

А. М. Юминов

## СОСТАВ ПИРОФИЛЛИТА В ПИРОФИЛЛИТСОДЕРЖАЩИХ ЖИЛАХ БЕРЕЗОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

A. M. Yuminov

### THE COMPOSITION OF PYROPHYLLITE IN THE PYROPHYLLITE-CONTAINING VEINS OF BEREZOVSKOE DEPOSIT

The description of morphology tabular-wedge-shaped pyrophyllite aggerates from pyrophyllite-turmaline-quartz veins and palmate growthes of pyrophyllite from carbonate-chlorite-pyrophyllitic veins of the Berezovskoe deposit is given. The zonality and symmetry of aggregate structures expressed in rhythmical alternation of variety-coloured parts are revealed. The main mineral composition and accessory mineralization of pyrophyllite-containing spherulites and veins are given. As result of microprobe researches it is established, that pyrophyllite contains chrome. The contents of aluminium in steps is increased from marginal parts of the unit to a central axis. The increased chrome content corresponds to zones, where the sharp decrease of aluminium concentration is marked. Iron and magnium enter into pyrophyllite structure in small quantities and variation of their contents as a whole on a mineral is insignificantly.

Минерал пиррофиллит  $Al_2[Si_4O_{10}](OH)_2$  был открыт в г. С-Петербурге Р. Германом в 1829 г. во время изучения им коллекции горных пород и руд, присланных из окрестностей Екатеринбурга.

Пиррофиллитовая минерализация наиболее интенсивно проявилась в северо-западной части Березовского золоторудного поля, на территории Кремлевского рудника. Она приурочена к массиву габброидов среднепалеозойского возраста, разделяющего тектонические пластины серпентинитов и вулканогенно-осадочных отложений. В породах развиты дайки плагиогранитового и диоритового состава, а также многочисленные кварцевые жилы, сопровождаемые лиственитами. По элементам залегания различают две системы широтных кварцевых жил: крутопадающие золотоносные ( $\angle 75-85^\circ$ ) и более пологие безрудные пиррофиллит-турмалин-кварцевые, карбонат-хлорит-пиррофиллитовые и пиррофиллит-карбонат-турмалин-кварцевые ( $\angle 45-55^\circ$ ). Пиррофиллитсодержащие жилы имеют зональное строение, выраженное в чередовании кварцевых, турмалиновых и пиррофиллитовых полос различной величины [6]. Их появление П. И. Кутюхин [2] связывает с заключительной стадией рудообразования.

Исследуемые образцы были извлечены из шурфов и разведочных скважин в районе Кремлевского рудника. Они представляют собой обломки пиррофиллит-турмалин-кварцевых и карбонат-хлорит-пиррофиллитовых жил.

Пиррофиллит в первом типе жил представлен розетковидными агрегатами, сферолитами и их сростками, развитыми как в друзовых полостях, так и в зальбандах. Размер сферолитов колеблется от первых мм до 2—4 см. Цвет — зеленый различных оттенков: от блеклого до насыщенного синезеленого. Сферолиты сложены отдельными пластинчато-клиновидными агрегатами, вытянутыми по радиусу (рис. 1). На длинной оси агрегата расположена шовная линия, делящая его на две симметричные части. Под микроскопом в отдельном агрегате по различным оттенкам хорошо выделяются и более дробные полосчато-клиновидные зоны. Редко отмечены узкие линзовидные желтовато-зеленые зоны длиной до 3 мм.

