

8. Ранний докембрий Центрально-Азиатского складчатого пояса. С.-Петербург: Наука, 1993. 270 с.
9. Шатагин К.Н., Дегтярев К.Е., Голубев В.Н., Астраханцев О.В., Кузнецов Н.Б. Вертикальная латеральная неоднородность коры Северного Казахстана: данные геохронологического и изотопно-геохимического изучения палеозойских гранитоидов // Геотектоника. 2001. № 5. С. 26–44.

Генетические и рудно-формационные типы золотого оруденения Карелии

Кулешевич Л.В.

Учреждение Российской академии наук Институт геологии КАР НЦ РАН, г. Петрозаводск,
e-mail: kuleshev@krc.karelia.ru

Исследования, проводимые автором в течение последних десяти лет, позволили изучить геологическое строение основных типов месторождений и проявлений золота Карелии [1–12 и др.], состав вмещающих и близких по возрасту оруденению интрузивных пород, до- и околорудных изменений, минеральный состав руд и на основе этого систематизировать все рудные объекты по генезису и рудно-формационным типам, проследить последовательность и условия их образования и, в целом, установить общие закономерности в эволюции процессов золотого рудообразования в раннем докембрии Карелии (3,2–1,8 млрд лет).

Эндогенные золоторудные и золотосодержащие объекты Карелии представлены 7 месторождениями и около 250 перспективными проявлениями и точками минерализации. Небольшие по масштабу рудные объекты (с прогнозными ресурсами 10–46 т), пока не имеющие экономического значения, локализованы в архейских зеленокаменных поясах и палеопротерозойских структурах. Они изучались на уровне съемочных, реже разведочных работ. По генезису и обстановкам формирования их можно разделить на три основных типа (табл. 1): 1. Магматические в базит-ультрабазитовых интрузивных комплексах (ЭПГ+Au). 2. Гидротермальные (в т. ч., гидротермально-метасоматические, метаморфогенно-гидротермальные). 3. Осадочные (палеороссыпные метаморфизованные).

При более детальной систематизации месторождений золота принято указывать состав вмещающей среды, тип близких по возрасту интрузивных комплексов, характер гидротермально-метасоматических изменений – все эти признаки позволяют наиболее полно отразить условия формирования оруденения. Кроме того, традиционно используется терминология, учитывающая глубину и особо температуру образования (гипо-, мезо и эпитептермальные месторождения).

Для группы гидротермальных собственно золоторудных проявлений Карелии, сформировавшихся на орогенной (аккреционно-коллизивной) стадии развития, с учетом состава вмещающих пород, можно выделить следующие основные геолого-генетические типы (табл. 2, даны обобщенно для позднего архея и раннего протерозоя).

Среди них особый интерес представляет группа рудных объектов, контролируемая тектоническими зонами (разломами разного порядка, зонами деформаций, расланцевания и метасоматоза), эти зоны выделяются как *шир-зоны*. Они могут быть как локальные в ореоле гранитоидных тел и порфировых даек, так и более значительные, формирующиеся сопряженно главным сдвиговым деформациям регионального порядка (надсубдукционными зонами) и не имеющие непосредственной связи с гранитами. (Этот тип месторождений в иностранной литературе упрощенно называется как «орогенический»).

1. Месторождения и рудопроявления золотосодержащие колчеданные, колчеданно-полиметаллические гидротермальные локализуются в кислых-средних вулканитах, туфах, углерод-содержащих сланцах, полосчатых сульфидоносных формациях. Появляются на ранней аккреционной стадии развития, встречаются в вулканогенно-осадочных толщах архейского и протерозойского возраста. Изучение минералогии архейских колчеданных и колчеданно-полиметаллических месторождений позволило установить в них тенденцию обогащения полиметаллами в поздней возрастной группе ЗП. В колчеданных рудах пирротин-пиритового минерального типа месторождения Рыбозеро, локализованных вблизи контакта с метамоматиитами установлено Au 1–6 г/т (ср. 1,8 г/т, руд-

