

Геодинамические режимы развития территории Карелии и соответствующие им обстановки формирования золотого оруденения

Кулешевич Л.В.

Институт геологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, e-mail kuleshev@krc.karelia.ru

Заложение и развитие докембрийских зеленокаменных поясов Карелии связано с неоднократно повторяющимися режимами растяжения и сжатия земной коры в позднем архее и раннем протерозое. Формационный анализ магматизма и состава рудовмещающих комплексов, разработанные в последнее десятилетие модели геодинамического развития территории Карелии и Финляндии (по материалам В.Н. Кожевеникова, С.А. Светова, А.И. Слабунова, А.В. Самсонова, С.Б. Лобач-Жученко с коллегами, В.А. Глебовицкого, Ю.В. Миллера, Г. Гаала, П. Варда и др.), результаты радиологического датирования интрузивных тел и оруденения, а также наши данные по метасоматозу и рудообразованию, позволяют переосмыслить и провести металлогенический анализ размещения рудных объектов Карельского кратона и его обрамления. Золоторудные месторождения и проявления формировались преимущественно в связи с островодужными и окраинно-континентальными обстановками и в зонах сдвиговых деформаций и метасоматоза на ранне- и позднеорогенной стадиях аккреционно-коллизийного развития территории [1, 2, там же ссылки]. Для образования каких-либо значительных скоплений золота наиболее благоприятными были поздние стадии лопийского и свекофеннского орогенических циклов. Сдвиговые зоны обычно сопряжены и оперяют крупные региональные смещения, являясь каналами для проникновения глубинных и метаморфических флюидов. К сдвиговым зонам в пределах Карельского кратона приурочены месторождения и рудопроявления позднеархейского и позднего палеопротерозойского возраста. С рифтогенным режимом сумийского этапа связаны комплексные руды МПГ с примесью золота. Некоторые перспективы представляют орогенные области развития сумийского кислого магматизма и континентальные осадочные формации в наложенных ятулийских прогибах.

Позднелопийская эпоха (3,1–2,55 млрд. лет) объединяет вулканогенно-осадочные комплексы зеленокаменных поясов трех возрастных групп, с прорывающими их и повторяющимися во времени гранитоидами известково-щелочного и Na-K ряда, которые сопровождаются разнообразными рудными формациями (колчеданными, колчеданно-полиметаллическими, медно-молибденовыми, золото-сульфидными и золото-кварцевыми). Островодужные ассоциации кислых и средних пород Сумозерско-Кенозерского, Южно-Выгозерского и Сегозерско-Ведлозерского зеленокаменных поясов в обрамлении Водлозерского блока формировались на океанической коре. С ними связаны колчеданы с низкими концентрациями полиметаллов и золота. На раннеорогенной стадии внедрялись плагиограниты шилосского и шуйского комплексов (2,86–2,84 млрд. л.), порфиновые тела и дайки (2,81 млрд. л.). Они сопровождались березитами и золото-сульфидно-кварцевой минерализацией. Проявления Заломаевского, Тайгиницкого, Рыбозерского, Хаутоваарско-Ведлозерского рудных полей локализуются в ореоле плагиогранитных массивов во вмещающих толщах, в габброидах ранних фаз внедрения, на контакте с кислыми дайками и в протяженных СВ, СЗ или субмеридиональных шир-зонах в разных породах и в зонах рассланцевания на контактах с порфировыми дайками. Прогнозные ресурсы месторождения Рыбозеро и рудопроявлений Заломаевского рудного поля категории P_2 в ореоле Шилосского массива составляют 10–15 т (золото-сульфидные руды содержат до 1–25 г/т Au, ср. 1,82–10 г/т). Более поздние островодужные ассоциации кислого-среднего вулканизма (андезиты, дациты, риолиты) в Каменноозерской структуре сопровождаются колчеданно-полиметаллическими рудами, которые содержат Au до 2,8 г/т (ср. 0,9 г/т, P_1 0,6 т) на Северо-Вожминском и до 20 г/т на Верхне-Вожминском проявлениях.

