

ных режимов они связаны и в каком Р–Т режиме формировались метасоматиты, предшествующие и сопровождающие оруденение, условия образования руд и флюидный режим. Представления о генезисе полихронных месторождений можно составить, понимая всю историю его развития и накопления рудной минерализации, то есть, оценивая весь металлогенический профиль территории. И, в свою очередь, металлогенический анализ территории должен основываться на анализе всех факторов формирования золоторудных проявлений и связанных с ними сульфидных и других месторождений.

Работа выполняется по Программе фундаментальных исследований 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».

Палеопротерозойские золотосодержащие месторождения и проявления меди Карелии

Кулешевич Л.В., Голубев А.И., Лавров О.Б.

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

Современные оценки коренных комплексных месторождений показывают, что одним из перспективных источников золота являются гидротермальные сульфидные медные руды – медно-порфировые, медистые песчаники, медно-колчеданные и колчеданно-полиметаллические. В целом при невысоких концентрациях Au (0,3-0,8 г/т, редко до 1 г/т) и большеобъемном характере развития, рудный потенциал этих месторождений может быть достаточно высок (>100 т), а добыча золота обычно осуществляется при комплексном их освоении. В связи с этими закономерностями, установленными по Уралу и др. регионам [1], было решено переопробовать и доизучить сульфидные медные руды Карелии.

Сульфидные медные палеопротерозойские месторождения и рудопроявления Карельского кратона (рис.) составляют обширную группу с содержанием Cu от 1 до 14-20 %, с прогнозными ресурсами меди до 170 тыс. т [2]. Благодаря геолого-поисковым работам, проводимым КарГЭ и ИГ КарНЦ РАН было установлено, что в этих рудах в качестве примеси встречается золото. Гнездовокрапленные и крапленно-прожилковые руды образуют пластовые и секущие залежи, ведущими минералами в которых являются сульфиды меди, и представлены следующими формационными типами (табл. 1):

1 – Au-Ag-Mo-содержащие халькопиритовые и халькопирит-борнит-халькозиновые руды из зон изменения в кварцито-песчаниках (в литературе известны как медистые песчаники, типичный представитель - месторождение Воронов Бор);

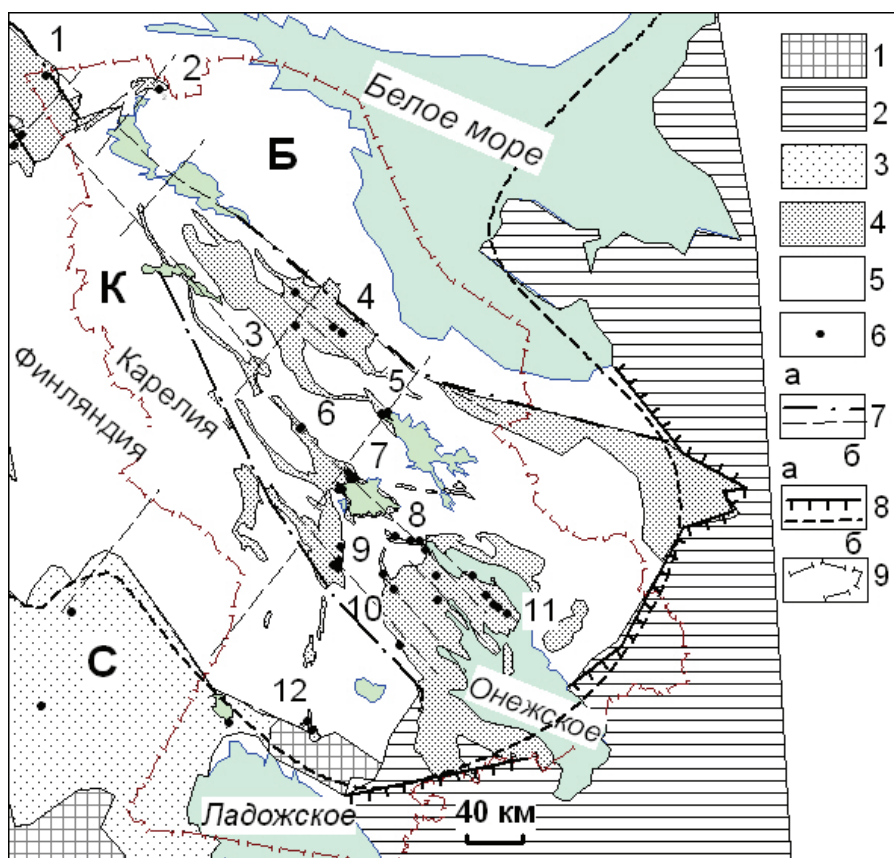
2 – Au-Ag-содержащие халькопиритовые руды в альбититах по габбро и вблизи их контакта с кварцито-песчаниками (Шуезерское, Орчень Губа, Кеч, Медные горы, Светлое);

