

В. И. КУДРЯШОВА

**ЖЕЛЕЗИСТЫЙ САПОНИТ И СЕЛАДОНИТ ИЗ ШАРОВЫХ ЛАВ  
СИБИРСКИХ ТРАППОВ**

В бассейне среднего течения р. Нижней Тунгуски в покровах шаровых лав трапповой формации (Кудряшова, 1958; Киевленко, 1958) среди гидротермальных минералов встречаются глиноподобные минералы двух типов: бурые — типа монтмориллонита и зеленые — типа селадонита.

Наиболее полно были исследованы бурые глины: образец № 169, обнаруженный автором на правом берегу р. Нижней Тунгуски близ устья притока Кочечумо (пос. Тура), и образец № 551 из района среднего течения р. Нидым (левый приток р. Нижней Тунгуски), любезно предоставленный геологом Г. Е. Белоусовым.

В обоих случаях глинистые агрегаты выполняли внутренние полости гнездовых скоплений цеолитов и кальцита. В месторождениях р. Нидым среди глинистой массы нередко обнаруживались кристаллы прозрачного кальцита (исландского шпата). Кроме свободного заполнения полостей и трещин, бурый глинистый минерал замещал десмин и апофиллит, образуя частичные или полные псевдоморфозы (рис. 1). В апофиллите замещение шло от периферии к центру и от основания к вершине кристаллов с некоторым увеличением объема последних (рис. 2).

Агрегаты глинистого минерала имеют землистый глиноподобный вид. В сыром состоянии они мягки, жирны наощупь и хорошо растираются между пальцами, при высыхании распадаются на легко сыпучую мелкочешуйчатую массу. Размеры чешуек не превышают 0,5 мм. Цвет минерала темно-бурый со слабо зеленоватым оттенком (обр. № 169) или рыже-бурый (обр. № 551). Твердость около 2. Под микроскопом чешуйки образуют радиально-лучистые сростки. Под электронным микроскопом частицы минерала имеют форму листочков с прямолинейными очертаниями или хлопьев с распылчатыми контурами (рис. 3).

Рентгеноструктурные исследования методом Дебая, проведенные в лаборатории ИГЕМ АН СССР, дали порошкограммы с наиболее интенсивными линиями: 14,59 и 14,21 (10); 4,61 и 4,53 (6 и 5); 3,00 и 2,96 (5); 2,58 и 2,629 (5 и 4); 1,538 и 1,519 (7). Порошкограммы нижнетунгусских образцов изображены штриховым способом на рис. 4. Они близки эталонному сапониту по РОМ В. И. Михеева (1957) и совпадают с порошкограммами железистого сапонита из Японии (Miyamoto, 1957; Sudo, 1954) и приффита из Калифорнии (Faust, 1955). Для исследованного минерала вычислены параметры ячейки:  $a = 5,27 \text{ \AA}$ ,  $b = 9,17 \text{ \AA}$ . Опыты на разбухание дали положительные результаты.

Микроскопическое изучение показало, что при одном николе чешуйки имеют желтовато-бурый цвет с заметным плеохроизмом биотитового типа.

