

**Благородные металлы в цирконах – объективная предпосылка прецизионного изотопного датирования рудных процессов в беломорском комплексе пород Балтийского щита**

**Ручьев А. М., Терновой А. Н.**

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

Совокупность гетерогенных геологических образований, отвечающая области распространения чупинской и хетоламбинской свит (толщ) беломорид, интерпретируется как позднеархейский рифтогенный энсиалический Беломорский зеленокаменный пояс (БЗП), подвергшийся повторному раннепротерозойскому рифтингу [4]. Своеобразие развития БЗП обусловило его комплексную благороднометалльно-медно-никелевую металлогеническую специализацию и способствовало формированию крупнообъемных рудных объектов, первые из которых уже выявлены в хетоламбинской толще. Возрастная корреляция рудопроявлений, локализованных в различных составляющих БЗП, с учетом полирохронности процессов металлогенеза [4] проблематична. Одним из способов решения проблемы может служить изотопное датирование цирконов, сингенетичных рудной минерализации. Благоприятные для этого объективные предпосылки выявлены при исследовании гнейсов чупинской свиты.

Их разновидности, классифицируемые на основе представлений о парагенезисе минералов и естественной минеральной фации, – продукты полиэтапного архей-протерозойского метаморфизма (термин используется в широком смысле для обозначения эндогенного преобразования пород в твердом состоянии) относительно однородного протолита, петро-, геохимически идентичного грауваккам верхней части обобщенного разреза позднеархейских зеленокаменных поясов [3-7] (рис. 1).

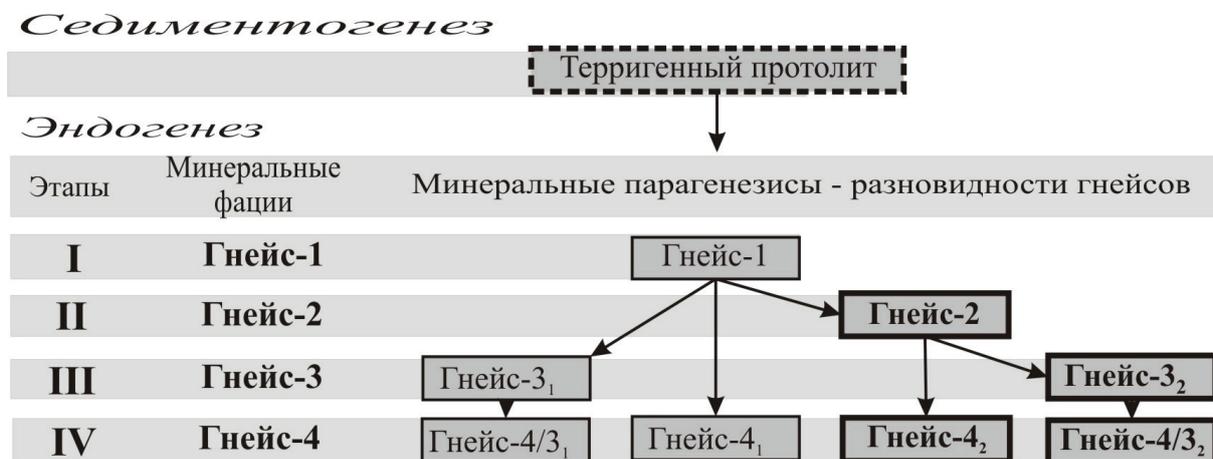


Рис. 1. Схема развития минеральных фаций и парагенезисов гнейсов чупинской свиты.

Доминирующие разновидности выделены жирным шрифтом; минеральные парагенезисы: гнейс-1 –  $9,96\text{Grt}^{26\pm 10} + 20,40\text{Vt}_{37\pm 4} + 34,32\text{Pl} + 34,32\text{Qtz} \pm \text{Gr} + 0,98$  рудный; гнейс-2 –  $2,54\text{Ku} + 10,51\text{Grt}^{30\pm 9} + 24,02\text{Vt}_{72\pm 10} \pm \text{Kfs}(\text{Or}) + 26,49\text{Pl} + 35,82\text{Qtz} \pm \text{Gr} +$  рудный; гнейс-3<sub>2</sub> –  $3,41\text{Ku} + 7,00\text{Grt}^{23\pm 4} + 20,74\text{Vt}_{39\pm 4} + 35,80\text{Pl} + 32,68\text{Qtz} \pm \text{Gr} +$  рудный; гнейсы-4<sub>1</sub>, -4<sub>2</sub>, -4/3<sub>1</sub>, -4/3<sub>2</sub> –  $\pm \text{Ku} \pm \text{Grt}^{18\pm 4}_{80\pm 5} + \text{Ms} + \text{Vt}_{46} + \text{Pl} + \text{Qtz} \pm \text{Gr} +$  рудный. Символы минералов: Vt – биотит, Grt – гранат, Qtz – кварц, Ku – кианит, Kfs – калиевый полевой шпат, Or – ортоклаз, Pl – плагиоклаз, Ms – мусковит, Gr – графит; цифры перед символами – среднее содержание, объемные %; индексы после символов: подстрочные – средний коэффициент общей железистости и его стандартное отклонение, надстрочные – средняя доля пиропового минала в гранате и ее стандартное отклонение

