

73171

2-4

7·4, 6·3 РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ,
ПЕТРОГРАФИИ, МИНЕРАЛОГИИ И ГЕОХИМИИ

МИНЕРАЛЫ

СПРАВОЧНИК

ТОМ IV

Выпуск 3

СИЛИКАТЫ
ДОПОЛНЕНИЯ К ТОМАМ III и IV

7219365



МОСКВА "НАУКА"
1996

ББК 26.303

М 62

УДК 549.6



Издание осуществлено при поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований
по проекту 95-05-164816

Главный редактор
член-корреспондент РАН Г.Б. БОКИЙ

Ответственные редакторы

СТРАГЛЕНИЕ

доктор геолого-минералогических наук Н.Н. МОЗГОВА

кандидат геолого-минералогических наук М.Н. СОКОЛОВА

Рецензенты

доктор геолого-минералогических наук М.И. НОВГОРОДОВА

доктор геолого-минералогических наук М.Д. ДОРФМАН

Минералы: Справочник. Т. IV, вып. 3. Силикаты. Дополнения к томам III и IV. – М.: Наука, 1996. – 426 с.
ISBN 5-02-003649-8

Выпуск содержит дополнения к опубликованным томам, посвященным силикатам с одиночными и сдвоенными кремнекислородными тетраэдрами (т. III, вып. I, 1972), с изолированными некольцевыми группами, кольцами, цепочками (т. III, вып. 2, 1981), лентами (т. III, вып. 3, 1981) и слоями Si-O-тетраэдров (т. IV, вып. I и 2, 1992). Охарактеризованы новые силикаты. приведены новые структурные данные для ранее описанных.

Для минералогов, петрографов, геохимиков и других специалистов, занимающихся изучением минерального сырья.

Ил. 116. Библиогр.: 733 назв.

Minerals: Handbook. Vol. III, pt 3. Silicates. Additions to vol. III and IV. – M.: Nauka, 1996. – 426 p.

ISBN 5-02-003649-8

This part contains additions to the published volumes, devoted to silicates with single and double silica-oxygen tetrahedra (vol. III, pt 1, 1972), isolated nonrings groups, rings, chains (vol. III, pt 2, 1981), bands (vol. III, pt 3, 1981) and layers of Si-O tetrahedra (vol. IV, pts 1 and 2, 1992). New silicates are characterized and new structural data are given for silicates described earlier.

For mineralogists, petrologists, geochemists and the other specialists dealing with minerals raw materials.

Fig. 116. Ref. 733.

М 1804020200-075 108-96, II полугодие
042(02)-96

ББК 26.303

ISBN 5-02-003649-8

© Коллектив авторов, 1996

© Издательство "Наука", оформление, 1996

© Российская академия наук, 1996

ПРЕДИСЛОВИЕ

Со времени создания первых томов справочника "Минералы", посвященных силикатам, прошло более 20 лет. В мировой литературе появилось много нового материала. Поэтому параллельно с работой над продолжением издания (т. V "Каркасные силикаты") подготовлен специальный выпуск с дополнениями к опубликованным томам. Выпуск содержит характеристику новых силикатов (195 минералов) и ранее описанных силикатов с уточненной структурой (15 минералов, в тексте отмечены звездочкой). Минералы относятся к силикатам с одиночными и сдвоенными кремнекислородными тетраэдрами (дополнение к т. III, вып. 1, 1972), с изолированными некольцевыми группами, кольцами и цепочками кремнекислородных тетраэдров (к т. III, вып. 2, 1981), с лентами кремнекислородных тетраэдров (к т. III, вып. 3, 1981) и слоистым силикатам (к т. IV, вып. 1 и 2, 1992).

Первые работы по структурным мотивам силикатных минералов проводились У. Л. Брэггом в 1926–1931 гг. Начало классификации силикатов положил Ф. Махачки (1928 г.), предложивший делить их на четыре части: 1) нольмерные – с изолированными группами кремнекислородных тетраэдров; 2) одномерные – с кремнекислородными радикалами, образующими бесконечные в одном направлении цепи или ленты; 3) двухмерные – с бесконечными слоями; 4) трехмерные – каркасные с объемной связью кремнекислородных радикалов.

После работ Ф. Махачки и У.Л. Брэгга классификацией силикатов занимались многие авторы. Ссылки на них имеются в следующих работах:

Бокий Г.Б. Классификация минералов – силикатов // Зап. ВМО. 1985. Ч. 114, вып. 5. С. 528–539.

Liebau F. Structural chemistry of silicates. B.: Springer Verlag, 1985. 347 р.

Пуцаровский Д.Ю. Структурная минералогия силикатов и их синтетических аналогов. М.: Недра, 1986. 160 с.

В этих работах признается необходимость более дробного разделения класса силикатов, каждую часть в классификации Ф. Махачки предлагается делить по крайней мере на две. Полученные в результате разделы можно назвать подклассами. Следует подчеркнуть, что подкласс – это первый таксон в классификации силикатов, требующий знания структуры.

На принадлежность силиката к определенному подклассу в данном выпуске прежде всего указывает кремнекислородный мотив, заключенный в квадратные скобки в формуле, приводимой в начале описания минерала. Этот мотив характеризуется конкретным отношением Si:O (точнее T:O, где T – Si и изоморфно замещающие его элементы-имитаторы, главным образом Al, реже В, Be, Fe³⁺). Кремнекислородные радикалы выделены в формулах во всех случаях, включая те, где в авторских публикациях приведены формулы в общем виде.

В химических формулах катионы обычно расположены в порядке убывания катионного радиуса. Изоморфные элементы (или группы), занимающие одну позицию в структуре, заключены в скобки, в которых располагаются слева направо в порядке убывания их количества.

В случае силикатов, в структуре которых имеются два разных кремнекислородных радикала, принято следующее условие: минерал относится к конкретному таксону по более сложному радикалу, который указывается в формуле на первом месте. Описание подобных минералов с двумя радикалами (например, деллайт) в соответствующем подразделении дано после характеристики силикатов с одиночным радикалом.

Подклассы в ранее опубликованных томах подразделяются по типам структур и затем по группам минералов. Хотя термин "группа" фигурирует практически во всех руководствах по минералогии, его четкого определения не существует. В группы объединяются минеральные виды в основном по признаку изоструктурности с учетом изоморфизма и близости составов. При описании некоторых групп в опубликованных томах иногда отмечались отступления от структурных принципов. В качестве примера можно указать группу астрофиллита, отнесенную к силикатам со сдвоенными кремнекислородными тетраэдрами (т. III, вып. 1, с. 638), в которой лишь лампрофиллит и баритолампрофиллит имеют в структуре анион $[Si_2O_7]$, а остальные минералы не отвечают этому типу структур. В астрофиллите и, очевидно, в близких к нему минералах (куплетскит, цезийкуплетскит, ниобофиллит) основу структуры составляют бесконечные цепочки $Si-O$ -тетраэдров. В связи с этим бывшую группу астрофиллита следует подразделять на две группы – лампрофиллита (диортосиликаты) и астрофиллита (цепочечные). Новые данные по структуре кильханита, описанного ранее в диортосилинатах (т. III, вып. 1, с. 658), показывают наличие двух кремнекислородных радикалов – $[Si_3O_{10}]$ и $[SiO_4]$, в связи с чем он относится по более сложному радикалу к силикатам с трехчленными группами кремнекислородных тетраэдров (см. с. 187).

Несмотря на указанную недостаточную определенность термина "группа", описания минералов в данном выпуске располагаются в основном в соответствии с ранее принятой систематикой и выделенными в предыдущих томах группами. Изменение систематики осложнило бы поиск минералов, близких к вновь опубликованным. Для полноты восприятия в известных группах минералы, описанные в опубликованных томах, перечислены перед изложением нового материала. Наряду с известными, выделено большое число новых групп, в которых новые минералы структурно (и химически) близки друг к другу или описанным ранее одиночным минералам. В первом случае группы названы по наиболее изученному минералу, во втором – по ранее известному.

Из новых структурных типов наиболее интересны структуры с дефектными мотивами из двух связанных по ребру кремнекислородных тетраэдров (риббеит, лейкофёницит, вюнцпахкит).

В отношении минералов редких земель и иттрия выполняются правила Комиссии по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической Ассоциации (КНМ ММА) (Никель, Мандарино, 1989) – в названии в скобках указывается преобладающий редкоземельный элемент или иттрий.

При подготовке данного выпуска авторы стремились к наиболее полному использованию литературного материала, включая публикации 1994 и частично 1995 г.

Работа подготовлена при финансовой поддержке Российского Фонда фундаментальных исследований (проект 93-05-14592а).

Авторы выпуска:

Б.Е. Боруцкий – введение к группе эвдиалита, ликеит, феррисурит.

И.В. Витовская – андромейерит, герстманнит, джунитоит, квейтит, коликит, магнезиохлоритоид, моцартит, оттрелит, салиотит, шанталит.

З.В. Врублевская – новые структурные данные для ранее описанных минералов: ганомалит, килхоанит, назонит, рустумит, суринамит, сянхуалинит, таленит, ферманит.

Н.И. Забавникова – введение к группам ломоносовита, эпидота; баратовит, вуннит, гидроастрофиллит, калий-фтор-рихтерит, диссакисит, долласеит, катаямалит, клинофосинант, медаит, нагасималит, параумбит, пурпурит, сверигеит, стронциопьемонтит, сузукиит, тирагаллоит, титантарамеллит, умбит, фосинант, христовит, чайесит, эйфелит, янхаугит.

Н.И. Зардиашвили – вердингит, карлостуранит, корнит, деллаит, хенномартинит.

П.М. Карташов – хинганит-(Ce), хинганит-(Y) (при участии М.Н. Соколовой).

В.И. Кудряшова – акатореит, баланджероит, боромусковит, джасмундит, джервисит, джерриджибсит, донпикорит, ершовит, клинотоберморит, луницзяньлит, магнезиосаданагит, мангангумит, намансилит, наньпинит, наталиит, небёйт, норришит, оелит, орлиманит, питданнит, риббейт, саданагаит, свамбоит, танеямалит, тунгусит, урсинит, циркофиллит, эссенеит.

Л.И. Мурзова – бельковит, бурпалит, имандрит, келдышит, кулиокит-(Y), ифтисит-(Y), натронамбулит, паракелдышит, траскит, хибинскит, хинганит-(Yb), чкаловит.

И.В. Островская – кванфьелдит, киллалаит, омилит, пеллиит, райнхардбраунсит, элленбергерит.

В.Н. Смольянинова – багдадит, барироортоджоакинит, белоруссит-(Ce), канонаит, макфаллит, оленит, ориентит, охотскит, повондрейт, пумпеллит-(Mn²⁺), руцинит, санероит, страховит, стронциоджоакинит, тайканит, ферувит, фойтит, франклинифилит, холтиит, хромдравит, шуйскит.

Н.Н. Смольянинова – введение к группе куспицина (при участии З.В. Шлюковой), амсталлит, вертумнит, вюаньятит, джорджчаоит, йортдалит, каскандит, лайхунит, либенбергит, литиомарстурит, сантаклараит, стисиит, стронциочевкинит, стрингхамит, францисканит, штрётлингит, эканит, эребруйт.

М.Н. Соколова – аллуайвит, алтисит, ванадомалаяит, зорит, кумбсит, маттхеддлеит, мегациклит, нафертицит, параспёррит, уикенбергит, фторрихтерит, хейтманит, эдгарбейлиит; совместно с Т.С. Ходашовой – джонниесит, зорит, либауит, пенквилксит, эффенбергерит.

Т.Ю. Успенская – вюонцпаххит (при участии Т.С. Ходашовой), гидроксиллестадит, крайслит, ситинакит, флюорэллестадит, харрисонит, хлорэллестадит.

Т.С. Ходашова – новые структурные данные для ранее описанных минералов: ревдит, сонолит.

З.В. Шлюкова – введение к группе энгматита (при участии Т.С. Ходашовой), гафон, гиалотекит, гиттинсит, джаффрейт, доррит, кальциоилерит, катоит, кейвиит-(Yb), кейвиит-(Y), комковит, костылевит, кукисумит, къявенит, линтисит, макарочкинит, минасжерайсит-(Y), накарениобсит-(Ce), натисит, паранатисит, петарасит, сазыкинант-(Y), синсаит, токкоит, уилкинсонит, уэдслиит.

В научном редактировании описания структур минералов принимали участие З.В. Врублевская и Т.С. Ходашова. Библиографические материалы подготовлены Н.С. Кулиш. В подготовке рукописи к печати участвовали Н.С. Кулиш, Н.А. Панкина, В.А. Юдинцева, А.В. Ефимов.

При составлении выпуска принимались во внимание обзоры по новым минералам в Записках Всесоюзного минералогического общества Э.М. Бонштедт-Куплетской (до 1974 г.), Т.А. Яковлевской (1975–1977 гг.), В.И. Кудряшовой (с 1978 г.; 1988–1992 гг. совместно с И.В. Рождественской).

