

УДК 551.2/3 + 552.11 + 553.07 : 551.71/.72 (470.21)

Раннедокембрийская геодинамика, магматизм и металлогения Кольской провинции

Ф.П. Митрофанов^{1,2}

¹ Апатитский филиал МГТУ, кафедра геологии и полезных ископаемых

² Геологический институт КНЦ РАН

Аннотация. На основе важнейших особенностей геодинамики и магматизма разных геологических образований неархея и раннего протерозоя Кольской провинции приводятся месторождения и перспективные рудопоявления ряда стратегических видов полезных ископаемых – Cu, Ni, Pt, Pd, Au и другие. Обсуждаются индикаторные изотопные характеристики Pt-Pd и Cu-Ni рудоносных базитовых интрузивов (соответственно, панский и печенгский типы), проявленные в разные эпохи (этапы) развития Восточно-Скандинавской обширной изверженной провинции (EScLIP).

Abstract. Deposits and prospective occurrences of certain strategic species of minerals – Cu, Ni, Pt, Au and others – defined on the basis of the most important features of geodynamics and magmatism of various Neoproterozoic and Early Proterozoic formations of the Kola Province have been presented. Indicating isotopic characteristics of Pt-Pd and Cu-Ni ore-bearing basic intrusions (the Pana and Pechenga types respectively), which occurred in different epochs (stages) of the East-Scandinavian Large Igneous province (EScLIP) have been discussed.

Ключевые слова: Кольская металлогеническая провинция; архей; ранний протерозой; геодинамика; магматизм; месторождения
Key words: metallogeny of the Kola Province; archaean; early proterozoic; geodynamics; magmatism; occurrences

1. Введение

Во многих прежних работах Кольский регион объединялся с Карельским в единую "Кольско-Карельскую металлогеническую провинцию Балтийского щита". Данные последних двадцати лет позволяют отнести эти регионы к разным металлогеническим провинциям. Композитная геодинамика Кольского региона понимается (*Виноградов, Митрофанов, 2005*) как длительная история формирования палеопротерозойского Кольско-Беломорско-Лапландского глубинного коллизии, расположенного между Фенно-Карельским и Мурманским кратонами (архейскими гранит-зеленокаменными областями).

2. Архейские процессы

Значительная часть Кольского полуострова сложена мезо- и неархейскими тоналит-трондьемит-гнейсо-(или гранулит)-мигматитовыми комплексами основания. Эти породы с возрастом 3.2-2.5 млрд лет слагают архейские домены: Мурманский, Кольско-Норвежский, Инари, Беломорско-Терский. Домены иногда разделены, а чаще они включают, соответственно, межкратонные (энсиматические) и внутрикратонные (энсиалические) зеленокаменные пояса неархея (лопия) (2.94-2.60 млрд лет). В отличие от Карельских, особенности Кольских зеленокаменных поясов заключаются в их очень интенсивном метаморфизме (до гранулитовой фации) и глубокой эрозии. Более древние породы архея в Кольском регионе пока не известны, хотя южнее, в Феннокарелии, палеоархейские образования (до 3.6 млрд лет), включая гранулиты, в виде нуклеусов небольших размеров установлены. Наличие в средней-нижней части земной коры архейских гранулитов повышает перспективы Финляндии и Кольского полуострова на обнаружение промышленных алмазоносных кимберлитов.

Особое место в архитектуре Кольского коллизии занимает Кейвский террейн (*Митрофанов, Баянова, 2000*) – аллохтонная мощная платина ("террейн" в собственном смысле этого термина). Он сложен неархейскими (2.9-2.6 млрд лет) субсеквентными метавулканитами, анортозитами, щелочными гранитами и сиенитами, а также ультра-глиноземистыми гнейсами, кварцитами и карбонатными сланцами – метаморфизованными окончательно в палеопротерозойский орогенный этап (1.9-1.7 млрд лет) продуктами архейских кор выветривания и зрелых осадков. Такие породные ассоциации и связанные с ними полезные ископаемые не известны нигде больше на Балтийском щите.

