

184  
85  
44  
5

2-й сер.

ISSN 0044-1805

АКАДЕМИИ НАУК СССР

**ЗАПИСКИ  
ВСЕСОЮЗНОГО  
МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО  
ОБЩЕСТВА**

ВЫПУСК 5

1985

ЧАСТЬ СТО ЧЕТЫРНАДЦАТАЯ

Год издания 119-й



«НАУКА»  
ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

22 26  
48

- Алафонов Л. В. и др.* Зависимость состава газовой фазы гипербазитов от их химизма и генезиса. — В кн.: Материалы по генетической и экспериментальной минералогии. Т. 10. Новосибирск: Наука, 1976, с. 64—73.
- Дриц В. А. и др.* О роли восстановленных флюидов в процессах серпентинизации ультрабазитов. — Литол. и волаз. исследованья, 1983, № 5, с. 102—113.
- Ильин А. В.* Геологическое развитие Южной Сибири и Монголии в воаднем докембри—кембри. М.: Наука, 1982. 114 с.
- Кежевинская К. В.* Парагенетический анализ и петрохимия среднетемпературных метасилитов. Новосибирск: Наука, 1977. 198 с.
- Кежевинская К. В. и др.* Палеонтологическая обстановка формирования и особенности метаморфизма вулканогенно-осадочных формаций Восточного Прихубеугуудья (МНР). — Геол. и геофиз., 1984а, № 7, с. 27—42.
- Кежевинская К. В. и др.* Рифейско-нижнепалеозойские офиолиты Северной Монголии. — В кн.: Рифейско-нижнепалеозойские офиолиты Северной Евразии. Новосибирск: Наука, 1984б, с. 19—31.
- Лутц В. Г. и др.* Состав газообразных веществ верхней мантии Земли. — ДАН СССР, 1976, т. 226, № 2, с. 440—443.
- Савельева Г. Н. и др.* Петрология гипербазитов, габбро и метаморфических пород. — В кн.: Геология дна Филиппинского моря. М.: Наука, 1980, с. 180—237.
- Wenner D. V., Taylor H. P.* Oxygen and hydrogen isotope studies of the serpentinization of ultramafic rocks in oceanic environment and continental ophiolite complexes. — Amer. J. Sci., 1973, vol. 273, N 3, p. 207—239.

Поступила в редакцию  
3 января 1984 г.

УДК 549.746.54 : 552.8

А. В. ТАТАРИНОВ, А. Н. САВОЖУКОВ, С. Г. ПРОКУДИН,  
Л. Н. ФРОЛОВА

### СТИХТИТ В СЕРПЕНТИНИТАХ ТЕРЕКТИНСКОГО ХРЕБТА (ГОРНЫЙ АЛТАЙ)

Стихтит ( $Mg_4-Cr_2[(OH)_10CO_3] \cdot 4H_2O$ ) — редкий минерал из группы гидроталькита. Известно лишь несколько местонахождений стихтита и его гексагональной модификации — барбертонита: в Тасмании, на Шетландских островах, в Трансваале, Замбии, Марокко, Канаде, Чехословакии и в СССР (Read, Dixon, 1933; Frondel, 1941; Ruych, 1966; Москалева, Иванова, 1968; Иванова, Москалева, 1970, и др.). В последнее время стихтит привлекает к себе внимание геммологов как экзотический поделочный камень (Смит, 1980; Schumann, 1981).

