

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 1, Number 409 (2015), 45 – 45

## CHONDRODITE RARE MINERAL FROM SKARN DEPOSITS OF CENTRAL KAZAKHSTAN

E. I. Kuznetsova, P. Ye. Kotelnokov, Z. N. Pavlova

Institute of geological sciences named after K. I. Satpaev, Almaty, Kazakhstan

**Key words:** chondrodite, rare mineral, humite group, skarn ore, Akchagyl deposit.

**Abstract.** Chondrodite - rare magnesium silicate containing fluorine. In Kazakhstan chondrodite is known so far only in magnesium-polymetallic skarn deposits of Akchagyl in northwest Pribalkhashye. It is met a marbled limestone in the form of scattered impregnation and its small condensations. The maximum size of its grains of 0.9 mm. Together with it there are augite, enstatite, magnetite, alyumoshpinel, olivine, cordierite, phlogopite. The characteristics of chondrodite according to the results of microscopic study, data of the spectral and chemical analyzes is given.

УДК 549.616.2(574.3)

## РЕДКИЙ МИНЕРАЛ ХОНДРОДИТ ИЗ СКАРНОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО КАЗАХСТАНА

Е. И. Кузнецова, П. Е. Котельников, З. Н. Павлова

Институт геологических наук им. К. И. Сатпаева, Алматы, Казахстан

**Ключевые слова:** хондродит, редкий минерал, группа гумита, скарновые руды, месторождение Акчагыл.

**Аннотация.** Хондродит – редкий силикат магния, содержащий фтор.

В Казахстане хондродит известен пока только на полиметаллическом магнезиально-скарновом месторождении Акчагыл в северо-западном Прибалхашье. Он встречен в мраморизованном известняке в виде рассеянной вкрапленности и ее небольших сгущений. Максимальный размер его зерен 0,9 мм. Совместно с ним имеются авгит, энстатит, магнетит, алюмошпинель, оливин, кордиерит, флогопит. Приведена характеристика хондродита по результатам микроскопического изучения, данным спектрального и химического анализов.

Хондродит – островной силикат магния, содержащий фтор. Он входит в группу гумита – силиката, близкого по составу и структуре к оливину, но содержащего в кристаллической решетке слои  $Mg[F,OH]$ . В группе гумита различаются четыре очень близких минерала, отличающихся числом таких слоев [1]:

норбергит –  $Mg_2SiO_4 \cdot Mg[F,OH]_2$ , ромбический

хондродит –  $2Mg_2SiO_4 \cdot Mg[F,OH]_2$ , моноклинный

гумит –  $3Mg_2SiO_4 \cdot Mg[F,OH]_2$ , ромбический

клиногумит –  $4Mg_2SiO_4 \cdot Mg[F,OH]_2$ , моноклинный

В книге Е. Ларсена, Г. Бермана [2] приведен такой вариант формулы –  $4MgO \cdot 2SiO_2 \cdot Mg(F,OH)_2$ ; формула по А.Г. Бетехтину –  $Mg_5[SiO_4]_2[OH,F]_2$  – [3].

Содержание магния в хондродите непостоянно и зависит от изоморфных примесей FeO (до 7%) и MnO (манганхондродит). Разновидность титанхондродит отличается высоким содержанием TiO<sub>2</sub> – от 8,5 до 9,5%. Возможны также примеси Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O. Содержание фтора может колебаться в зависимости от количества [ОН] и нередко достигает 6-7%.

Находки хондродита известны в России. Обнаружен он в Восточной Сибири в апатит-магнетитовых агрегатах, подвергшихся замещению карбонатом и в карбонатитах. Характерна ассоциация его с магнетитом, апатитом, флогопитом, тремолитом, шпинелью, бруситом и редкометальными акцессорными минералами [4].

В Южно-Якутских железорудных месторождениях хондродит установлен среди кальцифиров\* и в рудах с форстеритом, шпинелью, флогопитом, клиногумитом. Иногда здесь наблюдаются биминеральные хондродит-магнетитовые участки [5].

В Шалымском железорудном месторождении Алтая хондродит образован после граната, магнетита, пироксена и нередко выполняет пустотки в магнетите [6].

Находки хондродита зафиксированы также в Карелии и на Памире [7].