Крупнейшие в мире запасы сырья для производства силумина и алюминия заключены в 23 месторождениях кианита в Кейвском районе. Здесь же известно крупное месторождение Сахарйок с Zr и REE рудами, связанными с архейскими (~ 2.6 млрд лет) щелочными гранитами и сиенитами. В целом нужно подчеркнуть, что область Кейв является очень перспективной для будущего горнорудного производства. В этой области имеются еще перспективные рудопоявления на Ti и V.

По геодинамике архея предложено много гипотез. В последние годы для ряда исследователей архея Беломорья и Карелии становится особо привлекательной гипотеза литосферных плит с выделением в Беломорском домене архейского эклогитового пояса как показателя конвергенции плит и субдукционной геодинамики (Щипанский, 2008 и др.). Даже такая индекс-формация как эклогитовая, особо характерная для субдукционных поясов неогей, имеет и иную интерпретацию как производную ультрабарических метаморфических процессов зон пластичных сдвигов. Тем более, что архейский возраст эклогитов Беломорья в настоящее время не может считаться окончательно доказанным. Представляется, что тектоника литосферных плит в полном современном ее содержании применима ко второй половине истории Земли (< 2.2 млрд лет). Для архея предпочтительнее моделировать особую геодинамику пермобильных условий всех земных оболочек, обязанных как космическим (интенсивная метеоритная бомбардировка), так и эндогенным (наличие "коровых астеносфер") – (Кратц, Митрофанов, 1980) факторам ранней Земли.

Для этапов развития архейских зеленокаменных поясов особое значение имеют попытки разделения их на энсиматические и энсиалические, металлогения которых должна быть различной. В Кольском регионе выделяют и межкратонный энсиматический пояс Колмозеро-Воронья и внутрикратонные энсиалические пояса (Оленегорский, Енский и др.). Для энсиалических поясов характерны архейские железорудные месторождения Оленегорска и Костомукши. В восточной части Финляндии известны никелевые месторождения, связанные с коматиитами, и вполне возможно там и в Карелии имеются хорошие колчеданные месторождения.

Важной, еще неосвоенной, металлогенической зоной является архейский энсиматический зеленокаменный пояс Колмозеро-Воронья. Здесь в узкой, но очень протяженной полосе (> 100 км), сосредоточены крупные месторождения Li, Be, Cs, Ta, Nb и REE (Колмозерское, Полмос, Васин-Мыльк), связанные с обширными полями гранитных пегматитов, столь характерных для некоторых зеленокаменных

Рис. Раннепротерозойские (2.5-2.4 млрд лет) базит-ультрабазитовые расслоенные интрузивы в восточной части Балтийского щита



поясов мира. Здесь же продолжается сейчас исследование Mo-Cu (с Au) месторождения Пеллапахк и ряда Au-месторождений (Оленинское, Няльм и др.). Пока здесь не обнаружены Ni-содержащие коматитовые тела.

3. Раннепротерозойские процессы

Большинство исследователей сейчас считает, что геодинамика первой половины раннего протерозоя (2.55-2.00 млрд лет назад) восточной части Балтийского щита связана с особым проявлением плюм-рифтогенных процессов в сформированном в конце архея северном суперконтиненте (Балтика+Гренландия+Лаврентия). Раннепротерозойские, часто рудоносные расслоенные интрузивы базит-ультрабазитового состава вместе с соответствующими им по составу вулканитами и дайками составляют обширную (более 200 тыс. км²) Восточно-Скандинавскую изверженную провинцию (EScLIP) с известными месторождениями Cr, Ni, Cu, Co, Ti, V и платинометаллических элементов – Pd, Pt, Rh (+Au).

В Кольско-Лапландском регионе однотипные расслоенные интрузивы и месторождения слагают два протяженных пояса – Фенно-Карельский и Кольский (см. рис.), в каждом из которых сейчас известен ряд различных промышленно рудоносных объектов. Для обоих этих поясов и слагающих их интрузивных массивов характерны одни и те же индикаторные особенности.