МИНЕРАГЕНИЯ ДОКЕМБРИЯ

ное тело № 2), установлены халькопирит, тнкодисперсное золото, Ni-Co арсениды, арсенопирит, галенит, алтаит, сфалерит, тетраэдрит, Sb-Bi-Te, мелонит, колорадоит. В рудах Верхне- и Северо-Вожминского рудопоявлений (Au до 20 г/т, ср. 0,9 г/т, Ag 13–167 г/т) помимо сульфидов железа, халькопирита, сфалерита, галенита установлены тетраэдрит, арсенопирит, кобальтин, разнообразные минералы Ag Se, Bi: сам. серебро, акантит, аргентопирит, науманнит, Se-галенит, лайтакарит, клаусталит, геровскит, матильдит, багдановичит, виттихенит, вейбуллит (возможно, PR рудные объекты). Протерозойские полиметаллические Au-Ag-содержащие месторождения развиты за пределами Карелии (месторождения Финляндии и Швеции).

Таблица 1. Систематика золоторудных месторождений

Элементы сопоставления	Генезис				
	Эндогенные, магматогенные				Экзогенные
Генетический тип	Гидротермальный (вулканогенный)	Гидротермальный (плутоногенный)	Гидротермальный (в шир-зонах, в т.ч., метаморфогенный)	Магматический	Осадочный (метаморфизованный)
Геодинамическая обстановка формирования	Орогеническая. Аккреционная	Орогеническая. Аккреционно-коллизонная	Орогеническая. Коллизонная	Рифтогенная	Платформенная
Основной тип геологических и тектонических структур	Вулканические пояса, окраинные моря	Надкупольные структуры, приконтактные зоны	Зоны, сопряженные региональным коллизонным сутурам, шир-зоны	Рифты, трого, наложенные впадины	Интракратонные впадины
Наиболее близкие интрузивные тела	Связь с вулканизмом кислого-среднего состава	Связь с дайками и интрузивными телами диорит-грано-диоритового состава	Без однозначной связи с гранитоидами	Связь с базит-гипербазитовыми интрузивными телами	Отсутствует
Структурная позиция	Стратифицированные и структурно-контролируемые	Структурно-контролируемые в ореоле интрузий	Структурно-контролируемые (в шир-зонах и т.п.)	Структурно-контролируемые	Стратифицированные (а также структурно-контролируемые)
Тип рудных тел	Вкрапленно-прожилковые	Жильные, вкрапленно-прожилковые	Жильные, вкрапленно-прожилковые	Вкрапленно-прожилковые	Вкрапленные и вкрапленно-прожилковые
Связь с другими рудными формациями	Колчеданные и колчеданно-полиметаллические	Молибденитовые, Mo-W-Cu, Pb-Bi-Te, Cu-Fe-скарновые	Отсутствует. Часто совмещены с другими более ранними рудными формациями	ЭПГ, Cu, Ni, Co	U, Th

2. Месторождения и рудопоявления и золото-кварцевые, золото-сульфидно-кварцевые, или Au-Cu-W-Mo-порфиновые и золото-полисульфидные вкрапленно-прожилковые и штокверковые, связанные с интрузивными и субвулканическими гранитоидными телами и дайками (диоритами, гранодиоритами, гранит-порфирами, лейкогранитами), а также золото-полисульфидные скарновые. Формируются на аккреционно-коллизонной стадии развития. Локализуются в породах архейского и палеопротерозойского возраста. Сопровождаются разнообразными дорудными метасоматитами: от скарнов, грейзенов, турмалин-кварцевых, до пропилитов, эпидозитов и низкотемпературных окорудных березит-лиственитового типа. Золото-кварцевые, золото-сульфидно-кварцевые рудопоявления, приурочены к березитизированным плагиогранитам или гранит-порфирам известково-щелочного ряда и контактам порфиновых даек (проявления Заломаевского рудного поля: Au до 20 г/т; месторождение Таловейс: Au 0,5–47 ср. 4,5–5,6 г/т). Они содержат золото, реже пирит, сульфиды полиметаллов, реже жозеит, галенит. Золото-полисульфидные (галенит-халькопирит-сфалерит-пирротиновые руды) месторождения типа Лобаш-1 (Au ср. 2,64–3,04 г/т), проявлений Ялонваары, Центральное-X, ассоциируют с лейкогранитами повышенной калиевой щелочности находятся в единой зональности с Cu-Mo-(W) и отличаются широким разнообразием висмутотеллуридов (жозеит, верлит, хедлейит, цумоит и др.), присутствием золота наряду с электруммом, а также висмута, серебра,

