтверждается данными, полученными по раннему докембрию Канадского, Балтийского щитов, Гренландии и Северо-Восточного Китая. На Балтийском щите выделяются две субширотные зоны развития хлор-натрового метасоматоза. Одна южная проходит через зону Шелефтео-Раахе – Северное Приладожье; вторая протягивается от Карасйокки, Киттеля к Куусамо и Лоухской площади, охватывая всю северо-западную часть беломорского мобильного пояса.

Приведенные выше данные дополняются нашими материалами, полученными по результатам поисковых работ на Лоухской площади (Керетьско-Климовская и Чкаловско-Оленеостровская рудные зоны). Наиболее перспективна Керетьско-Климовская рудная зона, где впервые выявлены горизонты благороднометалльных метасоматитов, развитые по амфиболитам – производным от габбро, пироксенитов, габбро-норитов. Каждый горизонт метасоматитов включает линзу массивных

колчеданных руд. Метасоматиты и колчеданные руды в целом выделяются аномальными концентрациями никеля, меди, кобальта и цинка, имеют золото-платино-палладиевую специализацию и могут рассматриваться как рудные тела.

В пределах Керетьско-Климовской рудной зоны выделено шесть согласно залегающих, протяженных горизонтов рудоносных метасоматитов, имеющих комплексную медно-никелевую и золото-платино-палладиевую специализацию. При сравнительно невысоких средних содержаниях МПГ (Pd – 0,23 г/т, Pt – 0,16 г/т), Au (0,3 г/т) и цветных металлов (Ni – 0,28%, Cu – 0,26%), они имеют значительную протяженность (свыше 9 км), прослежены по падению на расстояние свыше 2 км при средней мощности 30 м. В пределах узла также выявлены вертикальные секущие золоторудные зоны, в которых отмечаются высокие содержания золота: в штучных пробах до 48,6 г/т, в борздовых пробах на интервал 1 м – до 7,72 г/т.

Тела метасоматитов и сульфидных руд образуют в совокупности тип комплексного большеобъемного месторождения цветных и благородных металлов, в котором максимальные значения составляют: Pd – 1,4 г/т, Pt до 0,3 г/т, Au до 0,6 г/т, Ni – 0,5%, Cu до 1%.

Технологическое испытание пород благороднометалльных метасоматитов Керетьско-Климовской рудной зоны, выполненное в ОАО Институт «Гипроникель», показало, что в них содержится неравномерная сульфидная вкрапленность, представленная пиритом, пирротинном, халькопиритом, пентландитом, виоларитом и минералами благородных металлов: теллуридами и висмута-теллуридами палладия и арсенидом платины – сперрилитом. Теллуриды представлены меренскитом и майчнеритом, редко – мончеитом и котульскитом. В меньшей степени развиты зерна родий- и палладий содержащего кобальтин-герсдорфита.

Несмотря на низкое содержание в исходной руде платины, палладия, золота, достигнуто высокое концентрирование полезных компонентов. Установлено, что метасоматиты являются бедными, но хорошо обогащаемыми благороднометалльными рудами с палладиевой специализацией.

Суммарные прогнозные ресурсы категории P_1+P_2 только по Климовскому рудному узлу составляют: Au – 36,4 т, Pt – 19,5 т, Pd – 27,9 т, Cu – 316 тыс. т, Ni – 340 тыс. т. По масштабам прогнозных ресурсов категории P_1+P_2 Климовский рудный узел соответствует комплексному большеобъемному месторождению среднего масштаба. Дальнейшее проведение геологоразведочных работ последующих стадий позволит оконтурить рудные тела в пределах Керетьско-Климовской рудной зоны и выделить на Лоухской площади новые перспективные зоны развития рудоносных метасоматитов, которые в целом могут составить крупное большеобъемное месторождение комплексных медь-никель – благороднометалльных руд. Абсолютный возраст комплексной медь-никель-благороднометалльной минерализации также свекофенский (1,75–1,7 млрд. лет) и определяющими чертами рудоносных метасоматитов являются пространственная связь их с полями слюдяно-керамических пегматитов и интенсивным развитием хлор-натрового метасоматоза (скаполитизации).