Как и в ранее опубликованных выпусках "Минералов", не повторяются ссылки на следующие работы (ссылки на них даны в тексте в скобках):

Белов Н.В. Очерки по структурной минералогии. М.: Недра, 1976. 344 с.

Либау Ф. Структурная химия силикатов. М.: Мир, 1988. 405 с. Пер. с англ. яз.: *Libau F.* Structural chemistry of silicates. B.: Springer Verlag, 1985. 347 p.

Никель Е.Х., Мандарино Д.А. Порядок рассмотрения материалов, представленных в Комиссию по новым минералам и названиям новых минералов при Международной минералогической ассоциации и некоторые вопросы минералогической номенклатуры // Минерал. журн. 1989. Т. 11, № 1. С. 51. Пер. с англ. яз.: *Nikel E.H., Mandarino J.A.* // Canad. Miner. 1987. Vol. 25, pt 2. P. 253.

Семенов Е.И. Систематика минералов: Справочник. М.: Недра, 1991. 334 с.

Флейшер М. Словарь минеральных видов. М.: Мир, 1990. 204 с. Пер. с англ. яз.: *Fleischer M.* Grossary of Mineral Species. Tucson: Miner. Rec. Inc., 1987. 192 p.

Clark A.M. Hey's mineral index: Mineral species, varieties and synonyms. L., 1993. 852 p.

Fleischer M., Mandarino J.A. Grossary of Mineral Species. Tucson: Miner. Rec. Inc., 1995. 280 p.

Leake B.E. Nomenclature of Amphiboles // Amer. Miner. 1978. Vol. 63, № 11/12. P. 1023–1052.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

a, b, c – кристаллографические оси
 a_0, b_0, c_0 – параметры элементарной ячейки
 a_{rh} – ребро ромбоэдрической ячейки
 a_h, c_h – параметры гексагональной ячейки тригональных минералов
 α, β, γ – углы между кристаллографическими осями
 P, m – плоскости симметрии в разных обозначениях
 C – центр симметрии
 (hkl) – простые формы и грани кристаллов
 $[hkl]$ – ребра кристаллов и зоны
 Z – число формульных единиц в элементарной ячейке
 Ng, Nm, Np – оси индикатрисы двуосных минералов
 Ne, No – оси индикатрисы одноосных минералов
 n_g, n_m, n_p – показатели преломления двуосных минералов
 n_e, n_o – показатели преломления одноосных минералов
 n – показатели преломления кубических кристаллов
 $2V$ – угол оптических осей
 V – объем элементарной ячейки
 r, u – соответственно красный и синий свет (при дисперсии)
 Rg, Rm, Rp – показатели отражения двуосных минералов
 Ro, Re – показатели отражения одноосных минералов
Анал. – аналитик
Бл. – блеск
Вычисл. – вычисленный
Гексаг.с. – гексагональная сингония (система)
Диагн. исп. – диагностические испытания (название раздела)
Изл. – излом
Изм. – изменение (название раздела)
ИК – инфракрасный

Искусств. – искусственный, искусственное получение (название раздела)
К.ч. – координационное число
Кл. – класс
Конц. – концентрированная
Коэф. – коэффициент
Куб.с. – кубическая сингония (система)
Микр. – микроскопическая характеристика (название раздела)
Микрозонд. – электронно-микрозондовый анализ (рентгеноспектральный микроанализ на основе волновой дисперсии)
Монокл.с. – моноклинная сингония (система)
Нахожд. – нахождение (название раздела)
Не обн. – не обнаружено
Н.о. – нерастворимый остаток
Октаэдр. – октаэдрический
Опт. – оптика, оптический
Отл. – отличие (название раздела)
Отраж. – отраженный, отражение
Плавл. – плавление
Пл. опт. осей – плоскость оптических осей
Повед. при нагр. – поведение при нагревании (название раздела)
П.п. – потеря при прокаливании
П.п.тр. – перед паяльной трубкой
Практ. знач. – практическое значение (название раздела)
Пр.гр. – пространственная группа
Разб. – разбавленный
Разнов. – разновидность (название раздела)
Ромб.с. – ромбическая сингония (система)
Синон. – синонимы (название раздела)
Сл. – следы
Сп. – спайность
Структ. и морф.крист. – структура и морфология кристаллов (название раздела)
Тв. – твердость
Теор. – теоретический
Тетраг.с. – тетрагональная сингония (система)

Тетраэдр. – тетраэдрический	Форм. ед. – формульная единица
Триг.с. – тригональная сингония (система)	Характ. выдел. – характер выделений (название раздела)
Трикл.с. – триклининая сингония (система)	Хим. – химизм, химический состав (название раздела)
Уд.в. – удельный вес	Цв. – цвет
Физ. св. – физические свойства (название раздела)	Шт. – штат

СИЛИКАТЫ С ОДИНОЧНЫМИ КРЕМНЕКИСЛОРОДНЫМИ ТЕТРАЭДРАМИ

А. БЕЗ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ АНИОНОВ

Структура типа шпинели

Уэдслинит $\beta\text{-}(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_2[\text{SiO}_4]$

Структура типа граната

Группа гидрогранатов

Катоит $\text{Ca}_3\text{Al}_2[(\text{SiO}_4)_{3-x}(\text{OH})_{4x}]$ ($x = 1, 5-3$)

Структура типа циркона

Группа циркона

Гафнон $(\text{Hf}, \text{Zr})[\text{SiO}_4]$

Структура типа фенакита

Группа фенакита

Синсаит $(\text{Zn}, \text{Co})_2[\text{SiO}_4]$

Структура типа оливина

Группа оливина

Лайхунит $\text{Fe}^{2+}\text{Fe}_2^{3+}[\text{SiO}_4]_2$

Либенбергит $(\text{Ni}, \text{Mg})_2[\text{SiO}_4]$

Структура типа стрингхамита

Стрингхамит $\text{CaCu}[\text{SiO}_4] \cdot \text{H}_2\text{O}$

Структура типа уранофана

Группа уранофана

Свамбоит $\text{U}^{6+}\text{H}_6[(\text{UO}_2)(\text{SiO}_4)]_6 \cdot 30\text{H}_2\text{O}$

Урсинит $(\text{Co}, \text{Mg}, \text{Ni})(\text{H}_3\text{O})_2[(\text{UO}_2)(\text{SiO}_4)]_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

Б. С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМИ АНИОНАМИ

Структура типа дюмортьерита

Группа дюмортьерита

Холтит $\text{Al}_6(\text{Ta}, \text{Sb})_3(\text{Si}, \text{As})\text{O}_4)_3(\text{BO}_3)_3(\text{O}, \text{OH})_3$

Структура типа тундрита

Тундрит-(Ce) $\text{Na}_3(\text{Ce}, \text{La})_4(\text{Ti}, \text{Nb})_2(\text{SiO}_4)_2(\text{CO}_3)_3\text{O}_4(\text{OH}) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Тундрит-(Nd) $\text{Na}_3(\text{Nd}, \text{La})_4(\text{Ti}, \text{Nb})_2(\text{SiO}_4)_2(\text{CO}_3)_3\text{O}_4(\text{OH}) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Структура типа спёrrита

Группа спёrrита

Параспёrrит $\text{Ca}_5[\text{SiO}_4]_2\text{CO}_3$

*Структура типа харрисонита*Харрисонит $\text{Ca}(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg})_6[\text{SiO}_4]_2(\text{PO}_4)_2$ *Структура типа коликита*Коликит $\text{Mn}_7\text{Zn}_4[\text{SiO}_4]_2(\text{AsO}_4)_2(\text{OH})_8$ *Структура типа крайслита*Крайслит $\text{Fe}_2^{3+}\text{Mg}_4\text{Mn}_{44}\text{Zn}_6[\text{SiO}_4]_{12}(\text{AsO}_3)_4(\text{AsO}_4)_6(\text{OH})_{36}$ *Структура типа титанита*

Группа титанита

Ванадомалаяит $\text{CaV}[\text{SiO}_4]\text{O}$ *Структура типа кианита*

Группа кианита

Канонанит $(\text{Mn}^{3+}\text{Al})\text{Al}[\text{SiO}_4]\text{O}$ *Структура типа натисита*

Группа натисита

Натисит $\text{Na}_2\text{Ti}[\text{SiO}_4]\text{O}$ Паранатисит $\text{Na}_2\text{Ti}[\text{SiO}_4]\text{O}$ *Структура типа ифтициита*Ифтициит-(Y) $(\text{Y}, \text{TR})_4\text{Ti}[\text{SiO}_4]_2\text{O}(\text{F}, \text{OH})_6$ *Структура типа джасмундита*Джасмундит $\text{Ca}_{11}[\text{SiO}_4]_4\text{O}_2\text{S}$ *Структура типа апатита*

Группа эллестадита

Флюорэллестадит $\text{Ca}_{10}[\text{SiO}_4]_3(\text{SO}_4)_3\text{F}_2$ Гидроксиллестадит $\text{Ca}_{10}[\text{SiO}_4]_3(\text{SO}_4)_3(\text{OH}, \text{Cl}, \text{F})_2$ Хлорэллестадит $\text{Ca}_{10}[\text{SiO}_4]_3(\text{SO}_4)_3(\text{Cl}, \text{OH}, \text{F})_2$ Маттхеддлент $\text{Pb}_{20}[\text{SiO}_4]_7(\text{SO}_4)_4\text{Cl}_4$ *Структура типа датолита*

Группа датолита

Минасхерайцит-(Y) $\text{Y}_2\text{CaBe}_2[\text{SiO}_4]_2\text{O}_2$ Хинганит-(Ce) $(\text{Ce}, \text{Y}, \text{Nd})(\square, \text{Fe}^{2+})\text{Be}_2[\text{SiO}_4]_2(\text{O}, \text{OH})_2$ Хинганит-(Yb) $(\text{Yb}, \text{Y})_2\text{Be}_2[\text{SiO}_4]_2(\text{OH})_2$ Хинганит-(Y) $(\text{Y}, \text{Yb}, \text{Er})_2\text{Be}_2[\text{SiO}_4]_2(\text{OH})_2$ *Структура типа хлоритоида*

Группа хлоритоида

Хлоритоид $(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg})_2\text{Al}_4[\text{SiO}_4]_2\text{O}_2(\text{OH})_4$ Магнезиохлоритоид $(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_2\text{Al}_4[\text{SiO}_4]_2\text{O}_2(\text{OH})_4$ Оттрелит $(\text{Mn}^{2+}, \text{Fe}^{2+}, \text{Mg})_2\text{Al}_4[\text{SiO}_4]_2\text{O}_2(\text{OH})_4$ *Структура типа велиниита*

Группа велиниита

Францисканит $\text{Mg}_3^{2+}(\text{V}_x\square_{1-x})[\text{SiO}_4](\text{O}, \text{OH})_3 (x=0,5)$ Эребруйт $\text{Mn}_3^{2+}(\text{Sb}^{5+}, \text{Fe}^{3+})[\text{SiO}_4](\text{O}, \text{OH})_3$ *Структура типа гумита*

Группа гумита

Манганигумит $(\text{Mn}, \text{Mg})_7[\text{SiO}_4]_3(\text{OH})_2$ Джерриджиббсит $\text{Mn}_9[\text{SiO}_4]_4(\text{OH})_2$ Райнхардбраунсит $\text{Ca}_5[\text{SiO}_4]_2(\text{OH}, \text{F})_2$ Сонолит^{*} $\text{Mn}_9[\text{SiO}_4](\text{OH})_2$

*Структура типа вюаньятита**Группа вюаньятита*Вюаньятит $\text{CaAl}[\text{SiO}_4](\text{OH})$ Моцартит $\text{CaMn}^{3+}[\text{SiO}_4](\text{OH})$ *Структура типа шанталита*Шанталит $\text{CaAl}_2[\text{SiO}_4](\text{OH})_4$ *Структура типа элленбергерита*

Элленбергерит

 $(\text{Mg}, \text{Ti}, \text{Zr}, \square)_2 \text{Mg}_6(\text{Al}, \text{Mg})_6[\text{SiO}_4]_6[(\text{Si}, \text{P})\text{O}_2(\text{OH})_2]_2(\text{OH})_6$ *Структура типа полдерваартита*Полдерваартит $\text{Ca}(\text{Ca}_{0,5}\text{Mn}_{0,5})[\text{SiO}_3\text{OH}](\text{OH})$ *Структура типа герстманнита*Герстманнит $\text{MnMgZn}[\text{SiO}_4](\text{OH})_2$ *Структура типа сверигеита*Сверигеит $\text{Na}(\text{Mg}, \text{Mn}^{2+})_2\text{SnBe}_2[\text{SiO}_4]_3(\text{OH})$ *Структура типа кулиокита-(Y)*Кулиокит-(Y) $\text{Y}_4\text{Al}[\text{SiO}_4]_2(\text{OH})_2\text{F}_5$ *Структура типа сянхуалинита*Сянхуалинит^{*} $\text{Li}_2\text{Ca}_3\text{Be}_3[\text{SiO}_4]_3\text{F}_2$ *Структура типа ситинакита*Ситинакит $\text{Na}_2\text{KTi}_4[\text{SiO}_4]_2\text{O}_5(\text{OH}) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ **A. БЕЗ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ АНИОНОВ****С Т Р У К Т У Р А Т И ПА Ш ПИНЕЛИ**

Ранее со структурой этого типа был описан рингвудит $(\text{Mg}, \text{Fe})_2[\text{SiO}_4]$, диморф оливина (т. III, вып. 1, с. 13). Структура уэдслиита промежуточная между структурой рингвудита и оливина.