гессита, шеелита. Для протерозойских проявлений, связанных с гранит-порфирами и дайками в Северном Приладожье расширяется спектр минералов: кроме сульфидов железа, молибденита, халькопирита, сфалерита, галенита развиты шеелит, арсенопирит, гудмундит, сам. сурьма, Sb-сульфосоли, электрум, золото. С салминским гранитным массивом раннерифейского возраста связана золото-сульфидная минерализация скарнов в ореоле гранитов-рапакиви в Приладожье.

Таблица 2. Рудно-формационные и геолого-генетические типы золоторудных месторождений/проявлений Карелии

Геологическая обстановка локализации	Генетический тип месторождений и проявлений		
	1. Гидротермальные в вулканогенно-осадочных комплексах	2. Гидротермальные, ассоциирующие с гранитоидными телами и порфиоровыми дайками	3. Гидротермальные в зонах сдвиговых деформаций (рассланцевания и метаморфогенно-метасоматического преобразования пород) в складчатых и интракратонных структурах
Рудная формация	AR-PR: колчеданная, колчеданно-полиметаллическая золотосодержащая. Золото-сульфидная	AR: золото-кварцевая, золото-сульфидно-кварцевая, золото-полисульфидная и более сложных типов с Bi-Te. PR: Au- Se-As-Sb-S	AR: Au-S, Au-As-S, Au-As-Sb-S (кварцевая, карбонатно-кварцевая) PR: Au-As-Sb-S, Au-As-Sb-Se-S и др, Ag-Au-Cu-S, Ag-Au-Cu-Mo-S, Au-U, Ag-Au-Pd-Cu-U-V (карбонатно-кварцевая)
Минеральный состав (наиболее распространенных руд)	1. Пирит, пирротин, реже арсенопирит, халькопирит. 2. Пирротин, халькопирит, пирит, сфалерит, галенит. Золото тонкодисперсное в 1 и 2.	1. Золото. 2. Пирит, пирротин, золото, реже арсенопирит, халькопирит, шеелит 2. Молибденит, пирротин, халько-пирит, сфалерит, галенит, Bi-Te, золото, электрум, гессит. 3. Золото, сульфосоли, Bi-Te, пирит, пирротин и др.	1. Пирит, золото, реже др. редкие и шеелит 2. Арсенопирит, пирротин, золото, халькопирит. 3. Пирит, халькопирит, серебро, золото, сульфосоли, Sb-As, Se-, минералы. 4. Халькопирит, борнит, халькозин, молибденит, минералы Au-Ag, Se, U.
Околорудные изменения	Альбит-хлоритовые, кварц-серицитовые, березиты, пропилиты	Кварц-серицитовые, березиты, листовиты, пропилиты, карбонат-хлоритовые, дорудные: биотититы, скарны, грейзены, турмалинизация	Кварц-серицитовые, березиты, листовиты; дорудные: эпидозиты, хлоритовые, альбититы, а также метаморфогенные разных PT - режимов
Рудовмещающие толщи	Вулканогенно-осадочные комплексы кислого-среднего состава, углеродсодержащие сланцы, BIF с сульфидами	Диориты, кварцевые диориты, гранитны, гранит-порфиоровые тела и дайки, сиениты. А также различные вмещающие толщи на их контактах	Различные от ультраосновных до средних и кислых вулканогенно-осадочных пород
Магматические формации, близкие по возрасту оруденению	Дацит-риолитовый вулканизм	Диориты, кварцевые диориты, граниты, гранит-порфиоровые тела и дайки, монзониты-сиениты.	Связь отсутствует, реже предполагается с гранитоидами
Метаморфизм вмещающих толщ	Зеленослацевая – эпидот-амфиболитовая фация	Зеленосланцевая–эпидот-амфиболитовая фация	Зеленосланцевая–амфиболитовая фация разных давлений
Рудоконтролирующие структуры	Литолого-стратиграфические контакты	Зоны рассланцевания на контактах даек, обрамляющие интрузивные тела, трещинно-купольные структуры	AR: ССВ и субширотные, PR: СЗ и СВ сдвиговые зоны. Наложённые зоны рассланцевания, складки и пр.
Морфология рудных тел	Пластовые, вкрапленно-плосчатые, вкрапленно-прожилковые, жильные	Жилы, прожилки, вкрапленно-прожилковые тела, штокверки	Жилы, линейные штокверки, вкрапленно-прожилковые тела
Температура	Мезотермальные	Мезотермальные	Гипо-, мезо-, эпи-термальные
Геодинамическая обстановка формирования	Островодужная и окраинно-континентальная	Коллизионная стадия развития. Островодужная и окраинно-континентальная	Коллизия островодужных систем и Карельского кратона; Беломорской складчатой области и кратона
Примеры месторождений и рудопроявлений	AR: Хаутаваарское, Ведлозеро, Парандово, Нялмозерское, Талпус, Эльмус, Северо-Вожминское, Соанваара, Рыбозеро. PR: Сульфидный пояс, Финляндия, Швеция	AR: Заломаевское рудное поле, Таловейс, Берендей, Лобаш, Кочкома-Н. Идель, Ялонваара Центральное-Х. PR: Алатту	AR: Педролампи, Новые Пески, Рыбозеро, Золотые Пороги, Половнино, Таловейс (главная жила), Ю-Костомукшское. PR: проявления РП Пякуля. Майское, Воицкое, Маймярви, Воронов Бор, Светлое, Падминская группа, Фаддейн-Келья.

