

Золото-теллуридное проявление Райконкоски в протерозое Карелии

Торицын А.Н.¹, Иващенко В.И.², Сундблад К.³, Лавров О.Б.²

¹ООО «Карелприродресурс», г. Петрозаводск, e-mail: toritsin.geolog@rambler.ru

²Институт геологии Карельского научного центра РАН, г. Петрозаводск, e-mail: ivashche@krc.karelia.ru

³Университет г. Турку, Финляндия, e-mail: krister.sundblad@utu.fi

Открытие в конце прошлого века в протерозойских структурах зарубежной части Фенноскандинавского щита ряда месторождений золота [7, 8] и среди них крупнейшего в Европе –Суурикюосикко (>110 т Au), относящихся к орогеническому мезотермальному типу, предопределило высокую вероятность потенциальных перспектив и протерозоя Карелии на промышленное золото, до этого преимущественно связывавшихся с зеленокаменными поясами архея [2, 4]. Одним из подтверждений этому служит выявление в Приладожье в области сочленения Карельского кратона (AR₂) и Свекофеннского складчатого пояса (PR₁) на продолжении Раахе-Ладожской металлогенической зоны нескольких золоторудных проявлений (Алатту, Пякюля, Янис), контролируемых мало-глубинным тоналитовым магматизмом и зонами сдвиговых дислокаций. Оруденение золото-теллуридного типа, к которому относится выявленное ООО «Карелприродресурс» (Торицын А.Н.) руд. Райконкоски, ранее в Приладожье не было известно [2].

Руд. Райконкоски находится в 2 км СЗ одноименного поселка в Суоярвском районе Республики Карелия вблизи контакта гранитогнейсов архея и вулканогенно-осадочных образований соанлахтинской свиты нижнего протерозоя. Первые признаки Cu-Pb рудной минерализации выявлены здесь в 2004 г. ООО «Карелприродресурс». Впоследствии исследованиями ИГ Кар.НЦ РАН (В.И.Иващенко, О.Б.Лавров) и Университета г.Турку в Финляндии (К.Сундблад) была установлена Au-Ag-Bi-Te-Se специализация оруденения (табл.). Рудопроявление представлено серией кварцевых и карбонат-кварцевых жил в метадолеритовом силле среди вулканогенно-осадочных толщ соанлахтинской свиты PR₁, имеющей на данном участке мощность более 1750 м и характеризующейся широким распространением сульфидизированных черных сланцев с аномально высокими содержаниями ряда редких, цветных и благородных металлов (Mo, V, Cu, Pb, Zn, Pt, Au, Ag).

Рудоносные жилы проявления Райконкоски имеют преимущественно северо-западное и субмеридиональное простирание с крутым падением на ЮЗ-З. Они приурочены к зонам сдвиговых дислокаций мощностью до 1-1,5 м и видимой протяженностью в плане до 70-100 м, в пределах которых долериты интенсивно рассланцованы и подвержены низкотемпературным метасоматическим преобразованиям (хлоритизация, карбонатизация, окварцевание, турмалинизация и др.), сопровождающимся тонкодисперсной сульфидной минерализацией. Рудная минерализация в жилах подразделяется на несколько минеральных ассоциаций: пиритовую, полисульфидную, галенит-висмутотеллуридную с минералами серебра и золота и самороднометальную с интерметаллическими соединениями. Продуктивными среди них на золото и серебро являются две последние. Содержания главных рудных минералов перечисленных минеральных ассоциаций местами превышают 10%, что подтверждается высокими содержаниями соответствующих элементов (табл.).

Кроме вышеназванных в той или иной степени обогащенных Bi, Te, Se, Ag, Au минеральных ассоциаций, распространенных на руд. Райконкоски, здесь отмечается также ассоциация (магнетит, ильменит, рутил, пирит, пирротин, халькопирит), отражающая первичную геохимическую специфику вмещающих жилы долеритов. Она приурочена к экзоконтактам карбонат-кварцевых жил, сложенных метасоматически измененными (хлоритизация, карбонатизация, окварцевание, местами турмалинизация) долеритами. Мощность зон этих изменений достигает 30–40 см. Рудная минерализация в них представлена преимущественно тонкозернистым пиритом (до 30–40%), пирротинном, магнетитом, ильменитом, рутилом, халькопиритом и более поздними – сфалеритом, борнитом, халькозином, анилитом, галенитом, тонкодисперсными (1–20 мкм) самородными цинкистой медью (Zn –до 35%), медью с примесью олова (Sn – 20–30%), медью с примесью никеля (Ni – 3%), железом, свинцом с примесью мышьяка (1,5%), серебром.

