

Золоторудная минерализация характеризуется повышенным содержанием элементов привноса - Bi, Ag, Cu, Pb, в меньшей степени Ni, Zn, Mo, Cd, Co. Также для этого спектра характерны следующие элементы выноса из зон окварцевания – V, Ti, Cr, Mn, Ba. Привнос и вынос указанных индикаторных элементов, вероятно, происходил в процессе кислого метасоматоза (Рисунок).

Было также проанализировано 420 проб на 22 элемента из рыхлых отложений Керетьского участка, входящего в состав Климовской площади.

Геохимические поиски проводились с помощью метода анализа сверхтонкой фракции рыхлых отложений (МАСФ), сущность которого заключается в выделении из рыхлых отложений сверхтонкой (глинистой) фракции, которая затем анализируется количественными методами (ICP-AES) и (ICP-MS) с индуктивно связанной плазмой (Соколов и др., 2005).

На территории участка преобладают ортоамфиболиты, амфиболитизированные метагаббронориты и амфиболовые гнейсы. В центре участка, в полосе субширотного простирания, имеются многочисленные пегматитовые тела и сопряженные с ними зоны развития метасоматитов, внутри которых имеются известные точки благороднометалльной минерализации.

Были построены карты содержания элементов в сверхтонкой фракции рыхлых отложений. Выявлены ореолы рассеяния Au, Ag, Bi Cu, а также Pd, Pt, Ni, Co, которые пространственно сближены, но смещены относительно друг друга. Это еще раз доказывает наличие двух типов минерализации: околопегматитовых метасоматитов с платинOMETалльной минерализацией и секущих зон прокварцевания с висмут-серебряно-золотой минерализацией.

В результате комплексной обработки данных по главным элементам, которые являются индикаторами благороднометалльной минерализации, выделены полиэлементные вторичные ореолы и локальные зоны, в пределах которых можно ожидать обнаружения минерализованных тел с золотом и платиноидами.

Исследования выполнены в рамках гранта CRDF (ST-015-02).

#### ЛИТЕРАТУРА

Ахмедов А.М., Шевченко С.С., Симонов О.Н. и др. Новые типы проявлений комплексной благороднометалльной минерализации в зеленокаменных поясах позднего архея Карело-Кольского региона. // Геология и геодинамика архея: Тезисы докл. I Российской конференции по проблемам геологии и геодинамики докембрия. СПб, 2005. С. 34-38.

Савичева О.А. Геохимические и минеральные ассоциации золоторудных проявлений Янисъярвинского участка (Южная Карелия). // Записки Горного института, 2006, т.167, ч.1. С.31-34.

Соколов С.В., Марченко А.Г., Шевченко С.С. и др. Временные методические указания по проведению геохимических поисков на закрытых и полужакрытых территориях. СПб: изд. ВСЕГЕИ, 2005. 98 с.

## **ГЕНЕТИЧЕСКАЯ И ВОЗРАСТНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗОЛОТОРУДНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПЕДРОЛАМПИ, ЦЕНТРАЛЬНАЯ КАРЕЛИЯ**

Сизова Е.В.<sup>1</sup>, Ларионова Ю.О.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>МГУ им. М.В. Ломоносова, <sup>2</sup>МГУ им. М.В. Ломоносова, ИГЕМ РАН, Москва, Selen1984@bk.ru

Мезотермальные золотые месторождения широко развиты в зеленокаменных поясах и уже многие годы являются объектом изучения и интенсивной эксплуатации (Herrington et al., 1997). Однако, для Карельской гранит-зеленокаменной области (ГЗО) известны лишь рудопроявления и несколько небольших месторождений мезотермального золота. Для этих рудопроявлений вопросы происхождения, возрастной и тектонической позиции в общей эволюции Карельской ГЗО остаются слабо изученными. Одним из наиболее дискуссионных вопросов является возрастная позиция мезотермального оруденения, локализованного в архейских зеленокаменных поясах Карелии. Большинство исследователей предполагает архейский возраст мезотермального золота и его генетическую взаимосвязь с позднектоническими магнезиальными гранитоидами и лампрофирами (Кожевников и др., 1998; Lobach-Zhuchenko et al., 2000). Наряду с этим, имеются структурные и геохронологические доказательства палеопротерозойского возраста ряда мезотермальных золоторудных проявлений (Кулешевич, 1992; O'Brien et al., 1993; Ларионова и др., 2004). Новые данные, проливающие свет на эту дискуссию, были получены при геолого-структурных, петрологических и изотопно-геохимических исследованиях метасоматитов золоторудного месторождения Педролампи, локализованного в северной части Ведлозерско-Сегозерского зеленокаменного пояса в центральной Карелии. Это месторождение по результатам проведенных недавно работ признано одним из самых перспективных золоторудных объектов Карелии: запасы золота по категории C<sub>1</sub>+C<sub>2</sub> составляют 2,5 тонны при бортовом содержании золота 1 г/т. Оно было отнесено к золото-сульфидной стратиформной рудной формации в архейских метавулканитах (Михайлов и др., 2005). Важно отметить, что месторождение Педролампи располагается вблизи контакта архейских вулканогенно-осадочных толщ (~2,87 млрд лет) и палеопротерозойских метаосадков ятулия (~2,15 млрд лет), что дает уникальную возможность оценить возрастную позицию золоторудной минерализации на основании структурных и петрографических данных.