Цирконы присутствуют во всех разновидностях гнейсов, формировавшихся в условиях аллохимического стресс-метаморфизма [6] и сингенетичной благороднометалльной минерализации [4, 5]. Наличие нескольких генераций циркона (до 4-6 в гнейсах-3 и -4) и их очередность устанавливаются по вполне очевидному систематическому «обрастанию» ранних кристаллов более поздним материалом (в гнейсах чупинской свиты цирконы каждой генерации имеют типичные для нее цветовые оттенки).

Химический состав цирконов и различных включений в них (рис. 2; табл.) определен микроанализатором «INCA Energy 350» на базе электронного микроскопа «VEGA II LSH» (Институт геологии КарНЦ РАН) в аншлифах и шлифах образцов гнейсов II-IV фаций.

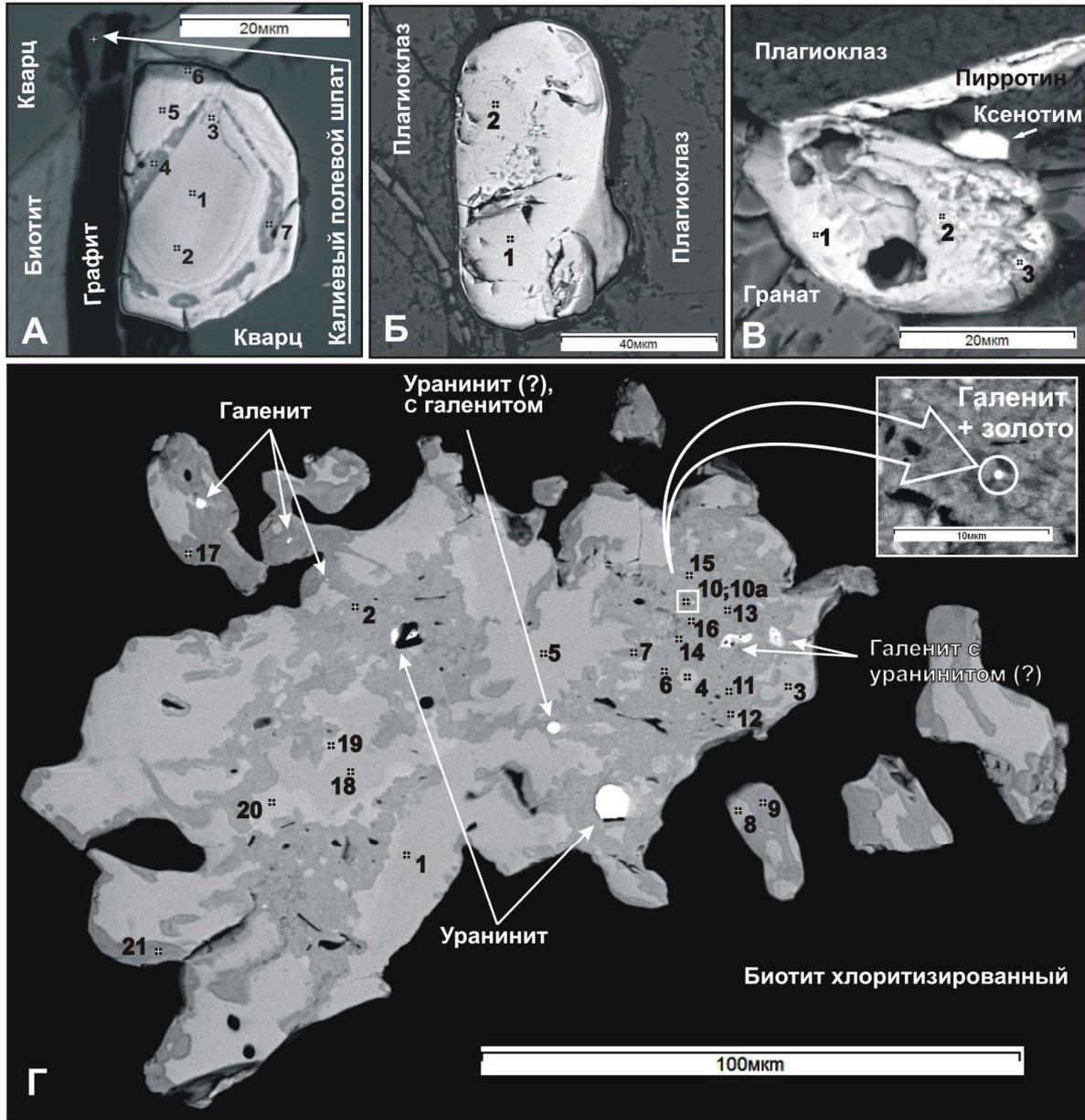


Рис. 2. Цирконы из метаморфических разновидностей гнейсов чупинской свиты (Лоушское пегматитовое поле):

А – гнейс-2, образец Сл-181-475; Б – гнейс-3<sub>2</sub>, образец Сл-88-9; В – гнейс-4<sub>2</sub>, образец Сл-88-4; Г – гнейс-4<sub>2</sub>, образец Сл-88-6; изображение во вторичных электронах; пронумерованы точки анализов, соответствующие приведенным в таблице спектрам.

МИНЕРАГЕНИЯ ДОКЕМБРИЯ

Химический состав цирконов (рис. 2), масс. проценты, нормализовано.

Образец	Спектр	O	Na	Mg	Al	Si	S	Ca	Sc	Fe	Zr	Cd	Hf	Yb	Ir	Au	Pb
Сл-181-475	1	35,64	-	-	-	13,87	-	-	-	-	48,70	-	-	-	-	1,79	-
Сл-181-475	2	35,72	-	-	-	14,17	-	-	-	-	50,11	-	-	-	-	-	-
Сл-181-475	3	38,12	-	-	-	13,85	-	-	-	-	48,03	-	-	-	-	-	-
Сл-181-475	4	40,79	0,68	-	0,43	12,99	-	2,56	-	-	42,55	-	-	-	-	-	-
Сл-181-475	5	36,86	-	-	-	13,73	-	-	-	-	49,40	-	-	-	-	-	-
Сл-181-475	6	44,68	-	-	-	12,20	-	0,83	-	-	41,27	-	1,02	-	-	-	-
Сл-181-475	7	40,11	0,92	-	-	13,10	-	0,87	-	-	43,98	-	1,04	-	-	-	-