Таблица. Содержание рудных элементов в карбонат-кварцевых жилах руд. Райконкоски

№ проб	Au г/т	Ag г/т	Te г/т	Se г/т	Bi г/т	Pb мас. %	Cu мас. %	Zn мас. %	As г/т	Sb г/т
1		460			320	>1.0	0.68	0.015		
3		100			220	>1.0	0.032	0.10		
3a	1.84	64								
3b	4.47	67								
R1	0.03	41								
2		>1000			2200	>1.0	>1.0	0.032		
KS0543	0.01	78.6	61	178	189.4	4.42	1.11	0.03	<0.5	2.8
4		>1000			>10000	>1.0	>1.0	>1.0		
5		>1000			10000	>1.0	>1.0	>1.0		
R1a	0.09	230	120							
6	0.03	3.0								
7	0.03	1.0								
KS0556	1.04	88.3	171	140	332.7	0.13	2.56	0.04	4.0	0.3
KS0557B	0.01	2.1		5.7	5.2	0.01	0.05		0.9	0.1
KS0557	25.28	23.9	17	49.8	43.0	0.05	1.37	0.02	<5	0.1
KS0558	18.72	91.6	155	219	318.4	0.20	4.85	0.09	0.5	0.1
KS0559		7.7		32.1	0.3	0.01	0.02		5.0	0.1

Примечание. Анализы выполнены в ИГ Кар.НЦ РАН (атомно-абсорбционный, пробирный) и АСМЕ в Канаде (ICP).

Карбонат-кварцевые жилы состоят из кварца, кальцита, хлорита, альбита и серицита.. Рудные минералы в них большей частью приурочены к контактам кварцевой и карбонатной составляющих жил. Пирит выделялся до карбоната. Все остальные рудные минералы одновременно с ним и после. Характерны микропрожилки карбоната с халькопиритом.

Макроскопически рудная минерализация в жилах имеет крайне неравномерное распределение, но при детальном исследовании в них повсеместно устанавливается присутствие галенита, халькопирита, сфалерита, висмутотеллуридов и самородных меди и серебра. Пирит содержит микровключения халькопирита, пирротина, самородных свинца и серебра. Часто подвергается грануляции и рассеивается карбонатными микропрожилками.

Доминирующая на рудопроявлении полисульфидная минеральная ассоциация (халькопирит, сфалерит, галенит и др.) образует вкрапленность, прожилки, гнезда и сплошные массивные агрегаты. Халькопирит отмечается в совместных сростаниях с галенитом, сфалеритом, гесситом и висмутотеллуридами, часто содержит графические выделения кубанита, микровключения сфалерита звездчатой морфологии, галенита и реже пирротина – $(\text{Fe}_{0.75}\text{Co}_{0.15}\text{Ni}_{0.02}\text{Cu}_{0.07})_{0.99}\text{S}_{1.01}$. Рассеивается микропрожилками пирита, содержащего Cu (5,73%) и Ni (0,94%). Сфалерит маложелезистый с повышенным содержанием кадмия (2,34–4,35%). Кубанит содержит Ni –0,74–1,08%, Co –3,83–5,45%.

