

строение. Количество антракосолита в порах и трещинах кокса уменьшается по мере удаления от контакта.

Основные морфологические типы миграционного углеродного вещества в контактовых ореолах базитов охарактеризованы ранее [2]. Следует упомянуть о характерных микроструктурах антракосолита, сходных с мозаичными структурами нефтяного кокса.

По степени совершенства молекулярной структуры коксоподобные максовиты сопоставимы с природными коксами Тунгусского бассейна. Обладая определенным сходством, изученные коксы отличаются от каменноугольных естественных коксов, благодаря различиям в условиях формирования, а также в составе, строении и физических свойствах исходных пород. Природное коксование представляет собой сложный процесс, конечные продукты которого определяются взаимодействием большого количества разнообразных геологических факторов, к которым относятся состав, размер, форма, глубина залегания и положение контактов магматического тела, температура магмы и режим остывания интрузии, литостатическое и флюидное давление, а также давление магматического расплава и т.п.

Коксоподобные максовиты заслуживают специального изучения как углеродное сырье со специфическими свойствами, запасы которого, если принять во внимание парагенетическую связь силлов базитов с шунгитоносными породами, могут оказаться довольно значительными. Кроме того, повышенная трещиноватость и пористость максовитов могли благоприятствовать образованию в них промышленных концентраций антракосолитов и, возможно, Cu-Ni оруденения.

Литература

1. Атлас текстур и структур шунгитоносных пород Онежского синклинория / Ред. М.М.Филиппов, В.А.Мележик. Петрозаводск. КНЦ РАН. 2006. 80 с.
2. Бискэ Н.С. Морфогенетические особенности миграционного углеродного вещества в термальных ореолах базитов (Карелия). Структура и разнообразие минерального мира / Мат. Международного минералог. семинара. Сыктывкар. ИГ Коми НЦ УрО РАН. 2008. С.66-67.
3. Бискэ Н.С., Ромашикин А.Е., Рычанчик Д.В. Протерозойские пеперит-структуры участка Лебещина // Геол. и пол. ископаемые Карелии. Петрозаводск, КНЦ РАН. 2004. Вып. 7. С.193-199.
4. Гаврилова О.Н., Волкова Г.М., Гуревич А.Б. О природных коксах в угольных пластах Тунгусского бассейна // Литол. и пол. ископаемые. 1985. № 5. С.133-137.
5. Галдобина Л.П. Предполагаемый канал поступления углеводородных флюидов в нижнем протерозое Онежской структуры // Геол. и рудогенез докембрия Карелии. Петрозаводск. 1991. С.18-23.
6. Русьянова Н.Д. Углехимия. М.: Наука. 2003. 316 с.
7. Филиппов М.М., Бискэ Н.С., Первунина А.В. и др. Сопоставление известных и новых данных о геологическом строении Максовского месторождения шунгитоносных пород (*в печати*).
8. Stutzer O. *Geology of Coal. Chicago Univ.Press. 1940. P. 299.*

Минерагения докембрия севера Восточно-Европейской платформы

Богатиков О.А., Ларионова Ю.О., Носова А.А., Самсонов А.В., Шарков Е.В.

Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, г. Москва

Наибольший научный интерес и практическую значимость в минерагении докембрия севера Восточно-Европейской платформы (ВЕП) на сегодня имеют элементы платиновой группы, золото и алмазы.

Элементы платиновой группы (ЭПГ), особенно Pd и Pt, являются одним из важнейших типов полезных ископаемых, связанных с архейскими и палеопротерозойскими мафитами и ультрамафитами. В первую очередь они связаны с крупными расслоенными мафит-ультрамафитовыми интрузивами, происшедшими за счет расплавов кремнеземистой высоко-Mg (бонинитоподобной) серии (КВМС). Такие интрузивы с возрастом 2.5-2.3 млрд. лет широко распространены в восточной части Балтийского щита, образуя крупнейшую в мире раннепалеопротерозойскую потенциально-

платиноносную провинцию. На территории России к их числу относятся такие комплексы как Мончегорский, Федорово-Панский, Луккулайсваара, Бураковский и др. [10]. Как правило, богатые концентрации ЭПГ обычно связаны со специфическими горизонтами (т.н. платиноносными рифами), сложенными ультрамафитами, габброидами или хромититами. Рифы не имеют четкой стратиграфической привязки и могут появиться практически в любой части разреза.

