

АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ МУЗЕЙ ИМЕНИ А. Е. ФЕРСМАНА

НОВЫЕ ДАННЫЕ  
О МИНЕРАЛАХ  
СССР

Выпуск 26



---

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»  
МОСКВА 1978

## ГАУХЕКОРНИТ ИЗ МЕДНО-НИКЕЛЕВЫХ РУД ОКТЯБРЬСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

(Первая находка в СССР)

Гаухекорнит  $Ni_0(Bi, Sb)_2S_8$ , открытый Р. Шайбе (Минералы, 1970) в рудах месторождения Фридрих в Вестфалии, не был известен в других месторождениях до 1972 г., когда его описали Р. Гэйт и Д. Харрис (Gait, Harris, 1972) в медно-никелевых месторождениях Вермильон и Страткона (Садбери, Канада). В 1975 г., появилось сообщение о находке минерала в урановом месторождении Циммер Лэйк (С. Саскачеван, Канада) (Watkinson, 1975), а также месторождениях Тсумо и Михара (префектура Окаяма, Япония) (Soeda, Hirowatari, 1975). В месторождениях СССР гаухекорнит до настоящего времени не встречался.

Нами гаухекорнит найден в своеобразных прожилково-вкрапленных рудах Октябрьского медно-никелевого месторождения (Норильский район), которые залегают в экзоконтактах залежей сплошных пентландит-кубанит-халькопиритовых руд.

Минерал встречен в виде удлиненных, нередко таблитчатых, прямоугольных кристаллов (рис. 1), размерами от  $10 \times 30$  до  $200 \times 700$  мкм<sup>2</sup>. Помимо халькозина и галенита, находящихся в сростаниях с гаухекорнитом, в руде присутствуют борнит, пентландит, хизлевудит, паркерит, электрум, алтант, мончеит, гессит, теллуристый соболевскит, а также валлериит.

В отраженном свете цвет гаухекорнита — кремово-розовый. При скрещенных николях минерал умеренно анизотропен. Спектр отражения минерала<sup>1</sup> приведен на рис. 2. Там же для сравнения показаны спектры отражения сурьмянистого, мышьяковистого и теллуристого гаухекорнитов (Gait, Harris, 1972). По типу спектра отражения гаухекорнит характеризуется аномальной дисперсией. Кривизна спектра (параметр  $F = R_{480} - R_{680}$ ) достигает 8,5 абс. %. Двуотражение минерала весьма слабое. По данным Р. Гэйта и Д. Харриса можно видеть, что разброс значений  $R_{max} R_{min}$  превышает величину  $R$  в 2—3 раза.

Наиболее высокими значениями обладает теллуристый гаухекорнит, минимальными — сурьмянистый (рис. 2). Измерение  $R$  гаухекорнита в иммерсии позволило расчетным путем (Вяльсов, 1975) впервые получить значения показателей преломления ( $n$ ) и поглощения ( $K$ ) этого минерала. Спектры, характеризующие  $n$  и  $K$  гаухекорнита показаны на рис. 3.

Микротвердость гаухекорнита из Октябрьского месторождения (ПМТ-3,  $H_{Nас1} = 21$  кгс/мм<sup>2</sup> при  $P = 5$  Г) варьирует от 360 до 392, средняя — 375 кгс/мм<sup>2</sup> (шесть замеров,  $P = 10$  Г).

Химический состав гаухекорнита определялся на рентгеновском микроанализаторе MAP-2 при ускоряющем напряжении 35 квт. В качестве эталонов использовались химически чистые металлические никель, кобальт, железо, висмут, синтетический NiAs, пирит стехиометрического состава, а также образец гаухекорнита из Вестфалии (эталонная коллекция лаборатории минераграфии ИГЕМ АН СССР, № Э-346). При расчете концентраций вводились поправки на атомный номер и поглощение по методике Г. Шпрингера (Springer, 1967).

Весьма интересен тот факт, что в составе гаухекорнита из Октябрьского месторождения (табл. 1) практически отсутствуют примеси таких элементов, как сурьма, теллур и мышьяк, характерные для гаухекорнита из

<sup>1</sup> Оптические свойства гаухекорнита из Октябрьского месторождения исследовались на спектрофотометре ПИОР. Описание установки и условия измерений приведены в работе Л. Н. Вяльсова (Вяльсов, 1973).

