

$T=500-520^{\circ}\text{C}$, $P=2,8-3,2$ кбар и сопровождалась кварцевыми жилами. На месторождении Майском синрудные метасоматиты (гумбеиты, по данным А.А. Вольфсона) представлены кварцем, Ва-калишпатом, гиалофаном, кальцитом, олигоклазом, мусковитом, биотитом, жилы образовались при снижении P и T от $220-170^{\circ}\text{C}$ и до 105°C .

На территории Карелии в раннем протерозое на свекофенском коллизионном этапе мощные блоковые перемещения в фундаменте кратона и складчато-разрывные пластические деформации в породах чехла карельского структурного этажа сопровождалась СЗ и СВ сдвиговыми деформациями и интенсивным метасоматозом. Изменения в протерозойских породах в пределах зон разломов имеют региональную зональность. В Онежской структуре метаморфизм происходил при $T=430-440^{\circ}\text{C}$, $P=1,7-2,1$ кбар (по Т.Н. Билибиной и др., В.С. Полеховскому, Н.В. Леденевой). В низкотемпературной зеленосланцевой фации широко развиты щелочные метасоматиты – эйситы, более поздние изменения представлены слюдитами (с Ст-V-слюдами) и кварц-карбонатными прожилками с сульфидами, селенидами, Bi-Te-соединениями, интерметаллидами, сам. золотом, серебром.

Для аккреционной стадии развития Свекофенской складчатой области характерен андалузит-силлиманитовый тип метаморфизма с зональностью от зеленосланцевой до амфиболитовой фации в условиях $P=2,5-4,5$ кбар, $T=450-650^{\circ}\text{C}$ в Северном Приладожье и до гранулитовой фации с $T=750-800^{\circ}\text{C}$, $P=4-6$ кбар в Раахе-Ладужской зоне. В центральной части Раахе-Ладужской зоны (Раахе-Хаапаярви-Рауталампинской площади) развит метаморфизм от низких-средних ступеней амфиболитовой фации до гранулитовой умеренных давлений, в ЮВ части (Рантасалминской площади) – низких-средних ступеней амфиболитовой фации ($T=645^{\circ}\text{C}$, $P=3,4$ кбар, Korsman et. al., 1984). В этой зоне внедрились массивы тоналитов (1,89-1,88 млрд. лет), наиболее близкие по возрасту золотому оруденению. Для шир-зон характерно образование серицита, хлорита, эпидота, кварца, кальцита, турмалина при $T=440^{\circ}\text{C}$, P до 2 кбар. Отложение рудных минералов происходило при снижении T от 400 до 105°C .

В приведенном обзоре показаны закономерности формирования сдвиговых зон в складчатых поясах различного типа, приуроченность к ним до- и синрудных метасоматитов, оруденения, а также зависимость условий образования минерализации от P - T условий метаморфизма. Большинство рудопроявлений Карелии относится к структурно-контролируемым, их локализация определяется региональными структурными элементами. Дорудные метасоматиты шир-зон обычно бывают изофациальны зонам метаморфизма, синрудные и жильные ассоциации формируются при снижении P и T . Золото-сульфидное оруденение Карельского кратона в шир-зонах по температурным условиям образования относится к гипо- и мезотермальному типу.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ФОРМИРОВАНИЯ, РУДНЫЕ И АКЦЕССОРНЫЕ МИНЕРАЛЫ ЗОЛОТОРУДНЫХ ПРОЯВЛЕНИЙ КОСТОМУКШСКОЙ СТРУКТУРЫ

Кулешевич Л.В., Панфилова И.В.