	Сингония	a_0	b_0	c_0	Уд.в.
Уэдслийт β - $(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_2[\text{SiO}_4]$	Ромб.	5,70	11,71	8,24	3,84

Уэдслийт Wadsleyite β - $(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_2[\text{SiO}_4]$

Назван в память о кристаллографе А.Д. Уэдсли [1]. К уэдслииту относят члены серии твердых растворов $\text{Mg}_2\text{SiO}_4 - \text{Fe}_2\text{SiO}_4$ со структурой β -фазы при $\text{Mg} > \text{Fe}$ [1]. Полиморфен с форстеритом и рингвудитом.

Характ. выдел. Мельчайшие зерна (не более 5 мкм) и их агрегаты (до 0,5 мм).

Структ. и морф. крист. Ромб. с. $D_{2h}^{28} - Imma$. $a_0 = 5,70$, $b_0 = 11,71$, $c_0 = 8,24\text{\AA}$; $a_0:b_0:c_0 = 0,4867:1:0,7035$; $Z = 8$ [1]. Для синтетической фазы β - $(\text{Mg}_{1,80}\text{Fe}_{0,20})_2\text{SiO}_4$: $a_0 = 5,7107$, $b_0 = 11,4467$, $c_0 = 8,2778 \text{\AA}$; $a_0:b_0:c_0 = 0,4989:1:0,7291$; a_0 , b_0 и c_0 линейно увеличиваются от 5,6984, 11,4380 и 8,2566 \AA для β - Mg_2SiO_4 до 5,7216 11,4823 и 8,2879 \AA для β - $(\text{Mg}_{1,4}\text{Fe}_{0,60})_2\text{SiO}_4$ [2].

Синтетическая фаза $\beta\text{-}(\text{Mg}_{1,80}\text{Fe}_{0,20})_2[\text{SiO}_4]$ имеет структуру шпинели, в которой Si-тетраэдры и катионные полиэдры искажены в разной степени. Fe и Mg частично упорядоченно распределены по октаэдрическим позициям: Fe только в M(1) и M(2), а Mg полностью заселяет M(2). Имеются три кристаллографически независимых незаселенных октаэдра и шесть тетраэдров [2].

Средние межатомные расстояния (в Å): в Si_2O_7 -группах $\text{Si}-\text{O} = 1,646$, $\text{O}-\text{O} = 2,69$; в MO_6 -октаэдрах $\text{M}(1)-\text{O} = 2,083$, $\text{O}-\text{O} = 2,925$, $\text{M}(2)-\text{O} = 2,085$, $\text{O}-\text{O} = 2,944$; $\text{M}(3)-\text{O} = 2,098$, $\text{O}-\text{O} = 2,968$ [2].

Физ. св. Уд. в. 3,84 (вычисл.). Цв. микроагрегатов светло-бурый. Прозрачен [1].

Микр. Анизотропный. Слабо двупреломляет, $n_{\text{ср}} = 1,76$, $n_{\text{вычисл}} = 1,77$ [1].

Хим. Теор. состав для формулы $(\text{Mg}_{1,5}\text{Fe}_{0,5})_2\text{SiO}_4$: $\text{MgO} - 39,42$; $\text{FeO} - 22,68$; $\text{SiO}_2 - 37,91$.

Анализ (микрозонд.) [1]: $\text{MgO} - 38,21$; $\text{CaO} - 0,07$; $\text{FeO} - 22,37$; $\text{MnO} - 0,48$; $\text{NiO} - 0,11$; $\text{ZnO} - 0,10$; $\text{SiO}_2 - 38,67$; сумма 100,02.

Нахожд. Обнаружен в сульфидных прожилках в перекристаллизованном гиперстен-оливиновом хондрите в метеорите Пис Ривер (Альберта, Канада), где образовался по оливину вместе с рингвудитом. Ассоциирует с плагиоклазом, ортопироксеном, железо-никелевыми сплавами и троилитом. Плагиоклаз частично превращен в маскелинит, ортопироксен – в меджорит. Образовался предположительно под действием сверхдавления во время внеземного ударного процесса [1]. Полагают, что уэдслиит – наиболее распространенный минерал в верхней мантии Земли на глубине 400–500 км [2].

Искусств. Синтезированы монокристаллы уэдслиита $(\text{Mg}_{1,80}\text{Fe}_{0,20})_2[\text{SiO}_4]$ (размером до 500 мкм) из смеси искусственных форстерита и фаялита при 18–20 ГПа и 1800°. Продолжительность опыта 30 мин [2]. При синтезе β -фаз с разными отношениями $\text{Fe}/(\text{Mg} + \text{Fe})$ (от 0,00 до 0,25) чисто магнезиальная фаза получается при 16 ГПа и 1400°, а железосодержащие – при 1800°. Замещение железом 1/4 атомов Mg незначительно влияет на сжимаемость уэдслиита, объемные модули сжатия согласуются в пределах 3% для 164 ГПа [3]. Средний изотермический объемный модуль сжатия – 171,0 ГПа [4].

Межплоскостные расстояния уэдслиита из метеорита [1]

CuK_{α} -излучение, $D = 114,6$ мм

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
112	20	3,195	240	80	2,038
040	50	2,886	143	15	1,872
013	40	2,691	204	20	1,670
211	30	2,637	303	30	1,567
220	15	2,583	341	30	1,552
141	100	2,452	244	80	1,442

Л и т е р а т у р а

- Price G D., Putnis A., Agrell S.O., Smith G.W. // Canad. Miner. 1983. Vol. 21, N 1. P. 29.
- Sawamoto H., Horiuchi H. // Phys. Chem. Miner. 1990. Vol. 17, N 4. P. 293.
- Hazen R., Zhang J., Ko J. // Ibid. N 5. P. 416.
- Jeanloz R., Hazen R. // Amer. Miner. 1991. Vol. 76, N 9/10. P.1765.

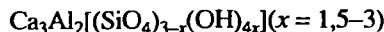
СТРУКТУРА ТИПА ГРАНАТА

ГРУППА ГИДРОГРАНАТОВ

Группа включает силикаты со структурой типа граната, в которых тетраэдры $[\text{SiO}_4]$ частично замещены группами $(\text{OH})_4$. Ранее в группе описаны: гидрогроссуляр, гибшит, гидроуграндит и анрите́рмье́рит (т. III, вып. 1, с. 85); название "гидроуграндит" дискредитировано (Никель, Мандарино, 1989).

	Сингония	a_0	Уд.в.
Катоит $\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_{3-x}(\text{OH})_{4x}$ ($x = 1,5-3$)	Куб.	12,358	2,73

Катоит Katoite

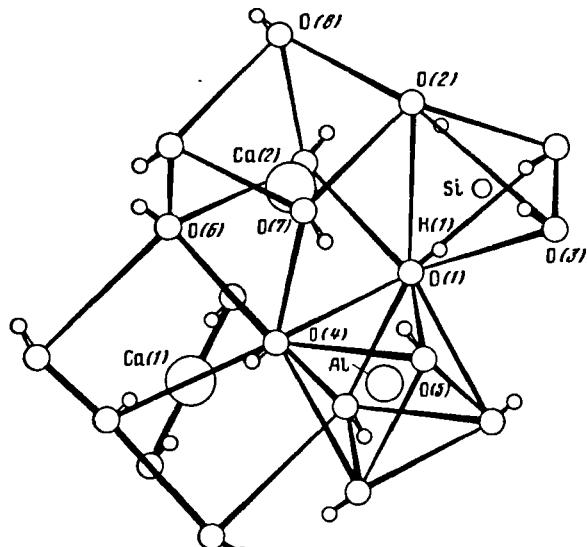


Назван в честь японского минералога Акира Като [1]. Близок к конечному члену изоморфного ряда $\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$ (гроссуляр) – $\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{OH})_{12}$ (искусственная фаза) с содержанием 27% гроссуляровой молекулы. КНМ MMA утвердила два названия для гидратированных разностей этого ряда: "гибшит" (более 50% Gr) и "катоит" (менее 50% Gr); "гидрогроссуляр" предложено использовать в качестве общего названия для гидратированных членов этого ряда [1].

Характ. выдел. Микрокристаллы (до 0,3 мм) и их скопления в виде тонких корок и опалесцирующих каемок.

Структ. и морф. крист. Куб.с. $O_h^{10} - Ia3d$. $a = 12,358 \text{ \AA}$ [1], после уточнения $a_0 = 12,38 \text{ \AA}$ [2]; $V = 1897 \text{ \AA}^3$; $Z = 8$. Для дейтерированных искусственных $\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)\text{O}_4\text{D}_4$ (метод нейтронографии) $a_0 = 12,0 \text{ \AA}$ при 300 К, а для $\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{O}_4\text{D}_4)$ $a_0 = 12,5389, 12,5530$ и $12,5695 \text{ \AA}$ при 100, 200 и 300 К соответственно [3, 4].

Обладает структурой гроссуляра, в которой около 80% SiO_4 -тетраэдров замещается на 4ОН (фиг. 1) [2]. С изоморфным замещением $\text{SiO}_4^{4-} \rightarrow 4\text{OH}^-$ в катоите (1)



Фиг. 1. Фрагмент структуры катоита, показывающий конфигурацию полизэдротов и положение атомов H (по Сакер-дотти и Пассаглиа)

связано изменение длин связей в полиэдрах по сравнению с таковыми в гибшите (2) и гроссуляре (3):

	1	2	3
В тетраэдрах			
Si—O	1,892	1,775	1,645
O (1)—O (2)	2,969	2,775	2,567
O (1)—O (3)	3,147	2,957	2,745
В октаэдрах			
Al—O	1,902	1,927	1,924
O (1)—O (4)	2,607	2,701	2,756
O (1)—O (5)	2,769	2,750	2,686
В додекаэдрах			
Ca (1)—O (4)	2,429	2,383	2,319
Ca (2)—O (4)	2,497	2,503	2,490
O (1)—O (2)	2,969	2,775	2,567
O (1)—O (4)	2,607	2,701	2,756
O (1)—O (6)	3,973	3,987	3,967
O (1)—O (7)	3,669	3,573	3,450
O (1)—O (8)	4,364	4,319	4,241
O (4)—O (6)	3,037	3,011	2,973
O (4)—O (7)	2,977	2,931	2,866
O (7)—O (8)	4,030	4,092	4,121
O—H	0,68	0,928	—
Содержание H ₂ O (в мас.%)	20,80	10,71	0,00

На основании анализа длин связей предполагается [2], что степень гидратации природных гранатов зависит от содержания Ca в додекаэдрических позициях.

Кристаллы округлые, октаэдрического облика [1].

Физ. св. Уд. в. 2,73 (вычисл.). Цв. молочно-белый. По сравнению с ИК-спектром гроссуляра полосы поглощения в области 550–1250 см⁻¹, отвечающие валентным связям Si—O, значительно слабее и размыты, дополнительна проявлена полоса 1100 см⁻¹, а полоса 618 см⁻¹ отсутствует. Валентным колебаниям связи O—H в группировке O₄H₄ отвечает четкая полоса поглощения 3650 см⁻¹. Конфигурация спектра в этой области почти идентична таковой бескремниевой искусственной фазы [1]. Коэф. объемного сжатия искусственного катоита $K'_0 = 6,1 \pm 1,5$ ГПа [5].

Микр. Бесцветный. Изотропный. $N = 1,632$ (очень слабое двупреломление).

Хим. Теор. состав для идеализированной формулы Ca₃Al₂SiO₄(OH)₈: CaO – 33,36; Al₂O₃ – 40,43; SiO₂ – 11,92; H₂O – 14,29. Анализ (микрозонд.): CaO – 42,27; MgO – 0,07; SiO₂ – 10,58; Al₂O₃ – 24,01; SO₃ – 2,27; H₂O – 20,80 (определенна по термограмме); сумма 100,00. Предполагается, что сера, установленная анализом, замещает кремний. На качественной спектрограмме обнаружены Fe, Cr, Ti, Mn, Sr, Ba, K и Na. Эмпирическая формула (на 12 атомов O): Ca_{2,96}(Al_{1,85}Mg_{0,01})_{1,86} × (Si_{0,69}Si_{0,11})_{0,80} · O_{2,93}(OH)_{9,07} [1].

Повед. при нагр. Дегидратация начинается с 50°, и к 270° потеря веса составляет около 7%, к 580°– 20,80%. Слабое понижение кривой нагревания в интервале 750–900° предположительно связано с улетучиванием серы в форме SO₃ [1].