Повышенные и высокие концентрации ЭПГ (преимущественно Pd) в расслоенных массивах в большинстве случаев имеют первично-магматическое происхождение, хотя, по-видимому, в ряде случаев подвергались частичному перераспределению. В практически неизменных породах Мончегорского плутона платиновая минерализация тесно связана с сульфидной Cu-Ni, в то время как в измененных породах этого плутона (участки Вуручайвенч и Южной Сопчи) преобладает мало-сульфидная минерализация. И если первично-магматическое происхождение сульфидной ЭПГ-минерализации сомнений не вызывает, то в случае малосульфидной это не всегда очевидно: они могут являться как метаморфизованными рифами, так и веществом, переотложенным при динамометаморфических процессах вдоль зон проницаемости.

Геологические и петрологические данные свидетельствуют о том, что появление рифов не могло быть связано с кристаллизационной дифференциацией расплава, и что они появились в результате внедрения самостоятельных порций рудоносных расплавов в затвердевающие интрузивные камеры. Это предполагает, что исходные расплавы таких порций по пути наверх частично ассимилировали платиноиды из пород коры, содержащих ЭПГ. Такие породы должны были также содержать S, Cl и H₂O, способствующих мобилизации и переносу платиноидов и, скорее всего, представляли собой супракристалльные образования (горизонты коматиитов, черных сланцев, различных сульфидоносных пород и т.д.). Очевидно, с этим и связана непредсказуемость появления рифов в разрезе интрузивов или их полное отсутствие в аналогичных по составу массивах в тех случаях, когда на пути перемещения расплавов из зоны генерации магм подобные образования отсутствовали.

Особый случай представляет благороднометальная минерализация, связанная с Пудожгорским sillом титаноносных кварцевых долеритов с возрастом около 1.98 млрд. лет [9]. В отличие от раннепалеопротерозойских интрузивов, благороднометальная (Pd, Pt, Au) минерализация здесь ассоциирует с титаномагнетитовым горизонтом, и, очевидно, имеет первично-магматическое происхождение. Такая ситуация не типична для локализации ЭПГ, и, по-видимому, также связана с ассимиляцией мантийными магмами по пути наверх платиноносных Au-содержащих пород в толще земной коры.

Таким образом, российская часть Балтийского щита имеет хорошие перспективы для поисков ЭПГ, что связано как с повышенной платиноносностью расплавов КВМС, так и с наличием в толще коры платину-содержащих пород. Однако распределение последних, собственно и определяющих появление высоких концентраций ЭПГ в интрузивах, в коре крайне неравномерно как по площади, так и по разрезу. Поэтому положение рудоносных рифов в разрезе интрузивов и вообще их наличие в каждом конкретном случае непредсказуемо, и, соответственно, в этом плане каждый объект не похож на другой и должен изучаться индивидуально.

Для коренного золота ведущим источником служат раннедокембрийские кратоны, причем большая запасов этого металла сосредоточена в архейских гранит-зеленокаменных областях в крупных и гигантских месторождениях [13].

Вопреки этой тенденции, раннедокембрийские комплексы Балтийского щита крайне бедны золотом, преобладающая часть которого сосредоточена в мелких месторождениях среди палеопротерозойских комплексах в западной его части. Здесь по результатам детальных исследований на территории Финляндии и Швеции выделяется 6 генетических типов палеопротерозойских рудных ассоциаций с золоторудной минерализацией, включая: (1) орогенное золотое оруденение; (2) эпitherмальная минерализация; (3) скарновая; (4) синплутоническое, связанное с комплексом гранитоидных интрузий; (5) массивные сульфидные залежи; (6) палеороссыпи. Формирование этих ассоциаций связывается с разными этапами роста континентальной коры Свекофеннского блока в интервале времени 1920 – 1800 млн. лет назад [11]. До настоящего времени основной объем добычи приходился на массивные сульфидные залежи, при переработке которых уже было извлечено около

50 т золота. Однако на сегодня большая часть золоторудных объектов и основной объем запасов золота в Свекофенском блоке связаны с месторождениями орогенного типа, часть из которых, включая крупное (около 110 т) месторождение Сурикусикко на территории Финляндии, разведаны и готовятся к эксплуатации.