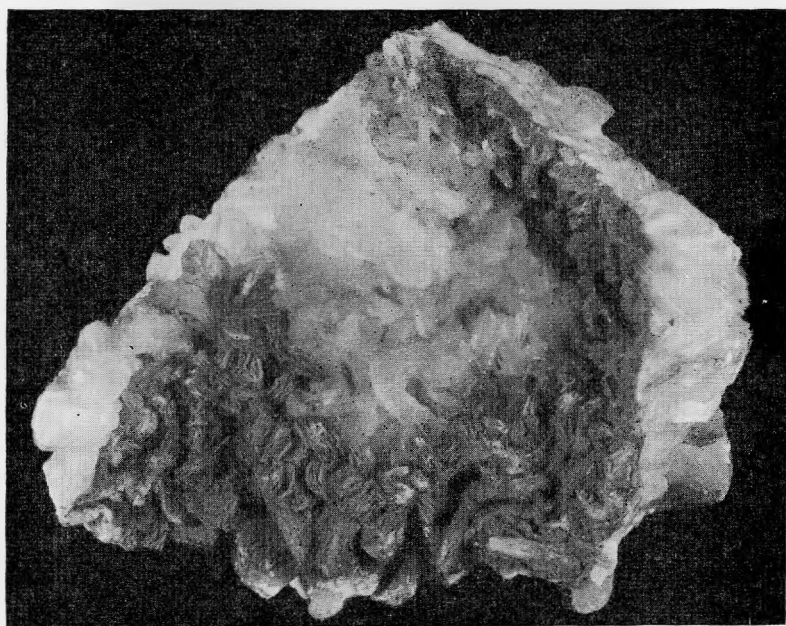


Рис. 1. Псевдоморфоза Fe-сапонита по десмину (0,5 нат. вел.)

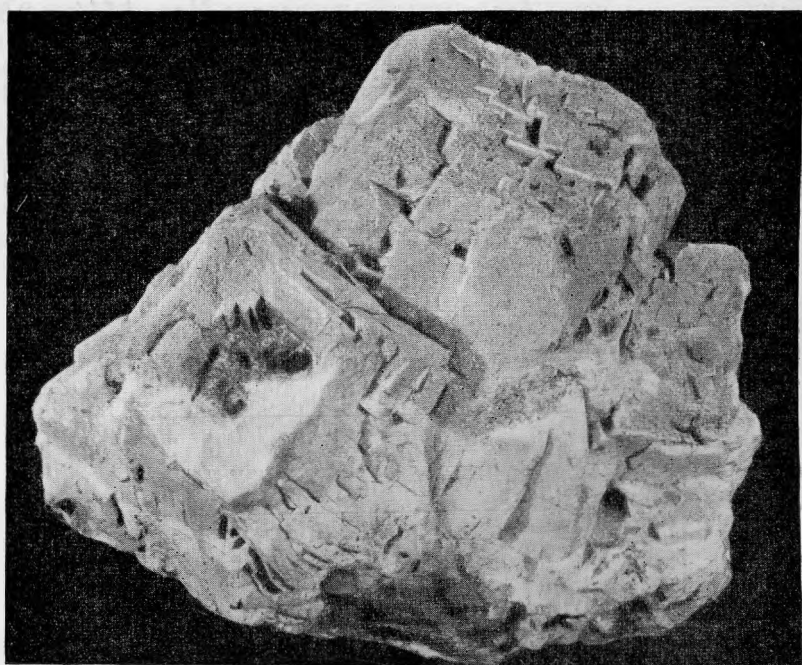


Рис. 2. Псевдоморфоза Fe-сапонита по апофиллиту (0,5 нат. вел.)



Рис. 3. Форма частиц Fe-сапонита под электронным микроскопом

При скрещенных николях чешуйки имеют прямое угасание, положительное удлинение, поляризационную окраску порядка 0,015—0,020. Определенные показатели преломления иммерсионным методом в обоих образцах дало одинаковые значения, равные для  $N_g$  1,559; для чешуек, заместивших апофиллит, получены более низкие значения:  $N_g = 1,544 \pm 0,002$  и