Пояса расслоенных интрузивов сопряжены с рифтогенными структурами раннего протерозоя, обычно заполненными толщами осадочно-вулканогенных пород. Многие межформационные массивы лополито- и пластообразной формы имеют в подошве мигматиты архейского фундамента, а в кровле – вулканиты сумия (2500-2400 млн лет). Мончегорский рудный узел с полным набором рудных месторождений приурочен к тройному сочленению лучей Кольской ветви плюма.

Дифференцированные и многофазные массивы этой пироксенит-норит-габбро-анортозитовой формации в результате магматической дифференциации мантийного расплава (на месте) и глубинной дифференциации (в промежуточных очагах) представлены расслоенными сериями пород, пространственно-временные соотношения которых устанавливаются с трудом и часто неоднозначно, что требует их тщательного изотопно-геохронологического изучения. Особые петрологические трудности представляют лейкогаббро-анортозитовые породы, часто пегматоидные и слагающие так называемые "риффы", рудосодержащие палладий, платину, родий.

Детальные изотопно-геохронологические исследования этих расслоенных базит-ультрабазитовых массивов региона выявило важную особенность их формирования, которая обычно отрицается в описаниях плюмового магматизма. Согласующиеся U-Pb (по циркону и бадделейту) и Sm-Nd (по пороодообразующим минералам) определения показали длительный (в интервале 2520-2450 млн лет) и пульсационный (многофазный) механизм формирования пород и руд массивов этой формации (Баянова, 2004; Митрофанов, 2005).

В массивах Балтийского щита для этой формации сейчас установлены несколько видов материнских рудообразующих магм, различающихся только по некоторым геохимическим особенностям (Lijina, Hanski, 2005). При этом важно подчеркнуть, что и ранние высокохромистые (Cr > 1000 г/т) порции (фазы) бонинитоподобной базитовой магмы, и главные фазы низкохромистых (Cr < 600 г/т) магм, и поздние анортозитовые, обогащенные летучими компонентами остаточные расплавы – все они имеют сходные минусовые и малые характеристики $\epsilon_{Nd} = -1-2,5$, что говорит об их происхождении из единого родоначального мантийного источника, аномально обогащенного литофильными элементами.

С нижними расслоенными сериями в массивах этой формации связаны базальное хромитовое месторождение массива Кеми, хромитовые слои в нижних частях интрузий Пенникат и Наркауз Финляндии, возможно – Сопчеозерское Cr-месторождение Дунитового блока района Мончегорска и хромитовые руды западной и центральной части Имандровского массива. В основной массе расслоенных тел Мончегорского плутона хорошо известны разные генетические виды богатых и рассеянных Cu-Ni руд с существенными добавками минералов платиновой группы. Такой же тип руд обнаружен и разведан недавно в базальной части Федоровского массива. В верхних частях массивов Пана и Выручайвенч, в габбро-анортозитовых "риффах" разведаны сейчас Pt-Pd-Rh(+Au) месторождения, запасы которых оценены в сотни тонн.

Породы сумийских (2520-2400 млн лет) расслоенных массивов и их Pt-Pd-Rh(+Au), Cu+Ni+Co(+Pt+Pd), Ti+V(+Fe) руды характеризуют ювенильное мантийное вещество инициального интраплитного магматизма, а людикийские (2000-1950 млн лет) известные габбро-верлиты и промышленные Ni+Cu (+немного Pt и Pd) руды печенгского комплекса обязаны своим формированием геодинамике конечного рифтинга красноморского типа, завершающего развитие EScLIP.

Кроме Печенгской структуры, наличие интрузивов и руд печенгского типа в Имандра-Варзугском рифтогенном прогибе предполагают на глубине прогнозные геолого-геофизические данные. Предложенные современные изотопные индикаторы позволяют сократить сроки и удешевить их

поисковое бурение, сделать глубинные поисковые и разведочные работы более экологически чистыми (Митрофанов, 2005).