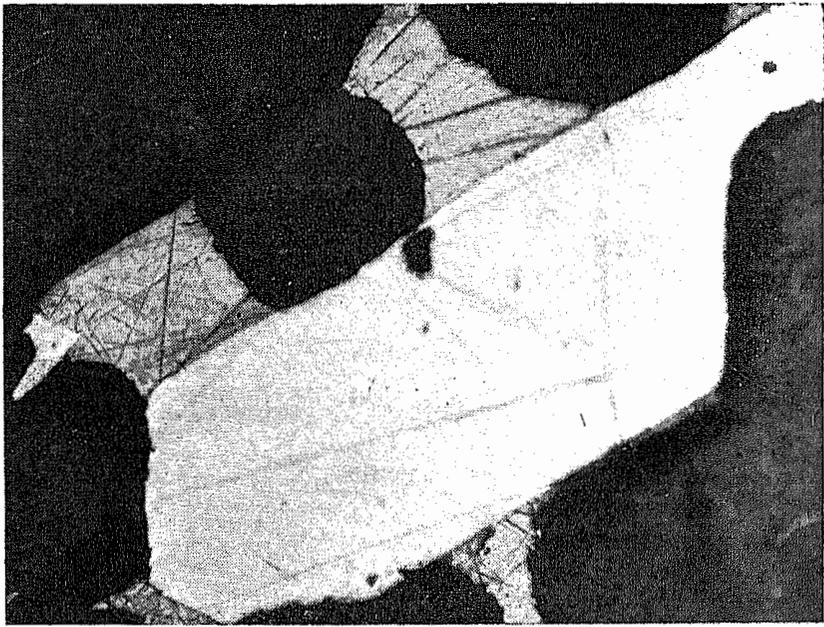


Рис. 1. Гаухекорнит (светло-серое), находящийся в сростаниях с галенитом (серое), среди нерудных минералов (темно-серое). Полированный шлиф, увел. 320

других месторождений. Так, составу гаухекорнита из Вестфалии отвечает формула  $(Ni_{0,1}Co_{0,1})_{0,2}(Bi_{1,2}Sb_{0,7})_{1,0}S_8$  (сурьмянистый гаухекорнит), мышьяковистому гаухекорниту из Вермильона —  $(Ni_{0,9}Fe_{0,3}Ca_{0,1})_{0,2}(Bi_{1,5}As_{0,7})_{2,2}S_8$  и теллуристу из Страткона —  $(Ni_{0,8}Fe_{0,2}Co_{0,2})_{0,2}(Bi_{1,2}Te_{0,8})_{2,0}S_8$  (Gait, Harris, 1972).

Наиболее близок состав изученного нами минерала гаухекорнита из месторождения Циммер Лэйк (Watkinson et. al., 1975).

Таблица 1

Химический состав гаухекорнита из Октябрьского месторождения

| Образец | Элемент | Содержание<br>вес. % | Атомное кол-во  | Атомные соотношения<br>(при S=8) |
|---------|---------|----------------------|---|----------------------------------|
| 1       | Ni      | 43,8                 | 0,746 04  | 8,90 }<br>9,08                   |
|         | Co      | 0,7                  | 0,011 88  |                                  |
|         | Fe      | 0,2                  | 0,003 58  |                                  |
|         | Bi      | 33,6                 | 0,160 78  | 1,92 }<br>2,01                   |
|         | As      | 0,6                  | 0,008 01  |                                  |
|         | S       | 21,5                 | 0,670 53  |                                  |
|         | Сумма   | 100,4                | $(Ni_{0,9}Co_{0,14}Fe_{0,04})_{0,08}Bi^{VI}(Bi_{0,92}As_{0,09})^{VIII}_{1,01}S_8$ |                                  |
| 2       | Ni      | 43,6                 | 0,742 63  | 8,90 }<br>9,10                   |
|         | Co      | 0,8                  | 0,013 58  |                                  |
|         | Fe      | 0,2                  | 0,003 58  |                                  |
|         | Bi      | 33,9                 | 0,162 22  | 1,94 }<br>2,02                   |
|         | As      | 0,5                  | 0,006 67  |                                  |
|         | S       | 21,4                 | 0,667 42  |                                  |
|         | Сумма   | 100,4                | $(Ni_{0,9}Co_{0,16}Fe_{0,04})_{0,1}Bi^{VI}(Bi_{0,94}As_{0,08})^{VIII}_{1,02}S_8$  |                                  |

