

УДК 552.18:552.4(470.21)

## УНИКАЛЬНЫЙ ОРТОПИРОКСЕН-КИАНИТОВЫЙ ПАРАГЕНЕЗИС В ГРАНУЛИТАХ ЦЕНТРАЛЬНО-КОЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ (КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)

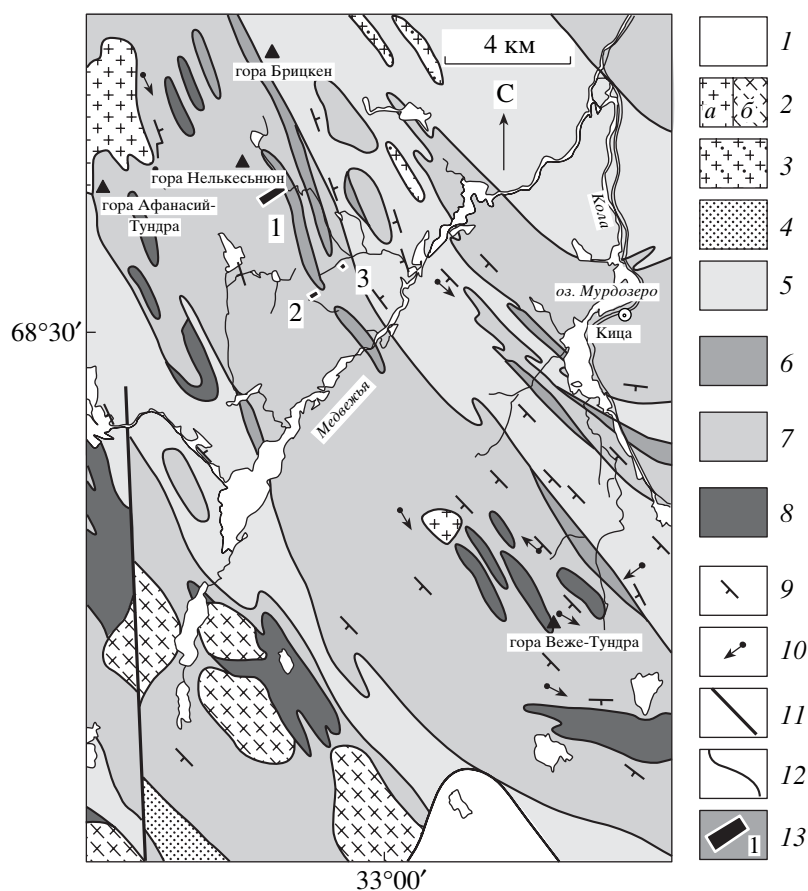
© 2003 г. П. Я. Азимов, Д. В. Доливо-Добровольский, М. В. Морозов

Представлено академиком Ф.П. Митрофановым 08.01.2003 г.

Поступило 06.02.2003 г.

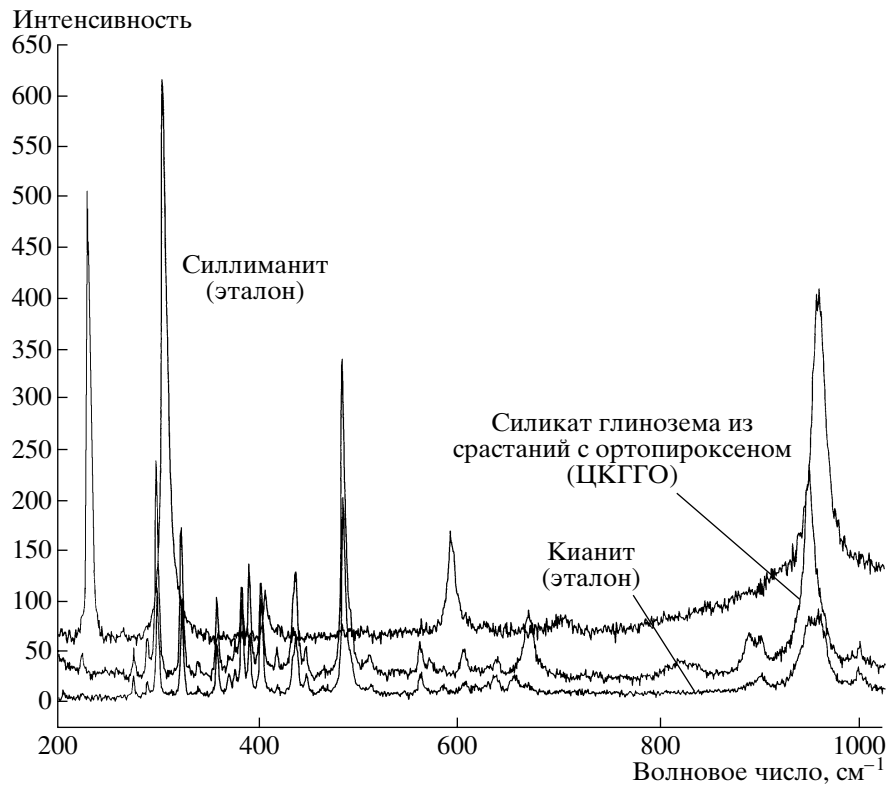
Центрально-Кольская гранулитогнейсовая область (ЦКГГО) сложена чередующимися пластинами позднеархейских парагнейсов кольского комплекса и гиперстен-биотитовых ортогнейсов, метаморфизованных в условиях гранулитовой фа-