Мы проводили исследования в зачищенной от морены части месторождения Педролампи, где на площади ~ 400 м<sup>2</sup> вскрыт контакт архейских метавулканитов и палеопротерозойских метапесчаников (рис. 1). Архейские породы слагают западную часть участка и представлены преимущественно толеитовыми метабазами с подчиненными туфами риодацитового состава. Эти метавулканиты со стратиграфическим и тектоническим несогласием перекрываются метапесчаниками ятулия. В основании последних фиксируется горизонт метаконгломератов мощностью до 1 м, который, вероятно, является продуктом перемыва архейских пород и свидетельствует о первичном налегании осадков ятулия на архейское основание.

Разрывные нарушения в пределах месторождения представлены двумя главными системами: субмеридиональной (345-350°) и северо-западной (325-330°).

Субмеридиональная тектоническая зона (ТЗ-1) имеет видимую мощность до 14 м. Четких структурных элементов для нее не фиксируется, но, тем не менее, она уверенно выделяется среди метавулканитов архея в виде полосы интенсивного ожелезнения пород, которая в палеопротерозойских метаосадках не прослеживается. Отличительной чертой этой зоны является присутствие крупных метакристаллов и желваков пирита. Близкие к ТЗ-1 простирания имеют многочисленные жилы молочно-белого и розоватого кварца мощностью до 1 м, фиксируемые среди и архейских, и палеопротерозойских пород. Часть этих жил маркирует восточную границу ТЗ-1 (рис. 1).

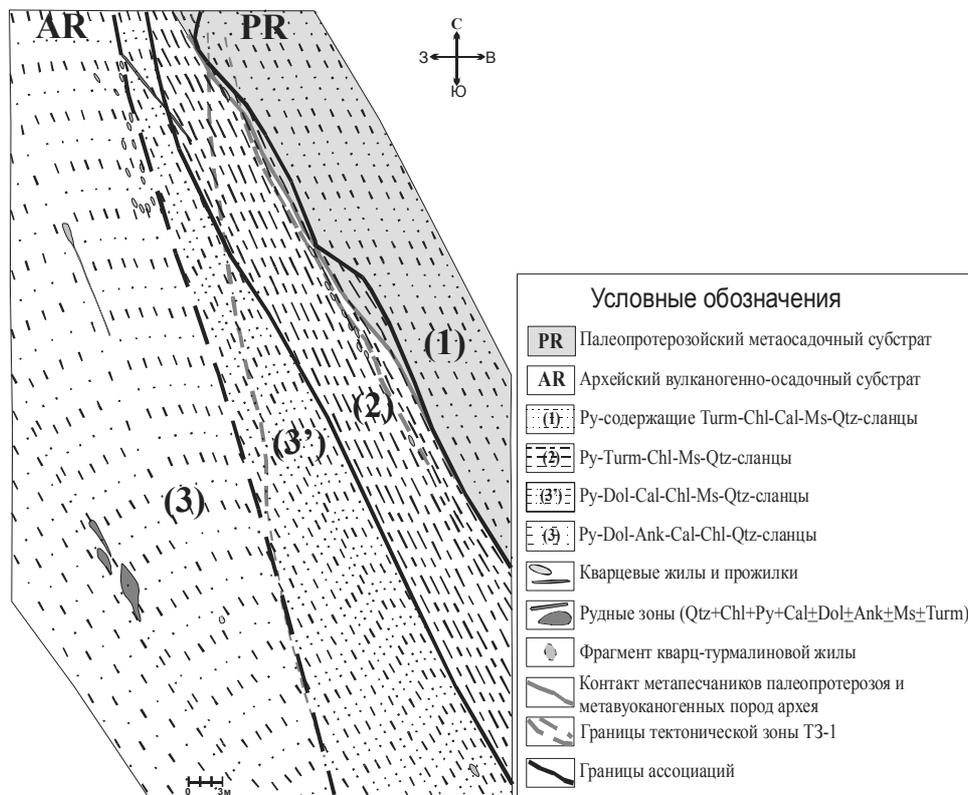


Рис.1. Схема метасоматических ассоциаций месторождения Педролампи.