Большинство сферолитов наряду с пиррофиллитом содержат хлорит, определенный Е. К. Лазаренко как донбассит  $(Mg, Fe^{3+})[Al_2 \cdot (OH)_2 AlSi_3O_{10}] \cdot Al_2(OH)_6$  [3]. Основная масса хлорита сосредоточена на периферии агрегата, где он образует тонкие сростки с кварцем. Значительно реже по границам отдельных зон пиррофиллита, по шовной линии, а также в районе микротрещин хлорит отдельными узкими участками глубоко проникает в пиррофиллитовую матрицу. По И. С. Делицину, данный хлорит, обладающий ди-триоктаэдрической структурой, образовался в результате изоморфного замещения пиррофиллита на последних этапах гидротермального процесса [1]. Из минеральных примесей в сферолитах обнаружены мелкие зерна молочно-белого кварца с хорошо

различными поверхностями совместного роста, а так же отдельные игольчатые кристаллы хромового турмалина. На поверхности отдельных клиновидных агрегатов пирофиллита развита тонкая корочка светло-коричневого кальцита.

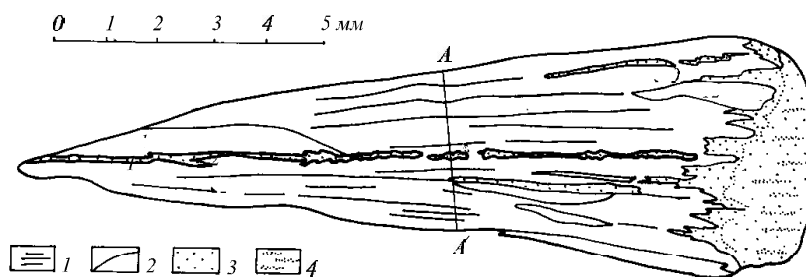


Рис. 1. Пластинчато-клиновидный агрегат пирофиллита из сферолита:  
1—2 пирофиллит: 1 — зеленый; 2 — желтовато-зеленый; 3 — хлорит; 4 — тонкие сростки хлорита с кварцем.

Акцессорная минерализация приурочена к контактам различно окрашенных зон, швам микротрещин и, в основном, сконцентрирована по периферии сферолита. Среди аксессуаров обнаружены: гейкелит  $MgTiO_3$ , в виде округлых слабомагнитных зерен неправильной формы железно-черного цвета размером 0.3—1 мм; ильменит  $FeTiO_3$ , в виде слегка округлых или уплощенных зерен и толстотаблитчатых кристаллов; вольфрамит  $(Fe,Mn)WO_4$ , в виде пластинчатых буровато-коричневых пористых агрегатов вытянутой формы размером 0.1—0.3 мм; аргентопирит  $AgFe_3S_5$ , в виде отдельных редких 0.1—0.3 мм призматических зерен, размером 0.1—0.3 мм со штриховкой на гранях и их веерообразных сростков от бронзово-желтого до бронзово-бурого цвета; антигорит  $Mg_3[Si_2O_5](OH)_4$ , в виде чешуйчатых вкраплений, реже — пластинчатых агрегатов размером до 1 мм темно-зеленого и черного цвета.

Карбонат-хлорит-пирофиллитовые жилы распространены в меньшем объеме и значительно уступают пирофиллит-турмалин-кварцевым жилам по размерам. Их мощность не превышает 1.5 см. Пирофиллит представлен 0.3—1.0 мм зеленовато-серыми и светло-серыми сростками лапчатой формы, реже — плотной шелковистой мелкочешуйчатой массой, рассредоточенной по всему объему жилы. Периферийная часть прожилков сложена мелкими (до 1 мм) редкими зернами доломита и анкерита изометричной формы. Хлорит образует нитевидные обособления мелкочешуйчатых агрегатов зеленовато-серого цвета в осевой части жилки. Там же отмечено присутствие кальцита. Карбонат-пирофиллитовые жилы по данным спектрального анализа характеризуются низкими содержаниями ( $n \cdot 10^{-3} \%$ ) никеля 7—20, хрома 7—10, но обогащены серебром до 0.1, свинцом 5—50 и марганцем 50—70.