зии [1]. К тектоническому контакту между глиноземистыми кольскими гнейсами и крупной Вежундровской пластиной ортогнейсов приурочены зоны бластомилонитизации, ультраметаморфизма и флюидной переработки, содержащие многочис-



**Рис. 1.** Схематическая геологическая карта района р. Медвежьей (Центрально-Кольская гранулит-гнейсовая область, Кольский п-ов). Составлена по данным [2]. 1 – четвертичные отложения; 2 – калиевые граниты (а) и гранито-гнейсы (б); 3 – гранатосодержащие граниты; 4 – кyanит-силлиманит-кордиерит-биотит-гранатовые гнейсы; 5 – силлиманит-кордиерит-биотит-гранатовые гнейсы; 6 – гранат-амфибол-пироксеновые кристаллосланцы, гранатовые амфиболиты, гранатовые эндрейбиты; 7 – мезо- и лейкократовые эндрейбиты; 8 – дупироксеновые и биотит-дупироксеновые основные сланцы; 9 – ориентировка сланцеватости; 10 – направление минеральной линейности; 11 – разломы; 12 – геологические границы; 13 – детали участки: 1 – Нелькесьюн, 2 – Озерный, 3 – Шпинелевый.

Институт геологии и геохронологии докембрия Российской Академии наук, Санкт-Петербург  
Санкт-Петербургский горный институт (Технический университет)



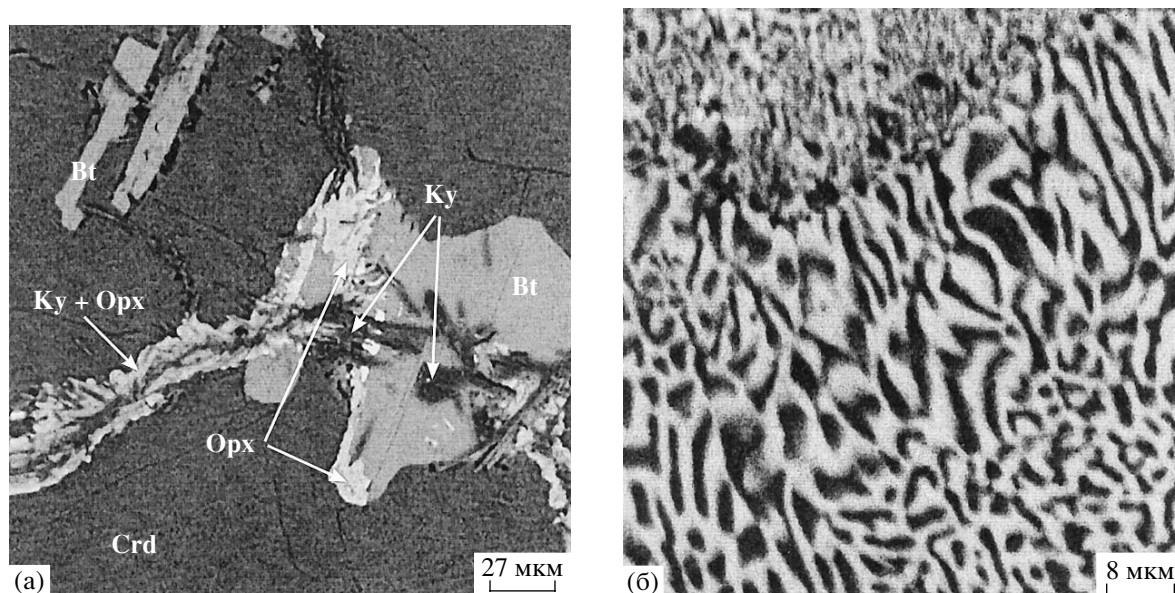
**Рис. 2.** Поляризованный рамановский спектр силиката глинозема из сростаний с ортопироксеном в сравнении с эталонными спектрами кианита и силлиманита. Спектры получены в полированных шлифах на спектрометре “Raman DILOR XY”, оснащенный  $\text{Ar}^+$  ионным лазером (514.5 нм) и микроскопом “Olympus BH-2” с объективом “Zeiss 50 $\times$ ”. Линейное разрешение  $\leq 12$  мкм, обратное рассеяние, спектральный диапазон 130–2000  $\text{см}^{-1}$ , разрешение 1  $\text{см}^{-1}$  [8]. Для каждой точки получены два поляризованных спектра  $\bar{z}(xx)z$  и  $\bar{z}(yx)z$ .