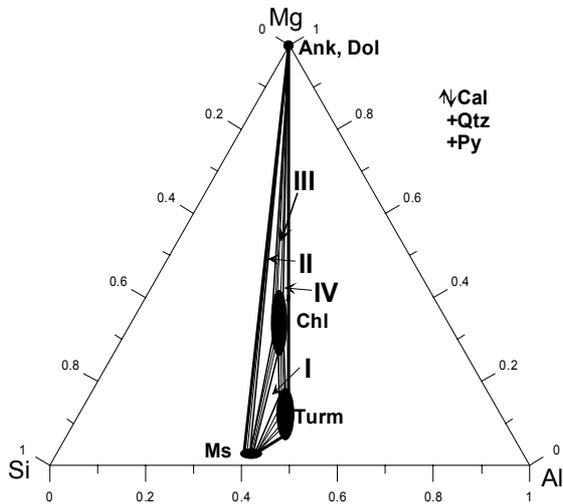
Северо-западная тектоническая зона (ТЗ-2) параллельна контакту архейских и палеопротерозойских пород и захватывает все месторождение, что фиксируется по преобладающей северо-западной ориентировке сланцеватости пород. Наиболее интенсивно рассланцевание проявлено в архейских породах вдоль контакта, лишь частично захватывая породы палеопротерозоя. Помимо рассеянной пиритовой минерализации, развитой на всем изученном участке, с формированием ТЗ-2, вероятно, также было сопряжено становление золотосодержащих жил двух типов. Пирит-карбонат-турмалин-кварцевые жилы имеют мощность в раздувах до 2,0 м и встречены в метабазах западной части участка. В северной части встречается четкообразные жилы пирит-мусковит-кальцит-хлорит-кварцевого состава мощностью до 0,3 м в раздувах. В центральной части участка область сочленения ТЗ-1 и зоны интенсивного рассланцевания ТЗ-2 по контакту пород ятулия и лопия характеризуется максимальной рассланцованностью пород, совпадающей с ориентировкой ТЗ-2 (аз. пр. 325-330).

Судя по имеющимся геолого-структурным наблюдениям, можно предположить более раннее образование ТЗ-1 по сравнению с ТЗ-2. В частности, на это указывает практически неизменное простирание сланцеватости, отвечающее ориентировке ТЗ-2. Будинаж кварцевых жил, маркирующих границу ТЗ-1, вероятно, также происходил во время заложения ТЗ-2 и сопровождался формированием характерной для нее минеральной ас-

социации. Можно говорить также, что обе системы тектонических зон формировались не ранее палеопротерозойского времени. Это совершенно очевидно для ТЗ-2, и может быть обосновано для ТЗ-1 присутствием сопряженных с ней кварцевых жил в палеопротерозойских метапесчаниках. Судя по ориентировкам золоторудных жил и аналогичному минеральному составу жил и метасоматитов, можно предположить их взаимосвязь с региональным сдвиговым нарушением северо-западного простирания (ТЗ-2), наложенным как на архейские, так и на палеопротерозойские породы.

Метасоматиты в пределах месторождения, вероятно, сопряжены с заложением ТЗ-2 и развиты как по архейскому, так и по палеопротерозойскому субстрату. Они представлены серицит-хлоритовым и березитовым типами и сложены кварцем, серицитом (мусковит), хлоритом (рипидолит, пикнохлорит, диабантит) и карбонатом (кальцит, доломит, анкерит), часто со значительным количеством пирита и турмалина (шерл-дравит с малой долей увитовой составляющей). Среди рудных и аксессуарных минералов отмечаются: халькопирит, магнетит, сфалерит, золото, гематит, апатит, рутил, циркон и сфен.

