

Н. Н. ПЕРЦЕВ, И. П. ЛАПУТИНА

ГЛАУКОХРОИТ В СКАРНАХ НА АНАКИТЕ, НИЖНЯЯ ТУНГУСКА

(Представлено академиком Ф. В. Чухровым 17 VII 1973)

Анакитский трапповый массив, расположенный в 285 км выше устья Нижней Тунгуски, в районе ручья Анакит, залегает в сводовой части куполовидного поднятия и хорошо обнажен на правом берегу Нижней Тунгуски. В контакте с габбро-долеритом, слагающим мощную апофизу в апикальной ее части, карбонатно-мергелистая пачка кочумдекской свиты (S_1) ороговикована и скарнирована. Знаменитые высокотемпературные контактовые роговики и геология массива довольно подробно описаны в ряде работ (¹⁻³). Впервые в СССР здесь найдены и описаны такие сравнительно редкие высокотемпературные силикаты и силикокарбонаты, как мервинит, сперрит (⁴) и тиллеит (³). Скарны и зоны скарнирования развиты как в непосредственном контакте долерита с карбонатными роговиками, так и на удалении от него, в карбонатных породах в виде жил мощностью до 0,5 м и зон скарноидов, особенно мощных в западной части купольной структуры, на удалении от непосредственного контакта на десятки метров. Скарновые тела и зоны скарнирования сложены в основном гранатом промежуточного между гроссуляром и андрадитом состава до преобладающего андрадита и пироксеном ряда диопсид — геденбергит с железистостью от 20—25 до 60—65% (²). Они развиваются позже высокотемпературных минералов карбонатных роговинок, с их замещением. В восточном, более пологом контакте габро-долерита зона скарнирования тянется сплошной полосой около 1 м мощностью и имеет следующее строение. Непосредственно к контакту с частичным замещением габбро-долерита примыкают гранат-салиитовые скарны с гнездами кальцита, сменяющиеся глаукохроитом, также с мелкими гнездами кальцита. Зона с глаукохроитом имеет мощность около 0,5 м и отличается от других скарнов обильным развитием черных гипергенных окислов марганца. В скарновых жилах и зонах на удалении от контактов с плутоном марганцовая минерализация не встречена. Не исключено поэтому, что гранат-пироксеновые и глаукохроитовые скарны одновременны. Глаукохроит развит в виде сплошных зернистых масс с крупностью зерен до 0,5 мм. Его выделения часто заключены в «рубашку» из гипергенных окислов марганца. В свежем изломе минерал имеет буровато-розовый цвет. В кальцитовых гнездах и неправильных выделениях встречаются призматические кристаллы глаукохроита, вытянутые по оси с (N_p) и имеющие ромбические сечения. Тупой угол ромба {110} в таких разрезах усечен гранями пинакоида {100}, перпендикулярными N_g . Встречен тройник прорастания глаукохроита, плоскостями двойничкования в котором служит призма {011}. Такие тройники характерны для ортосиликатов групп оливина и монтичеллита. Изучение оптических свойств глаукохроита показало $n_g=1,729$; $n_p=1,682$; $n_m=1,716$ (все $\pm 0,002$); $2V=-61^\circ \pm 2$; $r > v$ — заметно. Дебаеграмма, выполненная из чистых зерен минерала, извлеченных из прозрачного шлифа, оказалась почти тождественна таковой для глаукохроита из месторождения Франклин (см. табл. 1). В прозрачных шлифах наблюдаются признаки замещения глаукохроита тонкозернистым игольчатым (почти волокнистым) пироксеном. Тонкие жилки граната также рассекают выделения глаукохроита. Вероятно, пироксен-гранат

Дебаграммы глаукохронта

| Анацит, обр. А-22 * | | Франклин (5) | | | Анацит, обр. А-22 * | | Франклин (5) | | |
|------------------------|--------------|--------------|--------------|------------|------------------------|--------------|--------------|--------------|------------|
| <i>I</i> | <i>d</i> , Å | <i>I</i> | <i>d</i> , Å | <i>hkl</i> | <i>I</i> | <i>d</i> , Å | <i>I</i> | <i>d</i> , Å | <i>hkl</i> |
| 5 | 5,634 | 30 | 5,54 | 020 | 10 | 2,703 | 80 | 2,69 | 131 |
| 5 | 4,258 | 40 | 4,23 | 021 | 9 | 2,643 | 80 | 2,63 | 112 |
| 2 | 3,949 | 10 | 3,91 | 101 | 3 | 2,575 | 20 | 2,56 | 041 |
| 7 | 3,694 | 60 | 3,69 | 111;120 | 5 | 2,449 | 30 | 2,44 | 122 |
| 1 | 3,332 | — | — | — | 2 | 2,258 | 20 | 2,25 | 211;220 |
| 2 | 3,239 | 20 | 3,25 | 002 | 2 | 2,198 | 20 | 2,19 | 132 |
| 1 | 3,053 | — | — | — | 3 | 2,043 | 20 | 2,03 | 150 |
| 10 | 2,975 | 60 | 2,96 | 130 | 2 | 1,961 | 20 | 1,95 | 113;231 |
| 2 | (2,916) | — | — | — | 10 | 1,854 | 100 | 1,85 | 222;240 |
| 3 | 2,819 | 20 | 2,81 | 022 | 2 | 1,800 | 30 | 1,79 | — |

* Выполнено Г. В. Басовой, Fe-излучение $2R = 57,3$, $d = 0,2$ мм.

