

ВУЛКАНО-ПЛУТОНИЗМ РАННЕГО ПРОТЕРОЗОЯ РОССИЙСКОЙ ЧАСТИ ФЕННОСКАНДИНАВСКОГО ЩИТА

А.И. Голубев

Учреждение РАН Институт геологии Карельского НЦ РАН, г. Петрозаводск,
e-mail: golubev@krc.karelia.ru

Территория Карелии, являющаяся составной частью Фенноскандинавского щита, характеризуется длительным многоэтапным геологическим развитием в различных геодинамических условиях, неоднократным проявлением разнообразного вулканоплутонизма, сопровождавшегося магматическим, вулканогенно-осадочным, гидротермальным и метаморфогенно-метасоматическим рудогенезом. Одной из особенностей геологической эволюции Фенноскандинавского щита является мощное проявление раннепротерозойского вулканоплутонизма. После кратонизации и консолидации архейской коры к началу раннего протерозоя сформировалась Карельская протоплатформа, эволюция которой охватывает длительный временной интервал почти в 2 млрд. лет.

Тектоно-магматическая активность в раннем протерозое связана с заложением глубинных разломов в кратонизированной области, явившихся тектонической основой образования Фенно-Карельской рифтогенной системы, которая контролировала протерозойский магматизм, седиментогенез и рудообразование. Выделяется два крупных этапа: сумийско-сариилийский (2,5-2,3 млрд. лет) и ятулийско-людиковийский (2,3-2,0 млрд. лет).

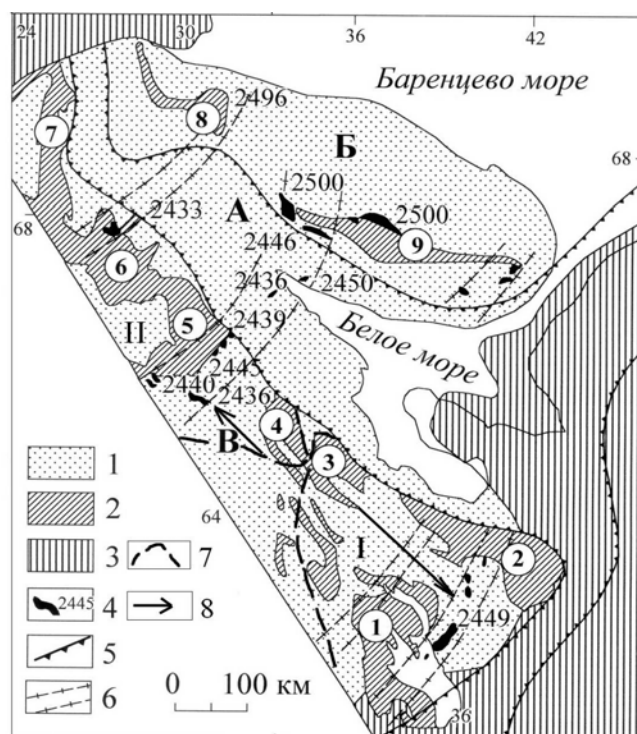


Рис. Раннепротерозойская Беломорско-Лапландская внутриконтинентальная рифтогенная структура. [Трофимов, Голубев, 2008]. 1 – фанерозойские отложения; 2 – нижнепротерозойские вулканогенно-осадочные комплексы; 3 – нерасчлененные архейские и архей-протерозойские (Беломорский блок) образования; 4 – расслоенные интрузии и их радиогенный возраст; 5 – границы срединной зоны рифта и металлогенических субпровинции: А – Беломорская; Б – Кольская (северо-восточное плечо рифта); В – Карельская (юго-западное плечо рифта); 6 – поперечные зоны растяжения, контролирующие внедрение расслоенных интрузий; 7 – сумийские сводовые поднятия: I – Водлозерско-Сегозерское; II – Пяозерско-Тикшеозерское; 8 – направление воздымания продольной оси свода. Межсводовые впадины: 3 – Лехтинская, 4 – Шомбозерская. Ятулийские компенсационные структуры прогибания: 1 – Онежская, 2 – Ветренный пояс, 5 – Пана-Куоляярвинская, 6 – Сала-Соданкюля, 7 – Карасйок, 8 – Печенгская, 9 – Имандра-Варгузская.

