УДК 552.08

А.В.КУРГУЗОВА, *студентка, kurguzova_anna@mail.ru*
Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет)

A.V.KURGUZOVA, *student, kurguzova_anna@mail.ru*
Saint Petersburg State Mining Institute (Technical University)

МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ПОРОД УЧАСТКА ПЕСТПАКША (КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)

Изучен минеральный состав пород. С помощью микрорентгеноспектрального анализа исследован состав гранатов и оценено равновесное давление в минеральной системе при их образовании. Охарактеризованы термические и рентгеноструктурные свойства графита, уточнена его полиморфная модификация.

***Ключевые слова*:** гранаты, графит, Пестпакша, термический анализ, геобарометр, метаморфизм.

MINERALOGICAL AND GEOCHEMICAL FEATURES OF METAMORPHIC ROKS OF PESTPAKSHA (KOLA PENINSULA)

The rock composition was studied, the garnet composition was researched with a X-ray phase analysis, and equilibrium pressures of the garnet crystallization were calculated with the geobarometer GASP, thermal properties of graphite were characterized and polymorphic modification was identified by X-rays diffraction.

***Key words*:** garnets, graphite, Pestpaksha, thermal analyses, geobarometer, metamorphism.

Участок Пестпакша представляет собой проявление графита, приуроченное к Яврозерскому комплексу метагаббро и анортозитов (карелий), развитых вдоль южной границы Лапландских гранулитов. Подстилающим является Сальнотундровский метаморфический комплекс (поздний лопий – карелий). Породы участка представлены амфиболитами, биотитовыми гнейсами, гранатовыми сланцами, плагиоэклогитами, метаанортозитами, кварцевыми метасоматитами. Территория осложнена серией разрывных нарушений северо-восточного простирания, к которым приурочена графитовая минерализация. Ее генезис считается метасоматическим [1].

Гранаты из шести типов пород, перечисленных в табл.1, были изучены с помощью микрозондового анализа. Исследовались гранаты двух классов крупности: 1-й класс – 3-5 мм, 2-й класс – 1-3 мм. Анализ выполнялся в Центральной лаборатории ВСЕГЕИ (аналитик В.Ф.Сапега). В ходе пробоподготовки зерна гранатов распиливали пополам, после чего их состав определялся по профилям, проходящим через центры кристаллов. По результатам исследования гранаты оказались незональными, представленными пиропами и альмандинами с примесью гроссулярового минала.

Полученная информация была сопоставлена с литературными данными о составе гранатов амфиболитовой фации метаморфизма. Железистость гранатов этой фации колеблется от 62 до 65 % [4], железистость гранатов Пестпакши составляет 14-55 %. Пониженная железистость свидетельствует об образовании гранатов в условиях повышенных значений давления [4].

Гранаты содержат включения различных минералов (табл.2).

Таблица 1

Состав гранатов из разных типов пород (по данным микрорентгеноспектрального анализа)

№ п/п	Название породы	Название граната и его кристаллохимическая формула
1	Гранатит	Пироп, $(Mg_{1,63}Fe_{1,18}Ca_{0,09}Mn_{0,03})_{2,93}Al_2Si_{3,04}O_{12}$
2	Гранатсодержащий амфиболит	Альмандин, $(Fe_{1,68}Mg_{0,53}Ca_{0,74}Mn_{0,08})_{3,03}Al_{1,94}Si_{3,03}O_{12}$
3	Гнейс	Альмандин, $(Fe_{1,49}Mg_{1,3}Ca_{0,1}Mn_{0,02})_{2,81}Al_2Si_{3,03}O_{12}$
4	Мрамор	Пироп, $(Mg_{1,64}Fe_{1,22}Ca_{0,11}Mn_{0,03})_3Al_{2,01}Si_{2,99}O_{12}$
5	Кварцевый метасоматит	Пироп, $(Mg_{1,52}Fe_{1,35}Ca_{0,12}Mn_{0,02})_{3,01}Al_{1,97}Si_{3,02}O_{12}$
6	Гранатовый сланец	Альмандин, $(Fe_{1,25}Mg_{0,75}Ca_{0,9}Mn_{0,03})_{2,93}Al_{1,98}Si_{3,06}O_{12}$