Институт геологии Карельского НЦ РАН, г. Петрозаводск, kuleshev@krc.karelia.ru

Последовательность геологических событий и рудообразования. В общем ряду геологических событий, установленных на основе геологического картирования, изучения стратиграфии, магматизма, тектоники и метаморфических преобразований в Костомукшской структуре, можно выделить возрастные рубежи формирования и преобразования вмещающих толщ и интрузивных комплексов и наметить последовательность образования основных типов золоторудной минерализации, связанных с ними (табл. 1). Возраст интрузивных пород приводится по данным, опубликованным разными авторами (Е.В. Бибиковой, С.Б. Лобач-Жученко с коллегами, В.Н. Кожевниковым, А.В. Самсоновым и др.). Изучение минералов руд и околорудных метасоматитов, а также акцессорных минералов (возможных источников информации о возрасте оруденения), позволяет проследить их генетическую связь и позицию в общей последовательности рудообразования. По данным исследований в Костомукшской структуре (Фурман, 2000; Кулешевич, 2003), выделяются следующие **формационные типы золотого оруденения**: 1 – золотосодержащие колчеданные руды (участки Рувинваара, Ниемиярви); 2 – золото-сульфидное вкрапленное, золото-сульфидно-кварцевое штокверковое и золото-кварцевое жильное оруденение, связанное с диорит-гранит-порфировым комплексом (уч. Таловейс, Берендей); 3 – золото-сульфидное, формирующееся в единой зональности с молибденовым, в ореоле Восточного массива гранитов (уч. Кургелампи, Восточное); 4 – золото-сульфо-арсенидное в шир-зонах среди железистых и биотитовых кварцитов (уч. Южно-Костомукшский).

Золотосодержащие колчеданные руды представлены на участках *Западная Рувинваара* и *Ниемиярвинское* в западном борту Костомукшской структуры в шурловаарской свите (в северной и южной ее части). Золото здесь обнаружено во вкрапленно-прожилковых и послойно-полосчатых метаморфизованных колчеданных рудах, переслаивающихся с магнетитовыми кварцитами. Околорудные изменения представлены хлоритом, кварцем, мусковитом (серицитом). Руды содержат пирротин (20-40 %), незначительное количество пирита, халькопирита, Au до 1.7-3 г/т (данные КГЭ). На уч. Ниемиярвинском, расположенном в зоне влияния гранитов, золото установлено в окварцованных колчеданных рудах и железистых кварцитах в ассоциации с молибденитом, висмутином.

Таблица 1

Стадийность геологических событий, фиксируемых в Костомукшской зеленокаменной структуре

Стратиграфическая шкала	Возраст млн. лет*	Осадочно-вулканогенные образования	Возраст млн. лет*	Интрузивные комплексы	Структурно-тектоническая перестройка, метаморфизм, метасоматоз	Металлогеническая специализация
Протерозой. Средний рифей			1230-1241 (Sm-Nd, Rb-Sr)	Комплекс даек калиевых щелочных ультраосновных пород: лампроиты, щелочные пикриты	Активизация ССЗ, ВСВ разломов (калиевый метасоматоз)	Алмазы (перспективы)
Протерозой			(1900-1800)		Свекофеннский этап деформаций: крупные блоковые перемещения	
Ятулий-сумий			?	Дайки габбро-долеритов (нерасчлененные)	ССЗ, СЗ и субширотные разломы, контролирующие развитие даек	Бедное вкрапленное титаномагнетитовое оруденение
Верхний архей. Лопий			2700±40 (U-Pb)	Комплекс шурловаарских и ниемиярвинских калиевых гранитов (гранодиориты, граниты, лейкограниты, аплиты, пегматиты)	Поздний этап деформаций (Д4), смятие железистых кварцитов, сдвиговые зоны ССВ-20° простирания, амфиболитовая фация (мигматизация, микроклинизация, кварцевые жилы, окварцевание, биотитизация, скарноиды)	Молибденитовое оруденение, формирование в сдвиговых зонах промышленных золото-кварцевых жил, золото-сульфидно-кварцевого и золото-сульфо-арсенидного оруденения
			2707±31 (U-Pb)	Раутаойский комплекс: натриевые риодацит-порфиры (геллефлинты)	Сдвиговые деформации (Д3), сопровождаются низкотемпературными гидро-термальными изменениями (окварцевание, турмалинизация)	Золото-содержащая сульфидная минерализация
			2720±15 (U-Pb)	Таловойский комплекс: габбро, диориты, кварцевые диориты, гранит-порфиры, дайки андезитов, дацитов, микродиоритов	Сдвиговые зоны ССВ и В простираний хрупко-пластичные деформации (Д2). Приконтактные деформации и изменения; березитизация гранитоидов	Золото-сульфидное и золото-сульфидно-кварцевое штокерное оруденение
	?	Гимольская серия (suc, ks, sug свиты): конгломераты, железисто-кремнистая толща, биотитовые, амфиболовые, углеродистые сланцы				Железистые кварциты
			2782±5	Массивы тоналитов, плагиогранитов в обрамлении структуры	Ранний этап складчато-разрывных деформаций (Д1 ²). Метаморфизм эпидот-амфиболитовой – амфиболитовой фаций	
	2801-2795±10 (U-Pb)	Шурловаарская свита: риодациты, туфогенно-осадочная толща, желе-зисто-кремнистые и углеродистые сланцы	2791,7±6 2795±29 (U-Pb)	Дайки порфиров, экзотрузии риодацитов	Ранние сдвиговые зоны СВ простирания в западной части структуры (Д1 ¹)	Колчеданы, магнетитовые руды, бедная золото-сульфидная минерализация
	2813±78 2843±39 (Sm-Nd)	Контокская серия (nm, gi свиты). Ультрамафит-мафитовая толща: толеитовые базальты, коматититы, коматитовые базальты, их туфы, кремнистые осадки. В верхних горизонтах шаровые и варнолитовые лавы коматититовых базальтов и натриевых дацитов		Интрузивные перидотиты и габбро	Заложение субмеридиональной троговой структуры	Никель (бедная вкрапленная мил-лерит-пентландит-пирротинная минерализация, метаморфогенная)

