

**Хлоритоид из кварцевых жил  
Златоустовского метаморфического комплекса  
(Центрально-Уральское поднятие, Южный Урал)**

*Светлой памяти  
Марка Николаевича Дэви*

Кварцевые жилы с хлоритоидом обнаружены в высокоглиноземистых ставролит-гранат-слюдяно-кварцевых сланцах и слюдястых кварцитах [Белковский и др., 1959] Златоустовского метаморфического комплекса, входящего в состав Центрально-Уральского поднятия [Гарань, 1963; Ленных, 1977]. По геологическим, геохронологическим и геотермобарометрическим данным высокоглиноземистые метаморфиты классифицированы как эпикарельские бластомилониты дистен-андалузитовой фациальной серии [Белковский, Локтина, 2002].

Жилы протяженностью до 10–15 м и мощностью 0.2–1.0 м сложены гигантозернистым (2.0 ? 2.0 см) молочно-белым кварцем с характерными большеугловыми границами зерен. Коэффициент светопропускания ( $T$ , %) молочно-белого кварца высокий –  $T = 35–40$  %. Параметры и объем элементарной ячейки ( $a_0$  4.9126 Å,  $c_0$  5.4045 Å,  $c_0/a_0$  1.10013 Å;  $V_0$  11.952 Å<sup>3</sup> (рентгеновская лаборатория кафедры минералогии СГИ, аналитик А. И. Белковский) оказались близкими к структурным параметрам молочно-белого безрудного кварца ряда уральских месторождений (Ахминского, Верх-Сысертского, г. Пульной и др.) [Белковский, 2009].

Хлоритоид встречен в виде мелких (1.5 ? 1.0 мм) темно-зеленых таблитчатых кристаллов-двойников по (001), дающих четкие отпечатки в жильном кварце (обр. 1, северные отроги хребта Дальний Таганай), или в виде отдельных лейст (до 1.5 ? 1.0 см), фиксирующих зоны дробления в жильном кварце (обр. 2, южные отроги хребта Откликной Гребень). Оба образца характеризуются следующими оптическими свойствами:  $N_g = 1.723$  и  $1.721$ ;  $N_m = 1.717$  и  $1.715$ ;  $N_p = 1.714$  и  $1.712$ ;  $N_g - N_p = 0.009$ ;  $+2V = 59–67$  и  $60–62^\circ$ , дисперсия сильная  $r > v$ . Минерал плеохроирует от зеленого по  $N_p$ , зеленовато-голубого по  $N_m$  до зеленовато-желтого по  $N_g$ . Образец 1 представлен моноклинной разновидностью, для него определено:  $\perp(001)AX = 90^\circ$ ;  $\perp(001)AY = 67–70^\circ$ ;  $\perp(001)AZ = 20–21^\circ$ .

Химический состав (мас. %) кварцевого (обр. 1) и посткварцевого (обр. 2) хлоритоида оказались близкими друг к другу: SiO<sub>2</sub> 24.43 и 24.46; TiO<sub>2</sub> 0.15 и 0.14; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 40.77 и 40.57; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 9.73 и 14.00; FeO 15.06 и 11.65; MnO 0.14 и 0.03; MgO 2.30 и 2.09;

$\text{H}_2\text{O}^+$  7.48 и 7.60; сумма 100.06 и 100.54; общая железистость 85.3 и 86.7; формулы –  $(\text{Fe}^{2+}_{0.65}\text{Fe}^{3+}_{1.06}\text{Mn}_{0.01}\text{Mg}_{0.28})_{2.00}\text{AlAl}_3[\text{SiO}_4]_2\text{O}_2(\text{OH})_{4.01}$  и  $(\text{Fe}^{2+}_{0.82}\text{Fe}^{3+}_{0.92}\text{Mg}_{0.26})_{2.00}\text{AlAl}_3 \times [\text{SiO}_4]_2\text{O}_2(\text{OH})_{4.00}$  соответственно (анализы выполнены в лаборатории НПО Свердловского горного института, аналитик Н. И. Дулова).

Кривые нагревания характеризуются эндоэффектами в интервалах 510, 660–665, 795–800 и 900–905 °С. Полученный новый материал вновь подтверждает выявленный ранее эндоэффект при 700 °С [Минералы, 1972]. Порошкограммы ( $D = 57.3$ ; железный антикатод, Mn-фильтр) характеризуются следующим набором ключевых линий: 4.51 и 4.46 (10); 2.98 и 2.96 (8); 2.62 и 2.62 (4); 2.37 и 2.38 (5); 2.30 и 2.30 (3); 1.580 (8); 1.479 и 1.482 (2); 1.406 (4); 1.108 и 1.10 (4) (рентгеновская лаборатория ПО «Уралгеология», аналитик А. Н. Айзикович). Совместно с хлоритоидом установлены рутил, гематит, пирофиллит (по хлоритоиду). В процессе выветривания хлоритоид замещается лимонитом.