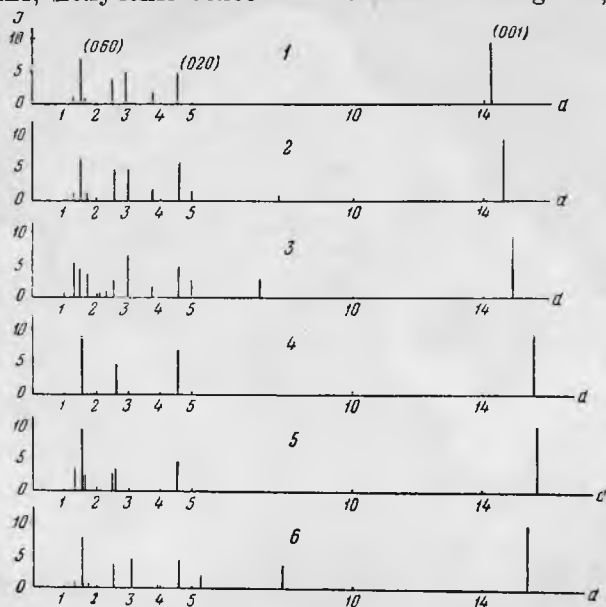


Рис. 4. Штриховое изображение порошкограмм Fe-сапонита  
 1 — обр. № 169, р. Нижняя Тунгуска близ пос. Тура; 2 — обр. № 551, р. Нидым; 3 — сапонит В. И. по Михееву (1957); 4 — Fe-сапонит из базальтов Японии (Miyamoto, 1957); 5 — Fe-сапонит из третичных песков Японии (Sudo, 1954); 6 — гриффитит из Калифорнии (Faust, 1955)

Таблица 1

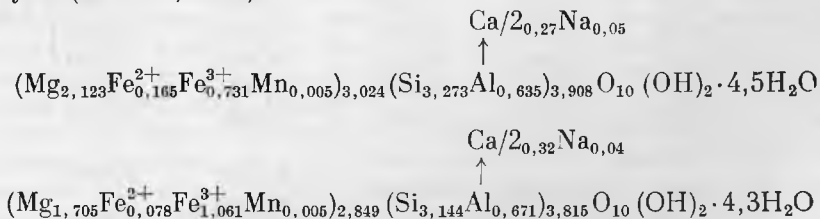
Химический состав железистых сапонитов (в вес. %)

Компоненты	Fe-сапонит из басс. р. Нижн. Тунгуска		Fe-сапонит из Японии		Гриффитит из Калифорнии (Faust, 1955)	Сапонит из графства Катрин, Англия (Faust, 1955)
	обр. № 169	обр. № 551	из базальтов Mazé (Miyamoto, 1957)	из Тг-песков Moniwa (Sudo, 1954)		
SiO <sub>2</sub>	39,33	37,78	43,98	39,68	39,64	40,16
TiO <sub>2</sub>	Следы	Следы	0,16	0,37	—	—
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,45	6,81	6,30	3,93	9,05	8,03
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,73	17,01	7,85	19,82	7,32	8,50
FeO	2,40	1,13	5,32	1,12	7,83	3,83
MnO	0,10	0,09	0,32	0,19	—	—
MgO	17,12	13,75	18,02	11,21	15,80	19,40
CaO	3,00	3,57	2,78	2,37	2,93	1,91
Na <sub>2</sub> O	0,35	<0,25	—	—	0,71	—
K <sub>2</sub> O	Нет	Нет	—	—	—	—
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	14,38	14,89	9,24	15,11	12,31	11,15
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	5,42	4,43	6,34	6,16	4,90	7,60
Сумма	100,28	99,71	100,31	99,96	100,49	100,58

$n_p = 1,530 \pm 0,002$ . При коноскопии устанавливается резкая дисперсия оптических осей  $\rho < v$ , отрицательный оптический знак и 2V около 20—30°.

Химические анализы обоих образцов тунгусских сапонитов, выполненные в ЦХЛ ИГЕМ АН СССР аналитиком Н. Вороновой, весьма близки между собой и сходны с анализами японских Fe-сапонитов и гриффитита из Калифорнии (табл. 1). Из сопоставления анализов видно, что колебания в содержании отдельных компонентов резко проявляются только для Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, FeO и MgO.

Пересчеты химических анализов нижнетунгусских Fe-сапонитов из расчета на 12 атомов кислорода (табл. 2, 3) дают следующие структурные формулы (по Ross, 1960):



При расчете второго анализа ощущается недостаток основных элементов (Si, Al и Mg). Возможно, это обусловлено недостаточной чистотой образца № 551 за счет примеси мordenита или кальцита.

Спектральными анализами устанавливаются примеси Ga, Ti, Ni, V, Cu.