Примечание. * Использованы результаты радиологического датирования (ранними методами) С.А. Сергеева, С.Б. Лобач-Жученко, А.В. Самсонова, И.С. Пухтеля, В.Н. Кожевникова, Л.П. Никитиной и др. Д1-Д4 – этапы деформаций в лопийском комплексе пород.

Золото-сульфидные и золото-кварцевые руды связаны с диорит-гранит-порфировым комплексом (уч. Таловейс, Факторный, Берендей). Формирование диоритов и гранитов таловейского комплекса контролируется зонами ССВ и субширотного простирания. На *месторождении Таловейс* золото установлено в штоке Центрального и в западном ореоле во вмещающих толщах. Здесь выделяются два основных типа минерализации: 1 – вкрапленная и прожилково-вкрапленная золото-пиритовая и золото-пирит-кварцевая, формирующие штокверк в апикальной части интрузива и 2 – золото-кварцевая жильная, приуроченная к центральной ССВ сдвиговой зоне. Золото-сульфидное вкрапленное и вкрапленно-прожилковое оруденение 1-го типа связано с березитизацией гранит-порфиров и кварцевыми прожилками в апикальной части массива Центрального. Березитизацией затронута практически вся обнаженная часть массива, но максимально изменения проявлены в его северной и западной частях. Березитизированные граниты сложены кварцем, альбитом, микроклином, серицитом, реже эпидотом, хлоритом, количество пирита в них достигает 1-5 %, карбоната 1-3 %, присутствуют сфен, апатит. Среди аксессуаров размером 1-20 мкм обнаружены циркон, бастнезит, реже ортит (табл. 2), они выделяются позднее рудных: секут кристаллы пирита. Слюды перекристаллизуются в ореоле даек лампроитов. Кубический пирит (0.2-0.5 см) содержит примесь Au до 0.5 г/т, обеспечивая его повышенный первичный фон в гранитах и отдельные участки с концентрациями до 1-5 г/т. С маломощными (0.3-1 см) прожилками связана золоторудная минерализация штокверка (Au 1-10 г/т). Прожилки содержат кварц, пирит до 5-7 %, примеси других сульфидов (пирротин, халькопирит, реже сфалерит, галенит, на отдельных участках арсенопирит) и золото. Изменения накладываются на метаморфизованные вмещающие базальты и коматиты вблизи интрузива и их ксенолиты в гранитах массива Центрального. Они представлены эпидотизацией в основных породах и ассоциацией талька, биотита, тремолита, карбоната в метакоматитах, сопровождаются пиритом.

Таблица 2

Аксессуары минералы участков Таловейс и Южно-Костомукшский

Компонент	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
F, мас. %	3.27		9.04	8.43	7.63		4.50		3.88				
P									19.65				
Ca			2.17	2.21	2.11				36.03	20.39	19.86	12.32	12.88
Ti										22.83	22.72		
Si						14.84	19.76	13.48		15.67	15.45		
Y			2.56		1.64			10.81					
La	17.15	14.39	12.85	13.33	10.80		14.02						
Ce	31.16	26.72	24.67	22.28	22.08		23.75						
Pr	3.21		1.97										
Nd	8.68		9.07	6.35	7.93		7.69	1.07					
Th								42.31					
U								6.68					
Zr						50.52							
W												61.43	61.16
Re												3.49	3.73
O	10.29	7.06	9.85	8.06	8.25	34.63	30.28	25.64	39.91	41.21	41.22	22.17	22.23
сумма	73.76	48.18	72.18	60.66	60.45								
№ обр.	T-12	T-12	ГП-1/34	ГП-1/15	ГП-1/23	T-12	T-12	ГП-1/13	ГП-1/23	ГП-1/13	ГП-1/15	ГП-1/13	ГП-1/15
Минерал	бастнезит	бастнезит	бастнезит	бастнезит	бастнезит	циркон	ортит	торит	апатит	сфен	сфен	шеелит	шеелит

