

ный представитель объектов потенциально золотоносного свекофеннского структурно-метаморфического комплекса [4, 5].

Выполненные исследования приводят к следующим выводам.

В гнейсах II-IV фаций присутствуют кристаллы метаморфогенного циркона нескольких генераций, в том числе, и сингенетичных минеральным фазам урана, свинца, кадмия, цинка, висмута, теллура, золота, иридия, на что указывает наличие цирконов с включениями соответствующих минералов, или с высоким «примесным» содержанием рудных элементов.

Выявленные особенности цирков свидетельствуют о существовании объективных обстоятельств, в которых возможно успешное проведение работ по прецизионному изотопному датированию металлогенических процессов в геологических образованиях беломорского комплекса пород.

Литература

1. Кевлич В.И., Трофимов Н.Н., Кукушкина П.И. Опыт извлечения цирконов на радиологический возраст из расслоенных и дифференцированных интрузивов // Геодинамика, магматизм, седиментогенез и минералогия Северо-Запада России // Материалы Всероссийской конференции. Петрозаводск, 12-15 ноября 2007 г. // Петрозаводск: Институт геологии КарНЦ РАН, 2007. С. 159-162.
2. Кожеевников В.Н., Сергеев С.А., Сыстра Ю.А., Сафронов А. Н., Кевлич В.И., Макарихин В.В., Рычанчик Д.В. Цирконы из терригенных метаосадков как индикаторы древних рудогенных систем: возрасты, геохимия, минеральные включения. // Геодинамика, магматизм, седиментогенез и минералогия Северо-Запада России // Материалы Всероссийской конференции. Петрозаводск, 12-15 ноября 2007 г. // Петрозаводск: Институт геологии КарНЦ РАН, 2007. С. 173-176.
3. Ручьев А.М. О протолите северокарельских гнейсов чупинской свиты беломорского комплекса // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 2. Петрозаводск, 2000. С. 12-25.
4. Ручьев А.М. Благородные металлы в гнейсах чупинской свиты // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 5. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2002. С. 47-58.
5. Ручьев А.М. О перспективах выявления благороднометалльных объектов в беломорском комплексе пород // Геодинамика, магматизм, седиментогенез и минералогия Северо-Запада России // Материалы Всероссийской конференции. Петрозаводск, 12-15 ноября 2007 г. // Петрозаводск: Институт геологии КарНЦ РАН, 2007. С. 340-345.
6. Ручьев А.М. Аллохимический стресс-метаморфизм пород беломорского комплекса Балтийского щита // Тектонофизика и актуальные вопросы наук о Земле. К 40-летию создания М.В. Гзовским лаборатории тектонофизики в ИФЗ РАН: Тезисы докладов Всероссийской конференции. В 2-х томах. Т. 2. – М.: ИФЗ, 2008 б. С. 69-71.
7. Ручьев А.М. Специфика архей-палеопротерозойских верхнекорковых эндогенных процессов в беломорском комплексе пород Балтийского щита // Связь поверхностных структур земной коры с глубинными // Материалы четырнадцатой международной конференции. Часть 2. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. 2008 г. С. 161-164.

Проблемы возрастной позиции и генезиса золоторудной минерализации в архейских гранит-зеленокаменных поясах Карельского блока

Самсонов А.В.¹, Ларионова Ю.О.¹, Ручьев А.М.², Носова А.А.¹

¹ Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, г. Москва, e-mail: samsonov@igem.ru

² Учреждение Российской академии наук Институт геологии КАР НЦ РАН, г. Петрозаводск, e-mail: ruchyov@krc.karelia.ru

Архейские гранит-зеленокаменные пояса служат одним из ведущих источников коренного золота во всем Мире, причем большая запасов этого металла сосредоточена в крупных и гигантских месторождениях [1]. В России, однако, крупных золоторудных месторождений в раннедокембрийских комплексах до сих пор не известно, хотя гранит-зеленокаменные области кристаллического фундамента Восточно-Европейской и Сибирской платформ по геолого-структурным и веществен-