Золоторудная минерализация в архейских гранит-зеленокаменных поясах Балтийского щита, большая часть которых располагается на Российской территории, изучена значительно хуже. Поисковые работы на золото в Карелии и на Кольском полуострове уже к 90-ым годам прошлого столетия выявили множество точек золоторудной минерализации. Часть этих точек в ходе дальнейших работ была переведена в ранг рудопроявлений, несколько объектов получили статус мелких месторождений, и лишь одно из них, золоторудное орогенное месторождение Пампало с запасами около 10 т, подготовлено к эксплуатации. На сегодня вопрос о причинах столь необычной бедности архейских гранит-зеленокаменных поясов Балтийского щита остается открытым. Одной из причин сложившейся ситуации, возможно, является недостаток знаний о строении и структуре золоторудных объектов вследствие ошибочных генетических представлений. Так, в последней сводке данных по золоторудным объектам Карельской области [7] все наиболее значимые рудопроявления и мелкие месторождения рассматриваются как сингенетические, в рамках трех групп моделей, включая: (1) стратиформные или массивные сульфидные (колчеданные) залежи в ассоциации со средним – кислым вулканизмом, (2) рассеянная сульфидная минерализация в вулканогенно-осадочных и терригенно-осадочных толщах, включая углеродистые сланцы и железистые кварциты и (3) синплутоническая минерализация штокверкового, порфирового или скарнового типов, связанная с заключительными стадиями эволюции позднектонических гранитоидов. Однако для ряда ключевых золоторудных объектов Карельской ГЗО в последние годы была установлена принадлежность к орогенному типу [4, 5, 6], что принципиально меняет рудно-формационную типизацию золотого оруденения и ставит вопрос о необходимости изменения поисковой стратегии золоторудных объектов в регионе. Следует подчеркнуть, что полученные в последние десятилетия данные показывают, что в действительности сингенетическая золоторудная минерализация составляет небольшую долю в общих золоторудных запасах и ресурсах раннедокембрийских комплексов Мира. Главным промышленным источником золота являются так называемые «орогенные месторождения», которые объединяют достаточно разнородные по многим признакам группы месторождений зеленокаменных поясов, рудные тела/зоны которых являются секущими по отношению к рудовмещающим супракрустальным и интрузивным породам и могут быть наложены на более раннюю сингенетическую минерализацию.

Алмазы, промышленными источниками которых являются кимберлиты и лампроиты, во многом определяют уникальность минерагении древних платформ. Проявления докембрийского алмазоносного ультрабазитового магматизма, в том числе кимберлитового и/или лампроитового, известны практически на всех древних платформах. Отдельные проявления докембрийских кимберлитов и лампроитов обладают очень высоким уровнем алмазоносности. Подавляющая часть древних кимберлитов имеет позднедокембрийский возраст, среди них резко доминируют неопротерозойские проявления. Алмазоносный магматизм палеопротерозойского и, особенно, архейского, возраста представлен единичными проявлениями, причем наряду с собственно кимберлитами и лампроитами для него характерны ультрабазиты коматиитового типа. В отношении проявлений докембрийских кимберлитов и лампроитов ВЕП не является исключением среди древних платформ: в ее пределах, в том числе в северной части, помимо промышленно-алмазоносных девонских кимберлитов Архангельской провинции, установлены докембрийские кимберлиты и лампроиты трех возрастных уровней [2, 3]. Все они расположены в пределах архейского Карельского кратона.

Наиболее ранние проявления кимберлитового магматизма датируются *поздним палеопротерозоем* (около 2000 млн. лет); они представлены Кимозерским проявлением алмазоносных кимберлитов. Кимберлиты Кимозера, наиболее вероятно, формировались 1986±4 млн. лет назад (U-Pb датировка методом TIMS мантийных цирконов из кимберлитов, [8]). Кимберлиты содержат обломки крупных кристаллов алмазов [17], но промышленная значимость проявления Кимозера пока не ясна. Внедрение кимберлитов происходило в обстановке пассивной окраины Свекофенского океанического бассейна.

Следующий импульс внутриплитного магматизма лампроитового и кимберлитового типа произошел в *мезопротерозое* (среднем рифее, около 1235 млн. лет назад), когда внедрились многочисленные дайки и трубки алмазоносных лампроитов, кимберлитов и ультраосновных лампрофиров (айлликитов) в области Костамукша-Кухмо-Лентиира. Лампроиты костомукшского проявления имеют возраст 1230 ± 5 млн. лет, (Rb-Sr метод, [1]), а для пространственно сближенных с ними лампроитов Кухмо-Лентиеры возраст отдельных даек оценивается в 1250 млн. лет (U-Pb метод по перовскиту; [15]). Формирование щелочных ультрабазитов синхронно максимуму рифтогенеза западной части ВЕП (развитие грабенов, формирование дайковых роев), который приходится на поздний мезопротерозой (1270-1230 млн. лет) и связывается с воздействием крупного плюма [12].