С целью уточнения химического состава и характера распределения в пирофиллите некоторых элементов были произведены микрозондовые исследования (микрозонд Joel Superprobe-733, аналитик Муфтахов В. А.), их результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты микрозондовых анализов пирофиллита (без учета воды)

№ образца	Тип жил	Разновидности пирофиллита	Кол-во анализов	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO
теоретический состав				66.70	28.30				
М	pf-tu-q	желтовато-зеленый	6	64.32	28.16	0.18	0.10	0.02	0.06
М		зеленый	2	64.77	27.77	0.12	0.07	0.03	0.05
среднее	carb-cl-pf		8	64.55	27.97	0.15	0.09	0.03	0.06
6036/6: 0		зеленовато-серый	4	66.26	29.81	0.02	0.05	0.05	0.01
6036/6: 0		светло-серый	4	66.03	30.21	0.02	0.06	0.03	0.10
Среднее			8	66.15	30.01	0.02	0.06	0.04	0.06

Примечание: буквами в таблице обозначены следующие минералы: pf — пирофиллит, tu — турмалин, q — кварц, carb — карбонат, cl — хлорит

Содержание воды на приборе не определялось и условно было принято за теоретическое (5 %).

Как видно из таблицы, химический состав Березовского пирофиллита близок к теоретическому и изменяется в довольно узких пределах. Одной из особенностей пирофиллита из пирофиллит-турмалин-кварцевых жил является наличие в нем примеси хрома (в среднем 0.15 %), что позволяет относить его к хромсодержащему пирофиллиту.

Хромсодержащий пирофиллит является довольно редкой разновидностью минерала. Впервые он был описан Х. Мейкснером в 1961 г. в образцах из Мюльбаха (Австрия), где содержания  $Cr_2O_3$  в минерале достигали 2.93 % [7]. Хромсодержащий пирофиллит на Урале отмечен в зеленовато-серых пирофиллит-кварцевых метасоматитах Гайского месторождения [4].

По данным С. Л. Вотякова и В. Н. Удачина [4] присутствие хрома в пирофиллите напрямую связано с изовалентным замещением  $Cr^{3+} \rightarrow Al^{3+}$  в октаэдрической позиции структуры минерала. Ионы хрома, по мнению Б. В. Чеснокова [5], придают минералу зеленый цвет. Очевидно, на характер окраски оказывает влияние и незначительная примесь железа: в зонах ее наибольших концентраций пирофиллит приобретает желтоватый оттенок.

Изучение минерала с помощью микрозонда показало, что агрегаты пирофиллита имеют сложное симметрично-зональное строение, выражаемое в ритмичном чередовании участков обедненных и обогащенных Al и Cr (рис. 2).

По характеру концентрации и распределению элементов в пирофиллитовом агрегате можно выделить несколько крупных зон, делящихся, в свою очередь, на более мелкие блоки. Алюминий распределен неравномерно: его содержание скачкообразно увеличивается от краевых частей агрегата к центральной оси, более-менее сглаживаясь при приближении к головке луча.

В обратной зависимости от содержания Al находится Cr. Повышенное содержание хрома, в основном, соответствует тем зонам, где отмечено резкое снижение концентрации алюминия. Максимальное количество хрома в пирофиллите наблюдается в зонах контакта пирофиллита с хлоритом, центральной оси агрегата, а также местах сочленения различно окрашенных зон в агрегате.

Железо и магний входят в состав пирофиллита в очень малых количествах, и изменение их содержаний в целом по минералу незначительно. Резкое повышение их содержания указывает на присутствие хлорита.