ным особенностям имеют многочисленные черты сходства с архейскими золотоносными областями Канады и Австралии. Наиболее парадоксальной ситуация выглядит для крупной и детально изученной Карельской области (Балтийский щит), в гранит-зеленокаменных поясах которой на сегодня найдено лишь несколько небольших месторождений золота, ни одно из которых не эксплуатируется. Для объяснения сложившейся ситуации было предложено две причины: (1) неблагоприятные для крупномасштабного рудогенеза геодинамические факторы архейской эволюции Карельского блока и (2) масштабная тектоно-термальная проработка архейской коры в свекофеннскую эпоху, что обусловило «разубоживание» и частичное «уничтожение» ранее образованных архейских золоторудных концентраций в зеленокаменных поясах [2].

Такая пессимистичная оценка перспектив в целом отражает современное состояние изученности вопросов генезиса и возрастной позиции золоторудной минерализации в зеленокаменных поясах Карельской ГЗО, которые на сегодня остаются предметом дискуссий. С одной стороны, для большинства золоторудных месторождений и рудопроявлений Карельского блока активно обсуждаются сингенетические модели формирования золоторудной минерализации, которую связывают либо с накоплением в зеленокаменных поясах стратиформных обогащенных сульфидами синвулканических залежей, либо с постмагматической активностью позднектонических гранитоидов, прорывающих вулканогенно-осадочные зеленокаменные толщи [3, 4]. Наряду с этим, для нескольких объектов выявлена ведущая роль золоторудной минерализации мезотермального орогенного типа, которая контролировалась тектоническими зонами и гидротермально-метасоматическими процессами вне связи с архейскими гранитоидами [5, 6]. Согласно геохронологическим данным, это мезотермальное рудоотложение происходило в конце палеопротерозоя около 1,7 млрд. лет назад [5, 7].

Мы полагаем, что эта дискуссия во многом обусловлена проявленной в гранит-зеленокаменных поясах Карельского блока полигенностью процессов золоторудной минерализации. В связи с этим актуально решение следующих ключевых задач.

1. Выявление архейской мезотермальной золоторудной минерализации и ее специфики.
2. Определение характерных особенностей и масштабов развития палеопротерозойской мезотермальной золоторудной минерализации.
3. Оценка воздействия процессов палеопротерозойского рудогенеза на предшествующие архейские золоторудные концентрации.
4. Разработка критериев различия архейских и протерозойских золоторудных процессов.
5. Получение сведений о том, какой из генетических типов золотой минерализации является наиболее широко проявленным, а какой - наиболее рудоперспективным.

Наш опыт в разработке этих вопросов, подходы, методы и возникающие сложности рассматриваются на материалах работ по расшифровке генезиса и последовательности формирования двух золоторудных объектов Карельского блока: Таловейс и Педроламп.

Рудопроявление Таловейс является эталонным объектом, на примере которого обсуждаются представления о постмагматическом генезисе золото-сульфидной и золото-кварцевой минерализации, локализованной в неоархейских постзеленокаменных диорит-гранодиорит-гранитных интрузивах [4, 8]. Сульфидная минерализация, неравномерно распределенная по всему объему диорит-гранодиоритового массива Центральный, трактуется как «штокверк в апикальной части интрузии» [8].

По нашим наблюдениям, эта минерализация связана с гидротермально-метасоматической переработкой гранитоидов, проявление которой контролировались тектонической трещиноватостью, формировавшейся в полностью консолидированных и участками уже деформированных породах. Сульфиды, главным образом пирит, часто образуют порфиробласты с включениями метаморфизованных минералов гранитоидов. Все это позволяет связывать сульфидную минерализацию пород массива Центральный не с постмагматической гидротермальной активностью интрузии, а с не имеющими к ней прямого отношения, более поздними, наложенными деформационными и метасоматическими процессами. Пока остается неясным, с каким из двух распознаваемых на рудопроявлении эпизодов структурно-тектонической переработки связана эта рассеянная минерализация. Вероятно, она была сопряжена с заложением ранней тектонической зоны субширотного простирания, которая трассируется по длинной оси массива Центральный и, по-видимому, была сформирована неоархейскими посторогенными деформациями, завершающими формирование Карельского блока.