Затем, после перерыва длительностью около 500-600 млн. лет, последовал *неопротерозойский* импульс кимберлитового магматизма, сформировавший два кимберлитовых поля Восточной Финляндии: Каави-Куопио и Куусамо. Кимберлиты первого имеют возраст 589–626 млн. лет (U-Pb определения по перовскиту; [15]), а для кимберлитов второго аналогичным методом установлен возраст 759 ± 15 и 757 ± 2 млн. лет [14]. Алмазоносность кимберлитов Каави-Куопио не достигает промышленного уровня (только в нескольких трубках установлены содержания до 0,14-0,41 карат/т), подавляющая часть кристаллов сильно резорбирована и доля камней ювелирного качества невелика [16]. В отдельных телах кимберлитов Куусамо установлены микроалмазы [14]. Кимберлитовый магматизм проявился синхронно с развитием неопротерозойских пассивных окраин ВЕП, связанного с распадом суперконтинента Родинии.

Докембрийские кимберлиты ВЕП являются алмазоносными, однако промышленно-алмазные разности среди них пока не установлены. Минерагенические перспективы докембрийских источников алмазов российской части севера ВЕП могут быть связаны: 1) с корректной оценкой уровня алмазоносности раннедокембрийского проявления метакимберлитов Кимозеро и обнаружением аналогичных объектов, 2) с поисками древних некимберлитовых проявлений алмазов в вулканокластических ультрабазитовых (коматиитовых) породах (типа Вава, Дачин), и 3) с обнаружением неопротерозойских кимберлитовых тел – возрастных аналогов объектов, известных в В.Финляндии.

Исследования выполнены при поддержке Программы 14 Президиума РАН, программ ОНЗ-2 и ОНЗ-8 и проектов РФФИ №№ 08-05-00904 и 09-05-12037.

Литература

1. *Беляцкий Б.В., Никитина Л.П., Савва Е.В. и др.* Изотопные характеристики лампроитовых даек восточной части Балтийского щита // Геохимия. 1997. № 6. С. 658-662
2. *Богатилов О.А., Рябчиков И.Д., Кононова В.А. и др.* Лампроиты // М.: Наука, 1991. 302с.
3. *Богатилов О.А., Гаранин В.К., Кононова В.А. и др.* Архангельская алмазоносная провинция (геология, петрография, геохимия и минералогия) // М.: Издательство МГУ, 2000. 523 с.
4. *Иващенко В.И., Голубев А.И.* Генетические типы промышленной золоторудной минерализации Фенноскандинавского щита и перспективы Карельского региона на крупные месторождения золота // Материалы Всероссийской конференции по Геодинамике, магматизму, седиментогенезу и минерагении Северо-Запада России. Петрозаводск. 2007. С. 147-150.
5. *Ларионова Ю.О., Самсонов А.В., Носова А. А., Сизова Е.В.* Масштабный палеопротерозойский этап золотого рудогенеза в Карелии - ключ к пониманию проблем поисков крупных золоторудных объектов в регионе // Материалы конференции MINEX FORUM Северо-Запад. Май 2007. Петрозаводск (электронная публикация).
6. *Ларионова Ю.О., Самсонов А.В., Носова А.А.* Rb-Sr геохронология и изотопная геохимия рудовмещающих пород и околорудных метасоматитов мезотермального Au-месторождения Таловейс, западная Карелия. Доклады РАН. 2004. Т. 296. № 2. С.1-5.
7. *Михайлов В.П., Леонтьев А.Г., Голованов Ю.Б. и др.* Минерально-сырьевая база республики Карелия. Книга 1. Петрозаводск: Карелия, 2005. 277 с.
8. *Самсонов А.В., Ларионова Ю.О., Сальникова Е.Б. и др.* Изотопная геохимия и геохронология палеопротерозойских метакимберлитов Кимозерского проявления (Центральная Карелия). Мат-лы IV Росс. конф. изотоп. геохронол. СПб. 2009. С.158-161.
9. *Трофимов Н.Н., Голубев А.И.* Пудожгорское благороднометальное титаномангнетитовое месторождение. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2008. 120 с.

