

Российская академия наук
Федеральное агентство научных организаций
Институт геологии
Коми научного центра УрО РАН
Российское минералогическое общество

Проблемы и перспективы современной минералогии

(Юшкинские чтения—2014)

Материалы минералогического семинара с международным участием

*Сыктывкар, Республика Коми, Россия
19–22 мая 2014 г.*

Problems and perspectives of modern mineralogy

(Yushkin Memorial Seminar—2014)

Proceedings of mineralogical seminar with international participation

*Syktывkar, Komi Republic, Russia
19–22 May 2014*

Сыктывкар
Геопринт
2014

Проблемы и перспективы современной минералогии (Юшкинские чтения—2014): Материалы минералогического семинара с международным участием. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2014. 272 с.

В сборнике представлены материалы докладов Минералогического семинара с международным участием «Проблемы и перспективы современной минералогии» (Юшкинские чтения — 2014). Рассматриваются фундаментальные проблемы теоретической и прикладной минералогии, генетической минералогии и минералогической кристаллографии. Широко представлены материалы по актуальным вопросам наноминералогии, биоминералогии и получения новых материалов на основе продуктов геологических процессов, а также рациональному использованию минерального сырья. Сборник представляет интерес для минералогов и широкого круга специалистов естественно-научного профиля.

Problems and perspectives of modern mineralogy (Yushkin Memorial Seminar—2014): Proceedings of mineralogical seminar with international participation. Syktyvkar: IG Komi SC UB RAS, 2014. 272 p.

Volume contains proceedings of Mineralogical seminar with international participation «Problems and perspectives of modern mineralogy» (Yushkin Memorial Seminar — 2014). Fundamental problems of theoretical and applied mineralogy, genetic mineralogy and mineralogical crystallography are considered. Important issues of nanomineralogy, biomineralogy and production of new geomaterials as well as the problems of rational use of mineral resources are widely presented. The volume is of interest for mineralogists and wide range of experts in the natural sciences.

*Тексты докладов воспроизведены в авторской редакции.
Proceedings have been reproduced in the author version.*

В *силлиманит-ортоклазовой зоне* средний размер графитовых чешуек обычно сопоставим со средним размером зерен породообразующих минералов. По характеру спектров и значениям КР параметров графиты в бедных рудах данной зоны приближаются к графитам зоны мигматизации, а графиты из богатых руд тяготеют к графитам силлиманит-мусковитовой зоны.

В *области мигматизации, гранитизации и ультраметаморфизма* руды представлены биотит-кварц-полевошпатовыми гнейсами и мигматитами со средним содержанием графита около 3 %. Полученные спектры КР имеют форму, свойственную, согласно [1], монокристаллу графита: в области первого порядка на $\approx 1580 \text{ см}^{-1}$ присутствует интенсивная узкая полоса G, в области второго порядка — резко асимметричная полоса 2D ($\approx 2700 \text{ см}^{-1}$), при разложении которой получаются две линии с максимумами, расположенными приблизительно на $\frac{1}{4}$ и $\frac{1}{2}$ высоты пика G. Дисперсия характеристик минимальная для изученных проб. Отсутствие или крайне слабое развитие полос «дефектов» и значения полуширины линии G на половине высоты ($15\text{--}17 \text{ см}^{-1}$) свидетельствуют о совершенстве строения и значительных размерах кристаллитов. По

рентгеноструктурным данным структура графита приближается к совершенной.

Таким образом, графиты из разных зон метаморфизма различаются формой спектра, набором и значениями КР характеристик, которые позволяют количественно оценить степень совершенства кристаллической структуры графита и получить представление о характере и доле различных структурных дефектов. Структурные различия графитов из руд различного типа, максимально проявленные в зоне биотита и граната, нивелируются с уменьшением дефектности структуры в ходе регионального метаморфизма. Результаты изучения графитов Приладожья методом КР согласуются с полученными ранее рентгеноструктурными данными. Однако КР дает возможность уловить различия в степени кристалличности графита вплоть до силлиманитовых субфаций, в то время как рентгеноструктурные параметры графита остаются постоянными.