Термические исследования (кривая нагревания и дифференциально-термическая кривая) дали для обоих образцов сходные результаты (рис. 5). Для них характерны два глубоких эндотермических низкотемпературных пика при 120—130 и 200°, разделенных небольшим экзотермическим пиком при 170—180°. Эти точки типичны для монтмориллонита и иллита. Слабый эндотермический пик при 690 и 750° отвечает второму эндотермическому пику монтмориллонита. Третий

Пересчет химического анализа образца № 169

Таблица 2

Компоненты	Вес. %	Молекулярные количества	Атомные количества кислорода	Атомные количества катионов	Атомные количества катионов на 12 атомов кислорода
SiO <sub>2</sub>	39,33	0,6546	1,3092	0,6546	3,2730
TiO <sub>2</sub>	Следы	—	—	—	—
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,45	0,0635	0,1905	0,1270	0,6350
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,73	0,0731	0,2193	0,1463	0,7315
FeO	2,40	0,0330	0,0330	0,0330	0,1650
MnO	0,10	0,0010	0,0010	0,0010	0,0050
MgO	17,12	0,4246	0,4246	0,4246	2 1230
CaO	3,00	0,0540	0,0540	0,0540	0,2700
Na <sub>2</sub> O	0,35	0,0055	0,0055	0,0110	0,0550
K <sub>2</sub> O	—	—	—	—	—
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	5,42	0,3010	0,2000	{ 0,4000 0,2020 }	2,000
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	14,38	0,7988	—	1,5976 }	8,9980
Сумма	100,28		2,4371		

Основа расчета:  $12 : 2,4371 \approx 5$

Пересчет химического анализа образца № 551

Таблица 3

Компоненты	Вес. %	Молекулярные количества	Атомные количества кислорода	Атомные количества катионов	Атомные количества катионов на 12 атомов кислорода
SiO <sub>2</sub>	37,78	0,6288	1,2576	0,6288	3,1440
TiO <sub>2</sub>	Следы	—	—	—	—
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,81	0,0671	0,2013	0,1342	0,6710
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17,01	0,1061	0,3183	0,2122	1,0610
FeO	1,13	0,0156	0,0156	0,0156	0,0780
MnO	0,09	0,0010	0,0010	0,0010	0,0050
MgO	13,75	0,3410	0,3410	0,3410	1,7050
CaO	3,57	0,0634	0,0634	0,0634	0,3170
Na <sub>2</sub> O	<0,25	0,0040	0,0040	0,0080	0,0400
K <sub>2</sub> O	—	—	—	—	—
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	4,43	0,2458	0,2000	{ 0,4000 0,0916 }	2,0000
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	14,89	0,8280	—	1,6560 }	8,7380
Сумма	99,71		2,4022		

Основа расчета:  $12 : 2,4022 = 5$

ясный эндотермический пик отмечается на обеих кривых при 910°. Кривые анализированных образцов почти идеально совпадают с кривыми японских Fe-сапонитов и гриффитита.

Таким образом, бурая глина из межшаровой породы и цеолито-кальцитовых гнезд в шаровых лавах сибирских трапшов достоверно определяется как железистый сапонит.

Образование железистого сапонита в эффузивных траппах Сибирской платформы тесно связано с комплексом низкотемпературных минералов. Им собственно завершается формирование этого комплекса: сапонит заполняет центральные полости пустот и гнезд с цеолитами и кальцитом,

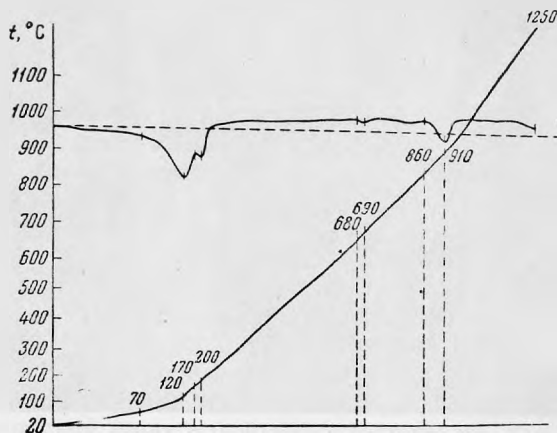


Рис. 5. Кривая нагрева и дифференциально-термическая кривая Fe-сапонита (обр. № 169)

частично замещая на первых этапах своего образования апофиллит и десмин. Все это свидетельствует о том, что Fe-сапонит, так же как цеолиты, апофиллит, кальцит и другие минералы комплекса, кристаллизовался из низкотемпературных растворов, богатых щелочами и щелочно-земельными элементами.