В 1981 г. широкое развитие стихтитовой минерализации нами было установлено в Казнахтинской зоне офиолитов Теректинского хребта (Горный Алтай, северная ветвь Теректинского офиолитового пояса). Этот пояс приурочен к сложной постройкой чешуйчато-надвиговой зоне крутонадающего глубинного Чарышско-Теректинского разлома (Пянус и др., 1958) и является одним из наиболее тектонизированных офиолитовых поясов Алтае-Саянской складчатой области. Казнахтинское тело офиолитов сложено слабо метаморфизованными вулканогенно-осадочными породами баратальской свиты и серпентинитами и состоит из двух пластин, разделенных зонами меланжа. Северная его зона сложена преимущественно серпентинитами хризотило-лизардитового состава с преобладанием лизардита. Серпентиниты содержат блоки-включения перидотитов, сланцев, известняков, рондигитов, рондигитизированных порфиритов. Южная зона, трансформирующая взбросо-надвигов лозднего заложения, состоит из серпентинитов существенно антигоритового состава. В этой зоне располагаются мелкие (до 5 м) будинообразные тела дунитов, а также сравнительно

крупное тело гранодиоритов. Стихтитовая минерализация (по визуальной оценке от 5 до 20 % стихтита) контролируется южной зоной серпентинитового меланжа (более 1.5 км).

В работе Г. В. Пинуса с соавторами (1958) приводится краткая петрографическая характеристика этой зоны. Однако стихтит был ошибочно принят за своеобразный розовый и лиловый тальк.

В разрезе по ручью Кара-Уюк особенно хорошо видна пространственная связь стихтита с оливково-зелеными расслаиванными и буднированными серпентинитами южной зоны меланжа. Их микроструктура

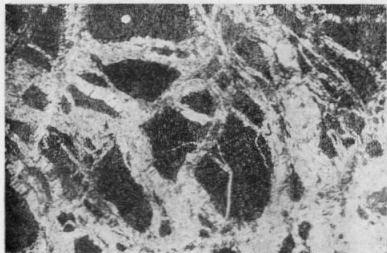


Рис. 1. Замещение хромшпинелида (черное) серпентинно-стихтитовым агрегатом (светлое) сетчато-прожилкового строения; зерно в хромшпинелиде — ромбический пироксен. Увел. 40.

листовато-чешуйчатая. Антигорит часто псевдоморфно замещен хлоритом (пеннином). В небольших количествах отмечены lizardит и хризотил. Стихтит слагает мелкие линзы (до 20—25 см), гнезда, тонкие прожилки среди оливково-зеленых серпентинитов, но реже встречается и в ранних черно-зеленых хризотило-лизардитовых серпентинитах, сохранившихся в виде небольших будниобразных и линзовидных тел в антигоритовых серпентинитах. Здесь стихтит чаще всего наблюдается в форме округлых или овальных вкраплений размерами 2—6 мм.

Окраска стихтита варьирует от лиловой и розовой до светло-бурой. Под воздействием солнечных лучей и при кратком нагревании до температуры 200—300 °C розовая окраска сменяется бурой. В виде мелких включений (0.5—1 мм) в стихтите постоянно присутствует хромшпинелид в количествах от 10 до 50 %. Мономинеральные агрегаты стихтита встречаются сравнительно редко. В отдельных образцах стихтит ассоциирует с магнетитом.

Рис. 1 иллюстрирует процесс замещения зерна хромшпинелида из перидотитов серпентинно-стихтитовым агрегатом сетчато-прожилкового строения. Кроме прожилково-сетчатых скоплений стихтит образует и радиально-лучистые (сферолитовые — рис. 2) и концентрически-зональные (рис. 3) агрегаты. Радиально-лучистые сферолиты достигают в диаметре 5—6 мм, в центре их находятся реликты мелких (0.01—0.1 мм, редко до 2 мм) обломков хромшпинелида. Отдельные сферолиты в своей совокупности

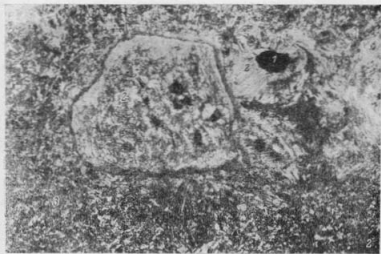


Рис. 2. Сферолитовые агрегаты стибнита (2) радиально-лучистого строения с центром из зерен хромшпиннелита (1) и антигоровом серпентините (3). Увэл. 40.