3. Рудопроявления золото-сульфидные, золото-карбонатно-кварцевые, золото-кварцевые, золото-сульфидно-кварцевые вкрапленные и вкрапленно-прожилковые в шир-зонах в архейских и протерозойских ЗП. Локализуются в зонах сдвиговых деформаций, сопровождающихся складчатостью, рассланцеванием, дроблением, метасоматическими преобразованиями пород различного состава. Формируются на позднеархейской или свекофеннской коллизионной стадии развития. В эту группу входят, в том числе, позднепалеопротерозойские благороднометалльно-медно-уран-ванадиевые месторождения Падминской группы, образовавшиеся в зонах складчато-разрывных деформаций и метасоматического преобразования в черных сланцах, рудопроявления золото-уран-содержащих кварцевых конгломератов, золотосодержащих медистых песчаников и в альбититах. Сопровождаются альбититами и самыми разнообразными дорудными метасоматитами, средне- и низкотемпературными синрудными, пропилитами, березитами-лиственитами, окварцеванием. Золото-сульфидные и золото-кварцевые проявления зон сдвиговых деформаций отличаются чрезвычайно широким разнообразием минерального состава, зависящем от характера первичного оруденения, ранее сформированных рудных объектов и металлогенической специализации территории. Дорудные метаморфогенно-метасоматические преобразования шир-зон СВ части Карельского кратона формировались в условиях повышенных давлений различных фаций. Метасоматиты, сопровождающие оруденение, и жилы возникли при падении давления, в условиях средних и низких температур в режиме разной кислотности-щелочности (от альбититов до пропицитов, березитов или гумбеитов). Позднеархейские сдвиговые зоны в ЗП ранних генераций отличаются золото-пиритовым минеральным типом руд (Педролампи: Au 0,1–46, ср. 5,63 г/т; Рыбозеро, залежь № 1: Au 1,4–3,87, ср. 2,32 г/т; Золотые Пороги: 0,5–1 до 20 г/т; Южно-Костомукшское (1–30 г/т Au). При совмещении золотого оруденения с колчеданами и железистыми кварцитами, руды имеют бертьерит-арсенопиритовый и леллингит-пирротин-арсенопиритовый минеральный тип. В зонах сдвиговых деформаций в ореоле гранитов широко развиты минералы Bi, Te, Mo, Cu.