натовый скарн более поздний и при наличии глаукохроитового скарна может развиваться с его замещением.

Изучение состава глаукохронта и сопутствующих минералов проведено на электронном микронзонде «Камека». В глаукохроите обнаружены Ca, Fe, Mn, Mg, Si, Zn в минерале не найден. Анализ выполнялся при ускоряющем напряжении 15 кв, по характеристическому рентгеновскому излучению K_{α} для всех элементов с кристаллами-анализаторами кварц (10 $\bar{1}$ 1) PFT и KAP. В качестве эталонов использовались природный монтichelлит и спессартиновый гранат известного состава. Расчет концентрации выполнен на ЭВМ. Результаты анализа приведены в табл. 2.

Таблица 2

Электронные микронзондовые определения состава глаукохронта с Анацита

| Компонент | Обр. А-22 (средн. из 2 опр.) | | Обр. А-187 (средн. из 2 опр.) | | Теор. состав (CaMnSiO ₄), вес. % |
|----------------------------------|---------------------------------|----------|----------------------------------|----------|--|
| | вес. % | ат. отн. | вес. % | ат. отн. | |
| SiO ₂ | 32,5 | 1,014 | 32,5 | 0,996 | 32,08 |
| FeO | 3,2 | 0,083 | 4,2 | 0,108 | — |
| MgO | 1,1 | 0,051 | 2,1 | 0,097 | — |
| MnO | 34,4 | 0,906 | 32,7 | 0,856 | 37,97 |
| CaO | 28,5 | 0,946 | 28,5 | 0,943 | 29,95 |
| Σ | 99,7 | 3,000 | 100,0 | 3,000 | 100,00 |
| Ca ₂ SiO ₄ | | 47,6 | | 47,0 | |
| Mn ₂ SiO ₄ | | 45,6 | | 42,8 | |
| Fe ₂ SiO ₄ | | 4,2 | | 5,4 | |
| Mg ₂ SiO ₄ | | 2,6 | | 4,8 | |
| | | 100,0 | | 100,0 | |

Согласно экспериментальным исследованиям (5), глаукохроит образует непрерывный ряд твердых растворов с тефроитом и имеет ограниченную смешимость с кальцооливином или другими модификациями Ca₂SiO₄. Кривая изменения межплоскостных расстояний и оптических свойств изоморфной серии испытывает излом в составе CaMnSiO₄ (5), так что «идеальный» глаукохроит представляет собой конечный член CaMnSiO₄—Mn₂SiO₄-серии, а не является промежуточным членом между Ca₂SiO₄ и

Микрозондовые определения содержаний главных компонентов в глаукохроитовой зоне (обр. А-22)

| Компонент | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | |
|--------------------------------|----------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|
| | вес. % | ат. отп. | вес. % | ат. отп. | вес. % | ат. отп. | вес. % | ат. отп. |
| MnO | 0,2—0,65 | До 0,04 | 1,2—3,0 | До 0,09 | До 0,17 | До 0,002 | 13,5 | 0,197 |
| CaO | 34,4 | 3,00 | 25,75 | 1,03 | 53,45 | 0,998 | 44,6 | 0,803 |
| MgO | Нет | | 15,7 | 0,86 | Нет | | Нет | |
| FeO | Не опр. | | 0,85 | 0,02 | » | | » | |
| Fe ₂ O ₃ | 23,7 | 1,46 | Не опр. | | Не опр. | | Не опр. | |
| Al ₂ O ₃ | 5,5 | 0,49 | Нет | | Нет | | Нет | |

Примечание. 1 — гранат состава спессартии до 1,0, андрадит 73, гроссуляр 26 мол.%; 2 — пироксен состава иогансенит 9,4, геденбергит 2,4, диоксид 88,2%; 3 — кальцит в основной массе состава родохрозит 0,2, кальцит 99,8%; 4 — кальцит в прожилке (с андрадитом) состава родохрозит 19,7, кальцит 80,3%.

Mn₂SiO₄. Интересно отметить, что анализы глаукохроита теперь уже двух месторождений показывают близкий к конечному члену CaMnSiO₄ состав, а довольно многочисленные анализы тефроита или кнебеллита показывают низкое содержание CaO (⁴). Промежуточные, средние, члены пока в природе не найдены.