Нахожд. Найден в пустотах в фонолите в верхней части лавового потока, внедрившегося сквозь аргиллитовые мергели и излившегося на их поверхность, вблизи Монтальто-ди-Кастро (область Лацио, Италия). Ассоциирует с гранатом,

волластонитом, тоберморитом, геленитом, кордиеритом, кальцитом, гипсом, апофиллитом и цеолитами. Предполагается, что кристаллизовался из гидротермальных растворов, недосыщенных кремнием при температуре около 300° и относительно высоком давлении водяного пара [1].

Отл. От других членов изоморфного ряда отличается по параметрам элементарной ячейки, уд.в. и показателю преломления.

Искусств. Действированная фаза $\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{O}_4\text{D}_4)_3$ получена при гидротермальной обработке синтетического $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6$ при 478 К и 200 бар в течение 8 дней [3], а $\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_2(\text{O}_4\text{D}_4)$ – в гидротермальных условиях из $\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{O}_4\text{D}_4)_3$ и аморфного кремнезема при 623 К и 500 бар (длительность эксперимента 2 мес) [4]. Другие способы синтеза см. в т. III, вып. 1, с. 87 и 92.

Межплоскостные расстояния природного катоита из Италии [1]

CuK α -излучение, Ni-фильтр. Дифрактометр

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
211	37	5.046	510;431	22	2,424	721	11	1,6814
220	21	4,369	521	58	2,257	642	37	1,6507
321	32	3,303	440	5	2,187	732;651	2	1,569
400	50	3,089	661;532	58	2,004	800	10	1,5457
420	100	2,763	620	5	1,956	840	8	1,4058
332	12	2,636	444	10	1,7833			
422	21	2,518	640	29	1,7134			

Литература

1. Passaglia E., Rinaldi P. // Bull. miner. 1984. Vol. 107, N 5. P. 605.
2. Sacerdoti M., Passaglia E. // Ibid. 1985. Vol. 108, N 1. P. 1.
3. Lager G A., Armbruster T., Faber J. // Amer. Miner. 1987. Vol. 72, N 7/8. P. 756.
4. Lager G.A., Armbruster T., Schultz A. // 14th Gen. Meet. Intern. Miner. Assoc., Stanford, Calif., 13–18 July, 1986: Abstr. Program. Wash. (D.C.), 1986. P. 149.
5. Olijnyk H., Paris E., Geiger C., Lager G. // J. Geophys. Res. 1991. Vol. 96, N B9. P. 14313.

СТРУКТУРА ТИПА ЦИРКОНА

ГРУППА ЦИРКОНА

Описание минералов группы – циркона, торита, коффинита, ненадкевита см. т. III, вып. 1, с. 97.

	Сингония	a_0	c_0	Уд.в.
Гафнон (Hf, Zr) $[\text{SiO}_4]$	Тетраг.	6,572	5,963	6,3

Гафнон Hafnon (Hf, Zr) $[\text{SiO}_4]$

Название по элементу [1], первоначально принятное для искусственной фазы [2].

В изоморфном ряду $\text{ZrSiO}_4 - \text{HfSiO}_4$ предложено выделять [1]:

HfSiO₄, мол. %

циркон	0–10
гафниевый циркон	10–50
циркониевый гафнон	50–90
гафнон	90–100

Характ. выдел. Микроскопические участки (пятна) в кристаллах гафнийсодержащего циркона размером от долей мм до 1 см [1].

Структ. и морф. крист. Тетраг. с. $D_{4h}^{19} - I4_1/AMD$. $a_0 = 6,5725$, $c_0 = 5,9632$ Å; $a_0:c_0 = 1:0,9072$; $V = 257,6$ Å³; $Z = 4$ для искусственного гафнона [3]. Параметры элементарной ячейки природных минералов изоморфной серии циркон–гафнон уменьшаются с возрастанием атомного отношения $100 \cdot Hf/(Zr + Hf)$ от $a_0 = 6,617$ и $c_0 = 5,999$ Å для 33 до $a_0 = 6,588$ и $c_0 = 5,973$ Å для 78 [1].

Структура искусственного гафнона идентична структуре циркона. Однако вследствие меньшего размера радиуса гафния (0,83 Å) против радиуса циркония (0,84 Å) все межатомные расстояния в структуре гафнона закономерно сжаты по сравнению с аналогичными в структуре циркона и соответствуют таковым в его структуре под давлением 29,5 кбар.

Межатомные расстояния (в Å): Si–O = 1,620; Hf–O = 2,115 и 2,260 Å [3]. Кристаллы искусственного гафнона тетраональные, дипирамидального облика [3].

Физ. св. Уд. в. гафнонсодержащего циркона (вычисл.) 6,32 и 6,48 увеличивается с повышением содержания Hf [1], синтетического гафнона 6,64 (вычисл.), 6,95–7,07 [3]. Цв. гафнонсодержащего циркона обычно оранжево-красный, реже от бесцветного до буровато-желтого. Корреляция между окраской минерала и удельным весом не установлена [1].

ИК-спектр искусственного гафнона, полученного гидротермальным способом при 700 бар и 800°, характеризуется полосами поглощения: 430, 610, 890 и 1020 см⁻¹, которые совпадают с таковыми в ИК-спектрах как природного, так и синтетического циркона [4]. В ИК-спектре гафнона, синтезированного при 2000 бар и 1200°, наблюдается небольшое смещение в области низких частот (колебание связей Zr–O и Hf–O) на 10–15 см⁻¹, что предположительно объясняется, с одной стороны, условиями синтеза, не соответствующими природным процессам, а с другой – свидетельствует об увеличении прочности связи Hf–O [5].

Хим. Теор. состав: HfO₂ – 77,79; SiO₂ – 22,21.

Анализ (микрозонд., анализировались участки с максимальным содержанием Hf в двух гафнийсодержащих кристаллах циркона из Муиане; анал. Сивола):

SiO ₂	HfO ₂	ZrO ₂	Сумма	HfSiO ₄	ZrSiO ₄	SiO ₂	Уд.в. (вычисл.)
28,32	69,78	3,28	101,38	88,48	4,81	6,71	6,32
27,20	72,52	1,21	100,93	92,36	1,78	5,86	6,48

Избыток SiO₂ в анализах связан с супермикроскопическими включениями твердого раствора SiO₂ в структуре гафнона. Типичные для циркона микропримеси U, Th, а также Mg, Al, P, Ca, Ti, Cr, V, Mn, Fe, Nb, Ba, Y, TR, Ta не установлены [1].

Нахожд. Обнаружен в гафнийсодержащем цирконе в тяжелой фракции концентратов из гранитных танталсодержащих пегматитов из месторождений Морруа, Конко, Монея и Муиане (Мозамбик). Ассоциирует с альбитом и кукеитом [1].

Отл. От циркона существенно отличается по удельному весу и параметрам элементарной ячейки.

Искусств. Впервые [2] синтезирован в 1954 г. при 1550° и атмосферном давлении из смесей HfO₂ с кварцем и аморфным SiO₂. Образуется при 1400, 1470, 1500, 1550 и 1600° и атмосферном давлении в разных количествах при одновременном нагревании каждой из трех смесей HfO₂ с α-кварцем, силикатным стеклом и аморфным SiO₂ в стехиометрических пропорциях 77,79 и 22,21 мас.% соответственно. Время опыта 18 ч. В качестве побочных фаз во всех случаях зафиксирована фаза моноклинного HfO₂, а в сплавах с α-кварцем и силикатным стеклом

при 1400, 1470, 1500° – кристобалита [6]. Синтезирован двухстадийным методом: первоначально при 1000–1300° и атмосферном давлении путем спекания в платиновом тигле смеси HfO_2 , SiO_2 и Na_2O получен силикат $\text{Na}_2\text{HfSiO}_5$, а затем из измельченного до 0,05 мм гафносиликата при гидротермальной обработке при 300° в стальном автоклаве в течение 60 ч – гафнон (для получения высокочистого гафнона рекомендуется обработку проводить в серебряном автоклаве) [7]. В гидротермальных условиях при 800° и 700 бар синтезирован из смеси $\text{HfOCl} \cdot 8\text{H}_2\text{OSiO}_2$ [4]. Кристаллизовался при сплавлении смеси HfO_2 марки ГФО-2 и безводного аморфного SiO_2 с добавлением 10%-ной HCl в платиновой ампуле при нагревании в течение 4–5 ч при 1200° и 2000 бар в оригинальной установке высокого газового давления [5].

Тетрагональные кристаллы гафнона выращены из Li_2MoO_4 сплава, в котором содержалось 0,5 мас.% $\text{HfO}_2 \cdot \text{SiO}_2$, в платиновом тигле в муфельной печи при 1000° и атмосферном давлении в течение 4 дней [3].

Межплоскостные расстояния синтетического гафнона*
CuK α -излучение. Дифрактометр

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
101	60	4,43	400	18	1,644	521	2	1,195
202	100	3,29	411	6	1,539	512	10	1,183
211	25	2,638	004	4	1,491	440	4	1,162
112	70	2,512	420	12	1,469	215	6	1,105
220	18	2,324	332	12	1,374	600	6	1,096
202	2	2,208	204	10	1,358	611	2	1,063
301	20	2,057	323	2	1,343	532	8	1,054
103	14	1,903	431; 501	6	1,283	424	8	1,047
321	18	1,743	224	8	1,255	620	6	1,039
312	55	1,705	413	4	1,243			

* ASTM. 20-467, $a_0 = 6,573$, $c_0 = 5,964 \text{ \AA}$.

Л и т е р а т у р а

1. Correia Neves J.M., Lopes Nunes J.E. // Contrib. Miner. and Petrol. 1974. Vol. 48, N 1. P. 73.
2. Curtis C.E., Doney L.M., Johnson J R H. // J. Amer. Ceram. Soc. 1954. Vol. 37, N 10. P. 458.
3. Speer J., Cooper B. // Amer. Miner. 1982. Vol. 67, N 7/8. P. 804.
4. Caruba R., Baumert A., Tureo G. // Geochim. et cosmochim. acta. 1975. Vol. 39, N 1. P. 11.
5. Поваренных А.С., Мельник Ю.П., Шабалин Б.Г. // Геол. журн. АН УССР. 1977. Т. 37, вып. 3. С. 136.
6. Salt D.J., Hornung // J. Amer. Ceram. Soc. 1967. Vol. 50. P. 549.
7. Чухланцев В.Г., Полежаев Е.М. // Тр. Урал. политехн. ин-та. 1966. Вып. 148. С. 40.

С Т Р У К Т У Р А Т И ПА Ф Е Н А К И Т А

ГРУППА ФЕНАКИТА

Группа включает фенакит, виллемит, эвкриптит, либерит и мервинит (т. III, вып. 1, с. 145). Установлена кобальтсодержащая разновидность виллемита – синсаоит – xingsaoite $(\text{Zn}, \text{Co})_2[\text{SiO}_4]$ [1].

Триг. с. $C_{3i}^2 - R\bar{3}$. $a_h = 13,9559$, $c_h = 9,3364 \text{ \AA}$; $a_h : c_h = 1 : 0,6699$; $V = 1574$, 8104 \AA^3 ; $Z = 18$.

Рентгенограмма и ИК-спектр идентичны таковым виллемита.

Микротвердость 548–681 кгс/мм². Цв. темно-сине-фиолетовый. Бл. стеклянный до жирного. В ИК-спектре полосы поглощения 973, 928, 895, 868, 677, 612, 462, 397, 389 см⁻¹.

Одноосный (+). $n_e = 1,722\text{--}1,723$, $n_o = 1,713\text{--}1,714$; $n_e - n_o = 0,009$.

Анализ (микропонд., среднее из 3): ZnO – 47,01; CoO – 25,41; SiO₂ – 27,36; сумма 99,78.

Эмпирическая формула: (Zn_{1,26}Co_{0,74})_{2,0}SiO₄.

Известен только в зоне окисления золоторудного месторождения в пров. Хунань (КНР).

Межплоскостные расстояния синкоита [1]

$D = 53,7 \text{ мм}$

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
110	4	6,978	523	2	1,6435	208	2	1,1459
300	4	4,0287	710	3	1,6009	716	3	1,1158
220	10	3,4890	006	3	1,5561	048	3	1,0887
113	10	2,8423	443	3	1,5217	508	2	1,0510
140	10	2,6374	713	8	1,4236	556	2	1,0390
330	6	2,3260	550	1	1,3956	835	1	1,0255
060	2	2,0144	633	4	1,3678	348	4	1,0063
250	2	1,9353	090	5	1,3429	229	2	0,9944
333	6	1,8631	526	2	1,2127	746	2	0,9761
603	2	1,6910	743	3	1,1626			

Л и т е р а т у р а

1. Zhen Y., Huang Z. // Acta miner. Sinica. 1989. Vol. 9, N 1. P. 33.

С Т Р У К Т У Р А Т И П А О Л И В И Н А

ГРУППА ОЛИВИНА

Ранее описаны минералы группы: форстерит, оливин, фаялит, кнебелит, тефроит, кальциооливин (т. III, вып. 1, с. 167).