Сл-88-9	1	37,47	-	-	-	14,00	-	-	-	-	47,24	-	-	-	-	1,30	-
Сл-88-9	2	37,72	-	-	-	13,99	-	-	-	-	47,19	-	-	-	-	1,10	-
Сл-88-4	1	38,11	-	-	-	13,44	-	-	-	0,60	47,84	-	-	-	-	-	-
Сл-88-4	2	45,41	-	-	0,71	10,51	-	0,58	0,39	0,97	25,76	-	-	2,02	13,63	-	-
Сл-88-4	3	48,13	-	0,69	2,74	10,5	1,11	0,67	0,29	4,69	22,32	-	-	-	8,86	-	-
Сл-88-6	1	35,50	-	-	-	14,72	-	-	-	-	48,20	-	1,59	-	-	-	-
Сл-88-6	2	38,41	0,72	-	-	13,39	-	1,24	-	-	41,97	-	4,27	-	-	-	-
Сл-88-6	3	35,66	-	-	-	14,46	-	-	-	-	46,02	-	2,76	-	-	1,11	-
Сл-88-6	4	36,76	-	-	-	14,20	-	-	-	-	46,08	-	2,96	-	-	-	-
Сл-88-6	5	36,27	-	-	-	14,31	-	-	-	-	47,90	-	1,53	-	-	-	-
Сл-88-6	6	38,75	0,39	-	-	13,31	-	1,94	-	0,44	41,55	-	3,63	-	-	-	-
Сл-88-6	7	41,34	0,75	-	-	12,69	-	1,25	-	-	43,96	-	-	-	-	-	-
Сл-88-6	8	35,84	-	-	-	14,49	-	-	-	-	48,03	-	1,64	-	-	-	-
Сл-88-6	9	39,15	-	-	-	13,06	-	2,08	-	0,34	44,15	-	1,21	-	-	-	-
Сл-88-6	10	36,88	-	-	-	12,54	0,83	2,45	-	0,58	39,10	-	3,17	-	-	1,88	2,58
Сл-88-6	10a	33,98	0,27	-	0,33	11,22	1,87	2,35	-	0,47	34,31	-	2,62	-	-	0,72	11,86
Сл-88-6	11	33,92	-	-	-	13,03	0,92	2,21	-	0,37	40,96	-	3,14	-	-	-	5,46
Сл-88-6	12	38,47	0,67	-	-	13,45	-	1,43	-	0,31	42,94	-	2,72	-	-	-	-
Сл-88-6	13	40,44	0,41	-	0,46	12,92	-	2,03	-	0,65	39,42	0,60	3,07	-	-	-	-
Сл-88-6	14	42,18	-	-	-	12,57	-	2,22	-	-	43,03	-	-	-	-	-	-
Сл-88-6	15	37,69	0,70	-	-	13,65	-	1,21	-	0,30	43,12	-	3,32	-	-	-	-
Сл-88-6	16	38,61	0,33	-	0,31	13,24	-	2,30	-	0,54	40,61	-	3,55	-	-	0,50	-
Сл-88-6	17	39,22	0,59	-	0,34	13,38	-	2,82	-	-	42,06	-	1,59	-	-	-	-
Сл-88-6	18	35,46	-	-	-	14,47	-	-	-	-	48,69	-	1,37	-	-	-	-
Сл-88-6	19	34,69	-	-	-	14,51	-	-	-	-	46,48	-	3,73	-	-	0,59	-
Сл-88-6	20	35,02	-	-	-	14,61	-	-	-	-	46,63	-	3,74	-	-	-	-
Сл-88-6	21	38,84	0,49	-	0,22	13,71	-	2,66	-	0,32	42,01	-	1,74	-	-	-	-