Со свекофеннскими сдвиговыми деформациями в пределах Карельского кратона связано образование СЗ и СВ зон рассланцевания, дробления и метасоматического замещения пород (альбитизации и/или березитизации). К ним приурочены золото-кварцевые и золото-сульфидно-кварцевые или -карбонатно-кварцевые жилы и золотосодержащая сульфидная минерализация (месторождение Майское, Воицкое и проявления Шуезерское, Медные горы, Светлое, Рокжозеро, Фаддейн-Келья, Колас и др. Характерной особенностью этих месторождений является присутствие присутствия минералов Ag-Pb-Se, Ag-золота (электрума, кюстелита) серебра, акантита и др. В пределах Карельского кратона рудные объекты в альбититах отличаются высокими концентрациями Cu, Ag, Mo, Se, U, Th, присутствием халькопирита, борнита, халькозина. Оруденение в Au-(Co)-Cu-U-содержащих кварцевых конгломератах представлено минералами урана, торитом, Ag-золотом, минералами Ag, халькопиритом, халькозином, реже сульфидами железа. К зонам складчато-разрывных нарушений и альбитизации в черных сланцах Онежской структуры приурочены Cu-U-V руды с благороднометалльной минерализацией (Au, Ag, Pd, Pt, Se), представленной интерметаллидами, золотом, селенидами Pb, Ag и более редкими минералами.

Работа выполняется по Программе ФИ ОНЗ РАН № 2 «Эволюция литосферы, металлогенические провинции, эпохи и рудные месторождения: от генетических моделей к прогнозу минеральных ресурсов», проекту «Золоторудные системы в архейских зеленокаменных поясах: геодинамические обстановки, возрасты, минералого-геохимическая типизация».

Литература

1. Кулешевич Л.В., Фурман В.Н., Коротаева Н.Н. Редкая сурьмяная минерализация докембрийского рудопроявления Золотые Пороги в Восточной Карелии // Записки ВМО. № 6. 1998. С. 89-98.
2. Металлогения Карелии. Петрозаводск. 1999. 340 с.
3. Кулешевич Л.В. Минералогия докембрийского золоторудного месторождения Рыбозеро (Восточная Карелия) // Записки ВМО. 2003. № 6. С. 34-44.
4. Кулешевич Л.В., Тытык В.М., Коротаева Н.Н. Минералогия руд и окорудно-измененных пород золото-полиметаллического месторождения Лобаш-1 (Карелия) // Записки ВМО. 2004. № 4. С. 39-51.