	Сингония	a_0	b_0	c_0	β	Уд.в.
Лайхунит $\text{Fe}^{2+}\text{Fe}_2^{3+}[\text{SiO}_4]_2$	Монокл.	4,805	10,189	5,801	91,00°	2,92
Либенбергит $(\text{Ni}, \text{Mg})_2[\text{SiO}_4]$	Ромб.	4,727	10,191	5,955	–	4,60

Понижение симметрии лайхунита связано с появлением вакансий, возникающих при замещении в фаялите части атомов Fe^{2+} атомами Fe^{3+} .

Лайхунит Laihunite $\text{Fe}^{2+}\text{Fe}_2^{3+}[\text{SiO}_4]_2$

Назван по месту находки вблизи деревни Лайху на северо-востоке Китая [1].

Ранее описан как феррифаялит в Средней Азии [2].

Синон. Феррифаялит – ferrifer-fayalite [2]. Первоначальное название применяется для образца из Средней Азии.

Характ. выдел. Кристаллы, тонкотаблитчатые и короткопризматические (0,3–0,65 мм) [1–3], псевдоморфозы по фаялиту.

Структ. и морф. крист. Монокл. с. $C_{2h}^5-P2_1/b$. $Z = 2$.

Установлены сверхструктуры вдоль оси $c - 2c$ и $3c$, отвечающие синтетическому лайхуниту 2М и 3М соответственно [4–7].

	a_0	b_0	c_0	β	$V(\text{\AA}^3)$	Местонахождение	Ссылка
Лайхунит	4,805	10,189	5,801	91,00°	283,9	Китай	[4]
"	4,82	10,20	5,82	91,02			[8]
Феррифаялит	4,806	10,20	5,76	90,89		Средняя Азия	[9]
Лайхунит-2М	4,81	10,43	5,93	91,00	297	Синтетический	[6]
Лайхунит-3М	4,81	10,44	5,99	90,3	301	"	

Структура оливинового (фаялитового) типа, определена для лайхунита-3с [4, 10, 11]. В отличие от фаялита в структуре лайхунита около 1/4 октаэдрических позиций в ячейке вакантны (не заняты атомами железа) [4, 10]. Позиция M(2) занята атомами Fe^{3+} , в позиции M(1) упорядоченно распределены атомы Fe^{2+} и вакансии [4, 5, 9]. Вакансии возникают в результате замещения в фаялите больших по размеру ионов Fe^{2+} меньшими Fe^{3+} .

По Г.Б. Бокиу с соавторами [9], для наиболее вероятной модели структуры катионы Fe^{2+} и вакансии располагаются в позиции M(1) послойно: вдоль направления c через расстояние, равное $c/2$, чередуются параллельно (001) слой с катионами Fe^{2+} и слой вакансий, что вызывает понижение симметрии лайхунита по сравнению с фаялитом.

Межатомные расстояния (в \AA) [4]: $\text{T}-\text{O} = 1,615-1,654$; $\text{O}-\text{O} = 2,517-2,754$; $\text{M}(1)-\text{O} = 2,092-2,236$; $\text{O}-\text{O} = 2,642-3,596$; $\text{M}(2)-\text{O} = 1,921-2,141$; $\text{O}-\text{O} = 2,517-3,288$; $\square-\text{O} = 2,102-2,325$; $\text{O}-\text{O} = 2,673-3,640$. Углы: $\text{O}-\text{T}-\text{O} = 99,2-115,0$; $\text{O}-\text{M}(1)-\text{O} = 72,6-107,4$; $\text{O}-\text{M}(2)-\text{O} = 71,4-112,4$; $\text{O}-\square-\text{O} = 72,6-107,4^\circ$.

Состав, полученный на основании распределения атомов железа по позициям ($\text{M}(1) = \text{Fe}^{2+} + \text{Mg} = 1$, $\text{M}(2) = \sim 0,20\text{Fe}^{2+} + \sim 0,80\text{Fe}^{3+}$, $\square = 0,20$), выражается формулой $\square_{0,40}\text{Fe}_{0,20}^{2+}\text{Fe}_{0,80}^{3+}\text{SiO}_4$, указывающей на нестехиометричность минерала [4].

Прецизионные рентгеноструктурные исследования феррифаялита из Средней Азии [12] показали: $a_0 = 4,806$, $b_0 = 10,20$, $c_0 = 5,76 \text{\AA}$, $\beta = 90,89^\circ$; позиция M(1) расщепляется на две – M(1) и M(3); заселение Fe^{2+} : в M(1) – 66%, в M(3) – 33% (средние расстояния $\text{Fe}^{2+}-\text{O}$ в M(1) и M(3) = 2,21 и 2,15 \AA соответственно).

Под высокоразрешающим электронным микроскопом в образце из Китая выявлены доменная текстура и наличие двух фаз: лайхунита и магнетита, образовавшихся при окислении фаялита [8]. Магнетит по границам доменов лайхунита образует тончайшую сетку из полосок шириной в несколько нм и тонкие прожилки в несколько десятков нм. Отношение лайхунита к магнетиту составляет примерно 6:1 [8].

В феррофаялите отмечены включения кнобелита и тонкодисперсных фаз – Fe_2O_3 и SiO_2 [2, 12].

Выявлены доменные псевдодвойники лайхунита из Китая по плоскости (100) размером в несколько сот нм [10].

Решетки двух индивидуумов находятся не в точном двойниковом срастании: оси с повернуты друг относительно друга на $0,3^\circ$ [4, 11].

Соотношение лайхунита с фаялитом является топотаксическим с общей плоскостью (023) [4].

Физ. св. Сп. по (001) и (010) совершенная, по (100) несовершенная. Тв. 6,1. Уд.в. 3,92 (вычисл. 4,11). Микротвердость 890 кгс/мм². Цв. черный. Черта светло-бурая. Непрозрачен [1]. Мессбауэровский спектр показал аналогичное химическим анализам отношение $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+} = 1/0,65$ [1, 3].

На ИК-спектре отмечаются линии: 510, 830, 885 и 955 cm^{-1} ; после нагревания

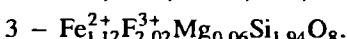
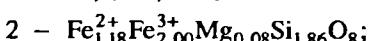
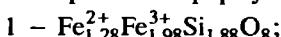
до 700° – наиболее интенсивные линии при 475, 834, 870, 920, 950 и 965 см⁻¹; для фаялита характерны линии при 480, 566, 828, 950 и 965 см⁻¹ [3].

Микр. В прох. свете непрозрачный; некоторые зерна по краям буровато-красные. В отраженном свете серый с неотчетливыми внутренними рефлексами. Слабо анизотропен. $R = 12,39\%$ – в красном и желтом свете, 13,43% – в зеленом [1].

Хим. Анализы лайхунита из железорудного месторождения в пров. Ляонин (Китай), анал. Хон Ин, Ян Сичен [1]:

	1	2	3		1	2	3
MgO	–	0,21	0,47	Fe ₂ O ₃	43,57	44,24	45,07
CaO	–	0,87	0,47	SiO ₂	31,00	31,07	31,85
FeO	25,50	23,64	22,52	Сумма	100,07	100,03	100,45
Al ₂ O ₃	–	–	0,07				

Эмпирические формулы (на 8 атомов O) [1]:



Спектроскопически – сл. Ba, Cu, Mn.

Микрозондовые анализы лайхунита см. в работе [5]. Средний состав по 55 точечным микрозондовым определениям 7 образцов: $\text{Fe}_{1,06}^{2+} \text{Fe}_{2,06}^{3+} \text{Mg}_{0,06} \text{Si}_{1,88} \text{O}_8$.

Дефицит Si/O обязан присутствию в анализированном материале тонкой примеси магнетита, благодаря чему лайхунит должен содержать меньше FeO и, следовательно, приближаться к стехиометрическому составу $\text{Fe}^{2+} \text{Fe}_2^{3+} (\text{SiO}_4)_2$.

В феррифаялите из Средней Азии содержится (в %) [2]: FeO – 12,53–26,77; Fe₂O₃ – 32,19–45,74; MnO – 5,49–7,96; SiO₂ – 29,02–30,48. С учетом вакансий состав выражается формулой $\square_{0,49} (\text{Fe}_{0,22}^{2+} \text{Mn}_{0,22} \text{Ca}_{0,07})_{0,51} \text{Fe}_{1,00}^{3+} \text{SiO}_4$ [9].

Диагн. исп. Относится к феррифаялиту [2]. В отличие от фаялита полностью растворяется только в смеси H₂SO₄ и HF.

Повед. при нагр. На кривой ДТА фиксируется экзотермический пик при 713°. После нагревания на воздухе до 900° и выдержке при этой температуре в течение 2 ч экзотермический пик не появляется [1, 3].

Найд. Обнаружен [1] на докембрийском метаморфическом железорудном месторождении в пров. Ляонин, вблизи дер. Лайху на северо-востоке Китая, вместе с фаялитом, гиперстеном, кварцем, магнетитом. Встречается в верхней части рудного тела во вмещающих кварц-гиперстеновых и гиперстеновых гранулитах, где его содержание составляет 1–4%. Образовался при окислении фаялита [1, 3, 8]. С фаялитом, магнетитом и кварцем найден в эвлизите на месторождении Хеби (Китай): нарастает на кристаллах фаялита или переслаивается с ним по (001) [8]. Упоминается [8] в вулканических породах Камитага, преф. Сидзуока (Япония). Феррифаялит описан из крупнозернистых шлиров Черкасского гранитного массива в Кураминском хребте (Средняя Азия) как продукт изменения Mn-фаялита [2].

Искусств. Лайхунит состава $\square_x \text{Fe}_{2-3x}^{2+} \text{Fe}_{2x}^{3+} \text{SiO}_4$ получен нагреванием кристаллов синтетического фаялита на воздухе при 400, 600 и 700° [6]. В процессе окисления происходило образование двух типов лайхунита: 2М и 3М. Лайхунит-2М (состав $\square_{0,37} \text{Fe}_{0,90}^{2+} \text{Fe}_{0,73}^{3+} \text{SiO}_4$) наблюдается в наиболее удаленной от фаялита гематит-силикатной зоне шириной около 3000 Å, а лайхунит-3М (состав $\square_{0,24} \text{Fe}_{1,28}^{2+} \text{Fe}_{0,48}^{3+}$) – в виде зоны (шириной около 300 Å) между фаялитом и лайху-

нитом-2М. В самом фаялите, где концентрация ионов Fe^{3+} невелика, отмечались лишь отдельные "пучки" лайхунита-3М размером около 18 Å, имеющего общую с фаялитом плоскость (023).

В отличие от природного лайхунита, который находится в тесной смеси с магнетитом, синтетический существует с гематитом и аморфным кремнеземом. Причина этого – в различных условиях фугитивности кислорода.

Предполагается [13], что природный лайхунит стабилен при давлении 15 кбар и температуре между 600 и 700°.

В синтезированном продукте лайхунит-2М и лайхунит-3М выделяются как самостоятельные пространственно разделенные фазы, в природном они находятся преимущественно в тесных взаимных прорастаниях на уровне элементарной ячейки [6, 8].

Отл. От фаялита отличается физическими и оптическими свойствами в соответствии с различиями химического состава и структуры.

Межплоскостные расстояния лайхунита из железорудного месторождения в пров. Лионин (Китай) [3]

FeK_α-излучение

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
100	3	5,80	014	5	2,260	206; 314	3	1,476
002	1	5,21	0,22; 1̄21	2	2,180	401; 332	4	1,440
102	6	3,78	1̄22	1	2,055	133; 230	3	1,410
111	9	3,47	1̄23	1	1,870	017; 305; 216	2	1,395
200	3	2,90	024; 2̄22	7	1,750	126, 117	3	1,355
013	8	2,78	124; 303	1	1,675	040; 118	2	1,200
202; 1̄13	10	2,520	106; 2̄23	2	1,635	242; 416	3	1,084
020; 211	6	2,405	2̄15	1	1,595	045; 219; 318	2	1,035
104	1	2,350	304; 025	1	1,555			

Л и т е р а т у р а

1. Laichunite // Geochimica. 1976. Vol. 2, N 1. P. 95; Amer. Miner. 1977. Vol. 62, N 9/10. P. 1058 (abstr).
2. Гинзбург И.В., Лисицына Г.А., Содикова А.Т., Сидоренко Г.А. // Тр. Минерал. музея АН СССР. 1962. Вып. 13. С. 16.
3. Fu P., Kong Y., Zhang L. // Geochimica. 1982. Vol. 1, N 1. P. 105.
4. Tamada O., Shen B., Morimoto N. // Mineral. J. 1983. Vol. 11, N 8. P. 382.
5. Shen B., Tamada O., Kitamura M., Morimoto N. // Sci. Geol. Sinica. 1982. Vol. 3. P. 341.
6. Kondou S., Kitamura M., Morimoto N. // Amer. Miner. 1985. Vol. 70, N 7/8. P. 737.
7. Zou B.S., Kuo K.H. // Acta crystallogr. B. 1986. Vol. 42. P. 17.
8. Kitamura M., Shen B., Barro S., Morimoto N. // Amer. Miner. 1984. Vol. 69, N 1/2. P. 154.
9. Бокий Г.Б., Врублевская З.В., Гинзбург И.В. // Минералогическая кристаллография и ее применение в практике геолого-разведочных работ. Киев: Наук. думка, 1986. С. 167.
10. Fu P., Kong Y., Zhang L. // Geochimica. 1979. Vol. 2, N 1. P. 103.
11. Fu P., Kong Y., Zhang L. // Ibid. 1982. Vol. 1, N 1. P. 115.
12. Bokiy G.B., Vrublevskaja Z.V., Ginzburg I.V., Zacharov N.D. // Ninth European Crystallogr. Meeting, Torino, Italy, 2–6 septemba, 1985; Abstr. Torino, 1982. Vol. 2. P. 443.
13. Wang S. // Geochimica. 1980. Vol. 3, N 1. P. 31; Miner. Abstr. 1981. Vol. 32, N 1. P. 48.