Галенит-висмутотеллуридная минеральная ассоциация по видовому разнообразию (>20 минералов) самая обширная на рудопроявлении. Состав галенита непрерывно меняется от собственно галенита (Se<1%) до клаусталита (Se>20%). Встречаются также фазы промежуточного состава между клаусталитом и алтаитом – $(\text{Pb}_{0.80}\text{Bi}_{0.23})_{1.03}(\text{Se}_{0.73}\text{Te}_{0.24})_{0.97}$, $\text{Pb}_{1.1}(\text{Se}_{0.80}\text{Te}_{0.10})_{0.90}$. Часто в нем отмечаются повышенные содержания Bi (до 6%) и Ag (до 0,5%). Висмутотеллуриды, иногда с примесью Se, Pb, Ag, Cu, представлены в полном объеме системы Bi-Te (хедлейит, пильзенит, цумоит, теллуrowисмутит). Также диагностированы фазы близкие к составам Bi_3Te , Bi_3Te_2 , BiTe_4 , PbBiTe . Для висмутотеллуридов характерны графические сростания с галенитом и гесситом размером не более 1 мм. Иногда к этой триаде минералов добавляется волинскит – $\text{Ag}(\text{Bi}_{0.88}\text{Pb}_{0.22})\text{Te}_{1.48}\text{Se}_{0.39}$, $\text{AgBi}_{1.05}\text{Te}_{1.95}$ или он присутствует вместо галенита. Встречаются и более сложные симплектитовые агрегаты, состоящие из доминирующего теллурида висмута (пильзенит-цумоит), халькопирита, галенита, гессита и гринокита – $(\text{Cd}_{0.94}\text{Te}_{0.03}\text{Fe}_{0.03})_{1.00}(\text{S}_{0.99}\text{Se}_{0.01})_{1.00}$ (рис. с, d), образовавшиеся, вероятно, за счет разложения сульфосоли сложного состава. Гессит отмечается также в ассоциации с петцитом, электрумом, золотом и в виде самостоятельных выделений (до 1 мм) и микровключений в пирите и кварце. Вне зависимости от ассоциации его состав мало меняется, но иногда он содержит золото (до 3%). Значительно реже встречается другой теллурид серебра – штютцит $\text{Ag}_{4.35}\text{Te}_3$. Петцит $(\text{Au}_{1.18}\text{Ag}_{2.83}\text{Cu}_{0.10}\text{Te}_{1.88}; \text{Au}_{1.20}\text{Ag}_{2.88}\text{Te}_{1.92}; \text{Au}_{1.06}\text{Ag}_{2.96}\text{Te}_{1.97})$ обычно находится только в присутствии электрума или золота самородного, образуя зонку, отделяющую их от гессита (рис. а).