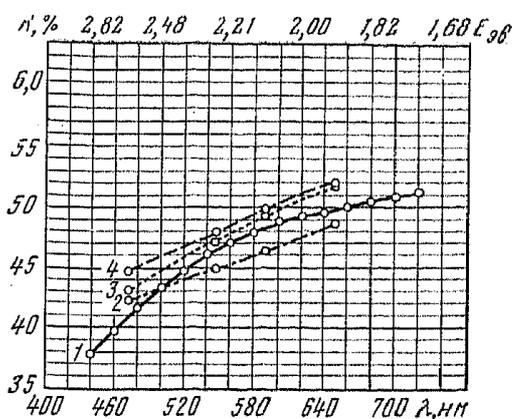


Рис. 2. Спектры отражения

1 — гаухекорнит из месторождения Октябрьское; 2 — сурьмянистый гаухекорнит из Вестфалии; 3 — мышьяковистый гаухекорнит из Вермильон; 4 — теллуристый гаухекорнит из Стратконы

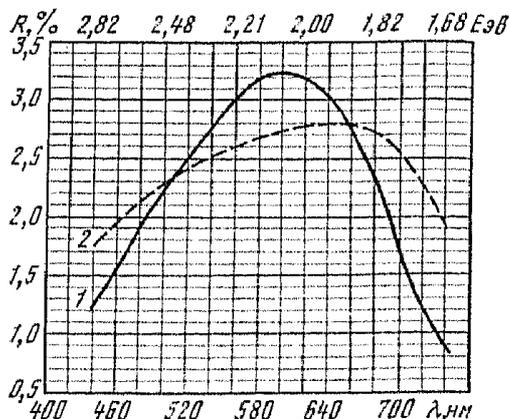


Рис. 3. Спектры, характеризующие дисперсию оптических констант

1 — показатели преломления ( $n$ ); 2 — показателя поглощения ( $K$ )

Рентгенограмма гаухекорнита (табл. 2) получена в камере РКД-57,3 на железном излучении (образец — шарик из резинового клея с порошком минерала, извлеченным из полированного шлифа,  $d \approx 0,2$  мм). Она практически идентична дебаграммам сурьмянистого гаухекорнита из Вестфалии (Berry, Thompson, 1962) и теллуристого гаухекорнита из Стратконы (Gait, Harris, 1972). Отсутствие в составе изученного минерала сурьмы, теллура и мышьяка приводит к тому, что шести- и восьми-координационные позиции в кристаллохимической структуре гаухекорнита (Косман, Nuffield, 1974) оказываются занятыми только атомами висмута.

Это свидетельствует о более сильном металлическом характере связи в минерале из Октябрьского месторождения. Наиболее вероятной у исследуемого гаухекорнита была бы тетрагональная элементарная ячейка с  $a = 7,37$  и  $c = 5,88$  Å, так как сверхструктура, приводящая к удвоению обоих параметров, свойственна гаухекорнитам со значительными содержаниями или теллура, или сурьмы, или мышьяка, т. е. элементов с более металлоидными свойствами, однако, несмотря на такой состав гаухекорнита из Октябрьского месторождения, его рентгенограмма может быть проиндексирована только в «большой» ячейке с  $a = 14,65 \pm 0,01$  и  $c = 10,76 \pm 0,01$  Å.

Таким образом, исследованный нами минерал является чисто висмутовой разновидностью гаухекорнита. Отсутствие в нем существенных примесей сурьмы и мышьяка, очевидно, связано с особенностями состава минералообразующих растворов, поскольку в ассоциации с ним не встречаются ни минералы сурьмы, ни минералы мышьяка. В то же время, с гаухекорнитом ассоциирует целый ряд теллуридов (алтаит, гессит, мончеит, теллуристый соболевскит), что должно было бы привести и к вхождению теллура в структуру гаухекорнита. Однако структурные взаимоотношения минералов в полированных шлифах указывают на более позднее по сравнению с гаухекорнитом, образование теллуридов, что может свидетельствовать о значительном повышении активности теллура в растворах только после образования гаухекорнита.