Либенбергит Liebenbergite (Ni, Mg)₂[SiO₄]

Назван в честь У.Р. Либенберга – заместителя главного директора Национального института металлургии ЮАР [1].

Название относится к членам оливинового ряда, в октаэдрических позициях которых Ni преобладает [1].

Характ. выдел. Зерна, сильно серпентинизированные.

Структ. и морф. крист. Ромб. с. D_{2h}^{16} – $Pbnm$ (предположительно). $a_0 = 4,727$, $b_0 = 10,191$, $c_0 = 5,955$ Å; $a_0 : b_0 : c_0 = 0,4638 : 1 : 0,5843$; $V = 286,8$ Å³; $Z = 4$ [1].

В сводной статье Р.А. Виноградовой [2] ошибочно указана пр. гр. D_{2h}^7-Pbnm .

Аналог синтетического Ni_2SiO_4 ($a_0 = 4,725$, $b_0 = 10,118$, $c_0 = 5,908 \text{ \AA}$) [3, 4].

Физ. св. Сп. по (010) несовершенная до средней, по (100) – несовершенная. Тв. 6–6,5. Уд.в. 4,60 (вычисл.). Цв. желтовато-зеленый [1].

Микр. Плеохроизм: по Np и Nm – от бесцветного до светло-зеленого, по Ng – зеленовато-желтый. Пл. опт. осей (001). $Np = b$, $Nm = c$, $Ng = a$. Двуосный (–). $n_g = 1,888$, $n_m = 1,854$, $n_p = 1,820$; $n_g - n_p = 0,068$; $2V = 88^\circ$. Дисперсия, $r > v$ [1].

Хим. Теор. состав для Ni_2SiO_4 : $\text{NiO} - 71,32$; $\text{SiO}_2 - 28,68$.

Анализ (микрозонд., среднее для 8 зерен из 3 образцов), анал. Калк [1]: $\text{MgO} - 6,50$; $\text{FeO} - 4,37$; $\text{NiO} - 56,32$; $\text{CoO} - 1,80$; $\text{SiO}_2 - 29,39$; сумма 98,38.

Эмпирическая формула (на 4 атома O): $(\text{Ni}_{1,52}\text{Mg}_{0,33}\text{Fe}_{0,12}\text{Co}_{0,05})_{2,02}\text{Si}_{0,99}\text{O}_4$.

Искусств. Получен нагреванием при 1400° в течение 6 ч смеси NiO и SiO_2 [3], а также из водных растворов сульфата никеля и метасиликата натрия при температуре 1000 – 1400° и давлении 0,001 кбар [4]. Наблюдалось превращение синтетического никелевого оливина в шпинелевую фазу при 650° и давлении около 18 кбар [3].

Нахожд. Обнаружен [1] в отвалах контактового месторождения треворита в рудном поле Барбертон (ЮАР). Находится вместе с треворитом, никелевым серпентином (богатым Ni лизардитом?), никелевым людвигитом, бунзенитом, виоларитом, миллеритом, гаспелитом и нимитом. Выполняет промежутки между зернами треворита. В результате интенсивного замещения никелевым серпентином от первоначальных зерен либенбергита, имеющих размер до 1 мм (и более), сохраняются зерна лишь немногим более 150 мкм в диаметре.

Межплоскостные расстояния лябенбергита из Барбертона (ЮАР) [1]

Cu K_α-излучение, $D = 114,6 \text{ м\AA}$

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
020	30	5,09	042	10	1,936	312	10	1,380
110	25	4,29	150	10	1,870	322	15	1,343
020	25	3,87	113	5	1,799	341	15	1,308
101	10	3,70	151	5	1,783	332	5	1,289
111	60	3,47	222	90	1,738	204	5	1,259
121	10	2,986	241	15	1,664	214	5	1,250
130	90	2,759	061	10	1,631	234	5	1,183
022	20	2,564	133	15	1,609	025	5	1,160
131	80	2,503	152	15	1,583	420	5	1,150
112	100	2,442	043	10	1,561	244	5	1,129
200	10	2,367	311	5	1,507	412	5	1,092
041	10	2,337	242	5	1,497	422	10	1,074
210	5	2,303	143	20	1,486	334	10	1,031
122	30	2,252	062	30	1,473	235	10	1,015
211	15	2,146	330	10	1,429	384	10	0,8245
132	15	2,022	331	20	1,390	295	5	0,7753

Л и т е р а т у р а

- Waal S.A.de, Calk L.C. // Amer. Miner. 1973. Vol. 58, N 7/8. P. 733.
- Виноградова Р.А. // Новые данные о минералах. М.: Наука, 1983. Вып. 31. С. 13.
- Ringwood A.E. // Nature. 1960. Vol. 187, N 4742. P. 1019.
- Pistorius C.W.F.T. // Neues Jb. Miner. Monatsh. 1963. H. 2/3. S. 30.

СТРУКТУРА ТИПА СТРИНГХАМИТА

	Сингония	a_0	b_0	c_0	β	Уд.в.
Стрингхамит $\text{CaCu}[\text{SiO}_4] \cdot \text{H}_2\text{O}$	Монокл.	5,030	16,135	5,343	102,96°	3,16–3,18

Стрингхамит Stringhamite
 $\text{CaCu}[\text{SiO}_4] \cdot \text{H}_2\text{O}$

Назван в память о Б. Стрингхаме – бывшем главе отдела минералогии в Университете штата Юта (США) [1].

Синон. "Минерал F" [2]. Идентичность со стрингхамитом установлена Хиндманом [1]. Стрингамит (по: Семенов, 1991).

Характ. выдел. Почкивидные агрегаты, реже кристаллы (до 0,1 мм) [1].

Структ. и морф. крист. Монокл. с. $C_{2h}^5-P2_1/c$. $a_0 = 5,030$, $b_0 = 16,135$, $c_0 = 5,343 \text{ \AA}$; $\beta = 102,96^\circ$; $a_0:b_0:c_0 = 0,312:1:0,331$; $V = 422,7 \text{ \AA}^3$; $Z = 4$ [3].

Основным элементом структуры (оригинал расшифровки – "минерал F" [3]) являются группы $[\text{Cu}(\text{SiO}_4)\text{O}_3]^{8-}$, которые соединяются в двух направлениях общими вершинами с образованием $[\text{Cu}(\text{SiO}_4)]^{2-}$ -слоев, параллельных (010). Слои связаны друг с другом атомами Са и Н-связями за счет атомов водорода молекул воды (фиг. 2). Атомы Си, занимающие две независимые позиции, координированы четырьмя атомами О по вершинам квадрата. Каждый атом Са окружен семью атомами О, образующими координационный полиэдр, близкий к квадратной антипризме, два свободных конца которого занимают молекулы H_2O .

Кристаллы редки. Главные формы: w (011) и d (101), второстепенные: b (010) и Q (111) [1].

Физ. св. Уд.в. 3,16–3,18 (вычисл. 3,39 для формулы с 1 H_2O , 3,68 – для формулы с 2 H_2O). Цв. темно-азуритово-синий. Прозрачный до непрозрачного. На ИК-спектре пики при 3150 и 2890 cm^{-1} свидетельствуют о наличии в минерале молекул воды; при 885 и 530 cm^{-1} – SiO_4^{4-} [1].

Микр. Плеохроизм: по Ng – темно-синий, по Nm – светло-синий, по Np – светло-серовато-синий. $Np = b$, $cNg = 2,5^\circ$. Двуосный (+). $n_g = 1,729$, $n_m = 1,717$, $n_p = 1,709$ (для Na-света); $n_g - n_p = 0,020$; $2V = 80^\circ$ (вычисл.). Наблюдалось микродвойникование [1].

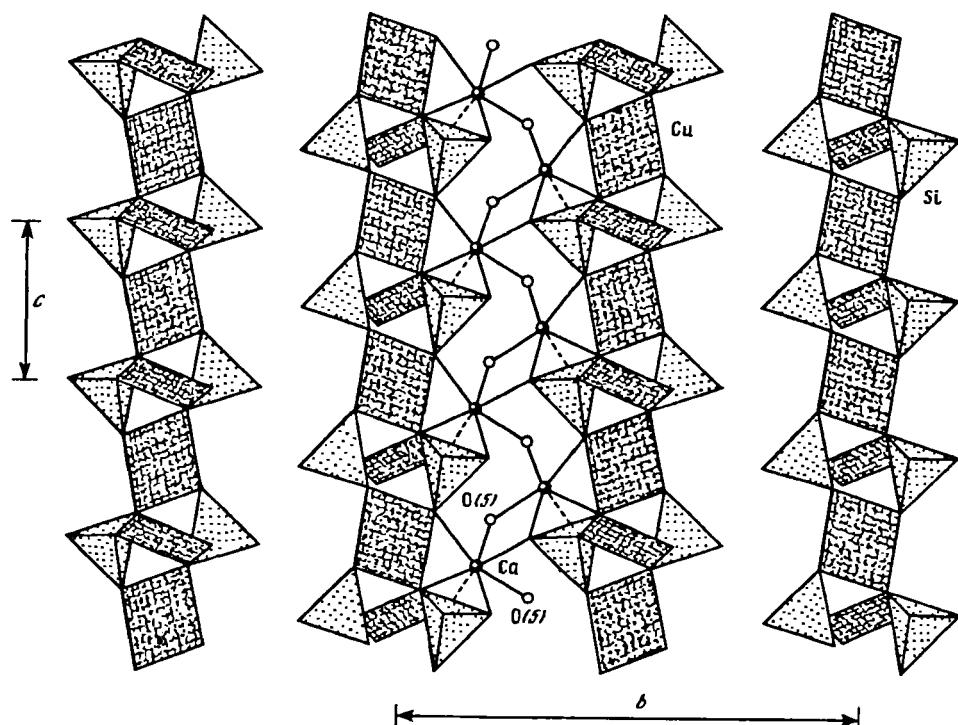
Хим. По структурным данным, формула содержит 1 H_2O [3]; согласно хим. анализу – 2 H_2O , по термогравиметрическому анализу – 1,5 H_2O [1].

Анализы и теор. составы для формул с разным количеством H_2O :

	1	2	3	4	5	6
CuO	31,63	33,41	34,10	37,22	34,32	35,71
MgO	0,54	0,10	0,94	–	–	–
CaO	24,64	25,40	26,97	26,25	24,21	25,19
FeO	0,23	0,77	Не обн.	–	–	–
Al_2O_3	0,03	0,07	0,07	–	–	–
SiO_2	28,42	26,95	27,46	28,11	25,93	26,98
H_2O	14,51*	13,30*	10,46*	8,42	15,54	12,12
Сумма	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

* По разности.

1–3 – микрозоид. [1]: 1, 2 – из месторождения Бавана, шт. Юта (США), 3 – "минерал F" из месторождения Крестмор, шт. Калифорния (США); 4–6 – теор. составы: 4 – при 1 H_2O , 5 – при 2 H_2O , 6 – при 1,5 H_2O .



Фиг. 2. Структура стрингхамита в проекции вдоль оси a (по Хауторну). Водородные связи показаны пунктиром

Повед. при нагр. Термогравиметрическим анализом определено 12% H_2O . Конечный продукт разложения (после нагревания до 900°) представлен смесью волластонита и тенорита [1].

Найдж. Обнаружен [1] на месторождении Бавана, округ Бивер, шт. Юта (США), в диопсид-магнетитовых скарнах на контакте кварцевых монцонитов с пермскими известняками. Встречается с таумаситом, теноритом, кинойтом и кальцитом по трещинкам в скарнах. Вместе с борнитом и халькопиритом наблюдался в виде рассеянных включений в зернах диопсида.

"Минерал F" найден в 1943 г. Вудфордом [2] на месторождении Крестмор, шт. Калифорния (США), в виде синих пленок на кальците.