Железистый сапонит из других известных в литературе местонахождений также всегда связан с гидротермальными образованиями основных пород. Сапонит из Каткин (Шотландия) связан с третичными базальтами (Faust, 1955); в Олт Рибгейн (Фискавайт-Бей, о. Скай) сапонит вместе с цеолитами выполняет пустоты в лаве (Mackenzie, 1957); железосодержащий сапонит из третичных железисто-песчаных слоев Японии (Sudo, 1943, 1952, 1954) образовался за счет изменения темноцветных минералов основных вулканических пород, попавших в песчаные осадки; железистый сапонит из Мацэ, префектура Ниигата, Япония (Miyamoto, 1957), заполняет совместно с цеолитами миндалины в измененных базальтах; сапонит из трещин в амфиболитах окрестностей г. Часлав, Чехословакия (Konta, 1955), также ассоциирует с кальцитом, эпидотом, анальцимом, ломонитом и патролитом. Наконец, так называемые приффититы, представляющие собой железистую разновидность сапонита, также встречаются как минералы — заполнители миндалин в базальтах (Larsen, 1917, 1928; Faust, 1955).

Исследования В. Нолла (Noll, 1936) системы  $(Ca, Mg)_O - Na_2O - SiO_2 - Al_2O_3 - H_2O$ , показавшие образование анальцима, сапонита и других минералов, подтверждают это положение.

Наконец, указание на гидротермальный генезис Fe-сапонитов в нижнетунгусских траппах дают находки включений сферолитовых агрегатов сапонита (?) в краевых частях кристаллов исландского шпата из тех же шаровых лав р. Нижней Тунгуски (рис. 6). Сферолиты диаметром не больше 3 мм имеют радиально-лучистое строение. Отсутствие достаточного материала на полный комплекс анализов не позволяет точно определить этот минерал, но то, что удалось получить, указывает на близость его к железистым сапонитам. Порошкотрамма минерала содержит следующие линии:

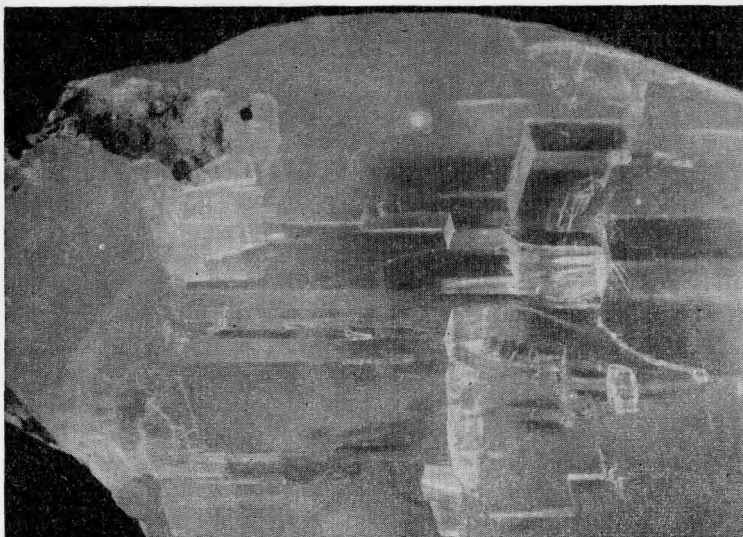


Рис. 6. Включения сферолитов Fe-сапонита (?) в исландском шпате

14,60 (5, размытая), 4,51 (4, размытая), 2,7 (2, размытая), 1,52 (3), т. е. все основные линии Fe-сапонита. Очень близка и дифференциально-термическая кривая (рис. 7); в пределах интервала 70—200° имеется два резких эндотермических пика, разделенных промежуточным экзотермическим пиком при 140°; кроме того, отмечаются слабые реакции при 550 и