В настоящее время в природных условиях встречены различные по составу разновидности гаухекорнита: висмутовая —  $Ni_0Bi^{VI}Bi^{VIII}S_8$  (месторождения Октябрьское, Циммер Лэйк), сурьмянистая —  $Ni_0Bi^{VI}Sb^{VIII}S_8$  (Вестфалия), мышьяковистая —  $Ni_0Bi^{VI}As^{VIII}S_8$  (Вермильон), теллуристая —  $Ni_0Bi^{VI}Te^{VIII}S_8$  (Страткона). По-видимому, вероятны находки и

Таблица 2

Результаты рентгенографического изучения гаухекорнита \*

| 1  |       | 2   |       |              | 3   |       |                     |
|----|-------|-----|-------|--------------|-----|-------|---------------------|
| I  | da    | I   | da    | hkl          | I   | da    | hkl                 |
| 1  | 6,16  | 3   | 5,20  | 111          | 1   | —     |                     |
| 3  | 5,66  |     | —     | 002          |     | —     |                     |
| 2  | 5,19  | 3   | 5,20  | 220          | 1   | 5,22  | 110                 |
|    | —     | 1   | 4,80  | 112          |     | —     |                     |
| 6  | 4,34  | 4   | 4,35  | 022          | 5   | 4,35  | 011                 |
| 5  | 3,67  | 4   | 3,66  | 040          | 4   | 3,65  | 020                 |
|    | —     | 4   | 3,23  | 240          | 4   | 3,25  | 120                 |
| 3  | 3,03  | 3   | 3,04  | 042          | 1   | 3,03  | 021                 |
| 10 | 2,80  | 10  | 2,80  | 242          | 10  | 2,80  | 121                 |
|    | —     | 0,5 | 2,71  | 004          |     | —     |                     |
| 1  | 2,56  | 2   | 2,53  | 024          | 1   | 2,55  | 012                 |
| 6  | 2,40  | 5   | 2,405 | 224          | 6   | 2,40  | 112                 |
| 6  | 2,32  | 6   | 2,314 | 260          | 6   | 2,32  | { 221<br>130        |
| 2  | 2,22  | 2   | 2,228 | 062          | 0,5 | 2,21  | 031                 |
| 2  | 2,17  | 1   | 2,171 | 044          | 0,5 | 2,17  | 022                 |
| 2  | 2,08  | 2   | 2,083 | 244          | 1   | 2,08  | 122                 |
| 3  | 1,897 | 1   | 1,890 | 462          |     | —     |                     |
| 8  | 1,867 | 4   | 1,868 | 444          | 5   | 1,866 | 222                 |
| 3  | 1,836 | 1   | 1,833 | 080          | 3   | 1,824 | 040                 |
| 4  | 1,808 | 3   | 1,811 | { 064<br>006 | 1   | 1,804 | 032                 |
|    | —     | 0,5 | 1,766 | 280          |     | —     | { 132               |
| 2  | 1,757 | 2   | 1,758 | { 264<br>026 | 1   | 1,759 | { 013<br>330        |
| 4  | 1,730 | 3   | 1,725 | 660          | 2   | 1,722 | 141                 |
| 2  | 1,687 | 2   | 1,686 | 282          | 1   | 1,684 | { 232               |
|    | —     | 0,5 | 1,611 | 046          | 0,5 | 1,616 | { 023               |
| 3  | 1,572 | 3   | 1,577 | 246          | 2   | 1,578 | 123                 |
| 1  | 1,515 | 2   | 1,515 | 084          | 1   | 1,510 | 042                 |
|    | —     | 0,5 | 1,448 | { 064<br>066 | 0,5 | 1,455 | 332                 |
| 2  | 1,415 | 2   | 1,412 | 682          | 0,5 | 1,412 | { 051<br>341        |
| 2  | 1,399 | 2   | 1,401 | 484          | 1   | 1,397 | 242                 |
| 2  | 1,351 | 1   | 1,359 |              | 2   | 1,354 | 004                 |
| 2  | 1,323 | 2   | 1,320 |              | 2   | 1,318 | 251                 |
|    | —     | 1   | 1,292 |              | 1   | 1,284 | { 052<br>342<br>043 |
| 3  | 1,271 | 3   | 1,269 |              | 3   | 1,266 | { 024<br>152        |
|    | —     | 1   | 1,254 |              | 0,5 | 1,252 | { 350<br>124        |
| 3  | 1,224 | 1   | 1,220 |              | 1   | 1,217 | { 061<br>351        |
|    | —     | 0,5 | 1,205 |              |     | —     |                     |

гаухекорнит из месторождения Октябрьское (1), теллуристый (2) (Gait, Harris, 1972), сурьмянистый (3) (Berry, Thompson, 1962).