На рубеже 2,5-2,45 млрд. лет заложилась главная осевая рифтовая зона северо-западного простирания, проходящая сегодня в центральной части беломорского комплекса

(Кандалакшский грабен) (рис.). С этим процессом связан подъем мантии, который фиксируется гравитационной аномалией в районе Кандалакшского залива Белого моря, а также базит-ультрабазитовый магматизм, представленный многочисленными интрузиями и дайками лерцолит-габбро-норитов, габбродолеритов, чарнокитов. На крыльях главной рифтовой зоны, по системе оперяющих разломов, были сформированы рифтогенные структуры линейного простирания северо-западной ориентации: Имандра-Варзуга-Печенга и Ветренный Пояс-Панаярви-Соданкюля (Финляндия)-Карасйок (Норвегия). Вулканиды этих структур имеют различный состав и относятся к андезит-базальтовой, пикрит-базальтовой, коматиит-базальтовой и дацит-риолитовой формациям. Интрузивный магматизм сумийско-сариолийского этапа носит типичный кратонный характер и уникален образованием расслоенных ультрамафит-мафитовых плутонов, возраст которых 2480-2360 млн.лет. Их внедрение связано с трансформными разломами и локализируются они в виде поясов северо-восточного простирания: Кеми-Койлима (Финляндия) – Кивакка – Кундозеро (С Карелия) и Бураковско-Монастырский (ЮВ Карелия). Металлогению сумийско-сариолийского этапа определяют связанные с расслоенными интрузиями собственно магматические месторождения никеля, хрома, платины и др. (Голубев и др. 2004). Расслоенные массивы по главным формационным признакам подобны Бушвельдской и Стиллиуотерской интрузиям. С ними связаны ведущие типы платинометаллических рудных формаций: 1) платино-палладиевый малосульфидный тип – стратиформные горизонты в зонах наибольшей контрастной расслоенности; 2) платино-палладиевый сульфидный Cu-Ni в обогащенных сульфидами краевых и центральных зонах интрузий; 3) Os-Ru-Ir – окисный в рудных хромитовых горизонтах; 4) палладиевый сульфидный с золотом в зонах гидротермально-метасоматической переработки пород.

Ятулийско-людиковийский этап (2,3-1,9 млрд.лет) характеризуется широким проявлением прототрапповых излияний толеит-базальтового и пикрит-базальтового состава, сопровождающихся комагматичными силлами и дайками габбро, габбродолеритов и перидотитов. Трещинные излияния лав в ятулийское время охватили огромную территорию в пределах Фенноскандинавского щита и образовали обширное лавовое плато, аналогичное фанерозойским трапповым комплексам. Базальты нижнего и среднего ятулия ассоциированы с кварцевыми и кварц-полевошпатовыми гравелитами и песчаниками с прослоями алевролитов и аргиллитов, образуют серию потоков общей мощностью до 300 м, а верхнеятулийские базальты с породами гематит-глинисто-доломитовой формации. Важно подчеркнуть, что магмапродуктивность ятулийского этапа имеет устойчивый характер при очень близких интервалах формирования лавовых покровов. Это весьма присуще современным платобазальтам и контрастирует с вулканизмом континентальных рифтов. Вероятнее всего магматизм этого этапа не был обусловлен процессами растяжения литосферы, а происходил в условиях предрифтового геодинамического режима при зарождении и воздымании мощного мантийного плюма (Голубев и др. 2002).

Людиковийский магматизм (заонежский и суйсарский комплексы) характеризуются распространением и отчетливой приуроченностью к зонам глубинных разломов. Пространственно сближенные вулканы центрального типа, образующие линейные зоны, мелководный характер бассейнов осадконакопления (среди осадков доминируют углеродсодержащие черные сланцы) и геохимические особенности продуктов магматизма указывают на внутриконтинентальный рифтогенный режим этого периода.

Устойчивый тип распределения редких земель в ятулийских базальтах и долеритах, а также дифференцированных породах суйсарского комплекса позволяет использовать данные редкоземельной геохимии для оценки источников и условий магмогенерации. Фракционированный характер редких земель в раннеятулийских базальтах указывает на присутствие граната в источнике и относительно низкую степень плавления мантийного перидотита. Породы среднего и позднего ятулия содержат менее фракционированные редкие земли, что можно объяснить истощением того же источника LREE и другими несовместимыми элементами и/или высокой степенью плавления. С другой стороны, уменьшение отношений LREE/HREE вверх по разрезу ятулийского комплекса могло быть также связано с подъемом уровня магмогенерации до глубин, на которых гранат становится нестабильным. Низкие значения $\epsilon_{Nd}(T)$ и высокие I_{Sr} в ятулийских базальтах, являются результатом плюм-литосферного взаимодействия, включающего коровую контаминацию, что подтверждается

также концентрациями некоторых LIL – элементов и высокими отношениями Th/Yd сравнительно с Ta/Yd в этих породах (Голубев и др., 2000).