Литература

1. Ferrari A. C. Raman spectroscopy of graphene and graphite: Disorder, electron-phonon coupling, doping and nonadiabatic effects. // Solid State Communications, 2007. V. 143. P. 47–57.

Эпигенно-модифицированные иттрийсодержащие цирконы из девонских конглобрекций россыпепроявления Ичетью

Б. А. Макеев¹, Ю. В. Глухов¹, Д. А. Варламов², С. С. Шевчук¹, С. И. Исаенко¹

¹Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар; Glukhov@geo.komisc.ru

²Институт экспериментальной минералогии РАН, Черноголовка; dima@iem.ac.ru

При изучении редкоземельных аксессуарных минералов из псефитов пижемской свиты (D_{pg}) золото-алмазно-редкометального россыпепроявления Ичетью (Средний Тиман) были обнаружены необычные эпигенно-модифицированные иттрийсодержащие цирконы.

Данные цирконы были окрашены в нехарактерные для обычных цирконов в белёные, коричнево-серые (кремовые) цвета, имели некоторое внешнее сходство с флоренситами Ичетью и характеризовались присутствием в вещественном составе устойчивой примеси иттрия. В отличие от малаконов иттрийсодержащие цирконы, как и другие цирконы Ичетью, определённо имеют кристаллическую структуру (по данным рентгеноструктурного анализа). Однако в сравнении с радиационно-окрашенными тёмно-вишнёвыми цирконами по данным спектроскопии комбинационного рассеяния (КР) иттрийсодержащие цирконы характеризуются низкой степенью кристалличности. Соответствующие

пики ($202, 220, 345, 431, 995 \text{ см}^{-1}$) заметно уширены, а их максимумы сдвинуты в сторону низких частот. В спектрах КР иттрийсодержащих цирконов также имеется широкая структурированная полоса с двумя основными диффузными максимумами в области $1000\text{--}3000 \text{ см}^{-1}$, обусловленная слабоупорядоченным углеродным веществом. Анатомически иттрийсодержащие цирконы крайне неоднородны и представляют собой, по сути, мелкополикристаллический агрегат. На растровых изображениях сканирующего электронного микроскопа хорошо видна сложная “трещинно-блочная” структура. По атомной плотности на фоне более древнего “первичного” циркона отчётливо выделяются участки новообразованного “вторичного” циркона в трещинах (рис. а1, а2). В микроагрегате циркона присутствует множество микроминеральных выделений (кварц, силикаты, фосфаты) и пустот с размерами от первых единиц до нескольких десятков микрон (рис. а1–в2). В одном примере (рис. в1, в2,) в цир-

коне были обнаружены высокотермические микрофазы (торит, торианит?).

