

лись, очевидно, еще в глубинных условиях, но после образования железомagneзиальных силикатов, в связи с возрастанием окислительного потенциала. Позже из более дифференцированного и водонасыщенного расплава, давшего начало горнблендитам и габброидам, выделялись магнетит и хромомagnetит с минимальным количеством примесей. И, наконец, с поздней стадией кристаллизации пород было связано выделение сульфидных минералов в виде рассеянной вкрапленности, а также межкристалльных и мелких шлировых выделений. Присутствие их свидетельствует об обособлении остаточного рудного раствора, обладающего достаточной подвижностью для проникновения в застывающую породу. Это говорит о рудогенерирующей способности магматического расплава и о возможности появления рудных концентраций сульфидов в благоприятных для их локализации участках (зонах), в частности, вблизи нижнего интрузивного контакта. Сульфидная (пентландит, бравоит) акцессорная минерализация ультрамафитов и повышенные концентрации никеля во всех разновидностях пород являются показателями сульфидно-никелевой металлогенической специализации аргеловщинского комплекса.

Литература

1. Аксаментова Н.В. Мафические дайки кристаллического фундамента Беларуси. Минск: Институт геохимии и геофизики НАН Беларуси, 2005. 93 с.
2. Борисенко Л.Ф. Редкие и малые элементы в гипербазитах Урала. М.: Наука, 1966. 224 с.
3. Жангуров А.А., Предовский А.А. Химизм пород и природа первичной магмы никеленосных интрузий Печенги // Петрология, минералогия и геохимия, серия "Вопросы геологии и металлогении Кольского полуострова". Апатиты: Кольский филиал АН СССР, 1974. Вып. 5. Часть 2. С. 72–83.
4. Магматические горные породы. Т. 5. Ультраосновные породы / Богатилов О.А., Васильев Ю.Р., Дмитриев Ю.И. и др. М.: Наука, 1988. 508 с.
5. Федотов Ж.А., Бакушин Е.М., Федотова М.Г. Основной и ультраосновной магматизм северного обрамления Печенгского синклинария // Петрология, минералогия и геохимия, серия "Вопросы геологии и металлогении Кольского полуострова". Апатиты: Кольский филиал АН СССР, 1974. Вып. 5, ч. 2. С. 3–18.
6. Чернышов Н.М., Бочаров В.Л. Химические составы ультраосновных и основных пород докембрия Воронежского кристаллического массива. Справочник. Воронеж: ВГУ, 1972. 240 с.
7. Черняховский А.Б., Пасюкевич В.И., Илькевич Г.И. // ДАН БССР. 1981. Т. XXV. № 12. С. 1120–1123.

Минералогия и условия формирования золоторудного проявления Педролампи (Карелия, Россия)

Алексеев В.Ю., Волков А.В., Прокофьев В.Ю.

Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН,
г. Москва, victor@igem.ru

Рудопоявление Педролампи расположено в центральной Карелии в пределах Ведлозерско-Сегозерского зеленокаменного пояса. Пояс протягивается в субгоризонтальном направлении на 400–500 км. Его геотектоническое положение определяется приуроченностью к Хаутоварско-Койкарской мобильно-проницаемой зоне, разделяющей Карельский мегаблок на 2 сегмента: Центрально-Карельский и Онежский. В составе пояса выделяют несколько локальных структур, которые образуют в плане субмеридиональные полосы, соединяющиеся на северном окончании в районе оз. Сегозеро. Характерной особенностью пояса является широкое развитие коматиито-базальтовых и андезит-дацитовых ассоциаций с возрастом соответственно (3.05–2.95 млн. лет) и (3.05–2.95, 2.09–2.85 млн. лет) [1]. Рудопоявление Педролампи вместе с проявлениями Эльмус, Орехозеро, Тампус и другими образует Эльмусское рудное поле.