Островодужная стадия развития западно-карельских зеленокаменных поясов сопровождалась формированием кислого вулканогенно-осадочного комплекса шурловаарской свиты и отложением в западной полосе Костомукшской структуры колчеданной и магнетитовой минерализации с повышенными концентрациями золота (фоновыми и иногда достигающими 1,3 г/т). Коллизия на рубеже 2,8–2,7 млрд. лет привела к смятию всех толщ и внедрению гранитов в обрамлении Костомукшской

структуры. С гранитами обрамления, в частности массива Восточного, связана молибденитовая минерализация. К субмеридиональным и субширотным сдвиговым зонам приурочены интрузивные тела габбро, диоритов, гранит-порфиров (2,72 млрд. л.) и порфировые дайки таловейского комплекса, фельзиты (геллефлинты) раутаойского комплекса (2,705 млрд. л.), и на заключительных стадиях К-граниты (2,67 млрд. л.). С таловейским комплексом и метасоматитами сдвиговых зон связано образование золото-сульфидных и золото-кварцевых руд месторождения Таловейс (Au 1–47 г/т, ср. 1,8–12,9 г/т, P_2 12 т), проявлений Берендей, С-16П (0,5–20 г/т Au) и Южно-Костомукшского (1–30 г/т Au).

Тикшезеро-Парандовский зеленокаменный пояс (2,8–2,65 млрд. лет) заложился и развивался как окраинно-континентальный на границе Карельского кратона с Беломорским складчатым поясом. В его южной части в западном борту Лехтинской структуры внедрение гранитов Лобашского комплекса сопровождалось грейзенизацией и медно-молибденовым оруденением. На контактах с порфировыми дайками в зонах рассланцевания и биотитизации сформировалось золото-полиметаллическое (с Ag, Bi, Te) оруденение месторождения Лобаш-1 (Au 0,5–216 г/т, ср. 2,64–3,04 г/т, P_2+C_2 8,7 т).

В более молодом по возрасту зеленокаменном поясе Ялонваара-Хатту-Тулос (2,76–2,72 млрд. л.) на юго-западной окраине Карельского кратона с кислым-средним вулканизмом связаны колчеданно-полиметаллические руды с повышенными концентрациями золота. Тоналиты и гранодиориты (2,74–2,72 млрд. л.) сопровождаются золото-кварцевыми жилами в поясе Хатту (Финляндия), Cu-W-Mo, полиметаллическими и золото-полисульфидными (с Bi, Te) прожилково-вкрапленными рудами участков Ялонваара и Приграничный.

Континентальная коллизия Карельского кратона и Беломорской подвижной области в позднем архее сопровождалась деформациями, формированием сдвиговых зон и метаморфогенно-метасоматическими преобразованиями на глубинных уровнях, а также заложением внутриконтинентальных бассейнов сдвиговой природы – пулл-апарт структур, в которых накапливались осадки и полимиктовые конгломераты. Позднеорогенные события (2,7–2,55 млрд. л.) завершились внедрением К-гранитов и сиенитов в пределах центральной части кратона и интенсивным метасоматозом. Вкрапленно-прожилковая и жильная золоторудная минерализация приурочена преимущественно к субмеридиональным шир-зонам и сечет как более древние толщи, так и вулканогенно-осадочные и молассовые отложения. Оруденение представлено вкрапленной и вкрапленно-прожилковой золото-сульфидной минерализацией (пиритовое, арсенопиритовое, Sb-As), золото-кварцевыми и золото-сульфидно-кварцевыми жилами. Позднеархейские деформации и метасоматические преобразования оказали существенное влияние на формирование таких месторождений золота как Педроламп (1–40 г/т, ср. 1–5,9 г/т, P_2+C_2 7,97 т), Таловейс, Рыбозеро, проявления Золотые Пороги и др. Все эти многочисленные проявления в зонах сдвиговых деформаций относятся к группе орогенических рудных объектов. На некоторые из них существенное влияние оказали более поздние свекофенские метаморфогенно-метасоматические преобразования.

В сумийско-сариолийскую эпоху (2,55–2,3 млрд. лет) на территории Карелии существовали несколько различных геодинамических обстановок. В режиме растяжения формировались СЗ и СВ рифтогенные структуры и происходило внедрение расслоенных базит-гипербазитовых интрузий. С рифтогенным режимом сумийского этапа связаны комплексные руды МПГ с примесью золота в расслоенных интрузиях. На СВ окраине Карельского кратона в Лехтинской структуре на площади проявления сумийского кислого магматизма (2,4 млрд. л.) формировались кварц-полевошпатовые порфиры. Они сопровождались низкотемпературными изменениями и на участке Пайозеро – золото-сульфидно-кварцевыми жилами (1–40 г/т Au). Сумийские кварцевые порфиры и отчасти более древние породы послужили источником вещества при разрушении и последующем накоплении золото-урановых кварцевых конгломератов сариолия (железноворотинская свита). Более значительные концентрации золота в сумийско-сариолийских толщах встречаются в наложенных северо-западных зонах рассланцевания свекофенского возраста.