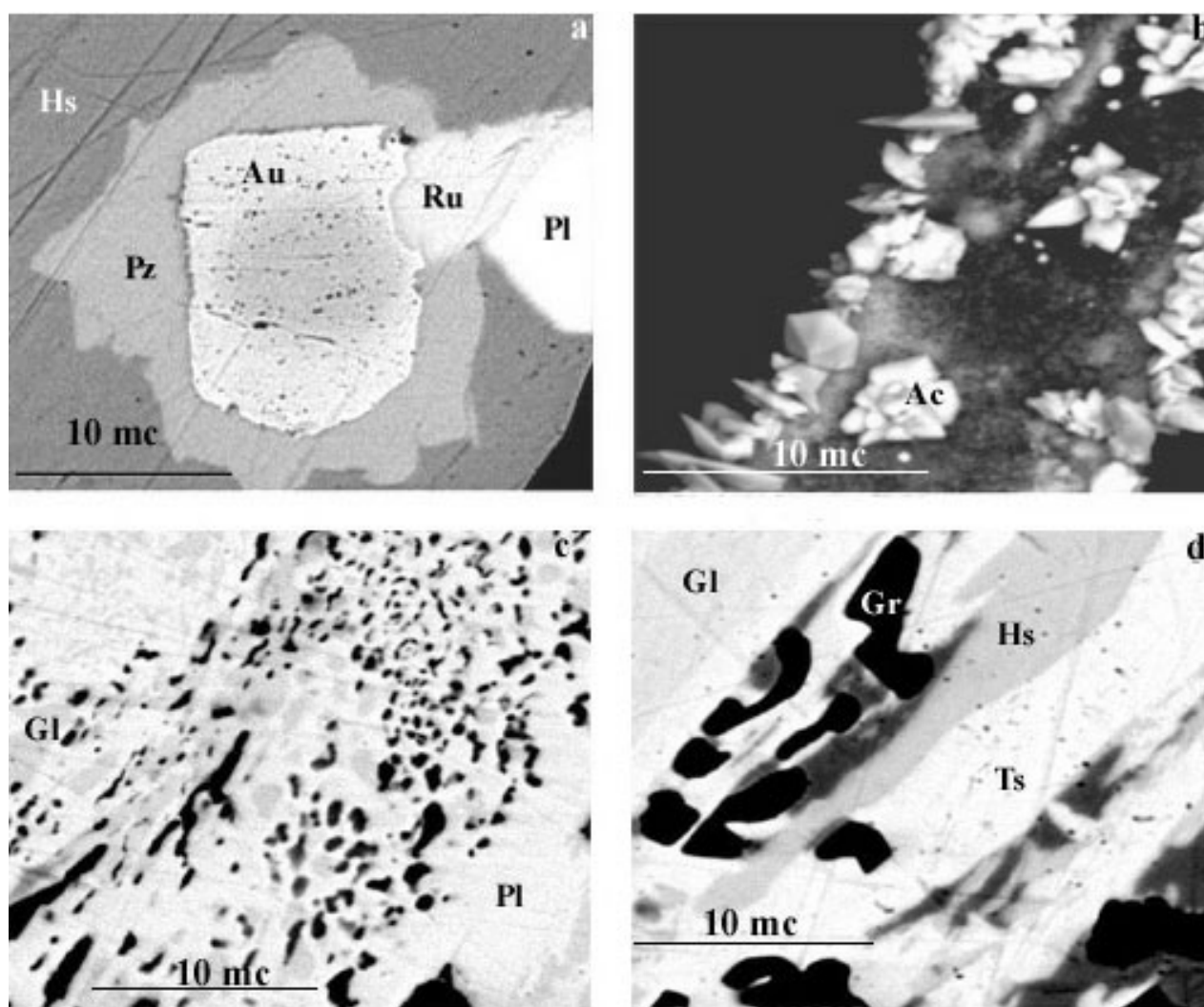


Рис. Электронные микрофотографии рудных минералов рудопоявления Райконкоски (VEGA-II LSH):

а) самородное золото (Au), петцит (Pz), раклиджит (Ru) и пильзенит (Pl) в гессите (Hs); б) акантит (Ac) в кальците; в) симплектитовые сростания пильзенита (Pl), галенита (Gl) и гринокита (черное); д) графические сростания цумонта (Ts), галенита (Gl), гессита (Hs) и гринокита (Gr)

Составы ряда минеральных фаз висмутотеллуридной ассоциации близки к составам раклиджита – $\text{Pb}_{0,91}\text{Bi}_{2,74}(\text{Te}_{2,82}\text{Se}_{0,53})_{3,35}$, жозита-Б – $\text{Bi}_{2,51}\text{Cd}_{0,05}\text{Te}_{1,44}\text{Se}_{0,37}\text{S}_{2,64}$, теллуристой разновидности лайтакарита – $(\text{Bi}_{2,51}\text{Te}_{1,44}\text{Cd}_{0,05})_{4,00}(\text{Se}_{0,36}\text{S}_{2,64})_{3,00}$, другие даже в грубом приближении не соответствуют ни одному из известных минералов рассматриваемой системы – $\text{PbBi}_{2,11}(\text{Te}_{1,72}\text{Se}_{0,34})$ (?), $\text{AgBi}_{2,36}\text{Te}_{2,91}\text{Se}_{0,79}$ (?).

Самороднометалльная минеральная ассоциация представлена самородными золотом, серебром, электрумом, висмутом, теллуром, селеном, медью, свинцом, оловом, железом и акантитом. Размер выделений большинства из них не превышает 20 мкм. Самородное золото преимущественно пластинчатой морфологии встречается в жильном кварце, халькопирите и галените, ассоциируясь с висмутотеллуридами, петцитом и гесситом (рис. а). По составу оно варьирует незначительно – Au (64,16–81,79), Ag (18,21–35,84), иногда содержит Hg – 7,76%, Se – 0,94%, Te – 4,99%. Самородное серебро отмечается в виде дендритоподобных микровключений в большинстве рудных минералов и кварце. Акантит встречается в виде скелетных микровключений в кварце и карбонате, а также представлен многочисленными идиоморфными кристаллами в карбонатных микрожеодах (рис. б).