Примечание. Микрозондовые анализы выполнены в ИГ КарНЦ РАН А.Н. Терновым. Анализы карбонатов – 1-5 даны без учета углерода, остальные пересчитаны к 100 %.

Главная золото-кварцевая жила приурочена центральной сдвиговой зоне в центральной части штока, имеющей простирание ССВ 20°. Жила имеет крутое восточное падение и ветвистое строение, она прослежена на 30 м и глубину 100 м. Средняя мощность рудного тела, ассоциирующего с ней около 10 м. Рудная минерализация представлена золотом, сульфидами и более редкими минералами в сумме до 1 % (пирротин, галенит, халькопирит, сфалерит, висмута-теллуриды – цумоит, сульфозумоит, сам. висмут, реже серебро, аргентит, шеелит). Золото (проба 860-970) образует чешуйки, пластинки и комковатые зерна размером 0.05-1 мм (ср. 0.1-0.5 мм). Его концентрация достигает 32-47 г/т Au, ср. 4.5-5.6 г/т, Ag – 1-3.4 г/т (данные КГЭ).

Участок Берендей сложен метакоматитами, амфиболитами с прослоями туфогенно-осадочного материала, прорванными дайками андезит-дацитового состава (таловейский комплекс; Кулешевич и др., 2000). Мощность даек 0.1-5 м, участков их сближенного развития – до 50-90 м. Дайки прослеживаются от участка Берендей до штока Центрального вдоль региональной шир-зоны ССВ простирания. На их контакте развиты окварцевание, биотитизация и карбонат-кварцевые прожилки. Прожилки приурочены к меридиональной и СВ системе трещин, они секут дайки и вмещающие толщи, на их контактах развиты изменения типа скарноидов (диопсид, карбонат, скаполит, иногда микроклин). Мощность прожилков от 0.1-5 см (ср. 0.2-0.5 см). Сульфиды (1-5, до 10 %) представлены пирротинном, пиритом, халькопиритом, единичными зернами сфалерита, золотом, арсенопиритом (С-16П), шеелитом (С-6, 307, 141). Текстура руд вкраплено-прожилковая. Золото тонкодисперсное. Содержания золота вне рудных зон низкие 0,0031-0,48 г/т, в зонах прожилков до 0.5-20 г/т.

Золото-сульфидная минерализация, формирующаяся в единой зональности с молибденовым оруденением в ореоле гранитного массива Восточный. Проявления Кургелампи и Восточный восточного борта Костомукшской структуры связаны со сдвиговыми деформациями в толще сланцев, железистых кварцитов, метакоматиитов, амфиболитов вблизи контакта с массивом Восточным (гора Таловейс). Вмещающие толщи прорваны жильными телами гранит-аплитов мощностью до 3 м. Они сопровождаются кварцевыми жилами и прожилками мощностью до 0.5 м с вкрапленной молибденитовой минерализацией. На *уч. Кургелампи* оруденение представлено двумя минеральными типами – вкрапленно-прожилковым молибденитовым и висмутин-золото-сульфидным, в последнем встречаются пирит, пирротин, халькопирит, сфалерит (1-2 %). Мелко-, среднечешуйчатый молибденит выделяется в грейзенизированных породах и жилах мощностью 0.1-1 м. В рудах установлены примеси Mo, Bi, W, Pb и Zn, Au 0.02-2.54 г/т, Ag 0.5 г/т (данные КГЭ).

На *уч. Восточном* биотит-амфиболовые и биотит-альбит-кварцевые сланцы прорваны сетью жил гранит-аплитов мощностью от 1-2 м до 20 м в раздувах. Аплиты и вмещающие окварцованы: кварц образует желваки, линзы, жилы мощностью до 1.2 м. Около жил обычно развиты мусковит, микроклин, биотит и сульфиды (1-5 %), представленные молибденитом, арсенопиритом, пиритом, пирротинном, халькопиритом, сфалеритом, единичными зернами висмутита, галенита. В зонах минерализации Au до 2.04 г/т, Ag 0.1-15 г/т. В протоочках выявлено 200-500 знаков золота. Аксессуары представлены апатитом, сфеном, цирконом.