Штриховой линией обозначен контур крупного кристалла хромшпиннелита, почти нацело замещенного стибнитом.

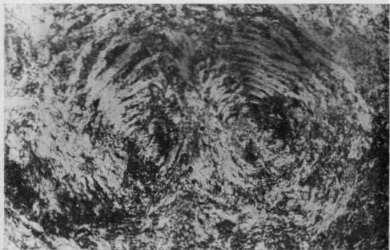


Рис. 3. Концентрически-зональные агрегаты стибнито-хризотилового состава в антигоровом серпентините. Увэл. 40.

## Рентгенометрические характеристики стихтита

Обр. 1753-3, Горный Алтай				По: ASTM, 1965		
<i>l</i>	<i>d<sub>hkl</sub></i>	<i>hkl</i>	<i>d<sub>hkl</sub></i>	<i>l</i>	<i>d</i>	<i>hkl</i>
100	7.84	006	7.78	100	7.8	006
—	—	—	—	10	4.30	Не опр.
90	3.89	0.0.12	3.89	90	3.91	012, 0.0.12
—	—	—	—	10	2.87	116
40	2.600	024	2.604	40	2.60	024
40	2.319	0.2.10	2.318	30	2.32	0.2.10
50	1.969	0.2.16	1.969	30	1.97	125, 0.2.16
20	1.945	0.0.24	1.944	—	—	—
—	—	—	—	10	1.84	—
20	1.757	0.2.20	1.756	10	1.76	21.13
20	1.661	0.2.22	1.660	10	1.66	21.16
20	1.542	220	1.542	20	1.54	223, 3.0.15
20	1.513	226	1.513	20	1.51	226
10	1.489	0.2.26	1.488	10	1.49	2.2.12, 131
10	1.431	2.2.12	1.434	10	1.43	—
10	1.414	0.2.28	1.412	10	1.40	—
10	1.296	0.0.36	1.296	10	1.30	—
10	1.280	0.2.32	1.278	10	1.28	—

$a=6.169 \pm 0.002 \text{ \AA}$ ,  $c=46.66 \pm 0.002 \text{ \AA}$ 
 $a=6.19 \text{ \AA}$ ,  $c=46.47 \text{ \AA}$

Примечание. Дифрактометр ДРОН-3, Co-излучение, Ni-фильтр, внутренний стандарт — флюорит; скорость движения счетчика 0,5 град./мин.

наследуют первоначальную форму кристаллов хромшпинелида, впоследствии раздробленных и замещенных стихтитом. Свообразны по своему

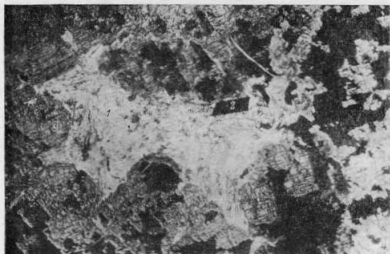


Рис. 4. Замещение стихтитом (1) в парагенезисе с магнетитом (2) магнезиального карбоната (магнезита?) — (3). Увел. 40.

строению концентрически-зональные агрегаты, состоящие из тонких (0.05—0.1 мм) чередующихся зон стихтита и хризотила, замещаемого стихтитом. Хризотило-стихтитовые агрегаты такого типа развиваются по петельчатому серпентину, содержащему мелкие (0.002 мм) зерна хром-

Химический состав (мас.%) и показатели преломления ( $N_D$ ,  $N_e$ ) стихтита из серпентинитов Горного Алтая