5. Кулешевич Л.В. Золотоносность Южно-Выгозерского зеленокаменного пояса (Восточная Карелия) // Отечественная геология. 2005. №2. С. 38-46.
6. Кулешевич Л.В., Васюкова О.В., Фурман В.Н. Минералогия и условия формирования золоторудных проявлений Костомукшской структуры по данным газовой-жидких включений // Записки РМО. 2005. № 5. С. 19-31.
7. Кулешевич Л.В. Золотое оруденение Карелии (эндогенные режимы формирования, генетические и рудноформационные типы) // ДАН. Т. 412. № 2. 2007. С. 244-249.
8. Кулешевич Л.В. Геодинамические режимы развития территории Карелии и соответствующие им обстановки формирования золотого оруденения // Материалы Всер. конф. «Геодинамика, магматизм, седиментогенез и минерализация северо-запада России» П. 2007. С. 207-210.
9. Кулешевич Л.В., Горьковец В.Я. Минералогия Южно-Костомукшского золоторудного проявления в докембрии Карелии // Записки РМО. 2007. № 6. С. 49-64.
10. Kuleshevich LV, Tytyk VM, Feduk ZN. Gold Potential of Massive Sulfide Ores in the Kamennoozero // Geology of Ore Deposits. 2007. V. 49. № 7. P. 111-117.
11. Кулешевич Л.В. Педролампи – золото-сульфидное месторождение в докембрии Карелии. Докл.АН.2008. Т. 422. № 6.
12. Кулешевич Л.В., Фурман В.Н. Золоторудное месторождение Таловейс в Костомукшской докембрийской зеленокаменной структуре (Карелия) // Геология руд. мест., 2009. Т. 51, № 1. С. 58-76.

Золотое оруденение в докембрийских щитах Земли (рудный потенциал и методические аспекты изучения золота в докембрии)

Кулешевич Л.В.

Учреждение Российской академии наук Институт геологии КАР НЦ РАН, г. Петрозаводск,
e-mail: kuleshev@krc.karelia.ru

Докембрийские месторождения. С раннедокембрийским периодом развития земной коры (3,2–1,6 млрд л.) связаны наиболее интенсивные процессы образования золоторудных месторождений в мезо- и неогарее и позднем палеопротерозое (особенно в интервале времени 2,7–2,6 и 1,9–1,8 млрд л.). В это время были сформированы многочисленные месторождения Канады, Австралии, ЮАР, Зимбабве, Ганы, Бразилии, Индии и небольшие на территории Финляндии, Швеции, Норвегии и Карелии. Суммарные запасы в архейских месторождениях Канады оцениваются в 11–12 тыс. т золота (Card et al., 1989; Herrington et. al., 1997). Только в провинции Супериор зеленокаменного пояса (ЗП) Абитибиде, размещается 120 месторождений с запасами более 3 т, из них 33 месторождения содержат более 30 т золота и относятся к крупным рудным объектам. Эти месторождения дают 80 % продукции Канады. Суммарные запасы рудного поля Поркьюпайн – 1,8 тыс. т, Керкленд-Лейк – 760 т, Холлинджер-Макинтайр – 920 т, Норанда – 400 т, Ред-Лейк – 500 т, Хемло – 600 т. В СЗ части Канадского щита в провинции Слэйв рудное поле Йеллоунайф объединяет такие крупные месторождения как Джант Йеллоунайф и Дискавери (суммарные запасы – более 287 т), в Северной Америке находится месторождение Хоумстейк (1250 т).

Запасы архейского золота на Западно-Австралийском щите близки к 4,9 тыс. т. В ЗП кратона Йилгарн известно 160 месторождений, содержащих более 1 т золота, 19 из них – крупнейшие рудные объекты (>100 т). Они дают 80 % продукции от всех запасов Австралии (Cassidy, Nagemann, 2001), причем рудный потенциал сосредоточен преимущественно в восточной части кратона: запасы рудного поля Калгурли – 1,5 тыс. т; месторождения Норсмен – 150 т. В западной части кратона находится месторождение Баддингтон с запасами 600–800 т. Архейские золоторудные месторождения открыты также и на кратоне Пилбара. Позднепротерозойское золото-уран-полиметаллическое месторождение Олимпик Дэм – гигант мирового класса (1000 т).

В Зимбабве на Африканском континенте выявлено 3500 месторождений и проявлений золота: из них – 49 крупные, такие как Престиа (220 т), Кем-Мотор (150 т, Au 10-14 г/т), Глоб-Феникс (125 т). В ЗП Гванда к полосчатой железистой формации приурочены месторождения среднего масштаба – Вубачикве, Бар-20, Бланкет, Лима с суммарными запасами 36 т. На Танзанийском кратоне