Золото-сульфо-арсенидовое оруденение в шир-зоне в биотитовых и железистых кварцитах локализуется в карьере Костомукшского железорудного месторождения (*Южно-Костомукшский участок*). Вмещающие толщи, представленные песчано-глинистыми осадками флишевого типа, преобразованными в процессе метаморфизма в слюдистые ритмично-слоистые сланцы, углеродсодержащие и филлитовидные слюдистые сланцы с сульфидами и железистыми кварцитами, прорваны субогласным телом геллефлинта (риодацитового состава). Участок приурочен к моноклинально падающему на север южному крылу железорудного месторождения, осложненному складчатостью и смещениями по ССВ и широтным разломам. Субширотные зоны дислокаций контролируют субвулканическое тело геллефлинта и дайки архейских габбро, СЗ разрывы определяют локализацию протерозойских габброидов, ССВ – даек лампроитов. С пластичными деформациями сопряжены складчатость, рассланцевание пород и локализация вкрапленно-прожилковой колчеданной минерализации. Осевые плоскости складок в восточной части Южно-Костомукшского участка имеют субширотное простирание и крутое погружение шарниров на восток под углом около 80°. К субширотным сдвиговым зонам по крыльям складок приурочены также зоны рассланцевания, процессы более низкотемпературного метасоматоза и золото-пирротин-леллингит-арсенопиритовая минерализация, накладывающаяся на разные типы пород, изменения установлены, в т. ч., в геллефлинтах. Основным типом руд участка являются железистые кварциты, среди горизонтов которых встречаются прослои вкрапленно-прожилковых метаморфизованных колчеданов и линзовидно-ветвящиеся кварцевые жилы, гнезда, прожилки с золото-арсенидно-сульфидной минерализацией. Околорудные изменения представлены перекристаллизованными минералами вмещающих пород – биотитом, иногда амфиболом, кварцем, дополнительно на контакте кварцевых прожилков появляются микроклин, мусковит, альбит, шеелит, карбонат, из аксессуарных – апатит, сфен, бастнезит, циркон, реже рутил, торит (размером 1-10 мкм). Аксессуарные минералы выделяются на контакте рудных минералов и в микротрещинках (табл. 2). Рудная минерализация представлена арсенопиритом, пирротинном, леллингитом, золотом (с невысокой примесью Ag, Hg), халькопиритом, реже галенитом, сфалеритом, шеелитом и редкими минералами (ауростибитом, мальдонитом, висмутом, висмутотеллуридами, серебром, антимонитом, брейтгауптитом). Молибденит встречается чаще в участках перекристаллизованных колчеданов. Шеелит выделяется как рудный в более крупных жилах, на контакте с микроклином и кварцем. Апатит, сфен и бастнезит наиболее распространенные аксессуары, торит – редкий. Установлено послерудное образование циркона и бастнезита в золото-сульфидных телах. На современном уровне отработки карьера установлено два золоторудных тела мощностью 1-6 м в зоне до 20 м с содержанием золота 0.2-30 г/т (результаты КГОКа, КГЭ, Петров, Головина, 2003; Головина, 2007; Кулешевич, Горьковец, 2007; Горьковец, 2007).

Работа выполнена по гранту РФФИ-08-05-98815-р-север-а.

ПАЛЕОПРОТЕРОЗОЙСКИЕ ДАЙКИ И СИЛЛЫ КАРЕЛЬСКОГО КРАТОНА: НОВЫЕ ДАННЫЕ И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ

Куликов В.С.¹, Куликова В.В.¹, Бычкова Я.В.²

¹ Институт геологии Карельского НЦ РАН, г. Петрозаводск, vkulikova@onego.ru

² МГУ им. М.В.Ломоносова, г. Москва, yanab66@yandex.ru

Изучение даек в пределах архейских блоков земной коры, а также реликтов силлов и сопровождающих их дайками в палеопротерозойских структурах позволяет оценить геодинамические условия их формирования и реконструировать соответствующие крупные магматические провинции (КМП) в раннем докембрии.