Золотая минерализация рудопоявления локализована в субмеридиональной зоне расланцевания на контакте лопийских пород с ятулийскими кварцитопесчаниками. Вмещающими основное золотое оруденение породами являются тектонически проработанные, расслацованные, окварцованные, карбонатизированные, пиритизированные и турмалинизированные породы лопия, пред-

ставленные серицит-кварцевыми, кварц-карбонатными сланцами бергаульской серии и хлорит-серицитовыми кварц-карбонат-хлоритовыми сланцами семчереченской свиты [2], по другим данным [3] субстратом рудоносных метасоматитов являются metabазальты семчереченской свиты. Повышенные содержания золота (от 2 г/т до 38 г/т) установлены нами также в рассланцованных и ожелезненных кварцито-песчаниках ятулия у контакта с архейскими породами

Продуктивной является площадь развития гидротермально-метасоматических изменений с хорошо выраженной пиритизацией. В пределах этой площади выделяются линейные участки прокварцевания мощностью от первых до десятков сантиметров. Концентрируясь на отдельных участках, они образуют зоны прокварцевания с густой вкрапленностью пирита с содержанием (г/т) Au 2,1; Ag 1,1 (рис.1б).

Рудная зона вскрыта небольшим карьером, вытянутым в с – с-з направлении. В восточной части карьера обнажаются светло-серые протерозойские кварцито-песчаники. У контакта с архейскими породами они преобразованы в хлорит-серицитовые сланцы, светло-серые или буроватые за счет окрашивания гидроокислами железа. В сланцах фиксируются линзовидные тела и непротяженные горизонты конгломератов – вероятно, реликтов базального горизонта ятулийских конгломератов. Эти образования часто сопровождаются зоной ожелезнения. Азимут простираения горизонтов конгломератов субогласный с направлением контакта архейских и протерозойских пород. Обломочный материал в основном представлен сланцами и, редко, кварцем. Причем единичные обломки кварца имеют хорошую окатанность, а среди сланцев преобладают остроугольные формы. Цемент состоит из мелких обломков того же состава и разного количества железистого материала. Мощность ожелезненной зоны составляет от 1 до 2 метров. На отдельных локальных участках доля гематитового (мартитового) цемента составляет около 80%. Содержание золота в таких участках, по данным атомно-абсорбционного анализа, повышается (в г/т) до 38,8, серебра 4, платины 0,18, палладия 0,47; Rh -0,001, Ir – 0,005. Золото содержится в мартитовом цементе в виде мелких зерен, нитевидных и линзовидных включений размером до 0,7–1,5 мм по длинной оси и от 0,001 до 0,3 мм в поперечнике (рис1а.) Золото высокопробное около 930‰. В виде примеси присутствует серебро (до 3‰) и часто фиксируется столько же железа.

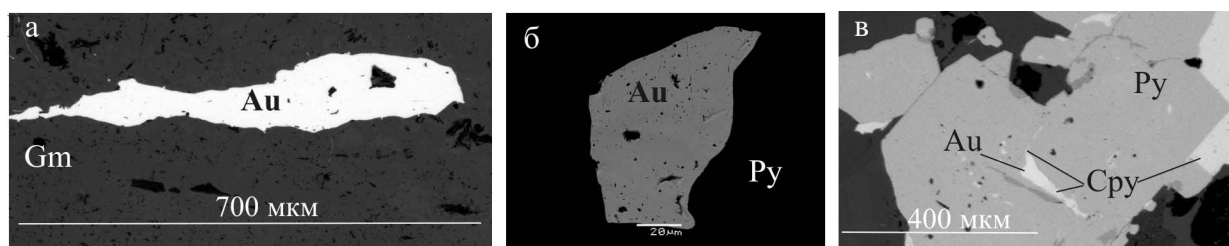


Рис. Морфология выделений золота: а) – в ятулийских конгломератах, в гематитовом (мартитовом) цементе; б) – в пирите продуктивной зоны; в – из зоны смятия. Принятые сокращения: Gm – гематит, Py – пирит, Cpy – халькопирит, Au – золото

Граница AR и PR пород имеет тектонический характер. Она представлена зоной интенсивно рассланцованных, подробленных, ожелезненных пород. Азимут простираения контакта у точки наблюдения 330–335°. В этом же направлении по контакту фиксируется жила светло серого, полупрозрачного кварца, которая прослеживается на 18 метров. Ее мощность уменьшается в юго-восточном направлении. Минерализация в подобных жилах не установлена. К западу от контакта выделяется толща, состоящая из зеленовато-серых карбонат-кварц-хлоритовых, карбонат-серицит-хлоритовых сланцев. Мощность толщи около 11 метров. Характерной чертой этой толщи является наличие многочисленных бурых пятен на поверхности, связанных с окислением крупных до 4–10 см стяжений и кристаллов пирита. Отмечается концентрация пирита вдоль зон окварцевания или по отдельным трещинам. Сливаясь, пятна образуют изометричные площади размером 30–50 см в диаметре или вытянутые на несколько метров бурые потоки, придавая всей толще бурый цвет, по которому она четко выделяется на фоне соседствующих пород. В сланцах встречаются линзы кварца (будины) от 5 до 60 см, имеющие субогласное или кососекущее положение по отношению к сланцеватости по-

род. По границе линз обычно развита милонитизация пород. Особенности строения и характер изменения этой толщи, вероятно, обусловлены ее первичным составом и особенностями развития. Возможно, в результате сдвиговых движений по разлому породы толщи были взброшены.