Ятулийская эпоха (2,3–2,1 млрд. лет) связана с отложением осадков и базальтов во внутрикратонных прогибах. Накопление золота и урана в этот период происходило совместно в условиях русловых и прибрежных фаций – древних россыпях, представленных метаморфизован-

ными кварцевыми конгломератами, таких рудопоявлений как Риговаракское, Маймъярвинское, Ятулий-1. С ятулийским магматизмом связана гидротермальная сульфидная медная минерализация в базальтах, песчаниках и кварцевых конгломератах. Медистые песчаники Воронова Бора обогащены золотом, наиболее высокие его концентрации приурочены к сульфидно-кварцевым жилам (Au до 2,4 г/т). Максимальные концентрации золота в ятулийских отложениях установлены в зонах совмещения литологических горизонтов, обогащенных золотом, с наложенными зонами северо-западного расщепления и метасоматической переработки свекофеннского возраста и северо-восточными сдвиговыми зонами, сопровождающимися жилами. Метасоматиты свекофеннского возраста, наложившиеся на ятулийские породы формировались в режиме разной кислотности-щелочности: от альбититов (рудопоявление Шуэзерское, Медные горы, Светлое) до березитов в ореоле кварцевых жил (месторождение Воицкое). Максимальные концентрации золота на рудопоявлении золото-уран-содержащих кварцевых конгломератов Маймъярвинское (до 10 г/т, ср. 3,5 г/т, P_2 18,8 т) локализуются в северо-западной зоне перекристаллизации и переотложения.

В людиковийскую эпоху (2,1–1,9 млрд. лет) происходит раскрытие системы северо-западных континентальных рифтов, образование троговых окраинных бассейнов, базит-ультрабазитовый магматизм, накопление сульфидсодержащих углеродистых толщ с повышенными концентрациями Cu, Co, V, Ti. Особую роль в формировании рудопоявлений Онежской структуры сыграли зоны СЗ складчато-разрывных деформаций и метасоматического преобразования пород (от альбититов до слюдитов и березитов) и кварц-карбонатных жил. Эти зоны сопровождалась перекристаллизацией вещества и привнесом таких рудогенных элементов как U, Au, Pt, Pd, Mo, Se и др. Они привели к возникновению благороднометалльных-U-V месторождений Падминской группы Онежской структуры, локализованных в зонах СЗ простирания.

В свекофеннскую эпоху (1,9–1,86 млрд. лет) в собственно свекофеннской области в Раахе-Ладожской зоне на ЮЗ границе Карельского кратона формировалась надсубдукционная островная дуга. Вулканизм кислого-среднего состава сопровождался колчеданно-полиметаллическими рудами Главного сульфидного пояса на территории Финляндии и Швеции. На коллизионном этапе происходит внедрение разнообразных гранитоидов (тоналитов, гранодиоритов и сопровождающих их даек) с возрастом 1,88–1,8 млрд. лет. С островодужным магматизмом на территории Финляндии в Раахе-Ладожской зоне связаны месторождения полиметаллических руд, содержащие повышенные концентрации золота, – Виханти, Пюхасалми и др. С раннеорогенными тоналитами комплекса Оси-конмяки – золото-арсенидно-кварцевые месторождения в Финляндии и объекты рудного поля Пякюля в Карелии. В обрамлении реометаморфизованных гранитных куполов в северном Приладожье формируются разнофациальные метасоматиты и скарны, развивающиеся по карбонатным толщам питкярантской свиты. С ними связана наложенная на скарны полиметаллическая минерализация с повышенными концентрациями золота.

Лапландский зеленокаменный пояс представлен толщами лаппония, сопоставимыми с суми-ем, ятулием и людиковиём на нашей территории. Он заложен и развивался как рифтогенная структура на континентальной коре. Месторождения Сааттопора, Кутувуома, Пахтаваара, Суорикуосикко и др. сформировались в СЗ шир-зоне (линия Сиркка), объекты рудного поля Куосамо – в СВ шир-зоне, в связи с широко проявленным метасоматозом над погружающейся областью Лапландских гранулитов, впоследствии выведенных на поверхность в СВ части территории Финляндии. В Паано-Куоляярвинской структуре в СВ шир-зоне сформировались месторождение Майское (Au 1–580 г/т, ср. 7,63 г/т, C_2+P_1 0,66 т) и многочисленные проявления в СЗ Карелии. Раннеорогенный гранитоидный магматизм на площади их развития практически не выявлен.