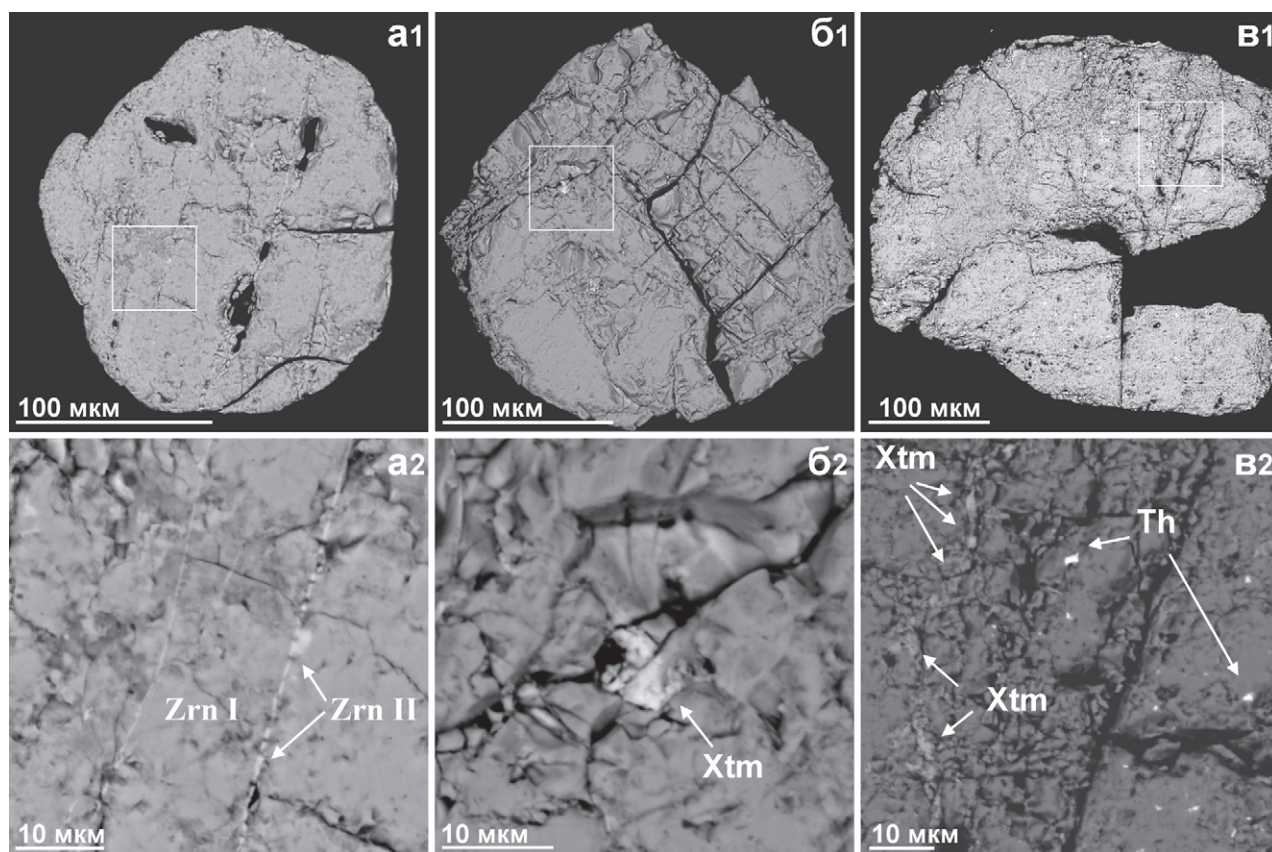
По данным микрозондового анализа матрица цирконов почти всегда содержит гафний (до 3.5 мас. %) и иногда иттрий (от следов 1.2 мас. %). Повышенные валовые содержания иттрия в белёсокремовых цирконах непосредственно связаны с субмикронными эпигенетическими включениями ксенотима. Кроме иттрия в составе ксенотимов также постоянно фиксировалось некоторое количество тяжёлых лантаноидов от самария до лютеция (таблица). Последние суммарно достигают ~ 50% от общей массы оксидов $Y_2O_3 + TR_2O_3$ в ксенотимовой фазе (атомные соотношения Y/TR варьируют в пределах 1.6–4.0). Соотношения редкоземельных эле-

ментов микроксенотимов изменчивы. Так, в нескольких примерах была обнаружена ксенотимовая фаза с необычно высоким содержанием гадолиния (до ~ 40% TR). В составе микроксенотимов также постоянно регистрируется торий (до 3.5 мас. % ThO_2). Спорадически отмечались следы скандия и кальция. В иттрийсодержащих цирконах отмечались также микровыделения монацита неодим-лантаноидового состава.

Описываемые иттрийсодержащие цирконы Ичетью имели сложную минералогическую «биографию». Высокие содержания примесей в цирконовой матрице указывают на изначально глубинное происхождение. Судя по повышенным концентрациям тория, который первоначально мог находить-

Расчётные характеристики примесных фаз ксенотима в составе иттрийсодержащих цирконов