Другим типом комплексных медь-никель-благороднометалльных руд являются метасоматиты, связанные с черносланцевыми образованиями палеопротерозоя. Помимо хорошо известных благороднометалльно-уран-ванадиевых метасоматитов Падминской группы проявлений (Онежская структура), к ним можно отнести метасоматически измененные черные сланцы месторождения Талвивара (Центральная Финляндия), где промышленные рудные концентрации цветных металлов – меди, никеля, кобальта, цинка, – сопровождаются аномальными содержаниями золота и серебра. Рудоносные метасоматиты контролируются сдвигово-разрывными деформациями северо-западного простирания. При относительно невысоких средних содержаниях цветных и благородных металлов (Cu – 0,26%, Ni – 0,23%, Zn – 0,31%, Ag – 6 г/т, Au – 0,3 г/т) значительные мощности зон брекчирования и их протяженность позволяют относить это месторождение к большеобъемным комплексным месторождениям благородных и цветных металлов, связанных с раннепротерозойскими черносланцевыми комплексами [3]. К этому же типу месторождений могут быть отнесены проявления золота, платиноидов и цветных металлов, выявленные в последние годы ОАО ЦКЭ в Южно-Печенгской структурной зоне [1]. Здесь рудная минерализация связана с метасоматическими кварцитами, залегающими в виде линз в толщах брекчированных черных сланцев брагинской и коляеврской свит. Причем с рудными концентрациями золота (до 8,1 г/т) ассоциируют аномальные содержания платины и палладия (0,1–0,3 г/т) с выделением самостоятельных минеральных фаз этих металлов. Поиск

ковые работы завершены только на первом этапе и охватили лишь 30% площади Южно-Печенгской структурной зоны, по которой прогнозные ресурсы составили 26 т золота (категория P_2). Черносланцевые комплексы раннего протерозоя Кольского полуострова имеют значительную мощность (до 5 км) и прослеживаются с запада на восток вдоль всей Печенгско-Варзугской рифтогенной зоны. В южном крыле Имандра-Варзугской структуры (Полисарско-Томиньгская площадь) они имеют максимальное развитие, вмещают тела ультрабазитов и по данным ОАО ЦКЭ и нашим материалам включают зоны метасоматической переработки вмещающих пород и ультраосновных тел, содержащие рудные концентрации благородных и цветных металлов, близкие по уровню содержаний к месторождению Талвивара и Южной Печенги. Учитывая мощность и протяженность зон метасоматической переработки черносланцевых комплексов Имандра-Варзугской рифтогенной зоны, здесь можно ожидать выявление крупного большеобъемного месторождения цветных и благородных металлов, близкого по особенностям строения и состава к месторождениям Сухоложского типа.

Важным промышленным типом комплексных благороднометалльных руд могут быть также месторождения, связанные с метасоматитами, развитыми в раннепротерозойских вулканогенных и интрузивных комплексах основного состава. Такой тип месторождений установлен в Северной Финляндии и Норвегии (Пахтавара, Саатопора). В них в зонах милонитизации и брекчирования наблюдается развитие интенсивных метасоматических процессов, в которых ведущими составляющими являются скаполитизация, карбонатизация и серпентинизация. Рудные концентрации золота сопровождаются появлением наложенной самородной меди, халькопирита и сфалерита. Особо следует остановиться на зонах метасоматической переработки раннепротерозойских метавулканитов основного – ультраосновного состава. Они широко развиты в крупных рифтогенных прогибах (Печенгско-Варзугском, Ветреном поясе) и до последнего времени практически не изучались, хотя в разных структурах в отдельных крупных вулканогенных покровах выявлены аномальные и рудные концентрации меди и золота, связанные с наложенной эпидотизацией и карбонатотизацией метавулканитов. В последний год работами ОАО «ГМК «Норникель»» при участии ФГУП «ВСЕГЕИ» в западной части структурной зоны Ветренный пояс были выявлены зоны метасоматической переработки ультраосновных массивов и вмещающих их вулканитов, где прослежены протяженные и достаточно мощные интервалы (до 25 м) с тонко рассеянной вкрапленностью самородной меди, которые выделяются аномальными и рудными концентрациями золота (до 5 г/т на интервал 1,0 м). Учитывая протяженность и мощность силлоподобных ультраосновных интрузий, залегающих среди вулканитов Ветреного пояса, здесь также можно ожидать выявления месторождения золота среднего масштаба. Аналогичные по составу и характеру изменения вулканогенные комплексы раннего протерозоя развиты и в Имандра-Варзугской и Куоляярвинской структурах, где после детального изучения могут быть выявлены перспективные золоторудные и комплексные благороднометалльные проявления.

Следующий тип благороднометалльных руд связан с верхнепротерозойскими осадочными образованиями. До последнего времени на Балтийском щите с ними ассоциировались месторождения типа несогласий, с которыми связаны промышленные концентрации урана.

Работами ОАО «ГМК «Норникель»» при участии ФГУП «ВСЕГЕИ» были установлены рудные концентрации золота в палеороссыпях венда, отложения которого располагаются вдоль северного и южного склонов кряжа Ветренный пояс. Палеороссыпи сформировались за счет размыва золотосодержащих метасоматитов, развитых по вулканитам раннего протерозоя основного – ультраосновного состава. Кроме золота в них присутствуют платиноиды и самородная медь. Весьма вероятно, что при постановке детальных поисковых работ здесь может быть выявлена группа стратиформных месторождений благородных металлов. Поисковые работы выполнены на предварительном этапе лишь на одном небольшом участке и позволили оценить для него прогнозные ресурсы золота по категории P_2 – 28 т.