Компонент	Стихтитохромитовая порода (обр. С-1)	Можоиминеральные фракции стихтита				Стихтит из Казахстана (Москалева, Иванова, 1968)
		обр. С-2	обр. С-3	обр. 1753-2	обр. 1753-3*	
MgO	20.90	36.20	37.10	37.30	35.15	37.00
FeO	0.27	0.27	0.49	—	—	—
MnO	0.14	0.02	0.02	0.03	0.04	—
CaO	0.10	0.05	0.05	0.10	—	—
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20.44	10.95	8.76	14.38	10.42	15.15
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.61	6.01	7.86	2.90	9.39	1.59
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.51	5.89	3.81	3.80	2.88	3.86
SiO <sub>2</sub>	2.86	0.76	3.18	2.18	—	—
TiO <sub>2</sub>	0.05	0.02	0.01	—	0.07	—
K <sub>2</sub> O	0.02	0.03	0.04	—	—	—
Na <sub>2</sub> O	0.01	0.01	0.03	—	—	—
CO <sub>2</sub>	4.84	7.70	6.73	9.46	—	—
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	20.0	} 32.09	} 31.92	28.83	} 42.05	} 42.40
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	1.24			0.85		
Сумма	98.99	100.00	100.00	99.83	100.00	100.00
$N_D$	—	He опр.	He опр.	1.550	1.560	1.556
$N_e$	—	» »	» »	1.525	1.530	1.529

## Кристаллохимические формулы

Обр. С-2:  $(Mg_{2.92}Ca_{0.01})_{2.93}(Cr_{0.99}Al_{0.77}Fe^{2+}_{0.20})_{2.17}[(OH)_{12.50}(CO_3)_{1.18}] \cdot 3.75H_2O$   
 Обр. С-3:  $Mg_{2.04}(Cr_{0.77}Fe^{2+}_{0.71}Al_{0.52})_{2.98}[(OH)_{12.74}(CO_3)_{1.35}] \cdot 4.47H_2O$   
 Обр. 1753-3:  $(Mg_{2.94}Ca_{0.01})_{2.95}(Cr_{1.29}Al_{0.51}Fe^{2+}_{0.70})_{2.50}[(OH)_{12.1}(CO_3)_{0.47}] \cdot 3.7H_2O$   
 Обр. 1753-3\*:  $Mg_{2.92}(Cr_{0.92}Fe^{2+}_{0.20}Al_{0.36})_{2.48}[(OH)_{12.7}(CO_3)_{1.28}] \cdot 4.75H_2O$   
 Казахстан:  $Mg_{2.06}(Cr_{1.21}Al_{0.56}Fe^{2+}_{0.13})_{2.94}(CO_3)_{1.4} \cdot 4.85H_2O$

Примечание. Содержания в обр. С-2, С-3 и содержания CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O в обр. 1753-3\* определены расчетным путем.

шпинелида. Иногда стихтито-антиторитовые агрегаты ( $\pm$ магнетит) замещают магнезиальный карбонат (рис. 4).

Рентгеновские характеристики и химический состав изученных образцов стихтита приведены в табл. 1 и 2.

По содержанию Cr и Al стихтит обр. 1753-3\* близок стихтиту из ультрабазитов Казахстана, отличаясь от него повышенной концентрацией Fe (табл. 2). Количественным спектральным анализом в нем установлено присутствие (мас. %): Ni=0.03, V=0.01, Ti=0.005, Co=0.013, Sr=0.002. Химический анализ образцов стихтита лиловой и светло-сиреневой окраски показал присутствие в них повышенных содержаний Fe<sup>3+</sup> и Al при более низких значениях Cr по сравнению с розовым стихтитом (обр. 1753-2). Данные табл. 2, а также анализы стихтита, опубликованные в литературе, свидетельствуют о широком диапазоне изоморфных замещений в составе катионной части минерала между Cr, Fe<sup>3+</sup> и Al и больших вариациях содержаний CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O. В изученной серии образцов стихтита из серпентинитов Алтая по существу только обр. 1753-3\* можно назвать стихтитом, так как он содержит более 50% хромозного компонента (табл. 2, рис. 5). В составе стихтита остальных образцов содержится менее 50% стихтитового минерала при значительной доле гидроталькитовой и пироауритовой составляющих.