ленные тела основных и кислотных метасоматитов. В одной из таких зон на левом берегу р. Медвежья (рис. 1) в ортогнейсах известны проявления магниально-глиноземистых сапфириносодержащих метасоматитов, представляющих собой меланократовые сапфирин-ортопироксен-биотитовые и сапфирин-шпинель-силлиманит-биотитовые слюдиты, мезократовые биотит-ортопироксен-кордиеритовые и сапфирин-биотит-кордиеритовые и лейкократовые кварц-ортопироксен-кордиеритовые породы. Плаггиогнейсы, вмещающие метасоматиты, интенсивно мигматизированы, в них появляются гранат и ортоклаз. Наблюдаемый в мезократовых сапфириносодержащих метасоматитах парагенезис ортопироксен + силлиманит [1] указывает на их образование при высокобарическом гранулитовом метаморфизме. В наиболее низкотемпературных шпинель-силлиманит-кордиерит-биотитовых метасоматитах встречаются поздние кристаллы кианита, врастающие в биотит.

В магний- и глиноземсодержащих минералах метасоматитов и вмещающих их гнейсов (биотите и кордиерите) часто встречаются тонкие иголки силиката глинозема. Одни исследователи считали их кианитом [1–3], другие – силлиманитом (фибrolитом) [4, 5]. В биотите иголки об-

разуют гнезда, “облака” и прожилки хаотически спутанного агрегата, а в кордиерите “опушают” трещины и границы зерен. Иголки в кордиерите часто взаимно параллельны и подчиняются кристаллографическим направлениям в зернах минерала-хозяина. Выполненные нами микронзондовые исследования и рамановская микроспектроскопия показали, что силикат алюминия является кианитом, тесно срастающимся с ортопироксеном (рис. 2 и 3, табл. 1). Иногда кианит образует футляровидные кристаллы в ортопироксене. В кордиерите отмечаются также “почки”, сложенные кианитом и ортопироксеном. Величина зерен кианита и ортопироксена невелика (обычно от 1–2 до 30–50 мкм). Иногда отмечаются ортопироксен-кианитовые симплектиты с ветвями толщиной в первые микроны (рис. 3). Взаимоотношения и морфология ортопироксена и кианита в сростаниях свидетельствуют о совместном образовании этих минералов, а форма выделений агрегата (гнезда, прожилки) и его формирование вдоль трещин и границ зерен указывают, что он образовался под воздействием просачивающегося флюида.

В мире известна лишь одна находка парагенезиса ортопироксен + кианит [6] в гранулитах и од-



**Рис. 3.** Кианит-ортопироксеновые сростания. Изображения в отраженных электронах (BSE) получены на растровом электронном микроскопе АВТ-55 (Япония), а – прожилки кианит-ортопироксенового агрегата в биотите и кордиерите: обр. Kts2-14 (обозначения минералов согласно Р. Кретцу); б – ортопироксен-кианитовые симплектиты, замещающие кордиерит: обр. Kts2-13 (темное – кианит, светло-серое – ортопироксен).

на – в виде включений в пиропе из ультравысокобарических пород [7]. Описанная ранее в породах ЦКГГО гиперстен-кианитовая ассоциация [2] не является равновесной, что отметила и сама Л.П. Бондаренко. Анализ области устойчивости орто-

пироксен-кианитового парагенезиса (рис. 4) показывает, что в магнезиально-глиноземистых породах его существование возможно при высоких давлениях (более 8–9 кбар), температуре около 700°С и низкой активности воды. При большей