В западной части проявления вскрыта зона смятия с кварцевым жильным материалом, с крупнокристаллическим желтовато серым карбонатом, вкрапленностью и гнездами турмалина, с пирит-халькопиритовой минерализацией. Мощность зоны 1-3 м. Ранее проведенными исследованиями здесь были установлены содержания золота до 80 г/т [2].

Изучение рудных минералов, и прежде всего пирита рудопроявления выявило различие в составе элементов примесей, в содержании и составе золота, что может свидетельствовать о длительности рудообразования и разных источниках. Среди пиритов рудных зон преобладают кристаллы кубического габитуса размером от 1,5 мм до 30–40 мм и пиритовые стяжения до 80 мм и более. Изотопный состав серы пиритов этой зоны показал, что мелкие кристаллы (до 1,5 мм) имеют изотопный состав серы $\delta^{34}\text{S}$ от + 4,84 до 6,4‰, а более крупные кристаллы (от 7мм) обогащены легким изотопом $\delta^{34}\text{S}$ от 0,00 до – 2,21‰. Что может служить показателем изменения условий образования и заимствования серы из разных источников. Это подтверждается составом элементов примесей. Крупные кристаллы обогащены Co, стяжения, кроме этого, содержат повышенные значения Cu и As. Содержание золота в пиритах колеблется от 0,005 до 21,64 г/т. Причем, максимальные количества установлены в более мелких кристаллах, а крупные содержат обычно менее 1 г/т (табл. 1). В зоне смятия, на западном фланге проявления, в отличие от центральной зоны преобладает халькопирит. Пирит мелкий (до 1-1,5мм), образует кубические кристаллы и изометричные зерна, часто в сростаниях с халькопиритом. Халькопирит присутствует в виде зернистых агрегатов размером до 2 мм. В подчиненном количестве находится сфалерит, образующий мелкие (<1мм) зерна. Нейтронно-активационным методом в пирите установлено высокие значения (ppm) Co до 2859,9; As до 5415,8; Au 16,89. Кроме этого пирит, сфалерит и халькопирит обогащены Se (табл.1). В отличие от высокопробного золота, характерного для всего рудопроявления, в зоне смятия установлено золото, содержащее Ag до 41,64% (рис.1в). Появление высоких концентраций мышьяка, обогащение золота серебром могут служить показателем другого (малоглубинного) процесса образования оруденения в этой зоне. Подтверждением этого служат результаты термо- и криометрических исследований флюидных включений в кварце.

Таблица 1. Элементы примеси в сульфидах

№ проб	Место отбора пробы	Минерал	Размер крист-таллов (мм)	Элементы (ppm)						
				Co	Ni	Cu	As	Sb	Se	Au
53a	Рудная зона	пирит	До 1	347	н/о	н/о	–	4,4	26,4	21,6
53/1	«»	«»	2-3	66	773	39	–	–	н/о	н/о
53г	«»	«»	3-7	221	н/о	н/о	75,5	4,2	28,2	7,19
П53П	«»	«»	5-8	528	794	11	45	–	н/о	н/о
П53/2	«»	«»	22	921	н/о	н/о	–	4,2	18,4	0,58
П53/д	«»	«»	22	727	н/о	н/о	–	7,5	28,7	1,43
П53А	«»	«»	25	1143	663	16	–	–	н/о	н/о
Ст	Продуктивная зона	стяжение	55	846 362 516	771	709	127 305 85	183 45 31,2	25,3 20,4 21,5	0,22 0,06
py	Зона смятия	пирит	≤ 1	2860	н/о	н/о	5416	2,2	70,	16,9
chp	«»	халькопирит	≤ 1	6,4	н/о	н/о	12	1,3	289	0,05
sf	«»	сфалерит	< 1	238		н/о	463	463	291	0,93

Примечание: н/о – не определялся; - содержания отсутствуют или ниже порога чувствительности.