3 – Cu-Co-Mo-Au-Pd-U-V крапленно-прожилковые руды в альбититах и слюдистых метасоматитах в людииковийских толщах (рудные объекты Падминской группы в Заонежье);

4 – медно-полиметаллические (Cu, Pb, Zn, Ag, Mo) руды, наложенные на палеопротерозойские вмещающие толщи и граниты допротерозойского фундамента (Лебедева гора, Фаддейн-Келья);

5 – Cu-Co-Au-U-содержащие кварцевые конгломераты (Маймървинское, Ятулий-1, Риговарака);

6 – Au-халькопирит-кварцевые жилы в кварцито-песчаниках, метабазальтах (Воицкое, Воронов Бор).



Палеопротерозойские золотосодержащие месторождения и проявления меди на территории Карелии.

1 – позднесвекофенские и рифейские гранитоиды. 2 – фанерозойский чехол. 3 – палеопротерозойские отложения в Свекофеннской складчатой области (С). 4 – ранние палеопротерозойские отложения на архейском фундаменте. 5 – архейская гранит-зеленокаменная область. 6 – палеопротерозойские золоторудные и золотосодержащие медные месторождения в Карелии: 1 - Майское, 2 – Кукаозеро, 3 – Хахлозеро, 4 – Шуезерское, 5 – Воицкое, 6 – Нюралампи, Мойна, Рокжозеро, 7 – Орчень Губа, Лебедева гора, Кеч, 8 – Светлое, Медные горы, Падун, Воронов Бор, 9 – Маймъярви, 10 – Пальеозерское, Черный Наволок, 11 – Падминская группа, 12 – Фаддейн-Келья, Колос, Пячин-Коски.

7 – тектонические структуры: а – СЗ, ограничивающие палеопротерозойскую рифтогенную структуру, б – СЗ и СВ разломы и сдвиговые зоны. 8 – граница с докембрийскими образованиями (а), кратонизированная область в архее (б) (Карельский кратон – К, Беломорская складчатая область – Б, 9 – граница Карелии).

В центральной Карелии в связи с обогащенностью metabasalts медью, предполагалось, что все меднорудные объекты в них, и в переслаивающихся с ними кварцито-песчаниках, связаны с ятулийским базитовым вулканизмом и тяготеют к центрам эндогенной активности и местам разгрузки гидротерм, отделяющихся от застывающих лав [6]. Однако все последующие исследования показали, что наиболее богатая наложенная гнездовая и вкрапленно-прожилковая гидротермальная сульфидная медная минерализация приурочена преимущественно к метасоматически измененным разновозрастным породам как ятулийского (2,3-2,1 млрд. лет), так и более молодого людиковийского возраста (2,1-1,97 млрд. лет), а также выходит в докарельское основание.

Сульфидные медные вкрапленно-прожилковые и жильные проявления содержат в среднем Au 0,3-3 г/т, реже выше, Ag до 100-900 г/т. Фоновые концентрации золота, в ятулийских вмещающих толщах (например, в metabasalts и кварцито-песчаниках участка Воронов Бор) возрастают от менее, чем $px10^{-3}$ до 0,026 г/т. По историческим сведениям концентрация Au на некоторых месторождениях, таких как Воронов Бор и Воицкое, достигала 70-80 г/т, а в медно-полиметаллических рудах участка Фаддейн-Келья – до 175 г/т. На рудных объектах Падминской группы – до 40-123 г/т. Однако ресурсы золота всех этих типов проявлений на современный момент изученности оцениваются не высоко в 15-20 т и требуют переоценки с расчетом не на всю массу руды, а на продуктивную часть залежи.