**Таблица 1.** Состав ортопироксенов из сростаний с кианитом в сапфиринсодержащих породах р. Медвежьей (ЦКГГО)

Компонент	Обр. Б848-27, точка 6-43	Обр. Б848-27, т. 6-44	Обр. Б854-20, т. 16	Обр. Kts2-13, т. 3-21	Обр. Kts2-13, т. 3-22	Обр. Kts2-13b, т. 1-3	Обр. Kts2-14, т. 3-25
SiO <sub>2</sub>	51.87	50.46	51.79	50.65	50.02	52.93	50.39
TiO <sub>2</sub>	0.02	0.02	0.09	0.05	0.05	0.04	0.01
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.53	9.61	4.26	9.00	6.51	4.81	3.93
FeO	17.86	16.35	17.32	21.71	21.99	21.91	22.91
MnO	0.30	0.30	0.23	0.49	0.47	0.36	0.40
MgO	23.36	23.21	25.97	21.83	22.46	24.17	22.23
CaO	0.00	0.00	0.02	0.00	0.07	0.041	0.12
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.00	0.00
Сумма	99.94	99.95	99.67	103.77	101.57	104.25	100.00
Формульные единицы							
Si	1.89	1.83	1.87	1.80	1.82	1.87	1.87
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	0.28	0.41	0.18	0.38	0.28	0.20	0.17
Fe <sup>3+</sup>	0.00	0.00	0.10	0.02	0.08	0.06	0.09
Fe <sup>2+</sup>	0.55	0.50	0.42	0.63	0.58	0.59	0.62
Mn	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01
Mg	1.27	1.25	1.40	1.16	1.22	1.27	1.23
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
X <sub>Mg</sub>	0.70	0.72	0.73	0.64	0.65	0.66	0.64

Примечание. Анализы выполнены в ИГГД РАН на микроанализаторе Link AN10000/85S. Формульные количества элементов рассчитаны на 4 катиона с использованием программы MINAL (автор Д.В. Доливо-Добровольский), содержания Fe<sup>3+</sup> определены по соответствию числу зарядов.



породы. Возможно, что оба высокобарических гранулитовых события в породах ЦКГГО связаны с созданием высокого давления за счет сжатия в зонах коллизии.

Авторы приносят благодарность М.Р. Павлову (ИГГД РАН) за помощь в электронно-микроскопических и микрозондовых исследованиях, М. Муссо и А. Азенбауму (Институт физики и биофизики Зальцбургского университета, Австрия) и Г. Амтауэру (Институт минералогии Зальцбургского университета, Австрия) за помощь в выполнении микрорамановских спектроскопических исследований.

Работа поддержана РФФИ (гранты 01–05–65174 и 00–15–98475) Минобразования РФ и администрацией Санкт-Петербурга (грант PD02–1.5–361 для молодых кандидатов наук, 2002 г.), CRDF (грант SI–015–0: “Научно-образовательный центр фундаментальных исследований минералов-индикаторов петро- и рудогенеза”) и Австрийской службой академических обменов (ÖAD).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Авакян К.Х.* Геология и петрология Центрально-Кольской гранулито-гнейсовой области архея. М.: Наука, 1992. 168 с.
2. *Бондаренко Л.П.* // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1971. № 10. С. 48–55.
3. *Другова Г.М., Талдыкина К.С.* Региональный метаморфизм и метаморфогенное рудообразование. Л., 1970. С. 124–136.
4. *Евдокимов Б.Н.* Метаморфизм докембрийских комплексов. Апатиты, 1976. С. 74–84.
5. *Fonarev V.I., Konilov A.N., Graphchikov A.A.* // Intern. Geol. Rev. 1993. V. 35. № 5. P. 401–435.
6. *Baba S.* // Contribs Mineral. and Petrol. 1999. V. 136. № 1/2. P. 33–47.
7. *Simon G., Chopin C.* // Contribs Mineral. and Petrol. 2001. V. 140. № 4. P. 422–440.
8. *Morozov M., Dolivo-Dobrovolsky D.V., Azimov P. et al.* // Europ. J. Miner. 2001. V. 13. № 1. P. 127.
9. *Powell R., Holland T.J.B., Worley B.* // J. Metamorph. Geol. 1998. V. 16. № 4. P. 475–590.
10. *Holland T.J.B., Powell R.* // J. Metamorph. Geol. 1998. V. 16. № 3. P. 309–343.
11. *Доливо-Добровольский Д.В.* Тезисы XII конф. памяти К.О. Кратца. СПб. 2001. С. 66–68.
12. *Berman R.G.* // Can. Miner. 1991. V. 29. № 4. P. 833–855.
13. *Berman R.G., Aranovich L.Y.* // Contribs Mineral. and Petrol. 1996. V. 126. № 1/2. P. 1–24.