Таблица 2

Включения в гранатах, определенные микрорентгеноспектральным анализом

№ п/п	Название породы	Включения и их формулы
1	Гранатит	Карбонат от кальцита $(Ca_{1,29}Mg_{0,02})_{1,31}C_{0,84}O_3$ до магнезита $(Mg_{0,97}Ca_{0,02}Fe_{0,15})_{1,14}C_{0,93}O_3$
2	Гранатсодержащий амфиболит	Кальцит $(Ca_{1,49}Fe_{0,02})_{1,51}C_{0,74}O_3$, плагиоклаз $(Na_{0,77}Ca_{0,21})_{0,98}(Al_{1,21}Si_{2,8})_{4,01}O_8$
3	Гнейс	Плагиоклаз $(Ca_{0,53}Na_{0,45})_{0,98}(Al_{1,51}Si_{2,49})_4O_8$
4	Мрамор	Рутил $(Ti_{0,98}V_{0,03}Fe_{0,01})_{1,02}O_2$, кальцит $(Ca_{1,3}Fe_{0,04}Mg_{0,03}Mn_{0,02})_{1,39}C_{0,81}O_3$, плагиоклаз $(Na_{0,77}Ca_{0,25})_{1,02}(Al_{1,24}Si_{2,75})_{3,99}O_8$
5	Кварцевый метасоматит	Рутил TiO_2, пирит FeS_2
6	Гранатовый сланец	Кианит $Al_{1,99}SiO_5$, монацит $(Ce_{0,62}La_{0,31}Nd_{0,15}Ca_{0,04}, Sm_{002}Th_{0,05})_{0,901}P_{0,88}O_4$, кальцит $(Ca_{1,49}Fe_{0,02})_{1,51}C_{0,74}O_3$

По результатам микрозондового анализа с помощью геобарометра GASP были оценены равновесные значения давления в минеральной системе при кристаллизации гранатов. Для расчетов использованы данные о составе граната и плагиоклаза, находящихся в срастании; в ходе расчетов предполагалось, что в породе присутствует кианит (что подтверждается данными петрографических исследований). Были использованы две калибровки геобарометра [7, 8]. Результаты расчетов представлены в табл.3.

Таблица 3

Равновесные значения давления, полученные по барометру GASP с использованием двух калибровок

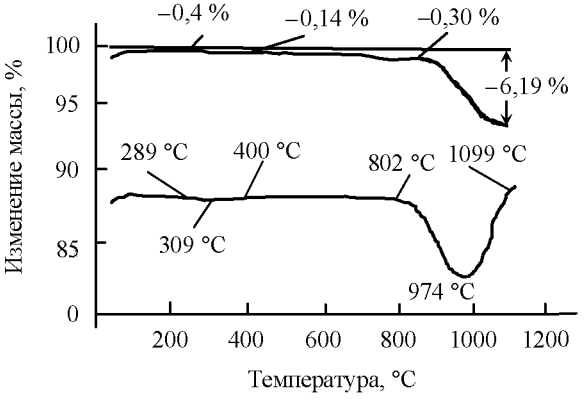
T, °C	T, K	P, МПа [8]	P, МПа [7]
300	573	724	847
400	673	988	1114
500	773	1252	1382
600	873	1516	1649
700	973	1780	1916
800	1073	2044	2183

Полученные данные свидетельствуют о формировании пород Пестпакши в условиях повышенных значений давления.

Дифференциально-термический анализ графита был выполнен на приборе NTZSCH STA 429 (CD) (Институт химии силикатов РАН, оператор В.Л.Уголков). Пробы сжигалась в атмосфере кислорода, скорость нагрева пробы составляла 20 °С/мин, нагрев производился до 1100 °С с последующим охлаждением.

На полученной термограмме (см. рисунок) наблюдается два экзоэффекта.

Характеристики первого экзоэффекта: начало экзоэффекта 230 °С, конец экзоэффекта 400 °С, потеря массы 0,1 %.



Термограмма графита

Таблица 4

Сравнение минералого-геохимических особенностей Пестпакши и Кумдыкольского месторождения

По результатам данного исследования	По литературным данным
1. Гранаты незональны, представлены пиропомами, альмандинами с гроссуляровой составляющей (до 30 %)	1. Гранаты незональны, представлены пиропами, альмандинами, гроссулярами [2]
2. Включения кальцита в гранате	2. Включения кальцита в гранате [5]
3. Пониженная железистость гранатов (14-55 %)	3. Железистость гранатов 58,1-60,9 % [2]
4. Высокие значения равновесных давлений по данным геобарометра GASP	4. Высокие значения равновесных температур и давлений по гранат-пироксеновому термометру и пироксен-плагиоклазовому барометру [3]

Характеристики второго экзоэффекта: начало экзоэффекта 802 °С, конец экзоэффекта 1099 °С, потеря массы 5,89 %.