Однако, нельзя исключить, что эта рассеянная сульфидная минерализация могла формироваться и при заложении более поздней крупной зоны субмеридиональных сдвиговых дислокаций, которая контролирует распространение кварцевых жил и рудных метасоматитов (березитов и пропилитов в гранитоидах и лиственитов в основных породах), несущих золото-сульфидную минерализацию. Эта тектоническая зона, с которой сопряжен главный продуктивный этап золоторудной минерализации проявления Таловейс, наложена на неоархейские гранитоиды, рассланцованные метавулканы и метагабброиды, а в южной части рудопоявления – однородные массивные, вероятно, палеопротерозойские габбро. Последнее дает дополнительные свидетельства в пользу палеопротерозойского возраста главного этапа золоторудной минерализации на рудопоявлении Таловейс и хорошо согласуется с результатами геохронологических исследований [5, 9].

Таким образом, золоторудная минерализация на проявлении Таловейс не имеет парагенетической связи с вмещающими гранитоидами, по комплексу признаков отвечает мезотермальному орогенному типу и формировалось, главным образом, в палеопротерозойский тектоно-термальной этап активизации Карельского блока, возможно, накладываясь на продукты более раннего (архейского?) этапа мезотермального рудогенеза. Эти выводы расширяют перспективы рудопоявления Таловейс и подразумевают изменение стратегии поисков, которые должны быть ориентированы на ранние широтные и поздние меридиональные зоны сдвиговых дислокаций и мезотермальный тип золоторудной минерализации. Наиболее перспективными представляются участки пересечения разновозрастных рудоконтролирующих тектонических зон. Примером такого участка служит богатый рудный столб, вскрытый шурфом в северо-западной части массива Центральный на пересечении субширотной и меридиональной тектонических зон.

Месторождение Педролампи служит вторым примером объекта с полистадийными процессами рудогенеза, для которого золоторудная минерализация первоначально рассматривалась в рамках стратиформной модели [3]. Расположенное в зоне сочленения архейских вулканогенных толщ с палеопротерозойскими (ятулийскими) метаосадками, это месторождение является хорошим объектом для изучения вопросов соотношений архейских и палеопротерозойских этапов золоторудного рудогенеза.

Материалы исследований, проведенных в границах разведочной расчистки на месторождении Педролампи, свидетельствуют о длительной и сложной полидеформационной истории развития его структуры. Ее формирование началось в доятулийское время, которому отвечает не менее трех парагенезисов структурных элементов сдвиговых дислокаций северо-западного простирания. В постъятулийский период сформировался еще один «реперный» структурный парагенезис, отвечающий север-северо-западным сдвиговым дислокациям, который проявлен как в лопийских метавулканитах, так и в ятулийских метаосадках, т. е. возник не ранее 2,1 млрд. лет назад. Затем, в результате не менее десяти фаз деформаций, образовались сдвиговые структурные парагенезисы, отвечающие наиболее поздним «сквозным» субмеридиональным дислокациям. Именно эти постъятулийские субмеридиональные сдвиговые дислокации контролируют ярко проявленную на расчистке сульфидную минерализацию с крупными кристаллами и скоплениями пирита, рудные кварц-карбонат-пиритовые жилы и сингенетичные метасоматиты, с возрастом 1700 млн. лет [7]. Этот тектоно-рудно-метасоматический этап характеризуется наиболее низкими Р-Т параметрами и мог быть связан либо с ретроградной ветвью палеопротерозойской (свекофеннской) тектоно-метаморфической истории Карельского блока, либо с самостоятельным обособленным этапом пост-свекофеннской тектонической активизации.