Известен хондродит и в других местах мира. Он встречен в известняковых выбросах Везувия (Италия) вместе с черной шпинелью, зеленой слюдой, гумитом и клиногумитом [8]; в кальцифирах Центральной Европы (Бавария, Саксония, Вогезы, Моравия, Силезия) в ассоциации с форстеритом, диопсидом, паргаситом, гранатом (по Хинце); в кальцифирах острова Паргас в юго-западной Финляндии [9]; в хондродит-магнетитовых агрегатах Нордмаркена (Швеция) в ассоциации с тремолитом, кальцитом, доломитом [10]; в кальцифирах окрестностей Кристианзунда и в мраморах Серфинсета (Норвегия) [11]; в околосокарновых зонах чиполинов и доломитовых кальцифиров в районе Пина де Кастабон (Франция) [12]; в скарнах Бродфорда (Шотландия) с гроссуляром, монтичеллитом, диопсидом, клиногумитом [13]; в докембрийских форстеритовых мраморах Гленеля (острова Внешние Гибриды) вместе с гумитом [14]; в кальцифирах железо-цинковых месторождений Франклина (Нью-Джерси, США) с тремолитом, флогопитом, частично замещен норбергитом [15]; в кальцифирах Брустер (США) с амфиболом, магнетитом, хлоритом [16].

Обилен хондродит в Лава-Бэд (Калифорния, США) вблизи контакта карбонатных пород с гранитной интрузией. Ассоциирует он здесь с гумитом и клиногумитом [17].

В мраморной Дельте (Наталь, ЮАР) вдоль контакта с гранитами прослеживается прослой хондродитового мрамора. От гранита этот прослой отделен зоной породы, обогащенной диопсидом, скаполитом, форстеритом [18].

Найден хондродит также в карбонатитах Люликона (ЮАР) в той же минеральной ассоциации, что и в кальцифирах [19].

Образуется хондродит на контактах силикатных и карбонатных пород. Наиболее распространен в магнезиальных скарнах, но встречается реже, чем клиногумит. Наблюдается он в зоне собственно скарна часто в тесной ассоциации с оливином, диопсидом, шпинелью, флогопитом, магнетитом, или образует вкрапленность в околосокарновой зоне кальцифиров.

Устанавливается образование хондродита по форстериту (в Индии, Англии) и клиногумиту [20]. При повышении парциального давления фтора хондродит замещается норбергитом (в месторождениях Америки), при понижении – гумитом [21].

В Казахстане хондродит встречен впервые в 1955г. на полиметаллическом магнезиально-скарновом месторождении Акчагыл, расположенном в северо-западном Прибалхашье.

Месторождение приурочено к останцу кровли палеозойских эффузивно-осадочных пород среди гранитного интрузива, обнажающихся на площади 25 км<sup>2</sup>.

Осадочно-эффузивные породы прорваны интрузиями гранодиоритов и гранитов и сопровождающимися их жильными образованиями диабазовых порфиритов, гранит-порфиров, сиенит-порфиров и других.

В результате контактового метаморфизма под действием интрузий гранитов и гранодиоритов известняки по всей площади превращены в мрамор, а породы песчано-сланцевой и пирокластической свит – в разнообразные по составу роговики. При постмагматических процессах

---

\*Кальцифир – метаморфическая порода, состоящая из кальцита и доломита, среди которых в подчиненном количестве имеются гранат, пироксен, форстерит, шпинель и другие минералы.

образовались скарновые тела, а вмещающие их породы подверглись частичному скарнированию, хлоритизации, окварцеванию и оруденению.

Рудные тела пространственно приурочены к скарнам, а также к контактам скарнов с известняками. В морфологическом отношении рудные тела представляют собой гнездообразные, линзовидные, жиллообразные залежи и минерализованные зоны. Все они являются метасоматическими образованиями. Отдельные рудные тела четко различаются по минеральному составу. Выделяется шесть типов руд: медно-цинковые, железорудные (магнетитовые), медно-цинково-свинцовые с висмутом, молибденитовые, полиметаллически-мышьяковые, свинцовые. Руды различных типов пространственно разобщены и связаны с определенными структурными элементами.

В северо-западной части месторождения (где встречен хондродит) прослеживаются крупные зоны смятия, рассланцевания, дробления пород северо-западных и субмеридианальных направлений. Эти нарушения являются рудоконтролирующими структурами.

Нами хондродит на Акчагыле обнаружен в скважине №8 на глубине 130-136 м (участок «VI Рудное тело») в кристаллическом мраморизованном известняке, секущемся флюорит-кальцитовыми и флюорит-халькопиритовыми прожилками. Хондродит встречен в составе красиво окрашенной пластинки длиной 8-10 см и шириной около 5 см.

Как выяснилось при изучении под микроскопом основную массу породы составляет кальцит. В нем, кроме хондродита, присутствует еще целый ряд минералов – авгит, энстатит, магнетит, алюмошпинель, оливин, кордиерит, флогопит.

Хондродит рассеян неравномерно по площади шлифа. Он представлен мелкими (0,02 мм) и иногда более крупными (до 0,9 мм) зернами округлой формы, неравномерно рассеянными по площади шлифа. Местами он образует скопления вместе со слюдой (флогопитом). Зерна кордиерита часто переполнены включениями развивающегося по нему хондродита с примесью слюдки (флогопита).