Номер пробы, (№ анализа в точке)	Кристаллохимические формулы
2567-ИЧЕ/138	$(Y_{0.607}Gd_{0.134}Dy_{0.079}Sm_{0.050}Er_{0.034}Yb_{0.024}Ho_{0.018}Ca_{0.016}Eu_{0.012}Tb_{0.012}Tm_{0.006}Lu_{0.002}Th_{0.004})PO_4$
2566-ИЧЕ/218 (1)	$(Y_{0.774}Dy_{0.080}Er_{0.034}Gd_{0.029}Yb_{0.024}Ho_{0.017}Sm_{0.013}Tb_{0.011}Eu_{0.004}Lu_{0.004}Ca_{0.002}Sc_{0.001}Th_{0.006})PO_4$
2566-ИЧЕ/218 (2)	$(Y_{0.769}Dy_{0.067}Gd_{0.060}Er_{0.030}Yb_{0.021}Tb_{0.017}Sm_{0.015}Eu_{0.008}Ho_{0.006}Ca_{0.004}Th_{0.004})PO_4$
2561-ИЧЕ/58	$(Y_{0.793}Dy_{0.061}Er_{0.038}Yb_{0.033}Gd_{0.031}Eu_{0.009}Lu_{0.008}Sm_{0.007}Ho_{0.006}Tb_{0.005}Th_{0.009})PO_4$
2575-ЗОЛ/496	$(Y_{0.683}Dy_{0.074}Ca_{0.056}Gd_{0.049}Er_{0.034}Yb_{0.029}Ho_{0.021}Tb_{0.013}Sc_{0.011}Sm_{0.007}Tm_{0.007}Eu_{0.006}Lu_{0.004}Th_{0.007})PO_4$
2575-ЗОЛ/508 (1)	$(Y_{0.740}Dy_{0.086}Gd_{0.046}Er_{0.034}Yb_{0.030}Sm_{0.014}Tb_{0.014}Ho_{0.011}Eu_{0.009}Lu_{0.006}Ca_{0.002}Th_{0.008})PO_4$
2575-ЗОЛ/508 (2)	$(Y_{0.754}Dy_{0.078}Er_{0.040}Gd_{0.037}Yb_{0.032}Ho_{0.018}Eu_{0.010}Tb_{0.009}Sm_{0.005}Ca_{0.003}Sc_{0.002}Lu_{0.001}Th_{0.010})PO_4$
2589-СИД/38 (1)	$(Y_{0.589}Gd_{0.118}Dy_{0.088}Ca_{0.062}Er_{0.026}Yb_{0.024}Sm_{0.017}Tb_{0.015}Eu_{0.010}Sc_{0.007}Lu_{0.006}Ho_{0.004}Th_{0.033})PO_4$
2589-СИД/38 (2)	$(Y_{0.639}Gd_{0.126}Dy_{0.105}Er_{0.038}Sm_{0.018}Ca_{0.015}Yb_{0.014}Ho_{0.010}Eu_{0.009}Tb_{0.009}Tm_{0.005}Sc_{0.004}Lu_{0.001}Th_{0.006})PO_4$
2589-СИД/38 (3)	$(Y_{0.710}Dy_{0.094}Gd_{0.054}Er_{0.045}Yb_{0.034}Tb_{0.013}Ca_{0.012}Ho_{0.010}Eu_{0.007}Sm_{0.006}Lu_{0.003}Tm_{0.002}Sc_{0.001}Th_{0.009})PO_4$



Эпигенно-модифицированные иттрийсодержащие цирконы Ичетью. Сканирующий электронный микроскоп, режим обратно-рассеянных электронов

ся главным образом в форме структурной примеси, данные цирконы могли в начале своей минералогической истории подвергаться значительной радиационной аморфизации. Однако впоследствии эти цирконы оказались в совершенно иных *P-T*-условиях (очевидно, менее глубинных) и, по-видимому, при этом подверглись воздействию метасоматоза (на последнее также указывает определённый “дефицит” примесного свинца, которого должно было быть больше вследствие распада урана и тория). В результате часть некогда структурных примесей в конце концов сконцентрировались в виде самостоятельных микроминеральных фаз, среди которых есть редкоземельные фосфаты, аналогичные акцессорным фосфатам россыпепроявления Ичетью. При этом в объёме реликтовых индивидов цирконов появились явно новообразованные участки цирконовой фазы с кристаллической структурой.