По минеральному составу можно выделить три метасоматические ассоциации (рис.1). (1) Пиритсодержащая турмалин-хлорит-кальцит-мусковит-кварцевая ассоциация (березитовый тип) распространена в метапесчаниках ятулия. (2) Пирит-турмалин-хлорит-мусковит-кварцевая ассоциация (серицит-хлоритовый тип) локализована вдоль контакта и приурочена к зоне интенсивного расщелачивания. (3) Пирит-доломит-анкерит-кальцит-хлорит-кварцевая ассоциация (березитовый тип) развита по породам лопия. В метасоматитах этой ассоциации практически не встречается турмалин, который установлен здесь только в жилах (кварц-турмалиновой и золоторудных турмалин-хлорит-карбонат-кварцевых). Между (2) и (3) ассоциациями выделяется переходная зона (3') с пирит-доломит-кальцит-хлорит-мусковит-кварцевой ассоциацией, в которой располагается золоторудная минерализация.



Важно отметить, что на удалении от контакта (ассоциация (3)) для метасоматитов характерно появление анкерита с доломитом и исчезновение мусковита с турмалином (рис.2). Для метасоматитов (1) и (2) ассоциаций характерны хлорит и турмалин более магнезиального состава и мусковит с менее глиноземистым составом, чем для (3') и (3) ассоциаций.

Разделение метасоматитов по минеральным парагенезисам на три ассоциации подтверждается петрогеохимическим анализом пород. Для (1) ассоциации характерно обогащение  $\text{SiO}_2$  (65-80 вес.%),  $\text{K}_2\text{O}$  (3-6 вес.%) Рис.2. Диаграмма состав-парагенезис. I – Turm и обеднение  $\text{TiO}_2$  (0,1-0,5 вес.%),  $\text{FeO}$  (2,5-4,5 -Chl-Ms-Qtz-Py±Cal парагенезис характеризует вес.%),  $\text{MgO}$  (2-4 вес.%). (3) ассоциация (1) и (2) метасоматические ассоциации, характеризуется более низким содержанием II -Dol-Chl-Ms-Qtz-Py±Cal парагенезис  $\text{SiO}_2$  (45-60 вес.%),  $\text{K}_2\text{O}$  (до 1,5 вес.%) и более характеризует (3') ассоциацию, III и IV – высоким  $\text{TiO}_2$  (0,8-1,2 вес.%),  $\text{FeO}$  (в среднем Dol-Ank-Chl-Qtz-Py±Turm±Cal па-

рагенезис 10-17 вес.%),  $\text{MgO}$  (8-13 вес.%). Метасоматиты характеризует (3) ассоциацию. (2) ассоциации по некоторым элементам занимают промежуточное положение (по  $\text{FeO}$ ,  $\text{MgO}$  и др.), а по другим аналогичны метасоматитам (1) ассоциации. Такие элементы, как As, Mo, Zr, Th, U, появляются в значимых количествах лишь в этой ассоциации. Все повышенные содержания золота приурочены к переходной (3') ассоциации, а также к жилам выполнения в западной части месторождения. В то же время, в наших пробах максимальное содержание золота – 6,84 г/т обнаружено в базальном горизонте метаконгломератов ятулия.

Таким образом, различия в минеральном составе метасоматитов, химическом составе слагающих их минералов и, следовательно, в химическом составе метасоматитов (2) и (3) ассоциации отражают бимодальность химического состава архейского субстрата, представленного туфами риодацитового состава и базальтами, соответственно. Отметим, что золото приурочено, главным образом, к породам переходной (3') ассоциации, которые развиты по метабазитам вблизи контакта с кислыми туфами.

Золоторудные жилы характеризуются теми же минеральными парагенезисами и химическими составами минералов, что и вмещающие их метасоматиты. Следовательно, можно говорить о генетической связи золоторудной минерализации и гидротермально-метасоматического процесса, который, в свою очередь, связан с наиболее поздними тектоническими подвижками северо-западной ориентировки (ТЗ-2).

Оценка температуры формирования метасоматитов проводилась по хлоритовому геотермометру (Cathelineau, Nieva, 1985) и результатам изучения газово-жидких включений в кварце. Они свидетельствуют о протекании гидротермально-метасоматического процесса в пределах месторождения в интервале 220-280°C.

Таким образом, можно полагать, что и архейский, и палеопротерозойский субстрат были охвачены единым процессом гидротермально-метасоматического преобразования, приведшим к полному замещению пород и формированию золоторудных зон. По полученным данным, месторождение Педролампии следует относить не к стратиформному (как считалось до сих пор (Михайлов и др., 2005)), а к мезотермальному типу золоторудных месторождений. Судя по геолого-структурным характеристикам, гидротермально-метасоматический процесс контролировался тектоническим нарушением северо-западного простирания (ТЗ-2). Следовательно, возраст золоторудной минерализации следует относить, по крайней мере, к позднему палеопротерозою.