Роль дислокаций северо-западного простирания в процессах металлогенеза на месторождении требует дополнительных исследований. Сопряженная с этими дислокациями гидротермальная активность маркируется в первую очередь системой жил молочно-белого безрудного кварца, которые трассируют тектоническую зону вдоль контакта метавулканитов и метаосадков, располагаясь как в архейских, так и в ятулийских комплексах. Структурные элементы сдвиговых парагенезисов зоны северо-западных дислокаций в архейских метавулканитах имеют четко выраженную рудную нагрузку: это кварц-карбонат-турмалиновые золотоносные жилы в западной части карьерной расчистки на месторождении и рассеянная золотоносная сульфидная микровкрапленность в тонко рассланцованных и метасоматизированных породах, главным образом, основного состава. Эти два ру-

доносных структурно-вещественных компонента имеют отчетливо более ранний возраст по отношению к меридиональной рудно-тектонической зоне, однако однозначно вопрос об их возрастной принадлежности пока еще не решен. С одной стороны, эти рудные образования могли контролироваться постъятулийскими деформациями и, соответственно, представлять мезотермальное орогенное оруденение палеопротерозойского (свекофеннского) орогенеза. С другой стороны, наблюдаемая ныне близкая ориентировка постъятулийских безрудных кварцевых жил и рудных жил и метасоматитов в архейском субстрате может отражать структурную перестройку последних при формировании зоны северо-западных дислокаций, что позволяет предполагать существование до-ятулийского, возможно, архейского, орогенного мезотермального золотого оруденения.

Обоснование постъятулийского возраста рудоконтролирующих тектоно-метаморфических (метасоматических) процессов свидетельствует о потенциальной возможности выявления золоторудных проявлений не только в лопийском, но и в более поздних комплексах пород, что значительно расширяет поисковые перспективы на Онежско-Сегозерской площади. Намеченные признаки многоэтапности протерозойских эндогенных процессов формирования месторождения позволяют ставить вопрос о необходимости дальнейшего изучения его, а также ближайших рудопоявлений (Талпус, Талпус-1 и др. [3]) в аспекте их полигенности и полихронности. Хотя характер воздействия процессов позднего тектонического этапа на предшествующую минерализацию еще слабо изучен, однако уже сейчас имеющиеся данные по месторождению Педролампи не фиксируют свидетельств разубоживания или уничтожения предшествовавших золоторудных концентраций.

Заключение. Приведенные сведения накладывают серьезные ограничения на применимость сингенетических моделей для золоторудной минерализации в Карельском блоке, принципиально меняют рудно-формационную типизацию золотого оруденения и ставят вопрос о необходимости изменения стратегии поисков в регионе. Его «бедность» золотом может быть отчасти связана с недостатком знаний о строении и структуре золоторудных объектов, возникшим из-за ошибочных генетических реконструкций, и, как следствие, недостаточной корректности подходов к их оценке на всех стадиях изучения, включая поисковые, поисково-оценочные и разведочные работы.

Актуальной задачей дальнейших исследований является расшифровка этапности и направленности процессов золоторудной минерализации в гранит-зеленокаменных поясах Карельского блока, что может привести к изменению рудно-формационной типизации золотого оруденения, пересмотру стратегии поисково-разведочных работ, переоценке уже известных золоторудных объектов и перспектив региона в целом, а также к открытию новых месторождений.

Авторы благодарны В.В.Ушкову, Ю.Н.Новикову и Н.К.Дегтяреву за плодотворные дискуссии по обсуждаемым в докладе проблемам. Исследования выполнены при поддержке Программы 14 Президиума РАН и проекта РФФИ № 09-05-12037.

Литература

1. Herrington R.J., Evans D.M., Buchanan D.L. Greenstone belts: Metallogenic aspects // Ed. de Wit M.J. and Ashwal L. Greenstone belts. Oxford: Clarendon Press. 1997. P. 176-220.
2. Иващенко В.И., Голубев А.И. Золотоносность неоархейских и палеопротерозойских зеленокаменных и гранитоидных комплексов Фенноскандинавского щита – сходство и различия // Материалы конференции «Гранит-зеленокаменные системы архея и их поздние аналоги». Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. 2009. С. 62-66.
3. Михайлов В.П., Леонтьев А.Г., Голованов Ю.Б. и др. Минерально-сырьевая база республики Карелия. Книга 1. Петрозаводск: Карелия, 2005. 277 с.
4. Кулешевич Л.В. Связь гранитоидного магматизма и золотого оруденения в архейских зеленокаменных поясах Карелии // Материалы конференции «Гранит-зеленокаменные системы архея и их поздние аналоги». Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. 2009. С. 87-91.
5. Ларионова Ю.О., Самсонов А.В., Носова А.А. Rb-Sr геохронология и изотопная геохимия рудомещающих пород и окорудных метасоматитов мезотермального Au-месторождения Таловейс, западная Карелия. Доклады РАН. 2004. Т. 296. № 2. С.1-5.
6. Иващенко В.И., Голубев А.И. Генетические типы промышленной золоторудной минерализации Фенноскандинавского щита и перспективы Карельского региона на крупные месторождения золота // Материалы