Таблица 2 (окончание)

| 1  |           | 2  |           |            | 3  |           |              |
|--|-----------|--|-----------|------------|--|-----------|--------------|
| <i>I</i>   | <i>dα</i> | <i>I</i>   | <i>dα</i> | <i>hkl</i> | <i>I</i>   | <i>dα</i> | <i>hkl</i>   |
| 2  | 1,166     | 2  | 1,167     |            | 2  | 1,168     | { 161<br>442 |
|  | —         | 1  | 1,156     |            | 0,5  | 1,157     |              |
| 1  | 1,140     | 1  | 1,136     |            | 1  | 1,137     |              |
|  |           | 0,5  | 1,109     |            |  |           |              |
| 3  | 1,087ш    | 2  | 1,086     |            | 2  | 1,085     |              |
| 2  | 1,064     | 2  | 1,064     |            | 2  | 1,064     |              |
| 1  | 1,035     |  | —         |            | 1  | 1,034     |              |
| 2  | 1,028     | 1  | 1,026     |            |  |           |              |
| 3  | 1,016     | 2  | 1,013     |            | 1  | 1,011     |              |
| $a_0=14,65\pm 0,01 \text{ \AA}$<br>$c_0=10,76\pm 0,01 \text{ \AA}$ |           | еще 5 линий<br>до $d\alpha=0,8593$<br>$a_0=14,64 \text{ \AA}$<br>$c_0=10,87 \text{ \AA}$ |           |            | еще 10 линий<br>до $d\alpha=0,783$<br>$a_0=7,29 \text{ \AA}$<br>$c_0=5,40 \text{ \AA}$ |           |              |

Других членов этой группы минералов: чисто теллуровой разновидности —  $\text{Ni}_9\text{Te}^{\text{VI}}\text{Te}^{\text{VIII}}\text{S}_8$ , сурьмяной —  $\text{Ni}_9\text{Sb}^{\text{VI}}\text{Sb}^{\text{VIII}}\text{S}_8$ , мышьяковой —  $\text{Ni}_9\text{As}^{\text{VI}}\text{As}^{\text{VIII}}\text{S}_8$ , которые заслуживают собственных названий. Поэтому название гаухекорнит целесообразно сохранить за чисто висмутовой разновидностью.

## ЛИТЕРАТУРА

- Вяльсов Л. Н.* Спектры отражения рудных минералов.— Труды ИГЕМ АН СССР. М., 1973.
- Вяльсов Л. Н.* Исследование оптических свойств анизотропных минералов в отраженном свете.— Геол. рудн. месторожд., 1975, № 1.
- Минералы, т. I. «Наука», 1960.
- Berry L. G., Thompson R. M.* X-ray powder data for ore minerals. New — York, 1962.
- Gait R. J., Harris D. C.* Hauchecornite-antimonian, arsenian and tellurian varieties.— Canad. Mineral., 1972, 11, p. 4.
- Kosman V., Nuffield E. W.* The crystal structure of antimonian hauchecornite from Westphalia.— Canad. Mineral., 1974, 12, p. 4.
- Soeda A., Hirowatari F.* Ann. Meeting Abstr., June, 10—12, 1975.
- Springer G.* Die Berechnung von Korrektur für die quantitative Elektronenstrahl-Mikroanalyse.— Fortschr. Miner., 1967, 45, N 1.
- Watkinson D. M., Heslop J. E., Ewert W. D.* Canad. Mineral., 1975, 13.

Н. Н. ПЕРЦЕВ

## АФВИЛЛИТ В КАРБОНАТНЫХ РОГОВИКАХ СИБИРИ

Редкий силикат афвиллит ( $\text{Ca}_2[\text{SiO}_3\text{OH}]_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) ранее достоверно не описывавшийся в СССР, обнаружен в карбонатных роговиках, возникших в контакте с долеритами на месте мергелистых пород кочумдекской свиты ( $S_1$ ), в обнажении близ дер. Кузьмовка (р. Подкаменная Тунгуска, правый берег, 200 км от устья) и в обнажении Анакитского купола (р. Нижняя Тунгуска, правый берег, 10 км ниже пос. Ногинский). Кон-