Межплоскостные расстояния стрингхамита месторождения Бавана, шт. Юта (США) [2]
 CuK_{α} -излучение, $D = 114 \text{ мм}$

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
020	35	8,049	022	14	2,481	162	11	1,657
100	21	4,884	210	18	2,431	202	23	1,614
110	20	4,687	220	18	2,344	331	14	1,595
021	9	4,370	231	16	2,222	281	19	1,551
120	20	4,182	112	15	2,089	271	5	1,530
111	34	3,928	211	11	2,031	332	19	1,482
130	21	3,618	080	11	2,003	143	14	1,429
131	39	3,236	132	20	1,964	262	1	1,385

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
131	100	2,768	081	17	1,875	291	1	1,347
150	10	2,690	260	11	1,806	351	1	1,334
002	19	2,609	152	7	1,756	083	1	1,310
141	40	2,523	251	8	1,729	024	1	1,276

Л и т е р а т у р а

1. Hindman J.P. // Amer. Miner. 1976. Vol. 61, N 3/4. P. 189.
2. Woodford A.O. // Calif. Div. Mines. Rep. 1943. Vol. 39. P. 333.
3. Hawthorne F.C. // Tschermaks miner. und petrogr. Mitt. 1985. Bd. 34, H. 1. S. 15.

СТРУКТУРА ТИПА УРАНОФАНА**ГРУППА УРАНОФАНА**

Группа объединяет минералы, основу структуры которых составляют уранил-силикатные слои $[(\text{UO}_2)(\text{SiO}_4)]_n^{2n}$. Ранее в группе описаны: купросклодовскит, склодовскит, уранофан, бета-уранофан, болтвидит, казолит и соддиит (т. III, вып. 1, с. 242).

	Сингония	<i>a</i> ₀	<i>b</i> ₀	<i>c</i> ₀	β	Уд.в.
Свамбоит $\text{U}^{6+}\text{H}_6[(\text{UO}_2)(\text{SiO}_4)]_6 \cdot 30 \text{ H}_2\text{O}$	Монокл.	17,64	21,0	20,12	103,4°	4,03
Урсинит $(\text{Co}, \text{Mg}, \text{Ni})(\text{H}_3\text{O})_2[\text{UO}_2](\text{SiO}_4)]_2 \cdot 3 \text{ H}_2\text{O}$	Ромб.	12,74	17,55	7,050	—	3,64

Свамбоит Swamboite
 $\text{U}^{6+}\text{H}_6[(\text{UO}_2)(\text{SiO}_4)]_6 \cdot 30 \text{ H}_2\text{O}$

Назван по месту находки на месторождении Свамбо, Заир [1].

Характ. выдел. Призматические игольчатые кристаллы (длиной до 0,8 мм и толщиной 0,05 мм), волокнистые агрегаты, радиально-лучистые агрегаты.

Структ. и морф. крист. Монокл. с. $C_{2h}^5-P2_1/a$. $a_0 = 17,64$, $b_0 = 21,0$, $c_0 = 20,12 \text{ \AA}$; $\beta = 103,4^\circ$; $a_0:b_0:c_0 = 0,840:1:0,958$; $Z = 18$; "малая псевдоячейка" (без учета отражений слабой интенсивности): $a' = 8,82$, $b'_0 = 7,00$, $c'_0 = 6,67 \text{ \AA}$, $\beta = 102,0^\circ$; это хорошо согласуется с параметрами элементарных ячеек минералов группы уранофана.

В структуре выделяются слои $[(\text{UO}_2)_2(\text{SiO}_4)_2]_n^{4n}$. Слои состоят из цепочек пентагональных дипирамид UO_7 , разделяющих два ребра, и цепочек тетраэдров SiO_4 . Период повторяемости между слоями в минералах группы уранофана, параллельными цепочкам, приблизительно равен $7,03 \text{ \AA}$, а в перпендикулярном направлении – около $6,66 \text{ \AA}$; расстояния между слоями изменяются в зависимости от состава.

Кристаллы вытянуты вдоль [001] и часто заканчиваются очень острой гранью. Границы (001) и (201) под углом 78° (гониометрические измерения); в псевдоячейке им отвечают (001) и (100).

Физ. св. Сп. по (201) совершенная. Уд.в. 4,03 (вычисл. 4,064). Цв. бледно-желтый. В ультрафиолетовых лучах не флюoresцирует.

Микр. Плеохроизм: по Ng и Nm – светло-желтый, по Np – бесцветный. Двусный (–). $Np \approx a$, $Nm = b$, $cNg \approx 13^\circ$. $n_g = 1,663$, $n_m = 1,661$, $n_p = 1,640$; $n_g - n_p = 0,023$; $2V = 30^\circ$ (вычисл. 34°). Дисперсия сильная, $r > v$.

Хим. Теор. состав: $\text{UO}_2 - 67,70$; $\text{SiO}_2 - 12,19$; $\text{H}_2\text{O} - 20,11$. Анализ (микрозонд., среднее из 6 определений; H_2O по ТГ-анализу): $\text{UO}_2 - 67,43$; $\text{SiO}_2 - 12,73$; $\text{H}_2\text{O} - 19,93$; сумма 100,09. Отношение окислов: 7/3 $\text{UO}_3 \cdot 2 \text{SiO}_2 \cdot 11 \text{H}_2\text{O}$.

Повед. при нагр. По ТГ-анализу, вода теряется при 450° ; потеря веса 19,93%.

Нахожд. Встречен в зоне окисления уранового месторождения Свамбо (в 36 км западнее Шинколобве, область Шаба, Заир) в тесной ассоциации с соддиитом и кюритом. Образует отдельные иголочки, сростки из двух-трех иголочек, рассеянные в соддиите и по трещинам в породе, а также войлокообразные тонкоигольчатые и радиально-лучистые агрегаты (диаметром до 2 мм), заполняющие мелкие жеоды в друзовых корочках соддиита и подстилающей матрице породы.

Межплоскостные расстояния свамбоита из Свамбо, Зaire [1]

CuK α -излучение, Ni-фильтр, $D = 114,6$ мм

hkl	$h'k'l'$	I	$d(\text{\AA})$	hkl	$h'k'l'$	I	$d(\text{\AA})$	hkl	$h'k'l'$	I	$d(\text{\AA})$
201	100	100	8,67	603	300	20	2,884	039	013	5	2,079
003	001	30	6,53	264	121	20	2,820	20.10	103	5	2,009
202	T01	50	5,85	462	220			666	321		
204	101	80	4,76	434	212	50 ш	2,710	807	401	20	1,927
232	T11	50	4,49	630	311	50	2,650	495	231		
402	200	80	4,32	606	301	3	2,449	295	T32	30	1,903
234	111	5	3,93	465	221	5	2,404	864	420	15	1,828
060	020	60	3,51	636	311			494	232		
405	201	30	3,294	633	312	3	2,298	693	330	10	1,812
006	002	50	3,257	663	320	10	2,223	297	132		
063	021	5	3,097	093	031	10	2,202				
435	211			009	003	25	2,171				
235	T12	60 ш	2,979	292	131						

Примечание. hkl и $h'k'l'$ отвечают соответственно реальной элементарной ячейке и псевдоячейке, уменьшенней в 18 раз.

Литература

1. Deliens M., Piret P. // Canad. Miner. 1981. Vol. 19, pt 4. P. 553.

Урсинит Oursinite (Co,Mg,Ni)(H₃O)₂[UO₂](SiO₄)₂·3 H₂O

Название от французского слова "oursin" – морской ёж, по характерной форме агрегатов [1].

Характ. выдел. Игольчатые кристаллы (до 1 мм длиной при толщине 0,02 мм); радиально-лучистые агрегаты.

Структ. и морф. крист. Ромб. с. C_{2h}^{17} -Aba2. $a_0 = 12,74$, $b_0 = 17,55$, $c_0 = 7,050$ Å; $a_0:b_0:c_0 = 0,726:1:0,402$; $Z = 4$.

Кристаллохимическая структура типа уранофана.

Игольчато-призматические кристаллы, вытянутые по [001].

Физ. св. Возможна одна спайность, параллельная удлинению. Тв. 3,5. Уд.в. 3,64–3,83 (вычисл. 3,674). Цв. светло-желтый до желтовато-белого. Прозрачный или просвечивающий. В ультрафиолетовых лучах не флюoresцирует.

Микр. Не плеохроирует. Двуосиый (+). $Nm = c$. Погасание прямое. $n_g = 1,650$, $n_m = 1,640$, $n_p = 1,624$; $n_g - n_p = 0,026$; $2V = 76^\circ$ (вычисл.).

Хим. Теор. состав: SiO_2 – 13,78; UO_3 – 65,62; CoO – 7,39; MgO – 0,46; NiO – 0,34; H_2O – 12,40.

Анализ (микрозонд., среднее из 7): MgO – 0,42; NiO – 0,30; CoO – 6,56; SiO_2 – 13,21; UO_3 – 66,71; H_2O (по разности) – 12,80; сумма 100,00. Отвечает формуле $(\text{Co}_{0,86}\text{Mg}_{0,10}\text{Ni}_{0,04})\text{O} \cdot 2 \text{UO}_3 \cdot 2 \text{SiO}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$.

Повед. при нагр. По ТГ-анализу, вода удаляется при 110, 260 и 300°; общая потеря массы к 500° составляет 11%.

Нахожд. Встречен среди вторичных минералов на урановом месторождении Шинколобве в южной части области Шаба (Заир) в тесной ассоциации с содиитом, казолитом, скупитом, склодовскитом, торбернитом, леперсоннитом-(Gd), бижвётитом и кюритом. Иногда волокна урсинита тесно срастаются с леперсоннитом-(Gd).

Межплоскостные расстояния урсинита из Шинколобве (Заир) [1]

CuK α -излучение, Ni-фильтр, D = 114,6 мм

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
020	100	8,73	002	40	3,528	162	15	2,212
120	70	7,20	022	30	3,267	620; 371; 313	10	2,053
200	5	6,34	122	10	3,170	591	10	1,975
220	50	5,16	202	20	3,081	413	10	1,877
221	35	4,55	160	90	2,853			
040	5	4,38	142	10	2,689			
140	70	4,141	431	10	2,602			
231	10	3,670	351	10	2,525			

Литература

1. Deliens M., Piret P. // Bull. minér. 1983. Vol. 106, N 3. 305.

Б. С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМИ АНИОНАМИ

СТРУКТУРА ТИПА ДЮМОРТЬЕРИТА

ГРУППА ДЮМОРТЬЕРИТА

Ранее с подобной структурой описан только дюмортьерит (т. III, вып. 1, с. 329).

	Сингония	a_0	b_0	c_0	Уд.в.
Холтит $\text{Al}_6(\text{Ta}, \text{Sb})[(\text{Si}, \text{As})\text{O}_4]_3(\text{BO}_3)(\text{O}, \text{OH})_3$	Ромб.	11,905	20,355	4,690	3,90

Холтит Holtite



Назван в честь Р. Холта (1908–1967) – премьер-министра Австралии [1].

Характ. выдел. Кристаллы, тонкопризматические до игольчатых по [001], иногда пластинчатые (длиной до 1–5 см); параллельно-шестоватые, лучистые и тонковолокнистые агрегаты.

Структ. и морф. крист. Ромб. с. D_{2h}^{16} – $Pmcn$. $Z = 4$ [1].

$a_0(\text{\AA})$	b_0	c_0	$a_0 : b_0 : c_0$	$V(\text{\AA}^3)$	Местонахождение	Ссылка
11,905	20,355	4,690	0,584:1:0,230	1136,5	Зап. Австралия	[1]
11,85	20,40	4,706	0,586:1:0,230	1137,6	Кольский п-ов	[2]
11,92	20,35	4,67	0,585:1:0,229	1132,8	"	[2]

Сверхъячейка: $a'_0 = 2a_0$, $b'_0 = 2b_0$, $c'_0 = c$ [1].

Структурно близок к дюмортьериту с формулой $X^{VI}Y_{5-6}Z^{IV}O_4(BO_3)_{2-3}$ [3], где X – колонки октаэдров, окруженные Z-тетраэдрами, Y – колонки спаренных ребрами октаэдров Al. В позиции X алюминий может замещаться крупными, пятивалентными катионами Ta, Nb и Sb^{5+} (Sb^{3+} в австралийском холтите сомнительна [2]). As^{5+} предположительно находится в четверной координации вместе с Si. Отмечается небольшой дефицит в позиции Z и в тригональной позиции бора.

По морфологическим признакам различают [4, 5]: холтит-I – в виде призматических кристаллов и холтит-II – волокнистые агрегаты. Они различаются также по некоторым физическим свойствам (характеру ИК-спектров и люминесценции) и по содержанию Sb_2O_5 .

Физ. сп. Сп. (или отдельность) у австралийского холтита по (010) [1], у холтита с Кольского п-ова сп. по (100) совершенная [2]. Тв. 8,5. Уд.в. 3,90 [1], 3,604–3,670 [2]. Цв. светло-бурый, кремово-бурый, зеленовато-бурый [1], светло-серый до светло-сиреневого (голубоватого) [2]. Бл. восковой, стеклянный, в выветрелых участках матовый [1]. В ультрафиолетовых лучах холтит-I люминесцирует при $\lambda = 254$ нм голубовато-белым светом, холтит-II обладает интенсивным светло-желтым свечением при $\lambda = 360$ нм [2].