В отличие от ятулийских вулканитов, которые имеют устойчивые геохимические характеристики во всех изученных разрезах Карелии, лавы заонежского горизонта обнаруживают отчетливые латеральные различия. В Центральной Карелии, в стратотипическом разрезе Онежской мульды, они близки к породам среднего и верхнего ятулия ($(Ce/Yb)_n \sim 2.15$, $(La/Sm)_n \sim 1.70$). В вулканогенных зонах, примыкающих к свекофенидам (Малое Янисъярви, Ковадъярви, Питкяранта, Кирьяволахти), они приобретают более примитивный состав, характеризуясь, в некоторых случаях значениями отношений $(Ce/Yb)_n < 1$. Породы суйсарского вулканического комплекса, в том числе пикриты, значительно обогащены наиболее несовместимыми элементами и характеризуются высокими устойчивыми отношениями $(Ce/Yb)_n$ и $(La/Sm)_n$.

Геохимические данные подтверждают и высказанное ранее предположение о том, что высокомагнезиальная первичная магма суйсарского комплекса людиковия была образована на глубине около 150 км из обогащенного несовместимыми элементами источника с гранатом в качестве реститовой фазы (Пухтель и др., 1995). Установленные в суйсарских пикритах отношения $Ce/Yb)_n$ и $(La/Sm)_n$ соответствуют 10-20% плавлению гранатового перидотита с удвоенным хондритовым содержанием редких земель. Родоначальная магма суйсарского вулканического комплекса была генерирована из астеносферной верхней мантии с хондритовым первичным отношением $^{143}Nd/^{144}Nd$ и не испытала коровой контаминации.

Приведенные выше данные свидетельствуют о существенном различии в характере и условиях магматических процессов в ятулии и людиковии, что обусловлено прежде всего типами геодинамических режимов.

Петрологические и металлогенические особенности вулканно-плутонических комплексов объясняются кристаллизационной дифференциацией и флюидно-магматическим расщеплением (ликвацией) родоначального и исходного магматических расплавов на разных этапах магматических циклов. При этом важную роль в петрогенезисе вулканно-плутонических серий играл флюидный режим. Металлогеническая специализация ятулийского комплекса представлена рудопроявлениями меди различных генетических типов и титаномагнетитовыми месторождениями, с сопутствующим благороднометалльным оруденением (Рыбаков и др., 1999). Среди многочисленных проявлений меди наибольший интерес представляют медистые песчаники, медьсодержащие базальты и габбро-долериты, рудная минерализация которых образована за счет потенциальной меденосности базальтовой магмы, в результате гидротермальной и фумарольно-сульфатарной деятельности. Как в медистых песчаниках, так и базальтах и габбро-долеритах установлено закономерное увеличение концентрации Au, Pt, Pd от высокотемпературной (халькопиритовой) ассоциации к низко-температурной (борнит-халькозиновой).

Наиболее перспективными являются контрастно дифференцированные интрузии габбро-долеритов с которыми связан платино-палладиевый сульфидно-окисный тип в титаномагнетитовых рудах месторождений Пудожгора и Койкары-Святнаволока. В результате ликвационной дифференциации произошло расщепление расплава на составляющие: силикатную, соответствующую диоритовой зоне. И более основную рудосиликатную, приуроченную к рудному горизонту с концентрацией в последнем Fe, Ti, V, Co, Ni, Au, Pt, Pd, Cu. Благородные элементы (Pt, Pd, Au) сконцентрированы в рудном горизонте, где обогащают слой мощностью 2,5-7,4 м, приуроченный к густовкрапленным рудам характеризующиеся максимальной железистостью. Благороднометалльное оруденение локализовано в подошве ореола Cu, приурочено к борнит-халькопиритовой ассоциации и представлено котульскитом, меренскитом, сопчеитом, кейконнитом, сперрилитом и электрумом. Прогнозные ресурсы БЭ позволяют классифицировать эти объекты как крупные месторождения комплексных благороднометалльно-титаномагнетитовых руд (Трофимов, Голубев, 1999, 2000). Отнесение Пудожгорского и Койкарско-Святнаволоцкого месторождений к трапповой формации позволяет сделать вывод, что мы имеем дело с новым формационным типом – благороднометалльно-титаномагнетитовым. Наиболее близки к описываемым объектам Уральские месторождения кусинской группы связанные с геосинклинальной габбродиорит-диабазовой формацией. В целом по сравнению с другими формационными типами, Fe-Ti-V руды Пудожгорского и Койкарско-Святнаволоцкого месторождений характеризуются низкими содержаниями вредных примесей (S, P, Cr), высокими пятиокиси ванадия и двуокиси титана.