Таблица 1. Палеопротерозойские золотосодержащие месторождения и проявления меди Карелии (типичные объекты)

Тип руд	Название	Содержание Cu (%): макс.; ср. Рудный потенциал	Содержание Au (г/т): макс. ; ср. Рудный потенциал	Спутники
Медистые песчаники	Воронов Бор	Макс. 5.8-6 %; ср. 1.3 %. P ₂ 170 тыс. т	Макс. 3.7 и 77 г/т; ср. 1-1.3 г/т. Добыто 0.75 т; P ₃ 15 т	Mo, Ag, Au, Se, Pb, Bi, W, Th, U
Cu-Au-U-кварцевые конгломераты	Маймъярви	Макс. 3.6 %; ср. 0.8 %. P ₂ 162 тыс. т	Макс. 10 г/т, ср. 3.5 г/т; P ₂ 18.5 т	Au, Ag, Th, U, Pb, Bi
	Ятулий-1	Ср. 0.3-0.4 %	Макс. 13.6 г/т; ср. 1.36 г/т. P ₂ 0.352 т, P ₃ 16 т	Au, Ag, Th, U, Pb, Bi
Au-Cu-сульфидные кварцево-жильные	Воицкое	Макс. 14.2 %; ср. 1.3 %. Добыто 100 т	Макс. 78 и 13.2 г/т; ср. 1.9 г/т. Добыто 0.074 т	Ag, Au, Se, Th, U, Mo, Pb
Медно-сульфидные жильные в альбититах	Шуезерское	Макс. 5.5 %, ср. 2.43 %	Макс. 6-20 г/т	Ag, Au, Se, Mo, Pb, Te, Th, U
	Медные горы, Светлое	Макс. 3.62 %; 2.7 %	Макс. 27 г/т	Ag, Au, Se, Mo, Pb, Te, Th, U
	Орчень губа	Макс. 1.5 %	Макс. 15.6-20.1 г/т	Ag, Au, Se, Mo, Pb, Te, Th, U
Ag-Cu-полиметаллические в гранитах и вмещающих толщах	Лебедева гора	Макс. 1-3.45 %;	0.3-3 г/т	Zn, Pb, Ag, Au, Mo, Bi
	Фаддейн-Келья	Макс. 20 %. C ₂ 0.352 тыс. т	0.1-175 г/т; ср. 5.76 г/т	Ag, Zn, Pb, Au, Mo
Cu-(Pd-Au)-U-V в черных сланцах и песчаниках	Падминская группа объектов	Макс. 6.5 %, ср. 0.24-0.84 %, C ₂ 2.9-12 тыс. т	Макс. 40-123 г/т, ср. 0.16-0.24 г/т. C ₂ 0.5-1 т	Ag, Au, Se, Pb, Pd, Pt, U, Th, Mo, Zn, Co

Примечание. Использованы материалы [2-5] и авторской базы данных.

Для вмещающих оруденение толщ, представленных породами ятулийского и заонежского надгоризонтов, характерно накопление в бассейнах троговой природы, унаследованных еще от раннего палеопротерозойского (сумийского) рифтогенного этапа развития Карельского кратона. Вкраплено-прожилковая и гнездовая минерализация наиболее богатых медных проявлений различных РФ-типов тяготеет преимущественно к региональным СЗ шир-зонам и чаще узлам пересечений СЗ и СВ тектонических зон, например, локализация метасоматитов и руд на месторождениях/проявлениях Майское, Воицкое, Шуезерское, Маймъярви, Воронов Бор и Заонежья. Они сопровождаются интенсивными низкотемпературными щелочными метасоматическими изменениями [7-9]. В региональном плане наиболее интенсивные метасоматические изменения приурочены к тектоническим зонам СЗ и СВ простирания, активизированными в позднесвекофенское время и связываются нами с коллизионными событиями, являющимися отражением позднеорогенных событий, происшедших в ЮЗ части Фенноскандинавского щита и затронувших весь Карельский кратон в целом в конце позднего палеопротерозоя, и проявившихся преимущественно как тектоно-термальные, метасоматические. В центральной части Карельского кратона, в отличие от трансскандинавского магматического пояса, интрузивный кислый магматизм, в интервале времени от 1,8 до 1,74 млрд. лет не проявился. Из наиболее ранних интрузивных образований к зонам СЗ разломов приурочены дайки габбро-долеритов, диоритов, альбитовых габбро в разной степени измененных, в Лапландии (С. Финляндия) они выделяются даже как «дайки альбититов».

В центральной Карелии на некоторых участках известны фельзитовые малоглубинные измененные породы (субщелочного состава), но более широко развиты собственно щелочные метасоматиты – альбититы, альбит-амфиболовые, карбонат-альбит-хлоритовые породы. Во внешнем ореоле альбититов в основных породах широко развит эпидот. Дорудные метасоматиты щелочного типа завершаются кварцевыми или карбонатно-кварцевыми жилами и прожилками с сульфидной медной минерализацией. Альбититы и рудная минерализация тяготеют к СЗ тектоническим зонам и локализуется преимущественно в узлах их пересечения с СВ сдвиговыми зонами [7].