Макроскопически хондродит прозрачный, имеет красновато-оранжевый цвет.

Цвет его под микроскопом красновато-оранжевый, желтовато-оранжевый, бледнооранжевый.

Оптически хондродит двуосный, положительный (+). Очень часты тонкие полисинтетические двойники. Плеохроизм сильный от бесцветного до желтого. Показатели преломления, измеренные в иммерсионных жидкостях, практически полностью соответствуют тем, что приведены в справочнике:  $N_g=1,642\pm 0,002$ ;  $N_m=1,618\pm 0,002$ ;  $N_p=1,606\pm 0,002$ .  $N_g-N_p=0,027$  или 0,036. Показатели преломления по Е. Ларсену:  $N_g=1,636$ ;  $N_m=1,617$ ;  $N_p=1,604$ .

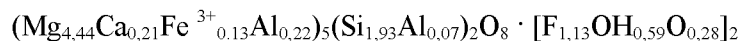
Угол оптических осей измеренный на столике Федорова В.И. Фомичевым:  $2V=76-78^\circ$ .

Удельный вес хондродита, измеренный из навески 0,032 г равен 3,02-3,01 (химик Т. Л. Вилешина, ИГ АН КазССР).

Результаты спектрального анализа хондродита по двум пробам (аналитик – старший инженер ИГН Горовых А.Г., 1965г.):  $Si \gg 1,0$ ;  $Mg \gg 1,0$ ;  $Ca 1,0$ ;  $Fe > 1,0$ ;  $Al 0,3$ ;  $Ti 0,05-0,1$ ;  $Cu 0,003$ ;  $Zn \leq 0,3$ ;  $Pb 0,01$ ;  $Sn 0,001$ ;  $Ni < 0,001$ ;  $Ge < 0,001$ ;  $Mn 0,1$ ;  $Li$  следы;  $Ga < 0,001$ .

Данные химического анализа хондродита (вес. %):  $MgO 51,01$ ;  $SiO_2 33,01$ ;  $Al_2O_3 4,19$ ;  $Fe_2O_3 3,10$ ;  $FeO -$ ;  $MnO -$ ;  $TiO_2 -$ ;  $CaO 3,50$ ;  $H_2O^- 0,22$ ;  $H_2O^+ 1,36$ ;  $F 6,108$  (анализы выполнила химик Дедешко М.П. ИГН АН КазССР).

Расчетная формула:



Зерна кордиерита  $2MgO \cdot 2Al_2O_3 \cdot 5SiO_2$ , часто содержащие включения хондродита, иногда с примесью слюдки, встречаются в виде неправильных и более или менее призматических зерен размером до 0,6 мм. Оптически кордиерит двуосный положительный (+). Погасание относительно удлинения – прямое. Часты полисинтетические двойники. Спайность в одном направлении совершенная. Показатели преломления примерно такие же, как у хондродита:  $N_g=1,553$ ;  $N_m=1,548$ ;  $N_p=1,543$ ;  $2V=88^\circ 31''$ . Удельный вес – 2,650.

Образуются хондродит на завершающей стадии изменения пород. Имеются признаки образования его по кордиериту. Вероятно распространен хондродит был более широко, но при последующих фазах изменения пород и минералов он частично был замещен серпентином и другими минералами.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Геологический словарь. – Т. 1. – М.: Госгеолтехиздат, 1960.
- [2] Ларсен Е., Берман Г.. Определение прозрачных минералов под микроскопом / Пер. с англ. – ОНТИ. – 1937.
- [3] Бетехтин А.Г. Курс минералогии. – М., 1956. – 557 с.
- [4] Минералы: Справочник / Гл. ред. Ф. В. Чухров. – Т. III, вып. 1. – М.: Наука, 1972.
- [5] Сердюченко Д.П. // Сб. «Железные руды Южной Якутии». – Изд-во АН СССР, 1960. – 305 с.
- [6] Батов М.А. Материалы по геологии Зап.-Сиб. края. – 1935. – Вып. 18.
- [7] Коржинский Д.С. // Тр. ИГН АН СССР. – 1945. – Вып. 61, № 21.
- [8] Zambonini F. Mineralogia Vesuviana. – Napoli. – 1935. – 120 p.
- [9] Сушинский П.П. // Тр. СПб. об-во ест. – 1905. – 33, вып. 5; 1912. – 36, вып. 5.
- [10] Sjogren H. // Bull. – Geol inst Upsala. – 1893. – I, № 01, 17; 1895. – 2, № 3.
- [11] Barth T.N. // Ib. Min. – 1928. – B-Bd. 57. – A.H. 2. 1069.
- [12] Bradshaw R., Leake B.E. // Min. Mag. – 1964. – 33, № 267, 1066.
- [13] Tilley C.E. // Min. Mag. – 1951. – 29, № 214, 621.
- [14] Dearnley R. // Min. Mag. – 1961. – 32, № 254, 910.
- [15] Palache Ch. U.S. // Geol. Surk. Prob. Pap. – 1935. – № 180, 1.
- [16] Gillson I.L. // Am. Min. – 1926. – 11, № 10, 284.
- [17] Lamey G. A. // Bull. Geol. Soc. Am. – 1961. – 72, № 5, 671.
- [18] Simpson E.S., Tregidga I. A. // Trans, paoc. Geol. Soc. S. Afrika. – 1956. – 59, 237.
- [19] Russell H.D., Humstra S. A., Grosneveld D. // Trans. Geol. Soc.S. Afrika, 1954. – 57, 251.
- [20] Сахоненок В.В. Минералогия и геохимия. – Изд-во Ленинградского ун-та, 1967. – Вып. 2. – 101.
- [21] Воробьев Ю.К. // Труды минералогического музея АН СССР. – 1966. – Вып. 17. – 26.