Людиковыйский комплекс характеризуется мощными проявлениями базитового и ультрабазитового магматизма, терригенным, хемогенно-терригенным седиментогенезом, массовым развитием углеродсодержащих пород с содержаниями от первых процентов до суперуглеродистых разновидностей (Сев. до 75-80%). Формирование углеродсодержащих пород происходило в бассейнах глинисто-карбонатного осадконакопления в условиях с резко восстановительной средой и мощном подводном вулканизме, который поставлял разнообразные продукты извержения, что и обеспечивало не только широкий спектр пород, но и их геохимическую и металлогеническую специализацию. Роль углеродистого вещества как сорбента рудогенных элементов общеизвестна. Не исключением являются и углеродсодержащие породы Карелии, в которых установлен стратиформный тип сульфидного оруденения. Выделяются рудоносные туффиты с конкреционными формами выделения сульфидов и несущие повышенные концентрации V, Cu, Au, Ag, Pb, Zn, Ti, Mo, Se, Pt, Pd и др. Геохимическая и металлогеническая специализация стратиформного колчеданного оруденения определяется геодинамическими особенностями развития бассейнов, составом синхронного вулканизма и масштабами проявления гидротермальных процессов. Источником рудного вещества в углеродсодержащих породах являются вулканические эманации. На фациальных профилях среди субмаринных отложений областей подводного вулканизма четко оконтуриваются зоны фумарольно-гидросольфатарной деятельности, к которым и приурочены сульфидные горизонты. Кроме того, устанавливается достаточно устойчивая ассоциация: сульфидная руда – терригенно-хемогенные алюмокремнистые породы – углеродсодержащие сланцы, где последние выступают как индикаторы геохимических обстановок рудоотложения. Основная масса сульфидов отлагается на границе сред, где окислительная обстановка сменяется восстановительной. Сульфидные горизонты, вовлеченные в последующие многостадийные процессы, связанные с деформациями и метасоматозом, привели к переконцентрированию редких и благороднометалльных элементов и переотложению их в виде богатых комплексных U-Cu-Mo-V руд (Падминский тип).

Список литературы

Голубев А.И., Иваников В.В., Филиппов Н.Б. Геохимия и Sr-Nd изотопный состав раннепротерозойских вулканитов центральной Карелии // Матер. Второго Всерос. Петрографического совещания. Т. IV. Сыктывкар. 2000. С. 252-254.

Голубев А.И., Иваников В.В., Филиппов Н.Б., Малашин М.В. Карельская трапповая провинция: пример магматической и геодинамической эволюции плюма в раннем протерозое // Мантийные плюмы и металлогения. Мат. Межд. Симпозиума. Петрозаводск-Москва. 2002. С. 60-63.

Голубев А.И., Трофимов Н.Н., Лавров М.М., Филиппов Н.Б. Рудно-формационные типы платиноносных объектов Карелии // Платина России. Том V. М.: Геоинформмарк, 2004, с. 335-344.

Пухтель И.С., Богатиков О.А., Куликов В.С. и др. Роль коровых и мантийных источников в петрогенезисе континентального магматизма: изотопно-геохимические данные по раннепротерозойским пикритам Онежского плато, Балтийский щит // Петрология, 1995. Т. 3. № 4. С. 397-419.

Рыбаков С.И., Голубев А.И. Слюсарев В.Д. и др. Металлогения Карелии. Петрозаводск, 1999. 340 с.

Трофимов Н.Н., Голубев А.И. Геодинамические условия образования благороднометалльно-титаномагнетитовых месторождений Онежской рифтогенной структуры Карелии // Руды и металлы. № 5. 1999. С. 23-35.

Трофимов Н.Н., Голубев А.И. Пудожгорское благороднометалльное титаномагнетитовое месторождение. Петрозаводск. 2008. 123 с.