Углеродсодержащие сланцы, подстилающие долериты с рудными жилами, по данным бурения интенсивно брекчированы, пронизаны многочисленными кварцевыми прожилками, имеют повышенные содержания Mo –0,022–0,046%, Cu –0,05%, Pb –0,032%, Zn –0,05%, V –0,1–0,15%, Ag –1–3 г/т, Au и ЭПГ. Они содержат неравномерно распределенную рудную минерализацию – пирит, рутил, ильменит, молибденит, халькопирит, ковелин, галенит (Se – 5–20%), клаусталит, кобальтин, сфалерит, пирротин, осмиридий, самородные – медь, цинкистую медь (Zn ~35%), никель, железо, олово (Pb –5%), свинец (Sb – 7%, Sn – 5%), серебро. Клаусталит слагает скопления мелких (5–10 мкм) ксеноморфных зерен в графите. В такой же позиции отмечается осмиридий (Ir_3Os_2). Размер его выделений достигает 0,5 мм. Самородные металлы в черных сланцах представлены преимущественно мелкими (2–20 мкм) ксеноморфными зернами, наиболее распространенным среди них является цинкистая медь.

Рудная минерализация в черных сланцах и в кварцевых жилах имеет признаки генетического единства, представляя собой различные уровни рудной системы, контролировавшейся сдвиговыми дислокациями разного порядка, проявленными в зоне сочленения Карельского кратона (AR_2) и Свекофеннского складчатого пояса (PR_1). Она имеет несколько одинаковых редких минералов (Se-галенит, клаусталит, самородные цинкистая медь, олово, свинец, серебро), определяющих ее геохимическую специфику.

Процесс формирования рудной минерализации охватывал широкий температурный интервал –от 550°C (микрозвездочки сфалерита в халькопирите) до <170°C (акантит, гессит и др.) [6]. Золото-теллуридные ассоциации выделялись преимущественно в заключительные стадии процесса рудообразования. Хотя активность Se и Te в растворах была достаточно высокой и в условиях средних температур. Свидетельство этому практически полная смесимость галенит-клаусталит и галенит-алтаит, происходящая при температуре >300° [6]. Широкое распространение симплектитовых срастаний минералов системы Bi-Te-Ag-Se-Pb на руд. Райконски свидетельствует о высокоградиентных условиях их кристаллизации. Это в совокупности со значительным температурным интервалом (>400°C) эволюции рудного процесса и с видовым многообразием теллуридной (14 минералов) и самороднометальной (13 минералов) минерализации, своеобразным «скупчиванием» разнотемпературных ассоциаций определяет вероятную принадлежность руд. Райконски к ксенотермальному типу месторождений [3, 5], объединяющему признаки эпитермального и мезотермального оруденения, контролируемого зонами сдвиговых дислокаций. В то же время данное рудопроявление имеет сходство с богатыми теллуром эпитермальными месторождениями "щелочного", золото-теллуридного или А-типа [1], характеризующегося тесной связью с магматизмом повышенной щелочности и своеобразными геохимической (Te-V-F) и минеральной (теллуриды золота, серебра и других металлов, флюорит, роскоэлит, ванадийсодержащие сульфиды) ассоциациями.

Помимо руд. Райконски в области сочленения Карельского кратона и Свекофеннского складчатого пояса (зона конвергентного взаимодействия океанической и континентальной плит), известен еще ряд геохимически сходных с ним рудопроявлений (Буохенлампи, Ag –0,2%, Койтонъярви, Au –3,5 г/т, Сярка, Pb – >1%), что, вероятно, указывает на перспективность данной зоны в целом на благороднометальное оруденение.

Учитывая, что многие ксенотермальные и эпитермальные А-типа месторождения золота и серебра [1, 5] являются крупнейшими промышленными объектами, перспективы рудопроявления Райконски и области сочленения Карельского кратона и Свекофеннского складчатого пояса на благороднометальное оруденение представляются значительными.