В эпоху 1950-1650 млн лет назад (в свекофенное время) Кольский регион был ареной коллизионных ("орогенных") процессов. Из свекофенских геологических образований до последнего времени в регионе активно разрабатывались керамические и слюдоносные пегматиты Енской группы месторождений, связанные со свекофенским ультраметаморфизмом и анатексисом. Сейчас Норильскникель интенсивно и плодотворно разведует Ti-руды в сложном щелочно-мафитовом комплексе Гремяха-Вырмес с ильменит-апатитовым оруденением. Известны Mo-Sn рудопоявления среди многофазных гранитоидных массивов Лицко-Арагубской группы, в массивах Юовоайв, Стрельнинском, Умбинском, однако, несомненно, что свекофенские гранитоиды Кольского региона по своему гранитофильному рудному потенциалу гораздо беднее гигантских массивов свекофеннид Финляндии и особенно Швеции. Зато для Кольских лопийско-карельских структур в свекофенское время характерна реактивизация, мобилизация и переотложение Zr, Ta-Nb, REE рудного вещества, связанного со щелочными породами. Примером этого являются рудные концентрации этих элементов в Плоскогорском амазонитовом месторождении, а также в силекситах и в минерализованных щелочных гранитах структуры Кейв. Имеются изотопно-петрологические данные, что в этой структуре и гигантские скопления метаморфогенных минералов – кианита, ставролита, граната – связаны также с коллизионным региональным метаморфизмом свекофенского времени, хотя их высокоглиноземистые протолиты (осадки), видимо, архейские.

Важной особенностью свекофенских коллизионных процессов было формирование обширных сдвиговых зон, стрессовые метаморфические процессы в которых приводили к переотложению и концентрации сульфидно-золоторудного вещества. Крупные золоторудные месторождения такого типа уже открыты в северной Финляндии, теперь очередь за Кольским полуостровом и Карелией.

Все изложенное не включает позднедокембрийские рудопоявления региона и не касается важнейшей для Кольской провинции группы месторождений, связанных с палеозойскими щелочными массивами (Хибины, Ловозеро, Ковдор и др.), и нефтегазовых месторождений Баренцева шельфа.

Работа выполнена при организационной и финансовой поддержке ГК Федерального агентства по науке и инновациям (№ 02.515.11.5089-2008г), РФФИ- офи-м (№ 09-05-12028-2009г) и Программы фундаментальных исследований ОНЗ РАН (2007-2009 гг.).

Литература

- Пјина М., Хански Е. Layered mafic intrusions of the Tornio-Narankavaara belt. In: *Precambrian Geology of Finland. Amsterdam, Elsevier B.V.*, p.101-138, 2005.
- Баянова Т.Б. Возраст реперных геологических комплексов Кольского региона и длительность процессов магматизма. *СПб., Наука*, 174 с., 2004.
- Виноградов А.Н., Митрофанов Ф.П. Кольского-Лапландско-Карельская провинция. В кн.: *Строение литосферы российской части Баренц-региона. Петрозаводск*, с.185-188, 2005.
- Кратц К.О., Митрофанов Ф.П. О докембрийской земной коре материков (древних щитов), ее становлении и тектонической эволюции. В кн.: *Проблемы тектоники раннего докембрия. Л., Недра*, с.147-168, 1980.
- Митрофанов Ф.П. Новые виды минерального сырья Кольской провинции: открытия и перспективы. М., *Смирновский сборник*, с.39-53, 2005.
- Митрофанов Ф.П., Баянова Т.Б. Кейвский террейн в Кольском раннедокембрийском коллизиионе. В кн.: *Общие вопросы тектоники. М., Недра*, с.332-334, 2000.
- Щипанский А.А. Архейские зоны конвергенции плит, островодужные системы и эклогиты. В кн.: *Геодинамика ранней Земли. М., Научный мир*, с.42-67, 2008.