## REFERENCES

- [1] Geological dictionary. V. 1. M.: Gosgeoltehzdat, 1960. (in Russ.).
- [2] Larsen E., Berman G.. Defining transparent minerals under the microscope. Trans. from English. ONTI. 1937. (in Russ.).
- [3] Betehtin A.G. mineralogy course. M., 1956. 557 s. (in Russ.).
- [4] Minerals:Guide. Main ed. F.V. Chukhrov. V. III, N. 1. M.: Nauka, 1972. (in Russ.).
- [5] Serdyuchenko D.P. Coll. « Iron ore of Southern Yakutia ». Publ. AS SSSR, 1960. 305 p. (in Russ.).
- [6] Batov M.A. Materials on geology of West Siberian edge. 1935.N. 18. (in Russ.).
- [7] Korzhinskiy D.S. Tr. IGN AN SSSR. 1945.N. 61, N 21. (in Russ.).
- [8] Zambonini F. Mineralogia Vesuviana. Napoli. 1935. 120 p.
- [9] Sushinskiy P.P. Tr. SPb. ob-vo est. 1905. 33, N. 5; 1912. 36, N. 5.
- [10] Sjogren H. Bull. Geol inst Upsala. 1893. I, N 01, 17; 1895. 2, № 3.
- [11] Barth N.N. Ib. Min. 1928. B-Bd. 57. A.H. 2. 1069.
- [12] Bradshaw R., Leake B.E. Min. Mag. 1964. 33, N 267, 1066.
- [13] Jilley C.E. Min. Mag. 1951. 29, N 214, 621.
- [14] Dearnley R. Min. Mag. 1961. 32, N 254, 910.
- [15] Palache Ch. U.S. Geol. Surk. Prob. Pap. 1935. N 180, 1.
- [16] Gillson I.L. Am. Min. 1926. 1, N 10, 284.
- [17] Lamey G. A. Bull. Geol. Soc. Am. 1961. 72, N 5, 671.
- [18] Simpson E.S., Tregidga I. A. Trans, paoc. Geol. Soc. S. Afrika. 1956. 59, 237.
- [19] Russell H.D., Humstra S. A., Grosneveld D. Trans. Geol. Soc.S. Afrika, 1954. 57, 251.
- [20] Sakhonenok V.V. Mineralogy and geochemistry. - Publishing House of Leningrad University Press, 1967.N. 2. 101.
- [21] Vorobyev Yu.K. Proceedings of the Mineralogical Museum of the AS USSR. 1966. N. 17. 26.

## ОРТАЛЫҚ ҚАЗАҚСТАННЫҢ СКАРНДЫ КЕНОРНЫНАН АЛЫНҒАН ХОНДРОДИТ СИРЕК МИНЕРАЛЫ

**Е. И. Кузнецова, П. Е. Котельников, З. Н. Павлова**

Қ. И. Сәтбаев атындағы геологиялық ғылымдар институты Алматы, Қазақстан

**Тірек сөздер:** хондродит, сирек минерал, гумит тобы, скарнды кендер, Ақчагал кенорны.

**Аннотация.** Хондродит – құрамында фтор бар магнийдің сирек силикаты.

Хондродит әзірге Қазақстандағы солтүстік-батыс Балқаштың полиметаллды магнезиальді-скарнды кенорнында ғана мәлім. Ол мәрмәрланған ізбетаста шашыраңқы дақ және аз ғана қоймалжың түрінде кездескен. Оның түйіршігінің максималды өлшемі 0,9 мм. Онымен бірге авгит, энстати, магнетит, алюмошпинель, оливин, кордиерит, флогопит кездеседі. Спектральді және химиялық талдау мәліметтері арқылы микроскопиялық зерттеу нәтижелері бойынша хондродитқа сипаттама берілген.

*Поступила 04.02.2015 г.*