Экзоэффект графита наблюдается в интервалах 550-860 °С [1], 500-800 °С [6]. Полученная термограмма по своим характеристикам ближе к термограмме алмаза, чем графита. Термические характеристики алмаза: первый экзоэффект 200-500 °С, второй экзоэффект 850-1200 °С [6].

Для определения полиморфной модификации углерода были проведены рентгеноструктурные исследования графита на рентгеновском дифрактометре ДРОН-6 в Центральной лаборатории ВСЕГЕИ (аналитик В.Ф.Сапега). Пробы анализировали в порошке, по результатам полученных дифрактограмм образцы являются гексагональным графитом полиморфной модификации 2Н.

Поскольку наблюдается некоторое сходство геологического строения Пестпакши и Кумдыкольского месторождения метаморфогенных алмазов Кокчетавского кристаллического массива (Северный Казахстан), проведен их сравнительный анализ. Ряд выделенных схожих черт минералогии и геохимии Пестпакши и Кумдыкольского месторождения представлен в табл.4.

Таким образом, по результатам исследования можно сделать вывод о некоторой схожести черт строения Пестпакши и Кумдыкольского месторождения метаморфогенных алмазов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Возраст и генезис раннедокембрийской графитовой минерализации Лапландского пояса (Кольский полуостров) / Э.М.Прасолов, Э.Б.Прилепский, Ш.Астафьев и др. // Отечественная геология. 2006. № 4. С.75-82.

2. Новый генетический тип алмазных месторождений / Л.Д.Лаврова, В.А.Печников, А.М.Плешаков и др. М.: Научный мир, 1999. 221 с.

3. *Перчук Л.Л.* Сравнительная петрология алмазоносных метаморфических комплексов / Л.Л.Перчук, В.О.Япаскурт, А.Окай // Петрология. 1995. Т.3. № 3. С.267-309.

4. *Соболев Н.В.* Парагенетические типы гранатов. М.: Наука. 1964. 218 с.

5. *Соболев Н.В.* Включения минералов углерода в гранатах метаморфических пород / Н.В.Соболев, В.С.Шацкий // Геология и геофизика. 1987. № 7. С.77-80.

6. Термический анализ минералов и горных пород / В.П.Иванова, Б.К.Касатов, Т.Н.Красавина, Е.Л.Розинова. М.: Недра, 1974. 400 с.

7. *Holland T.J.B.* En enlarged and updated internally consistent dataset with uncertainties and correlations: the system K2O-Na2O-CaO-MgO-MnO-FeO-Fe2O3-Al2O3-TiO2-SiO2-C-H2-O2. / T.J.B.Holland, R.Powell // J. Metamorph. Geol. 1990. V.8. № 1. P.89-124.

8. *Will T.M.* Phase Equilibria in Metamorphic Rocks: Thermodynamic Background and Petrological Applications. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York. 1998. 315 p.

REFERENCES

1. *Prasolov E.M., Priletsky E.B., Astafiev Sh.* et all. Age and genesis of Precambrian graphite mineralization of Lappish belt (Kolsky peninsula)) // The geology of our country. 2006. № 4. P.75-82.

2. *Lavrova L.D., Pechnikov V.A., Pleshakov A.M.* et all. New genetic type of diamonds depositions. Moscow: Nauchnyuy mir, 1999. 221 p.

3. *Perchuk L.L., Yapaskurt V.O., Okai A.* Comparative petrology of diamonds metamorphic complexes // Petrology. 1995. V.3. № 3. P.267-309.

4. *Sobolev N.V.* Paragenetic types of garnets. Moscow: Nauka. 1964. 218 p.

5. *Sobolev N.V., Shatsky V.S.* Inclusions of carbon minerals in garnets of metamorphic rocks // Geology and geophysics. 1987. № 7. P.77-80.

6. *Ivanova V.P., Kasatov B.K., Krasavina T.N., Rosinova E.L.* Thermal analyses of minerals and rocks. Moscow, 1974. 400 p.

7. *Holland T.J.B.* En enlarged and updated internally consistent dataset with uncertainties and correlations: the system K2O-Na2O-CaO-MgO-MnO-FeO-Fe2O3-Al2O3-TiO2-SiO2-C-H2-O2. / T.J.B.Holland, R.Powell // J. Metamorph. Geol. 1990. V.8. № 1. P.89-124.

8. *Will T.M.* Phase Equilibria in Metamorphic Rocks: Thermodynamic Background and Petrological Applications. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York. 1998. 315 p.

Научный руководитель канд. геол.-минерал. наук, доцент *Ю.Л.Гульбин*