Исследования проводились при финансовой поддержке программы ОНЗ-2 «Фундаментальные проблемы геологии, условия образования и принципы прогноза традиционных и новых типов крупномасштабных месторождений стратегических видов минерального сырья».

Литература

1. Коваленкер В.А. Основные типы комплексных поликомпонентных благороднометаллических месторождений эпитермального семейства // Геол., генез. и вопр. освоения комплексных месторождений благородных металлов. Матер. Всерос. Симпоз. М. 2002. С. 158–161.

2. Металлогения Карелии. Рыбаков С.И., Голубев А.И., Слюсарев В.Д. и др. Петрозаводск. Изд-во КНЦ РАН. 1999. 340 с.
3. Парк Ч.Ф., Мак-Дормид Р.А. Рудные месторождения. М. Мир. 1966. 546 с.
4. Проблемы золотоносности и алмазоносности севера европейской части России. Петрозаводск. Изд-во КНЦ РАН. 1997. 136 с.
5. Сидоров А.А. О ксенотермальных месторождениях благородных металлов // ДАН. 2003. Т. 389. № 6. С. 795–798.
6. Afifi M.A., Kelli W.C. and Essene E.J. Phase Relations among Tellurides, Sulfides, and Oxides: I. Thermochemical Data and Calculated Equilibria // Econom. Geol. 1988. V. 83, N 2, p. 377–394.
7. Eilu P. Fingold – a public database on gold deposits in Finland. Geological Survey of Finland. Report of Investigation 146. Espoo. 1999. 224 p.
8. Sundblad K. Metallogeny of gold in the Precambrian of Northern Europe // Economic geology. 2003. V. 98. P. 1271–1290.

Особенности деформаций и эклогитизации базитов в раннепротерозойских зонах сдвига Беломорского подвижного пояса

Травин В.В.¹, Козлова Н.Е.²

¹Институт геологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, travin@krc.karelia.ru

²Геологический институт КНЦ РАН, г. Апатиты, kozlova@afmgtu.apatity.ru

Раннепротерозойская эклогитизация базитов, связанная с локальными пластическими зонами сдвига, проявлена в полосе северо-западного простирания в центральной части Беломорского подвижного пояса. Первоначально она была установлена в районе села Гридино¹ [5], а ныне известна и к северо-западу от него, в районе Красной губы Белого моря [1]. Раннепротерозойский возраст процесса надежно устанавливается в случаях эклогитизации пород даек комплекса лерцолитов-габброноритов (около 2.45 млрд.лет [2]) и более молодого комплекса коронитовых габбро [3].

Помимо того, что эклогитизированные тела обоих комплексов – дайки и фрагменты даек – расположены в зонах сдвига, они имеют еще одно важное структурное сходство. Контакты даек с вмещающими гнейсогранитами – волнообразные (cuspsate-lobate folds), заостренные их формы повсеместно обращены к метабазитам, округлые – к гнейсогранитам (Рис. 1А,Б). Такая форма контактов является признаком деформаций, при которых породы даек проявляли незначительно большую вязкость, чем вмещающие гнейсограниты [6].

Малый контраст вязкости гранитоидов и базитов не характерен для деформаций в условиях высокотемпературного метаморфизма. Обычно резкое превышение вязкости базитов над вязкостью гранитоидов и связанное с этим будинирование плоских тел метаморфизируемых базитов. А волнообразные формы контактов встречаются редко.

Особенности деформаций, обусловивших образование волнообразных форм контактов даек и вмещающих гнейсогранитов и эклогитизацию пород даек, выявлены в одной из даек комплекса лерцолитов-габброноритов, распложенной в восточной части острова Избная Луда (район села Гридино).

Дайка метаморфизованных габброноритов имеет мощность до 20 м, меридиональное простирание, зоны закалки, апофизы. В северной, береговой, части восточного контакта она имеет секущее положение по отношению к полосчатости гнейсогранитов. Южнее дайка испытала интенсивные деформации, результатом которых стала резко выраженная волнообразная форма ее контактов и параллельная контактам гнейсовидность вмещающих пород.

¹ Вероятно, процессы эклогитизации даек базитов, выявленные еще ранее в южном Беломорье [4], отражают те же события.