В центральных частях Карельского кратона золоторудные проявления свекофеннского возраста формировались исключительно в зонах складчато-разрывных дислокаций, расщепления и метасоматического преобразования в протерозойских породах. Это золото-сульфидно-кварцевая вкрапленная и жильная минерализация Лехтинской, Выгозерской, Елмозерской, Маслозерской, Янгозерской, Туломозерской и других структур (золото-халькопирит-кварцевые, золото-кварцевые, полисульфидно-кварцевые жилы месторождений и рудопоявлений Воицкого, Орчень-губа, Шуэзерское, Фаддейн-Келья, Колос и др.).

К началу *раннерифейской эпохи* (1,65–1,45 млрд. лет) Раахе-Ладожская зона была причленена к Карельскому кратону и представляла единое целое с ним. В южном обрамлении кратона по СВ тектонической зоне происходит заложение рифейского рифта, накопление раннерифейских отложений салминской свиты (СВ Приладожье) и внедрение габбро-анортозит-рапакиви-гранитного салминского комплекса (1,65–1,45 млрд. л.). Граниты сопровождалась скарнами и грейзенами, поздним окварцеванием и различными типами руд во вмещающих их раннепротерозойских толщах. В этот период времени происходит грейзенизация скарнов и формируется наложенная на оруденение скарнов полиметаллическая минерализация с повышенными концентрациями золота (до 8,6 г/т, по данным Р.А. Хазова).

Таким образом, геодинамическая позиция орогенических золоторудных объектов Карелии, также как в зеленокаменных поясах других регионов мира, связана с эволюцией геологических структур над зонами субдукции и обусловлена формированием сдвиговых зон в связи с коллизионными процессами. Золотопродуктивными комплексами аккреционной стадии орогенного развития являются разнообразные вулканогенно-осадочные толщи, накапливающиеся в островодужной или активной окраинно-континентальной обстановке и субвулканические и интрузивные тела кислого-среднего составов. Для коллизионных стадий, как позднеархейского, так и раннепротерозойского этапов развития, большое значение приобретают зоны сдвиговых деформаций, метасоматической проработки и прокварцевания, наложенные на разные породы. Наиболее значительные золоторудные объекты Карелии возникли в течение нескольких орогенических событий в позднем мезо- и неогарее в интервале времени 2,86–2,84 млрд. лет, 2,81–2,8 млрд. лет, 2,75–2,72 млрд. лет, соответствующих проявлению кислого-среднего интрузивного магматизма и в зонах сдвиговых деформаций в интервале 2,7–2,6 млрд. лет, а также в раннем протерозое в период 1,86–1,88 млрд. лет. Некоторые перспективы представляют орогенные области развития сумийского кислого магматизма и континентальные осадочные формации в наложенных ятулийских прогибах.

Литература

1. Кулешевич Л.В. Эволюция эндогенных режимов формирования золотого оруденения Карелии // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 9. Петрозаводск, 2006. С. 81–99.
2. Кулешевич Л.В. Золотое оруденение Карелии (Эндогенные режимы формирования, генетические и рудно-формационные типы) // ДАН. Т. 412. № 2. 2007.

Палеопротерозойские (людиковийские) базальт-трахитбазальтовые стратовулканы Ц. Карелии и их специфика

Куликова В.В., Куликов В.С.

Институт геологии Карельского НЦ РАН, г. Петрозаводск, e-mail: vkulikova@onego.ru

Выделяемый в палеопротерозойской истории Земли временной интервал (суперпериод) под названием орозирий [2, 8] характеризовался различными геодинамическими режимами. В Карело – Кольском регионе начало суперпериода – «стандартного галактического года» (СГГ) связано с образованием пород людиковийского надгоризонта, который в Ц. Карелии является составной частью карельского (палеопротерозойского) структурного этажа и состоит из *заонежской (нижней) и суйсарской (верхней) свит* [6]. Они имеют существенное различие. Заонежская свита характеризуется: 1) повсеместным развитием углеродсодержащих пород (в том числе высокоуглеродистых шунгитов), которые можно сопоставить с продуктами современных смокеров в океанах; 2) наличием толеитовых базальтов и пород с повышенной кремнекислотностью и щелочностью (трахиандезиты и трахитбазальты, или исландиты и гавайиты, по [4]) в верхах свиты, завершающих гомодромный цикл эволюции заонежского вулканизма; 3) водным типом осадков и вулканитов; 4) широким распространением субвулканических силлов основного состава среди вулканогенно – осадочных пород. *Суйсарская свита* отличается: 1) преобладающим развитием высокомагнезиальных вулканитов