Во многих кристаллах циркона гнейсов минеральных фаций II-IV наблюдаются зоны, нередко внутренние (рис. 2 А), содержащие в различных сочетаниях петрогенные (Ca, Al, Na, Fe, Mg) и малые (Hf, Sc, Yb, Ir, Au, Cd и др.) элементы. Подобный химический состав циркона считается одним из признаков его «гидротермальной» природы [2]. Таким образом, свойства исследованных цирконов (рис. 2; табл.) указывают на неоднократное резкое изменение среды, в которой они кристаллизовались, то есть на контролируемую полифазным деформационным процессом флюидную переработку вмещающих пород – существенную и наиболее яркую особенность формирования чупинских гнейсов на всех этапах их истории.

«Примесное» золото в составе циркона сначала было отмечено в гнейсе-2 [5], дальнейшие исследования показали, что оно часто присутствует в цирконах гнейсов минеральных фаций II-IV (табл.) и, следовательно, раритетом не является (обнаружено также в магматических [1] и осадочных [2] породах Карелии). Реже встречаются цирконы, в которых содержится не только «примесное» золото, но и рудные минеральные фазы, в состав которых могут входить благородные металлы. Разумеется, подобные находки несут более полную и ценную металлогеническую информацию, поэтому заслуживают детального изучения. Возможно, систематическим будет обнаружение золота в той или иной форме в цирконах из гнейса-4<sub>2</sub>. По имеющимся данным, в этой разновидности пород чупинской свиты содержание золота и циркония статистически значимо парно коррелирует ( $r_{Au-Zr} = 0,982$ ,  $n = 12$ , уровень значимости  $q = 0,99$ ). Примером может служить зерно циркона (рис. 2 Г) в образце Сл-88-6 гнейса 4<sub>2</sub>, выполняющего расположенную на площади Лоушского пегматитового поля Восточнослюдозерскую зону сдвиговых деформаций, диафтореза в условиях кианит-биотит-мусковитовой метаморфической фации и пегматитогенеза. Эта зона – типич-

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. Кожневиков 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 верхнекорových 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.<sup>1</sup>, Ларионова Ю.О.<sup>1</sup>, Ручьев А.М.<sup>2</sup>, Носова А.А.<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup> 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-