Возраст рудной минерализации, установленный на проявлениях разных генетических типов разными методами находится в интервале 1,8-1,74 млрд. лет и требует уточнения. Он соответствует свекофенской – позднесвекофенской эпохе активизации Карельского кратона.

Особенно богата меднорудными объектами центральная Карелия. В Онежской структуре они локализируются в черных сланцах и карбонат-содержащих песчаниках. Северо-западнее оз. Онежского гидротермальные проявления меди находятся преимущественно в ятулийских породах (кварцито-песчаниках, метабазах). Вкрапленно- и гнездово-прожилковые руды из главных сульфидов содержат халькопирит, борнит, халькозин. Содержание молибденита, галенита, сфалерита, сульфидов железа в рудах варьирует. Металлогенический потенциал и содержание золота в рудных телах не высокое, но протяженность залежей и территориальная насыщенность медными проявлениями центральной части Карельского кратона значительная. Типичными представителями медных рудных объектов, содержащих золото, расположенных севернее оз. Сегозера, являются Воронов Бор, Медные горы, Светлое, Падун в Кумсинской структуре, севернее - проявления Муезерское, Казармаваара, Мойна, рудник Кеч, Орчень губа; в Лехтинской – Шуезерское. Спецификой руд является присутствие сульфидов серебра, Ag- и Se-содержащего галенита, селенидов – клаусталита, науманита, самородных элементов – Ag-содержащего золота, электрума, кюстелита, серебра, реже теллура, висмута, редких Ag-Cu-Vi-теллуридов, штюцита, эмпрессита [5]. Золото на месторождениях/проявлениях этой группы образует неправильные зерна и пленки размером от 400 нм до 20-30 мкм. Оно содержит Ag, иногда примесь Cu. На рудопроявлении Рокжозеро представлено электрумом, а также входит в состав кюстелита.

На рудопроявлениях, сформировавшихся вблизи архейского фундамента, или непосредственно наложенных на граниты (Лебедева гора, Фаддейн-Келья) увеличивается роль галенита, сфалерита, соединений серебра. В медно-полиметаллических рудах концентрация Cu составляет 0,3-20 %, Pb от 1 до 7-9,34 %, Zn до 12,4 %, Vi до 0.06 %, Ag до 400 г/т, Au до 1-175 г/т.

На рудопроявлениях Падминской группы присутствуют селениды, минералы Pd, Pt (в том числе, интерметаллиды) и золото, по Ю.С. Полеховскому с соавторами [7]. При среднем содержании Au 0,16-0,24 г/т, максимальные концентрации достигают 123 г/т (по данным ГТП «Невскгеология» [5]). Золото встречается в зернах размером до 1-3 мм в ассоциации с клаусталитом и содержит Ag (5-8,58 %), иногда Se (до 0,54-0,77 %). На месторождении Майском в северо-западной Карелии золото (Ag 9-10,69 %) выделяется в ассоциации с Se-содержащими минералами в поздних кварцевых жилах СВ простираения [5, 10-12].

Изложенные факты позволяют палеопротерозойские Au-Ag-содержащие проявления Cu, Cu-Pb-Zn, Cu-Au-U, Cu-(Mo-Au-Pd)-U-V, приуроченные к СЗ шир-зонам и узлам СЗ и СВ пересечений, рассматривать в единой региональной металлогенической (а также метасоматической) зональности, отражающей свекофенские процессы, происходящие на Карельском кратоне и, в целом, на Фенноскандинавском щите. Это также позволяет авторам выделять позднесвекофенскую металлогеническую эпоху на Карельском кратоне, а узлы пересечений СЗ и СВ тектонических зон в палеопротерозойских толщах относить к рудоконтролирующим структурам.

Работа выполняется по Программе фундаментальных исследований 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» и по Программе Президиума РАН № 14 «Научные основы эффективного природопользования, развития минерально-сырьевых ресурсов, освоения новых источников природного и техногенного сырья», проекту «Минерагения Онежского рудного района: основы прогнозирования месторождений стратегических видов минерального сырья и новых их типов в Карельском регионе».

Литература

1. Некрасов Е.Н. Крупные эндогенные золоторудные месторождения поддерживают высокий уровень добычи золота в мире // Геология рудных месторождений. 2005. Т.47. № 3. С. 203-210.
2. Минерально-сырьевая база Республики Карелия. Петрозаводск: «Карелия», 2005. 278 с.
3. Металлогения Карелии. Петрозаводск. 1999. 340 с.
4. Голубев А.И., Кулешевич Л.В. Перспективы золотоносности протерозойских образований Карелии // Геология и полезные ископаемые Карелии. Петрозаводск. №3. 2001. С. 15-25.