Существуют разные точки зрения на происхождение стихтита и других минералов группы гидроталькита. В. В. Щербина (1939) относил стихтит к гипергенным минералам, образующимся при выветривании хромитовых

месторождений, содержащих повышенную концентрацию закисного железа. С. В. Абовяном (1961) была высказана аналогичная точка зрения на генезис широзурита в серпентинитах Шоржинского массива. По его мнению, широзурит образовался при карбонатизации ферробрусита в условиях гипергенеза. По мнению В. Н. Москалевой и В. П. Ивановой (1968), стихтит из казахстанских проявлений возник в процессе низкотемпературного гидротермального изменения хромшпиннелида.

Если обратиться к данным о минералогии известных проявлений стихтита в серпентинитах, то нетрудно найти факты, которые можно истолковать как в пользу гипергенного, так и эндогенного происхождения этого минерала. И. Ульрих (Ulrich, 1966), детально изучавший проявления Слатника у Летовиц (ЧССР), установил, что стихтит в антигоритовых серпентинитах ассоциирует с арагонитом, доломитом, гетитом, гематитом, халцедоном, лимонитом, опалом, сеннолитом, купритом, кальцитом, хлоритом, ильменитом, магнетитом, халькопиритом, ширротиниом и тремолит-актинолитом.

Часть минералов из этого списка явно принадлежит к типичным ассоциациям зон гипергенеза, другие же несомненно имеют эндогенное, в частности, гидротермальное происхождение.

В Казнахтинском массиве, в зоне развития стихтитовой минерализации, также широко проявлены гипергенные процессы (вторичная карбонатизация, ли-

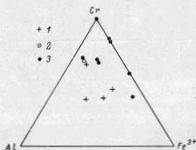


Рис. 5. Диаграмма составов стихтита из различных месторождений.

1 — Горный Алтай; 2 — Казахстан (Москалева, Иванова, 1968); 3 — Тасмания, Трансвааль, Шетландские острова (Head, Dixon, 1928; Frondel, 1941).

монитизация, явления поверхностного растворения и коррозии минералов, образование опало-халцедоновой минерализации). Однако геологические данные и результаты минералогических, петрографических исследований приводят нас к выводу о вадозно-гидротермальной природе стихтита, антигорита, магnezивального карбоната, сопутствующих асбестовой минерализации. Решающий аргумент в пользу этого мы видим в пространственной приуроченности антигорито-стихтитовой и хризотил-асбестовой минерализации к зоне меланжа, маркирующей взбросо-надвиг, связанный с поаднекаледонским (герцинским) тектоногенезом. Растворы, воздействию которых подвергались хромитовые руды и ранние лизардитовые серпентиниты в этой зоне, представляли собой богатые кислородом и углекислотой нагретые метеорные воды, дренирующие терригенно-карбонатные толщи силуро-девона. В процессе замещения хромита и частично лизардита (с бруситом) стихтитом часть хрома и железа выносилась с последующим осаждением в силуро-девонских известняках в виде хромшпиннелида, впервые обнаруженного М. К. Винкманом и А. Б. Гинцигером (Пинус и др., 1958). Одновременно с частью хрома при гидротермальном изменении ультрабазитов, вероятно, происходил вынос и кобальта, который осаждался в форме эритрина среди вулканогенно-осадочных пород баратадской свиты. Одна из кобальтовых кальцитовых жил с пиритом мощностью около 20 см обнаружена непосредственно вблизи зоны развития стихтитовой минерализации в долине руч. Кара-Ужк. С позиции гипотезы вадозно-гидротермального происхождения стихтита в серпентинитах нетрудно объяснить, на первый взгляд, необычную ассоциацию стихтита как с типичными экзогенными, так и с эндогенными минералами, а также закономерное затухание стихтитовой минерализации

с глубиной. В Казнахтинской зоне офиолитов, где рельеф и обнаженность местности позволяют проследить стихтитовую минерализацию до 60—70 м по вертикали, установлено постепенное выклинивание и почти полное исчезновение ее на глубине 40—50 м (руч. Кара-Ужк). Параллельно уменьшается количество антигорита и хризотил-асбеста.