10. Шарков Е.В. Формирование расслоенных интрузивов и связанного с ними оруденения. М.: Научный мир, 2006. 364 с.
11. Eilu P., Sorjonen-Ward P., Nurmi P., Niiranen T. A review of gold mineralization styles in Finland // *Economic Geology*, 2003. V. 98. P. 1329-1353.
12. Elming S.A., Mattsson H. Post Jotnian basic Intrusions in the Fennoscandian Shield, and the break up of Baltica from Laurentia: a palaeomagnetic and AMS study // *PRECAMBRIAN RES* 2001. V. 108: (3-4) P. 215-236
13. Herrington R.J., Evans D.M., Buchanan D.L. Greenstone belts: Metallogenic aspects // Ed. de Wit M.J. and Ashwal L. *Greenstone belts*. Oxford: Clarendon Press. 1997. P. 176-220.
14. O'Brien H., Bradley J. New kimberlite discoveries in Kuusamo, northern Finland. Extended Abstract 9th IGC. 2008. A-00346.
15. O'Brien H., Lehtonen M., Spencer R., Birnie A. Lithospheric mantle in Eastern Finland: a 250 km 3D Transect // 8th International Kimberlite Conference Long Abstract. 2003. P. 1-4.
16. Tuni M. Diamond prospecting in Finland – a review. In: Papunen H. (edit.), *Mineral deposits: Research and Exploration, Where do They Meet?* Proceedings of the 4th SGA Meeting, 1997, P. 789-791
17. Ushkov V.V., Ustinov V.N., Smith C.B., et al. Kimozero, Karelia; a diamondiferous Palaeoproterozoic metamorphosed volcanoclastic kimberlite. Extended Abstract 9th IGC. 2008. A-00199.

U-Pb SHRIMP-датирование рудоносных гранитов Лобашского молибденового месторождения (Северо-Восточная Карелия)

Богачёв В. А.¹, Иваников В. В.², Сергеев С. А.³

¹ГГУП «Минерал», Санкт-Петербург

²СПбГУ, Санкт-Петербург

³ФГУП ВСЕГЕИ, Санкт-Петербург

Открытие Лобаша – «первого крупного молибденового месторождения докембрийского возраста» [3], стало событием не только для региональной геологии и металлогении. Было установлено, что оруденение Лобаша ничем не отличается от молибден-порфировых месторождений фанерозоя. Остался нерешённым вопрос, относится Лобаш к архею или к протерозою, и имело ли место уже в архее формирование высокопродуктивных рудно-магматических систем гранит-порфирового типа.

В специальной статье [2] мы привели результаты U-Pb цирконового датирования гранитной интрузии, над которой конформно кровле расположена рудная залежь. Аналитические навески разных фракций содержали от 20 до 200 зерен циркона. Длиннопризматические цирконы предположительно магматического происхождения образовали единый тренд с округлыми зёрнами, при этом удаление внешних оболочек длиннопризматических зерен, при поиске предполагаемых более древних протоядер, показало их отсутствие, но одновременно выявило сильную нарушенность изотопной системы внутренних областей цирконов. Рассчитанное изохронное значение возраста составило $2807 \pm 1,4$ млн. лет при отсутствии воздействий на U-Pb систему. В статье, кроме того, с разрешения Н. Stein (USA, AIRIE) был отмечен полученный ею архейский Re-Os возраст лобашского молибденита.

Глубоко фракционированный характер лобашских гранитов, многостадийность связанного с ними оруденения и некоторые сомнения общегеологического плана относительно указанной датировки инициировали дополнительное геохронологическое исследование. Оно проводилось с помощью локального U-Pb метода SIMS SHRIMP, позволяющего отбирать для анализа вещество из зерна циркона без его разрушения в пятне диаметром 20 мкм и глубине забора 2 мкм. Были определены изотопные возрасты как гранитов рудоносной интрузии, так и гранодиоритов главной фазы Шобинского массива, вместе с которым в составе единого комплекса рассматриваются лобашские граниты [1].

Шобинский массив, площадью около 500 км^2 , протягивается с СЗ на ЮВ на 45 км и сложен породами нескольких фаз внедрения. К ранней относятся кварцевые диориты и монцодиориты, присутствующие в виде ксенолитов в тоналитах, преобладающих гранодиоритах и монцогранитах