Это последнее событие в биографии циркона может быть генетически связано с тектоно-магматической (и связанной с ней металлогенической) активизацией на Тимане, сопровождавшейся рудоформирующими гидротермально-метасоматическими процессами, которые охватывали, по-видимому, в додевонское время докембрийские (метаморфические) комплексы пород Тимана. По этой причине иттрийсодержащие цирконы Ичетью — это перспективный объект для дальнейшего минералогического изучения, пригодный для датирования абсолютного возраста формирования гидротермально-метасоматической редкометальной формации на Тимане.

Исследования проведены при финансовой поддержке Программы Президиума РАН № 27 (проект УрО РАН 12-П-5-1027), гранта НШ-4795.2014.5, гранта РФФИ: 14-05-00592а.

Усть-Нюкжинский метеорит—2

В. И. Рождествина, А. Ф. Миронюк, Н. В. Мудровская

ИГиП ДВО РАН, Благовещенск; veronika@ascnet.ru

Судя по опубликованным материалам, данный метеорит является пятым, найденный на территории Верхнего и Среднего Приамурья в пределах Амурской области. Из них 4 метеорита — железные и 1 железокосменный. Первым по времени известности был железокосменный метеорит, упавший в г. Благовещенске в 1916 г. Аэролит, согласно приведенным в газете «Благовещенское утро» данным, был использован жителями г. Благовещенска для получения железа и, по-видимому, остался неисследованным. В 1969 г. при отработке золотоносной россыпи ручья Апрельского — правого притока р. Улунга Магдагачинского района, на глубине 8 м найден железный метеорит «Апрельский» весом 54.5 кг, а в 1988 г. при пахотных работах вблизи деревни Сычевка (Свободненский район) найден также железный метеорит «Сычевский». Оба эти метеорита находятся в Лаборатории метеоритики ГЕОХИ РАН. В 1991 г. при проведении геолого-съёмочных работ в северо-западной части Амурской области Геолого-геофизической экспедицией Амурского геологического управления найдены 2 метеорита. Один из них, названный Усть-Нюкжинский, геологическим управлением передан Амурскому краеведческому музею. Метеорит весит 44.2 кг и имеет редко встречающуюся дисковидную форму. Исследованиями, проведенными Лабораторией метеоритики ГЕОХИ РАН, установлено, что данный метеорит, как и другие железные метеориты, состоит из камасита и тэнита. Содержания в нем Ni около 15%. Отмечены акцессорные минералы шрейберзит

(Fe,Ni)₃P и элементы-примеси. Возраст Усть-Нюкжинского метеорита 4.4–4.7 млрд лет.

Второй метеорит весом 5.7 кг, найденный на левобережье р. Олекма (северо-западная часть Тындинского района), был передан в музей АмурКНИИ ДВО РАН (ныне ИГиП ДВО РАН) (рис. 1). От метеорита был отделен кусок, из которого были изготовлены аншлифы, размером 4×3 и 2×2 см. Полированные поверхности изучались методами рентгенофлуоресцентного, рентгенофазового, электронно-микроскопического и рентгеноспектрального анализов.

В результате проведенных исследований установлено, что метеорит состоит из камасита (92.2 % Fe; 5.9 Ni; 0.3 Co) со значительным количеством включений железоникелевых фосфидов. Тенит в исследуемой части метеорита не установлен. Усредненный химический состав метеорита (%): Fe — 92.45, Ni — 6.11; Co — 0.69, P — 0.38, Si — 0.055, Cr — 0.027. На уровне микропримеси установлены Sr, In, Ge, Ga, Bi, Mo, Cu, U, Th, Se, Au.

Травление полированной поверхности пятипроцентным раствором азотной кислоты в этиловом спирте выявило блочное строение. По химическому составу боки практически идентичны. Различие наблюдается в кристаллографической ориентации, особенно хорошо проявляющейся в преимущественной ориентировке включений железоникелевых фосфидов в пределах различных блоков (рис. 2). Включения фосфидов представлены двумя видами: в виде призматических кристаллов прямоуголь-