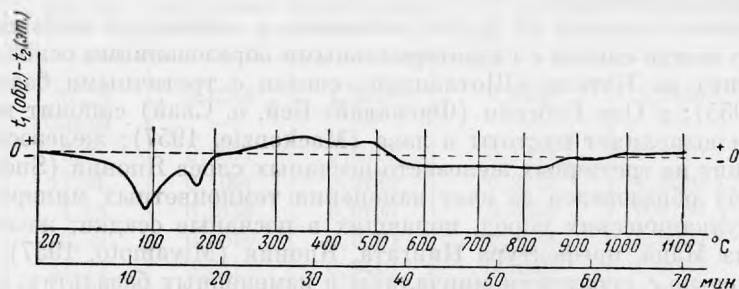


Рис. 7. Дифференциально-термическая кривая Fe-сапонита (?) из сферолитового включения в исландском шпате

890°. Кривая отличается лишь пологим экзотермическим подъемом на интервале 240—540°, вероятно, обусловленным окислением закисного железа. Повышенным содержанием закисного железа, вероятно, объясняется и более высокий показатель преломления, колеблющийся для Ng между 1,612—1,620.

Как показывают определения температуры формирования исландского шпата этих мест по температуре гомогенизации жидких включений, проведенные А. В. Скропышевым (1957) и Е. Я. Киевленко (1958), образование включений Fe-сапонита в исландском шпате происходило из растворов при температуре 40—50°. Возможно, те же условия сохранялись и при кристаллизации мелкочешуйчатого сапонита в центральных полостях гнездовых скоплений гидротермальных минералов.

Очень мало данных получено для идентификации зеленых глинок из того же комплекса минералов в шаровых лавах Нижней Тунгуски. Зеленый глиноподобный минерал «по-видимому, селадонит» был анализирован Б. Ткаченко (1941). В составе минерала были определены (в %):  $\text{SiO}_2$  60,35,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  — 17,66,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  — 3,90,  $\text{CaO}$  — 2,19,  $\text{MgO}$  — 5,49,  $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$  — 3,42, п. п. п. 6,89, сумма 99,90. Порошкограмма зеленой глинки из обнажения на левом берегу р. Нижней Тунгуски в 12 км выше пос. Тура (материалы автора) содержит следующие линии: 9,81 (10), 4,40 (10), 3,65 (8), 3,34 (8), 3,10 (8), 2,58 (9), 2,40 (9), 2,12 (4), 1,967 (3), 1,653 (6), 1,512 (10), 1,312 (7), 1,254 (1). Из сопоставления химического состава и рентгенограммы с литературными данными (Чухров, 1955; Квальвасер, 1953; Лазаренко, 1956) зеленая глинка из нижнетунгусских лавовых базальтов определяется как селадонит. Как и для других мест его нахождения в аналогичных условиях, т. е. в базальтах, совместно с цеолитами и кальцитом, например, Крымский Карадаг (Четвериков, 1935), образование селадонита происходило из низкотемпературных гидротермальных растворов. В нижнетунгусском комплексе гидротермальных минералов селадонит, так же как Fe-сапонит, выделялся в стадию, когда только начинал кристаллизоваться кальцит последней генерации — прозрачный исландский шпат. Нередко исландский шпат в основании кристаллов имеет зеленоватую окраску за счет включения тонкораспыленного зеленого селадонита.