Всероссийской конференции по Геодинамике, магматизму, седиментогенезу и минерации Северо-Запада России. Петрозаводск. 2007. С. 147-150.

7. Ларионова Ю.О., Самсонов А.В., Носова А. А., Сизова Е.В. Масштабный палеопротерозойский этап золотого рудогенеза в Карелии - ключ к пониманию проблем поисков крупных золоторудных объектов в регионе // Материалы конференции MINEX FORUM. Северо-Запад. Май 2007. Петрозаводск (электронная публикация)

8. Кулешевич Л.В. Кислый магматизм и золотое оруденение Костомукшской структуры // Геология и полезные ископаемые Карелии. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. 2002. С. 59-72.

9. Власов Е.А., Бакшеев И.А., Куц П.В., и др. Минералогия метасоматитов и руд месторождения Таловейс, западная Карелия // Материалы VIII международной конференции «Новые идеи в науках о Земле». РГГРУ, Москва. 2007. Т. 3. С. 76-79.

Рудно-магматические системы гранитоидного магматизма Карелии

Свириденко Л.П.

Учреждение Российской академии наук Институт геологии КАР НЦ РАН, г. Петрозаводск

Гранитный магматизм Карелии является коровым и представляет собой кислую ветвь бимодального мантийно-корового магматизма. Энергетическим источником проявления бимодального мантийно-корового магматизма служит недеплетированная мантия, поставляющая базитовую магму и флюидный поток при совместном воздействии которых в промежуточных и периферических очагах происходит плавление земной коры. Состав кислых расплавов определяется условиями глубинности плавления и флюидным режимом.

Флюидно-силикатные расплавы являются главной составной частью рудно-магматических систем. Все рудно-магматические системы обладают как вертикальной, так и латеральной зональностью. Степень концентрации рудных элементов зависит от состава летучих компонентов и от состава кислотности-щелочности в ходе минералообразования.

Разные формы магматизма (вулканизм, вулканоплутонизм, плутонизм) независимо от состава, формируют собственные рудно-магматические системы, обладающие своими автономными особенностями. Следует отметить, что рудно-магматические системы способны генерировать широкий набор рудных проявлений (от собственно магматического до метаморфогенно-метасоматического генетических типов). Это особенно относится к рудно-магматическим системам кислого магматизма.

Изучение процессов гранитообразования совместно с палеовулканологическим исследованием мантийного базитового магматизма позволило выявить латеральную геохимическую неоднородность гранитов кислой ветви бимодального магматизма относительно мантийных диапиров как архейского, так и протерозойского возраста. При этом в центральной наддиапировой зоне граниты высокотемпературные субщелочные и высокобариевые. Содержание Ва пропорционально K_2O и иногда превышает 5000 г/т, в то время как содержание Rb в них не более 200 г/т, то есть среднего содержания Rb в гранитах [Виноградов, 1962]. Соотношение Ва и Rb в одновозрастных и однотипных гранитах периферической части диапира обратное. Концентрация Rb здесь дважды превышает кларкконцентрации, а концентрация Ва находится в пределах кларка. Породы краевых частей мантийных диапиров, выраженные в региональном магнитном поле отрицательными аномалиями, содержат рудопроявления Mo, Au, W, Sn, Pb-Zn, отсутствующие в центральной части диапиров. Такую же геохимическую специализацию имеют и метасоматически измененные породы при воздействии калиевого метасоматоза. Этот признак может быть использован как критерий поисков редкометальных месторождений.

Литература

1. Виноградов А.П. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры // Геохимия. 1962. № 7. С. 555-572.