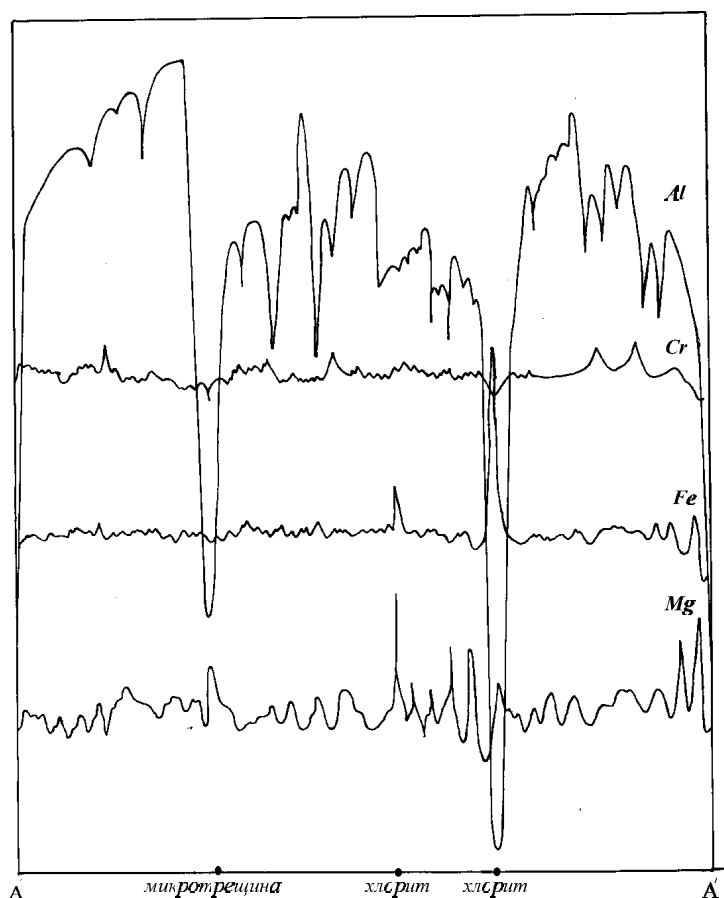


Рис. 2. Изменения содержаний алюминия, хрома, железа и магния по профилю А-А'.

Таким образом, тот факт, что возрастание содержаний  $Cr_2O_3$  сопровождается падением доли  $Al_2O_3$  и наоборот, свидетельствует о вхождении хрома в структуру пирофиллита.

Выявленная ступенчатая закономерность в замещении алюминия на хром может указывать на пульсационный характер поступления Cr по мере роста сферолита.

Содержание хрома в пирофиллите из карбонат-хлорит-пирофиллитовых жил на порядок меньше, чем в пирофиллите из пирофиллит-турмалин-кварцевых жил. Его распределение по агрегату не носит упорядоченный ступенчато-зональный характер и крайне неравномерно. Часто встречаются зоны полностью лишенные Cr. Вероятно, формирование пирофиллита в двух типах жил происходило в различных физико-химических условиях. В целом, по составу основных элементов зеленовато-серый пирофиллит из карбонат-хлорит-пирофиллитовых жил не имеет значительных отличий от светло-серого.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства общего и профессионального образования РФ по гранту в области охраны окружающей среды.

### Литература

1. Делицын Н. Г., Звягин Ю. В., Сидоренко О. В. Преобразование пирофиллита в ди-триоктаэдрический хлорит // Докл. АН СССР, 1981. Т. 258. № 3. С. 738—740.
2. Кутюхин П. И. Условия локализации золотых руд в жилах Березовского месторождения // 200 лет золотой промышленности Урала. Свердловск: изд. Горн.-геол. ин-та УФАИ СССР. 1948. С. 249—275.
3. Лазаренко Е. К. О донбассите из Березовска на Урале // Докл. АН СССР, 1952. Т. 84. № 4. С. 781—784.
4. Удачин В. Н. Пирофиллитовое сырье Гайского месторождения. Автореф. дисс. ... канд. г.-м. н. 1993. 25 с.
5. Чесноков Б. В. Минералогическое картирование рудного района с гидротермальной минерализацией (на примере Березовского рудного района на Урале) // Автореф. дисс. ... докт. г.-м. н. 1980.
6. Юминов А. М., Синяковская И. В., Зайков В. В. Пирофиллитовая минерализация в жилах Березовского золоторудного поля (Урал) и ее аналоги // Уральский минералогический сборник, № 5, Миасс: ИМин УрО РАН, 1995. С. 115—138.
7. Meixner H. Chrom pyrophyllite from Mullbach // Chem. Erde. 1961. Bd. 21. H.1. S. 1.