Возраст метасоматитов определялся с помощью Rb-Sr изотопно-геохронологического исследования. Один из исследуемых образцов (турмалин-хлорит-кварц-серицитовый сланец) был отобран из (2) ассоциации, наиболее приближенной к контакту. Точки мусковита, хлорита и турмалина дают изохрону с возрастом  $1732 \pm 12$  млн. лет, СКВО = 1.9. Для образца из золоторудной жилы (из (3') ассоциации) пирит-мусковит-кальцит-хлорит-кварцевого состава точки кальцита, хлорита, мусковита и валового состава породы дают изохрону с возрастом  $1717.1 \pm 9.6$  млн. лет, СКВО = 0.22. Таким образом, полученный возраст можно интерпретировать как время последнего гидротермально-метасоматического процесса и, соответственно, либо время самого золоторудного процесса, либо время переотложения более ранних рудных концентраций

Полученный возраст формирования метасоматитов около 1720 млн. лет не характеризуется проявлением каких-либо процессов магматической активности в Карелии. Природа флюида, скорее всего, была метаморфогенной. В частности, на это указывают составы турмалинов из метасоматитов, которые типичны именно для турмалинов, образующихся в метаморфогенных процессах.

Выводы, полученные нами при геолого-структурных, минералогических, петрогеохимических и изотопных исследованиях пород месторождения Педролампии хорошо согласуются между собой и заставляют существенным образом пересмотреть имеющиеся на данный момент представления. В результате исследования получены новые данные, которые позволяют относить месторождение к мезотермальному типу, установлен палеопротерозойский возраст процесса рудообразования и предполагается метаморфогенный источник тепла и флюида.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Кожевников В.Н., Голубев А.И., Рыбаков С.И., 1998. Геология и полезные ископаемые Карелии, выпуск 1, с. 5-23.  
Кулешевич Л.В., 1992. Метаморфизм и рудоносность архейских зеленокаменных поясов юго-восточной окраины Балтийского щита. Петрозаводск, 267 с.  
Ларионова Ю.О., Самсонов А.В., Носова А.А., 2004. Доклады РАН. 2004. Т. 296. № 2. С.1-5  
Михайлов В.П., Леонтьев А.Г. и др. Минерально-сырьевая база республики Карелия. Книга 1., Петрозаводск "Карелия", 2005.  
Cathelineau M., Nieva D. 1985. // Contrib. Mineral. Petrol. 100, 418-428  
Herrington R.J., Evans D.M., Buchanan D.L., 1997. Greenstone belts: Metallogenic aspects // In Ed. de Wit M.J. and Ashwal L. Greenstone belts. Clarendon Press – Oxford. P. 176-220  
Lobach-Zhuchenko S.B., Chekulaev V.P., Ivanikov V.V., Kovalenko A.V., Bogomolov E.S., 2000 // In A.Kremenetsky, B.Lehmann and R.Seltmann (Eds) "Ore-bearing granites of Russia and adjacent countries", IMGRE Moscow, Russia, p. 193-211.  
O'Brien H.E., Nurmi P.A., Karhu J.A. 1993. // Geological Survey of Finland, Special Paper. V. 17. P. 291-306

#### СРАВНИТЕЛЬНАЯ ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГРАНИТОИДОВ МУРМАНСКОГО ДОМЕНА

Турбина Н.Г., Козлова Н.Е., Нерович Л.И.  
АФ МГТУ, *Anatunty*, *Nadegol@narod.ru*

Мурманский домен занимает крайнее северо-восточное положение на Балтийском щите. Он имеет удлиненную форму, вытянутую в северо-западном направлении и прослеживается от государственной границы с Норвегией до устья реки Поной на площадь примерно 30000 км<sup>2</sup>. Внутри домена выделяют следующие сегменты: западные (Титовский, Урагубский), центральные (Териберский, Вороньинский), восточные (Йоканьгский, Лумбовский, Усть-Понойский) (Ветрин, 1984).

Район Йоканьги сложен гранитоидами, среди которых выделяются плагиограниты, плагиомикроклиновые и микроклиновые граниты, содержащие многочисленные ксенолиты более древних пород – метабазитов (Ветрин, 1984, Мирская, 1960).

Структура плагиогранитов первично магматическая, гипидиоморфнозернистая, а также бластокластическая (гранобластовая) структура. Крупные призматические зерна плагиоклаза испытывали перекристаллизацию по границам зерен и по трещинкам с образованием мелких полигональных зерен и выделением среди них к'з эпидота и голубоватого амфибола. Эпидот выделяется также в центре зерен плагиоклаза, повторяя