Выявление низкотемпературных магнезиальных минералов в комплексе гидротермальных минералов, связанных с базальтами трапповой формации Сибири, проливает свет на проблему геохимии магния этой провинции. Базальтовая магма вообще и трапповая, в частности, характеризуется постоянным содержанием  $\text{MgO}$  (6,0% — для средних базальтов по Р. Дэли; 5,62% — для сибирских траппов по А. П. Лебедеву). В высокотемпературных магматических и гидротермальных образованиях магний проявляется в составе темноцветных минералов — оливины, пироксены, хлориты. В среднетемпературном и низкотемпературном диапазоне минералообразования магний не фиксируется ни в одном из минералов. И только на конечном этапе при температурах ниже  $50^\circ$  магний вновь проявляется в форме Fe-сапонита и селадонита, завершая этим геохимическую историю магния.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Гримм Р. Е. Минералогия глин. М., Изд-во иностр. лит-ры, 1959.
- Квальвасер И. А. О селадоните из Карадага в Крыму. — Минералог. сб. Львовск. геол. об-ва при ун-те, № 7, 1953.
- Киевляк Е. Я. О шаровых лавах Сибирской платформы и связанном с ними минералообразовании. — Труды ВНИИП «Пьезооптическое кристаллосырье», т. II, вып. 1, 1958.
- Киевляк Е. Я. Опыт изучения жидких включений в исландском шпате месторождений Сибирской платформы. — Труды ВНИИП «Пьезооптическое кристаллосырье», т. II, вып. 2, 1958.
- Кудряшова В. И. К вопросу об образовании шаровых лав среднего течения р. Нижней Тунгуски. — Изв. АН СССР, серия геол., № 2, 1958.
- Лазаренко Е. К. О селадоните из базальтов Волыни. — Минералог. сб. Львовск. геол. об-ва при ун-те, № 10, 1956.
- Михеев В. И. Рентгенометрический определитель минералов. М., 1957.
- Скоропышев А. В. Газо-жидкие включения в кристаллах исландского шпата. — Минералог. сб. Львовск. геол. об-ва при ун-те, № 11, 1957.
- Ткаченко Б. В., Михайлов А. Ф., Тест Б. И. Геология и полезные ископаемые центральной части Тунгусского бассейна. — Труды ГГУ Севморпути, т. 11, 1941.
- Четвериков С., Фиолетова А. Селадонит из Коктебеля (Крым). — Докл. АН СССР, т. II, № 3—4, 1935.
- Чухров Ф. В. Коллоиды в земной коре. М., 1955.



- Faust G. T. Thermal analysis and X-ray studies of griffithite. — J. Wash. Acad. Sci., 45, N 3, 66—70, 1955.
- Konta J., Sindelar J. Saponit z puklinovych vyplni caslavskych amfibolitu. — Univ. Carolina Geol., 1, N 2, 177—186, 1955.
- Larsen E. S., Steiger G. Dehydration and optical studies of alunogen, nontronite and griffithite. — Amer. Jour. Sci., (5), 25, 1—19, 1928.
- Larsen E. S., Steiger G. Griffithite a new member of chlorite group. — J. Wash. Acad. Sci., 7, 11—12, 1917.
- Mackenzie R. C. Saponite from Allt Ribhein, Fiskavaig Bay, Skye. — Mineral. Mag., 31, 239, 672—680, 1957.
- Miyamoto N. Iron-rich saponite from Mazé, Niigata Prefecture, Japan. — Miner. J., 2, N 3, 193—195, 1957.
- Noll W. Ueber die Bildungsbedingungen von Kaolin, Montmorillonite, Sericit, Pyrophyllit und Analcim. — Min. petr. Mitt., 48, 210—247, 1936.
- Ross C. S. Review of the relationships in the montmorillonite group of clay minerals. Clay and clay minerals. London — Oxford. — New York — Paris, 225—229, 1960.
- Sudo T. On some low temperature hydrous silicates found in Japan. — Bull. Chem. Soc. Japan, 18, 281—329, 1943.
- Sudo T., Ota S. An iron-rich variety of montmorillonite found in «Oya-ash». — J. Geol. Soc. Japan, 58, 487—491, 1952.
- Sudo T. Iron-rich saponite found from tertiary Iron Sand Beds of Japan, (Reexamination on «hembergite»). J. Geol. Soc. Japan, 60, N 700, 1954.