Таким образом, новые промышленные типы комплексных руд цветных и благородных металлов в восточной части Балтийского щита связаны с тремя крупными вещественно-возрастными комплексами, в которых протекали наиболее интенсивно метасоматические процессы: архейскими зеленокаменными и мобильными поясами, раннепротерозойскими интрузивно-вулканогенными комплексами основного – ультраосновного состава и верхнепротерозойскими осадочными образо-

ваниями. Определяющими факторами размещения и контроля промышленного оруденения комплексных руд является развитие мощных зон милонитизации и катаклаза, контролирующих действие низкотемпературных метасоматических процессов, среди которых наиболее важными представляются хлор-натровый метасоматоз свекофенского этапа активизации и пространственная связь с пегматоидным гранитообразованием.

Литература

1. Ахмедов А.М., Вороняева Л.В., Павлов В.А. и др. Золотоносность Южно-Печенгской структурной зоны (Кольский полуостров): типы проявлений и перспективы выявления промышленных содержаний золота. // Региональная геология и металлогения. 2004. № 20. с. 139–152.
2. Gu L., Zheng Y., Tang X. et al. Copper, gold and silver enrichment in ore mylonites within massive sulphide orebodies at Hongtoushan VHMS deposit, N.E. China. // Ore geology reviews. 2007. N30. P. 1–29.
3. Loukola-Ruskeeniemi K. Geochemistry of Proterozoic metamorphosed black shales in eastern Finland, with implications for exploration and environmental studies. // Geological turkimuskeskus, Espoo/ 1997. P. 174.
4. Ore geology reviews. 2007. N 31. P. 1-2.
5. Pirajno F., Thomassen B., Dawes P.R. Copper-gold occurrences in the Palaeoproterozoic Inglefield mobile belt, northwest Greenland: a new mineralization style? // Ore geology reviews. 2003. N 22. P. 225–249.

Архейский эндербит-гранулитовый комплекс района Пулозеро – Полнек-Тундра в истории геологического развития Центрально-Кольского блока (Кольский полуостров)

Петровская Л.С., Петров В.П.

Геологический институт КНЦ РАН, г. Апатиты, e-mail: petrovsk@apatity.ru, petrov@admks.apatity.ru

Архейский гетерогенный эндербит-гранулитовый комплекс района Пулозеро – Полнек-Тундры, расположен в центральной части Центрально-Кольского блока. В пределах этого района развиты различные по своему происхождению и вещественному составу породы, которые могут рассматриваться в качестве реперных геологических образований для реконструкции истории геологического развития района. Метаморфические образования представлены мигматизированными гранулитами и гнейсами кольской серии, испытавшими региональный метаморфизм в условиях гранулитовой и амфиболитовой фаций. Интрузивные образования включают в себя эндербиты, амфибол-биотитовые тоналиты, а также различные по составу жильные образования. Становление эндербитового массива происходило после гранулитового метаморфизма вмещающих его пород кольской серии, что подтверждается секущими контактами между эндербитами и гранулитогнейсами. Амфибол-биотитовые тоналиты слагают отдельные участки в массиве эндербитов. Границы между эндербитами и тоналитами нечеткие, наблюдаются постепенные переходы. Синметаморфические жильные гранат-силлиманитсодержащие микроклин-плагноклазовые граниты секут мигматитовую полосчатость гнейсов кольской серии. Самыми поздними образованиями являются жильные лейкогранит-аплиты, секущие все выше перечисленные разновидности пород.

Изученный архейский эндербит-гранулитовый комплекс района Пулозеро – Полнек-Тундры является типичным представителем высокометаморфизованных гранулитогнейсовых комплексов Центрально-Кольского мегаблока. Общим для исследованного комплекса является полицикличность проявлений метаморфизма и магматизма, андалузит-силлиманитовый тип термодинамического режима регионального метаморфизма архейского времени, сопряженность гранулитового метаморфизма со становлением гиперстенсодержащих гранитоидов. Вместе с тем исследованный комплекс по ряду своих особенностей отличается от других высокометаморфизованных комплексов Центрально-Кольского мегаблока отсутствием признаков более древних высокотемпературных процессов метаморфизма, проявлением в эндербитах наложенного метаморфизма амфиболитовой фации и относительно хорошей сохранностью от воздействия более поздних протерозойских процессов, влияние которых устанавливается только с помощью изотопных методик.