Как отмечалось выше, кварцевые жилы с хлоритоидом залегают среди высокоглиноземистых ставролит-гранат-слюдяно-кварцевых пород, генезис которых является предметом многолетней дискуссии. Ряд исследователей безоговорочно относят их к продуктам прогрессивного регионального метаморфизма песчано-алевролитоглинистых флишеидных образований [Halferdahl, 1961; Кориковский, 1969]. Предполагается, что в биотитовой зоне метаморфизма за счет хлоритоида образуется «первый» ставролит –  $7\text{Хлд} + \text{Мус} + \text{SiO}_2 \rightarrow 4\text{Ств} + \text{Би} + \text{H}_2\text{O}$  [Atherton, Smith, 1979; Кориковский, 1969]. Известны также многочисленные публикации, в которых приводятся данные о замещении ставролита и граната хлоритоидом в процессе ретроградного метаморфизма [Williamson, 1953; Суслов, 1962; Бельков, 1963, 1987; Wieseneder, 1967 и др.]. В высокоглиноземистых породах Златоустовского комплекса замещение ставролита и граната хлоритоидом сопровождалось послойным окварцеванием низкобарических бластомилонитов и последующим образованием в них гидротермальных кварцевых жил с хлоритоидной минерализацией.

Структурные параметры кварца, послойно инъецирующего бластомилониты ( $V_0$  112.953–112.955  $\text{Å}^3$ ), близки к константам кварца из жил с хлоритоидом ( $V_0$  112.952  $\text{Å}^3$ ) (см. обр. 1–2). В отдельных случаях с такими зонами связаны пластовые тела (до 1.0 м) хлоритоидных и гематит-хлоритоидных пород с золоторудной минерализацией – Бароновский Увал, Центрально-Уральское поднятие [Локтина, Белковский, 1978].

Приведенный материал позволяет по новому представить онтогенез хлоритоида как минерала, связанного исключительно с гидротермальными процессами в метаморфических комплексах дистен-андалузитовой фациальной серии.

## Литература

Белковский А. И. Рентгенография прозрачного кварца Урала // Минералы: строение, свойства, методы исследования. Мнасс: ИМин УрО РАН, 2009. С. 21–25.

Белковский А. И., Дэви М. Н., Симцов Г. Н. Отчет Тургоякской партии за 1958 о поисково-разведочных работах на жильный кварц. Екатеринбург: Геол. фонды ФГУ. Инв. № 16110. 1959. 227 с.

Белковский А. И., Локтина И. Н. Низкобарические бластомилониты Центрально-Уральского поднятия и их металлогеническая специализация // Магматизм и геодинамика. Матер. I Всерос. сов. Кн. 4. Петрология и рудообразование. Уфа, 2002. С. 27–28.

*Бельков И. В.* О генезисе хлоритоида в кристаллических сланцах Западных Кейв (Кольский полуостров) // Минеральные парагенезисы метаморфических и метасоматических пород. Апатиты: Кольский филиал АН СССР, 1987. С. 5–8.

*Гарань М. И.* Верхний докембрий. Госгеолтехиздат, 1963. С. 111–161.

*Кориковский С. П.* Фазовые равновесия в низкотемпературной части ставролитовой фации в условиях различной глубинности // Изв. АН СССР. Сер. Геол. 1969. № 8. С. 40–56.

*Локтина И. Н., Белковский А. И.* Генезис руд Бароновского месторождения // Вулканизм, метаморфизм и железистые кварциты обрамления Тараташского комплекса. Тр. Ильменского гос. заповедника. Вып. XIX. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1978. С. 90–99.

Минералы. Т. III. Вып. 1. М.: Недра, 1972. С. 489.

*Суслова С. Н.* Хлоритоиды из кристаллических сланцев Западных Кейв // Матер. по минералогии Кольского п-ва. Вып. 1. Кировск: Кольский филиал АН СССР, 1959. С. 143–148.

*Atherton M. P., Smith R. A.* Cloritoid-staurolite assemblages from barrow's zones in Central Perthshire // Geological Magazine. 1979. Vol. 116. № 6. P. 469–476.

*Halferdahl L. B.* Cloritoid: its composition, X-ray and optical properties, stability, and occurrence // Journal of Petrology. 1961. Vol. 2. № 1. S. 49–135.

*Wieseneder H.* Uber die Genesis chloritoid furenoler Gesteine der Oststiermark // Jahb. Naturwiss Abt. Joanneum Graz. 1967. S. 124–128.

*Williamson D. H.* Petrology of chloritoid and staurolite rocks north of Stonehaven, Kincardineshire // Geological Magazine. 1953. Vol. 90. № 5. P. 53–361.