Испытания, проведенные в специальной лаборатории экспедиции «Байкал-кварцсамоцветы», показали пригодность наиболее чистых от минеральных примесей штуфов розового и сиреневого стихтита для изготовления мелких поделок (кулонов, вставок, кабошонов); тем самым, список природных самоцветов СССР пополнился еще одним минералом — стихтитом. В заключение отметим, что Теректинский офиолитовый пояс в связи с открытием стихтитовой минерализации приобретает несомненный научный интерес как объект для изучения геохимии хрома в процессах гидротермального преобразования ультрабазитов.

#### Литература

- Абовян С. Б. Геология и полезные ископаемые северо-восточного побережья оз. Севан. Ереван: Изд-во АрмССР, 1961. 260 с.
- Аншелев О. М. Месторождения асбеста в верховьях Катуни. — Горный журнал, 1925, № 6, с. 453.
- Викман М. К., Гилцилгер А. Б. К вопросу о возрасте гипербазитов Горного Алтая. — Изв. АН СССР. Сер. геол., 1954, № 2, с. 144—147.
- Иванова В. П., Москалева В. П. О диагностике минералов группы гидроталькита в серпентинитах методом термического анализа. — В кн.: Термоаналитические исследования в современной минералогии. М.: Наука, 1970, с. 91—105.
- Москалева В. П., Иванова В. П. Минералы группы гидроталькита в серпентинитах. — ЗВМО, 1968, вып. 2, с. 172—184.
- Пикус Г. В., Кузнецов В. А., Волохов Н. М. Гипербазиты Алтае-Саянской области. М.: Изд-во АН СССР, 1958. 295 с.
- Смит Г. Драгоценные камни. М.: Мир, 1980. 586 с.
- Щербина В. В. Окислительно-восстановительные потенциалы в применении к изучению парагенезиса минералов. — ДАН СССР, 1939, т. XXII, № 8, с. 508—511.
- Fronde! C. Constitution and polymorphism of the pirodurite and siögrenite groups. — Amer. Min., 1941, vol. 26, N 5, p. 295—315.
- Read H. H., Dizon B. E. On stichtite from Cuhningsburg, Shetland Islands. — Min. Mag., 1933, vol. 309, p. 309—316.
- Schumann W. Edelsteine und Schmucksteine. München, 1981. 256 S.
- Ulrych I. Stichtit z hadcoveho tělesa od Slatinky u Letovic. — Casopis pro mineralogii, 1966, č. 3, 11, S. 311—315.

Восточно-Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья (ВСНИИГТИМС),  
Институт геохимии СО АН СССР,  
Иркутск.

Поступила в редакцию  
7 июля 1983 г.

УДК 50.021.00 (410.02)

Д. члены Н. Д. РУНДКВИСТ, Г. П. МОСКАЛЕВА

### О КИТЕЛЬСКИХ АЛЬМАНДИНАХ

Альмандины близ села Кителя (Северное Приладожье, район г. Питкярянта) издавна славилась своей красотой и не раз использовались для огранки как самоцветы. Вместе с тем они оставались малоизученными. Некоторые данные по кительским гранатам приводились рядом авторов (Г. П. Кузнецовым, В. И. Лебедевым, Л. В. Салтыковой и др.), но детальные минералогические исследования их не проводились.

Гранаты приурочены к кварцево-биотитовым сланцам ладожской серии, которые образовались в результате метаморфизма амфиболитовой фации богатых глиноземом осадочных отложений (Судовиков, 1954). Абсолютный