Как показывает табл. 3, развивающийся по глаукохроиту пироксен, а также гранат и примыкающий к зернам глаукохроита кальцит содержат удивительно мало марганца. Вероятно, замещение глаукохроита происходит с выносом марганца на фоне повышающейся кислотности флюида. Однако в тонких прожилках с андрадитом встречается и манганокальцит (табл. 3).

Редкость глаукохроита объясняется, по-видимому, специфичностью условий его генезиса. Ассоциация родонита с кальцитом, являющаяся аналогом глаукохроита, обычна для скарнов и метаморфизованных марганцевых месторождений. Глаукохрит связан с ними соотношением карбонатизации $MnSiO_3 + CaCO_3 = CaMnSiO_4 + CO_2$, т. е. должен быть стабилен при более высоких температурах и (или) более низких давлениях CO₂ во флюидах,

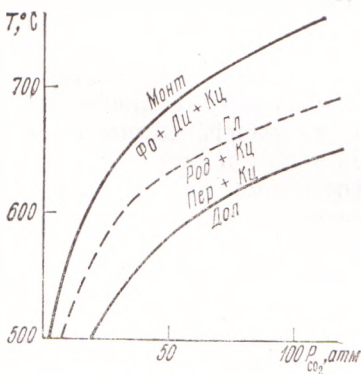


Рис. 1. P_{CO_2} — T -диаграмма метастабильной реакции глаукохрит + $CO_2 =$ родонит + кальцит для малых общих давлений (прерывистая кривая), если ΔG_{max} глаукохроита = $(\Delta G_{Ca_2SiO_4} + \Delta G_{Mn_2SiO_4})/2$. Для сравнения приведены кривые ближайших ступеней карбонатизации в системе CaO—MgO—SiO₂—CO₂. Монт — монтомцеллит, Фо — форстерит, Ди — диоксид, Кц — кальцит, Гл — глаукохрит, Род — родонит, Пер — периклаз, Дол — доломит

чем парагенезис родонит+кальцит. Однако парагенезис родонит+глаукохрит+кальцит, по-видимому, всегда метастабилен, так как при декарбонатизации родонит-кальцитовой ступени возникает сначала стабильный парагенезис бустамита с тефроитом: $1,5CaCO_3 + 9MnSiO_3 = 2Ca_{1,5}Mn_{1,5}Si_3O_9 + 3Mn_2SiO_4 + 1,5CO_2$, затем при дальнейшем повышении температуры или понижении фугитивности CO₂, — глаукохрит или твердые растворы на базе глаукохроита. В месторождении Франклин температура образования

высокотемпературной марганцевой минерализации оценена по ряду признаков примерно в 700° (⁶). Это действительно очень высокая температура для марганцевой минерализации. На Апацитском месторождении также, по-видимому, существовали идеальные условия для образования глаукохроита (высокие температуры и низкое давление CO_2). Появление глаукохроита рассматривается как наиболее высокая ступень декарбонизации марганцевых силикатов, имеющая реальную возможность для существования при низких давлениях CO_2 выше 600° (⁷). Приближенный термодинамический расчет с использованием справочника (⁸), проведенный с предположением, что свободная энергия ΔG глаукохроита не может превосходить полусумму ΔG кальциооливина и тефрита, показывает, что метастабильная максимальная кривая его карбонизации в родонит-кальцитовую ассоциацию (рис. 1) располагается между кривыми карбонизации монтичеллита и декарбонизации доломита. Реальная кривая карбонизации глаукохроита должна быть близка этой кривой, поскольку стабильная карбонизация в бустамит+тефрит+кальцит должна проходить пескочко выше, а понижение изобарно-изотермного потенциала по сравнению с полусуммой ΔG Ca_2SiO_4 и Mn_2SiO_4 должно понизить эту кривую. Таким образом, по P_{CO_2} — T -условиям образования глаукохроит представляет несколько более высокую ступень декарбонизации, чем периклазовый мрамор, но, вероятно, более низкую, чем монтичеллит.

Институт геологии рудных месторождений,
петрографии, минералогии и геохимии
Академии наук СССР
Москва

Поступило
11 VII 1973

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ В. С. Соболев, Зап. Всероссийск. мин. общ., № 1 (1935). ² В. В. Реввердатто, Матер. по генетической и экспериментальной минералогии, т. 2, Новосибирск, 1964.
³ В. В. Реввердатто, ДАН, т. 142, № 5 (1962). ⁴ Минералы, т. 3, в. 1, «Наука», 1972.
⁵ F. P. Glasser, Am. J. Sci., v. 259, 46 (1961). ⁶ C. Frondel, C. Klein jr., Am. Mineral., № 10 (1965). ⁷ D. M. Burt, Carnegie Inst. Ann. Rep. Director, 1972, p. 427. ⁸ R. A. Robie, D. R. Waldbaum, Geol. Surv. Bull., 1259 (1968).