5. Кулешевич Л.В., Голубев А.И., Лавров О.Б. Палеопротерозойские золотосодержащие месторождения и проявления меди Карелии. Тезисы доклада. Сыктывкар. 2009.
6. Голубев А.И., Светов А.П. Геохимия базальтов платформенного вулканизма Карелии. П-ск. 1983. 192 с.
7. Кулешевич Л.В. Альбититы в протерозойских образованиях Карелии и их золотоносность // Геология и полезные ископаемые Карелии. Петрозаводск. №3. 2001. С. 33–39.
8. Леденева Н.В., Пакульнис Г.В. Минералогия и условия образования уран-ванадиевых месторождений Онежской впадины (Россия) // Геология рудных месторождений. 1997. Т. 39. № 3. С. 258–268.
9. Полеховский Ю.С., Волошин А.В., Тарасова И. П., Пахомовский Я.А., Крецер Ю.Л. Новый тип палладийсодержащей минерализации в метасоматитах Карелии // Изв. АН СССР. Сер. Геол. 1991. № 7. С.86-95.
10. Вольфсон А.А., Русинов В.Л., Крылова Т.Л., Чугаев А.В. Метасоматические преобразования докембрийских метабазитов Салла-Куоляярвинского грабена в районе золоторудного поля Майское, северная Карелия // Петрология. 2005. Т. 13. № 2. С. 179–206.
11. Сафонов Ю.Г., Волков А.В., Вольфсон А.А., Генкин А.Д., Крылова Т.Л., Чугаев А.В. Золото-кварцевое месторождение Майское (Северная Карелия): геологические и минералого-геохимические особенности, вопросы генезиса // Геология рудн. месторождений. 2003. Т.45. №5. С. 429–451.
12. Порицкий М.С., Буйко А.К., Котов Н.В., Порицкая Л.Г. Геологическая позиция и условия формирования золоторудных метасоматитов месторождения «Майское» (Северная Карелия) // Вестник СПбГУ. Сер. 7, 1993. Вып 1. № 7. С. 15–21.

Геофизические свидетельства проявлений докембрийского магматизма на Севере Русской плиты

Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б.

Институт экологических проблем Севера УрО РАН, г. Архангельск, e-mail: dgsdl@yandex.ru

Процессы тектоно-магматических активизаций (ТМА), проявившиеся в постконсолидационную стадию развития земной коры, играли значительную роль в образовании эндогенных месторождений на севере Русской плиты. Площади распространения этих процессов значительно меньше, чем более древних, и они локализованы в линейных протяженных структурах вдоль мобильных проницаемых зон, обычно рифейских грабенов [2]. С металлогенией областей ТМА связано расширение минерально-сырьевой базы различных ископаемых и установление закономерностей распространения этих областей имеет большое значение. В отличие от других платформ на Русской плите магматические породы не обнажаются в современном эрозионном срезе, они погребены под более молодыми осадками и вскрыты преимущественно буровыми скважинами. Поэтому основное значение играют геофизические методы, в первую очередь грави- и магниторазведка.

Север Русской плиты, к которому относится исследуемый регион, по своему географическому положению является уникальной окраинно-материковой геоструктурой. Современные границы ее находятся у бортов зоны, переходной от континента к океану в полосе шельфа Белого, Баренцева и Северного морей [1]. Окраинно-материковое положение определяет регион как область максимальных напряжений геодинамических движений литосферы. Длительная история развития блоковых структур, воздействие разнородных геодинамических напряжений в области материкового склона Баренцева и Белого морей (образование Северного Ледовитого океана), в контакте с Балтийским щитом (область с устойчивой тенденцией к поднятию, начиная с позднего архея), смена геодинамических обстановок в районе Урала, сформировали сложное разломно-блоковое строение региона.

В основе выводов о структуре земной коры региона лежит комплексная интерпретация геолого-геофизических данных. Исходным и основным материалом при изучении распределения неоднородностей в литосфере пока являются сейсмические разрезы и сопоставление данных с Балтийским щитом.

Вся исследованная территория обеспечена среднemasштабными гравиметрической и магнитной съемками, проведенными подразделениями СЗГТ в шестидесятые годы. В результате гравиметрических работ масштаба 1:200000 построены карты силы тяжести в редукции Буге с плотностью промежуточного слоя 2.3 г/см^3 . Результативные карты составлены с сечением $2 \times 10^{-5} \text{ м/с}^2$. Специализи-