В кварце из продуктивной зоны имеются трехфазовые включения хлоридных рассолов с кристаллом галита (тип IV) и сингенетичные им существенно газовые включения (тип II) с плотной углекислотой, отражающие гетерогенное состояние флюида. Трехфазовые включения рассолов содержат водный раствор хлоридов кальция, магния и натрия (Т эвт. –53 °С) с концентрацией солей 54.9 мас. % экв. NaCl и гомогенизируются в жидкость при температуре 486 °С. Существенно газовые

включения содержат плотную углекислоту (плотность 0.58–0.66 г/см³), развивающую давления 2120–1770 бар при температуре 486 °С.

Кроме того, в этом же образце были обнаружены сингенетичные газово-жидкие (тип III) и существенно газовые (тип II) включения, свидетельствующие о гетерогенном состоянии флюида. Двухфазовые газово-жидкие включения содержат водный раствор хлоридов магния и натрия (Т эвт. –45 °С) с концентрацией солей 13.9 мас. % экв. NaCl, и гомогенизируются в жидкость при температуре 280 °С. Существенно газовые включения содержат плотную углекислоту (плотность 0.94–0.88 г/см³), развивающую давления 2230–1840 бар при температуре 280 °С. В кварце из остальных образцов были обнаружены сингенетичные углекислотно-водные (тип I) и существенно газовые (тип II) включения, свидетельствующие о гетерогенном состоянии флюида. Углекислотно-водные включения содержат водный раствор хлоридов магния и натрия (Т эвт. –40... –31 °С) с концентрацией солей 8.8–6.3 мас.% экв. NaCl и углекислоты 6.2–3.9 моль/кг р-ра, и гомогенизируются в жидкость при температурах 342–257 °С. Существенно газовые включения содержат плотную углекислоту (плотность 0.93–0.69 г/см³), развивающую давления 2520–1770 бар при температурах 342–257 °С. Наибольшие различия в температуре гомогенизации, концентрации солей, давлении установлены во флюидных включениях продуктивной зоны и зоны смятия на западном фланге рудопроявления. Во флюидных включениях последней получены самые низкие параметры давления (табл.2).

Таблица 2. Результаты термо- и криометрических исследований индивидуальных флюидных включений в кварце золоторудного проявления Педролампи

№ пробы	Минерал	n	Температура, °С	Концентрация	d г/см ³	Давление, бар	$\frac{P_{общее}}{P_{H_2O}}$
			гомогенизации	солей, мас.% экв. NaCl			
Продуктивная зона	Кварц*	11	486	54.9	1.10	2120–1770	3.1–3.7
	–«–*	14	–	–	0.58–0.66		
	–«–* П-В	2	280	13.9	0.90	2230–1840	37.2–30.7
	–«–* П-В	32	–	–	0.94–0.88		
Зона смятия Пз	Кварц*	6	320–257	6.3	0.98	1770–940	16.4–22.9
	–«–*	32	–	–	0.82–0.69		
Кварц. жила П-38	Кварц*	8	342–289	8.0–6.5	1.01–1.03	2520–2140	17.7–24.0
	–«–*	13	–	–	0.92–0.89		
Кварц. жила П-56	Кварц*	7	317–292	8.8	1.07	2380–2070	22.9–30.6
	–«–*	16	–	–	0.93–0.90		

Примечание. * – гетерогенное состояние флюида (вскипание). П-В – первично-вторичные включения.

Минералогические, изотопные, термобарогеохимические данные свидетельствуют о длительном периоде рудообразования и разных источниках рудного вещества, принимавших участие в этом процессе. Высокие концентрации солей флюидных включений указывают на возможную связь с магматизмом. Наличие слабо эродированного «близповерхностного» оруденения позволяет рекомендовать продолжение поисков подобных объектов в районе и оценить развитие оруденения на глубину.

Литература

1. Светов С.А. Эволюция магматических систем в зоне перехода океан-континент в архее восточной части Феноскандинавского щита. Автореферат на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук. С-Пб. 2004. 41 с.
2. Минерально – сырьевая база республики Карелия. Книга 1. Петрозаводск. 2005. 280 с.
3. Кулешевич Л.В. Эволюция эндогенных режимов формирования золотого оруденения Карелии. Геология и полезные ископаемые Карелии. Петрозаводск. 2006. Вып. 6. С. 81–98.