ИК-спектр сложный, подобен дюмортьеритовому [4, 5]. Кроме основных линий при 3500 cm^{-1} (колебания групп OH), 1370 cm^{-1} (связи B–O), 1090 и 1015 cm^{-1} (связи Si–O) и 584 – 465 cm^{-1} (связи Si–O–Al^{VI}), имеется целый ряд дополнительных полос: у холтита-I – при 1315 , 775 , 750 , 700 , 545 , 520 cm^{-1} , у холтита-II – при 950 , 925 , 825 , 610 , 500 cm^{-1} .

Микр. Плеохроизм в образцах из Австралии: по $Ng = Nm$ – бесцветный, по Np – желтый разных оттенков [1], в образцах с Кольского п-ова отсутствует [2]. $Ng = a$, $Nm = b$, $Np = c$. Двоосный (–). $n_g = 1,758$ – $1,761$, $n_m = 1,756$ – $1,759$, $n_p = 1,743$ – $1,746$; $n_g - n_p = 0,015$; $2V = 49$ – 55° [1]. $n_g = 1,730$, $1,737$, $n_m = 1,728$, $1,729$, $n_p = 1,705$, $1,709$; $n_g - n_p = 0,025$, $0,028$; $2V = 27$, 20 – 30° [2]. Дисперсия, $r < v$ [1]. Наблюдается полисинтетическое двойникование [1].

Анализы:

	1	2	3		1	2	3
Li_2O	0,30	0,59	–	Fe_2O_3	0,32	0,20	0,27
Na_2O	0,35	0,35	–	SiO_2	26,60	26,74	20,30
K_2O	0,46	0,45	–	Sb_2O_3	–	–	13,89
Rb_2O	0,38	0,11	–	Sb_2O_5	7,11	6,49	4,61
Cs_2O	0,13	0,57	–	As_2O_3	3,68	2,92	–
MgO	0,04	0,10	–	Nb_2O_5	0,18	0,15	0,76
CaO	0,06	0,10	–	Ta_2O_5	10,65	11,70	11,24
MnO	Сл.	Сл.	0,05	H_2O	Сл.	1,13	0,38
B_2O_3	5,06	4,67	1,82	Сумма	99,32	99,71	99,97
Al_2O_3	44,00	43,44	46,43				

1, 2 – из пегматитов, Кольский п-ов, анал. Кульчицкая (1 – светло-серый, 2 – светло-сиреневый) [2]; 3 – из галек в аллювиальных отложениях, Западная Австралия, в том числе Ti_2O – 0,05, BeO – 0,05, H_2O^- – 0,08, анал. Гембла [1].

Эмпирические формулы:

1 (за вычетом 5% триллитионаита, 3% альбита, 0,4% поллуцита) – $Al_{5,44}(Ta_{0,33}Sb_{0,30}Nb_{0,01}Fe_{0,03}^{3+}Mg_{0,01}\times Ca_{0,01})_{0,69}(Si_{2,55}As_{0,22}Al_{0,23})_{3,00}B_{1,00}O_{17,31}$;

2 (за вычетом 6% триллитионаита, 3% альбита, 1% поллуцита) – $Al_{5,65}(Ta_{0,37}Sb_{0,29}Nb_{0,01}Fe_{0,67}^{3+}Mn_{0,02}\times MgO_{0,02}Ca_{0,02})_{0,73}(Si_{2,66}As_{0,18}Al_{0,16})_{3,00}B_{0,96}O_{17,41}(OH)_{0,52}$;

3 (для безводного минерала) – $Al_{6,12}Sb_{0,64}^{3+}Ta_{0,34}Sb_{0,19}^{5+}Nb_{0,04}Fe_{0,02}^{3+}Be_{0,02}Ti_{0,01}Mn_{0,02}B_{0,35}Si_{2,27}O_{16,71}$.

Микрозондовые анализы образцов с Кольского п-ова (1) и (2) и из Австралии (3) показали колебания содержаний главных элементов [4, 5]:

	1 холтит-I (8 обр.)	2 холтит-II (5 обр.)	3 холтит-II(?) (1 обр.)
Al_2O_3	46,91–48,50	42,46–48,43	45,04
Sb_2O_5	5,10–8,41	19,68–24,57	17,21
Ta_2O_5	12,23–14,48	10,44–11,71	9,76
Nb_2O_5	0,00–0,28	0,07–0,27	0,00
SiO_2	21,49–23,25	16,59–18,54	16,76
As_2O_5	2,82–4,93	1,18–3,45	3,53

Повед. при нагр. При нагревании до 1000° рентгенограмма не изменяется [1]. На кривой нагревания наблюдается [2] эндотермический эффект в интервале 1150–1208°. Прокаливание при 1110 и 1200° в течение 2 ч приводит к образованию смеси муллита, кварца и фазы $\text{Al}(\text{Sb}, \text{Ta})\text{O}_4$; бор и мышьяк полностью улетучиваются.

Нахожд. Обнаружен в гальках из аллювиальных отложений оловорудного поля Гринбушес (Западная Австралия) [1]. Встречается в виде иголочек, врастаяющих в стибиотанталит, и образует вокруг него каймы. Асbestosвидные скопления холтита замещают танталит.

На Кольском п-ове встречен [2, 4, 5] в пегматитовом теле, залегающем среди амфиболитов. Находится в центральной части пегматитового тела, сложенной крупнозернистым агрегатом сподумена и поллукита. Наблюдается в парагенезисе с клемеландитом и лепидолитом, иногда с розовым турмалином и амблигонитом. Характерна ассоциация со стибиотанталитом, тапиолитом, микролитом и цирконом; последний иногда находится в центре радиально-лучистых агрегатов холтита. Выделенные выше по морфологическим признакам разности представляют собой две генерации: холтит-II по сравнению с холтитом-I является более поздним, замещает другие Та-содержащие минералы, в том числе и холтит-I, образуя по нему псевдоморфозы или слагая краевые зоны вокруг его призматических кристаллов [4, 5].

Отл. Внешне пластинчатые кристаллы иногда могут быть приняты за сподумен, а тонкопризматические и радиально-лучистые агрегаты – за ахроит [2]. От дюмортьерита отличается цветом, оптическими свойствами, наличием в составе пятивалентных катионов.

Межплоскостные расстояния холтита из Гринбушес (Западная Австралия) [1]

$\text{CuK}\alpha$ -излучение. Дирактометр

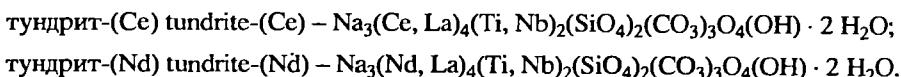
hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
110; 020	100	10,28	321	8	2,895	132	2	2,173
200	32	5,93	420	10	2,840	451; 222	2	2,137
130	34	5,89	331	3	2,762	511	6	2,113
220	24	5,12	251	2	2,731	371; 142;	10	2,094
040	32	5,08	161	7	2,679	281		
111; 021	3	4,26	440	8	2,571	521; 231	2	2,076
031	14	3,86	080	8	2,543	461	4	2,018
050	14	3,85	261; 411	2	2,492	312; 242	2	2,010
211	2	3,62	071	2	2,473	600; 322	6	1,981
221; 041	14	3,46	351	6	2,430	390	4	1,965
330	6	3,44	510	24	2,362	620	4	1,945
060	3	3,39	431	16	2,355	332; 480	4	1,934
141	3	3,31	370; 002	24	2,344	062	4	1,930
231	20	3,23	280	26	2,338	162	2	1,910
051	6	3,07	460	4	2,237	342	4	1,873
400, 151	22	2,97	181	2	2,202	Кроме того, 60 слабых линий до 1,171 Å		
260	40	2,94	202	2	2,181			

Л и т е р а т у р а

1. Pryce M.W. // Miner. Mag. 1971. Vol. 38, N 293. P. 21.
2. Волошин А.В., Гордиенко В.В., Гельман Е.М., Зорина М.Л. и др. // Зап. ВМО. 1977. Ч. 106, вып. 3. С. 337.
3. Гордиенко В.В., Волошин А.В., Кривовичев В.Г. и др. // Проблемы современной кристаллохимии и их решения в целях геолого-минералогических наук: Всесоюз. конф., 20–23 окт. 1976 г. Л.: Изд-во ЛГУ, 1976. С. 65.
4. Волошин А.В., Пахомовский Я.А., Залкинд О.А. // Минеральные ассоциации и минералы магматических комплексов Кольского п-ова. Апатиты, 1987. С. 14.
5. Волошин А.В., Пахомовский Я.А. // Минералогия tantalа и ниobia в редкометальных пегматитах. Л.: Наука, 1988. С. 179.

С Т Р У К Т У Р А Т И ПА ТУНДРИТА

Тундрит, описанный ранее как ортосиликат с формулой $\text{Na}_{3-y}(\text{Ce}, \text{Ca})_4 \times (\text{Ti}, \text{Nb})_2[\text{SiO}_4]_2(\text{O}, \text{OH})_8 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$ (т. III, вып. 1, с. 356), согласно уточнению химического состава и структуры рассматривался как силико-карбонат [1]. По преобладающему редкоземельному элементу выделены (Clark, 1993):



По соотношению (SiO_4)- и (CO_3)-групп следует отнести к карбонатам.

Л и т е р а т у р а

1. Шлюкова З.В., Власова Е.В., Казакова М.Е., Пилоян Г.О., Шумяцкая Н.Г., Боруцкий Б.Е. // ДАН СССР. 1973. Т. 211, № 2. С. 426.

**С Т Р У К Т У Р А Т И ПА С ПЁРРИТА
ГРУППА СПЁРРИТА**

Описание минералов группы: спёррита, таумасита, бирунита, рёблингита см. т. III, вып. 1, с. 358.

	Сингония	a_0	b_0	c_0	β	У.д.в.
Параспёррит $\text{Ca}_5[\text{SiO}_4]_2\text{CO}_3$	Монокл.	10,473	6,706	27,78	90,58°	3,00

**Параспёррит Paraspurrite
 $\text{Ca}_5[\text{SiO}_4]_2\text{CO}_3$**

Назван по кристаллохимической близости со спёрритом [1].

Характ. выдел. Кристаллы (в среднем 0,5 см, до 2,0 см).

Структ. и морф. крист. Монокл. с. $C_{2h}^5 - P2_1 / a$. $a_0 = 10,473$, $b_0 = 6,706$, $c_0 = 27,78 \text{ \AA}$; $\beta = 90,58^\circ$; $a_0 : b_0 : c_0 = 1,5617 : 1 : 4,1425$; $V = 1951,2 \text{ \AA}^3$; $Z = 8$. Полиморфен со спёрритом.

Физ. св. Сп. плохая по (001). Уд. в. 3,00 (вычисл. 3,01).

Микр. Бесцветен. Двойникование полисинтетическое по (001). Двусосный (–). $Nm = b$, $cNg = aNm = 30^\circ$. $n_g = 1,677$, $n_m = 1,672$, $n_p = 1,650$; $n_g - n_p = 0,027$; $2V = 47^\circ$.

Хим. По составу идентичен спёрриту. Теор. состав: $\text{CaO} - 62,98$; $\text{SiO}_2 - 27,13$; $\text{CO}_2 - 9,89$. Анализ: $\text{Na}_2\text{O} - 0,03$; $\text{MgO} - 0,19$; $\text{CaO} - 62,78$; $\text{MnO} - 0,02$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 0,12$;

Al_2O_3 – 0,37; SiO_2 – 27,25; TiO_2 – 0,02; п.п. – 8,65; сумма 99,56. Микрозондовым анализом определены: CaO – 62,13, SiO_2 – 26,73.

Найден. Встречен как породообразующий минерал темно-серой породы гранулитовой фации, слагающей небольшую линзу в метаморфизованных силикатно-карбонатных породах близ Дарвина, шт. Калифорния (США). Ассоциирует с геленитом, везувианом, апатитом, ларнитом. Вдоль контакта линзы развита зона массивного гроссуляра.

Межплоскостные расстояния параспэррита из Калифорнии (США) [1]

CuK α -излучение. Дифрактометр

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
004	78	6,92	404	8	2,443
012	34	6,03	0012	28	2,313
201	14	5,15	227	12	2,307
201	27	5,12	227		2,292
006	37	4,62	406	4	2,288
203	2	4,54	2011	2	2,282
211	2	4,09	406	4	2,268
211	2	4,08	2011	6	2,262
205	11	3,83	032	6	2,208
016	12	3,82	0112	8	2,186
205	12	3,80	416	7	2,165
213	8	3,78	416	8	2,149
213	5	3,76	0210	2	2,140
008	100	3,47	408	17	2,080
020	16	3,35	420	5	2,065
215	4	3,30	231; 231	4	2,050
207	12	3,18	036	8	2,015
018	4	3,08	233	5	2,008
024	20	3,017	0014; 424	63	1,983
026	42	2,716	0212	4	1,905
223	34	2,707	426	10	1,890
223	48	2,698	2211	5	1,887
209	25	2,671	038	7	1,880
209	39	2,647	426	7	1,879
400	8	2,617	428	11	1,767

Литература.

1. Colville A.A., Colville P.A. // Amer. Miner. 1977. Vol. 62, N 9/10. P. 1003.

СТРУКТУРА ТИПА ХАРРИСОНИТА

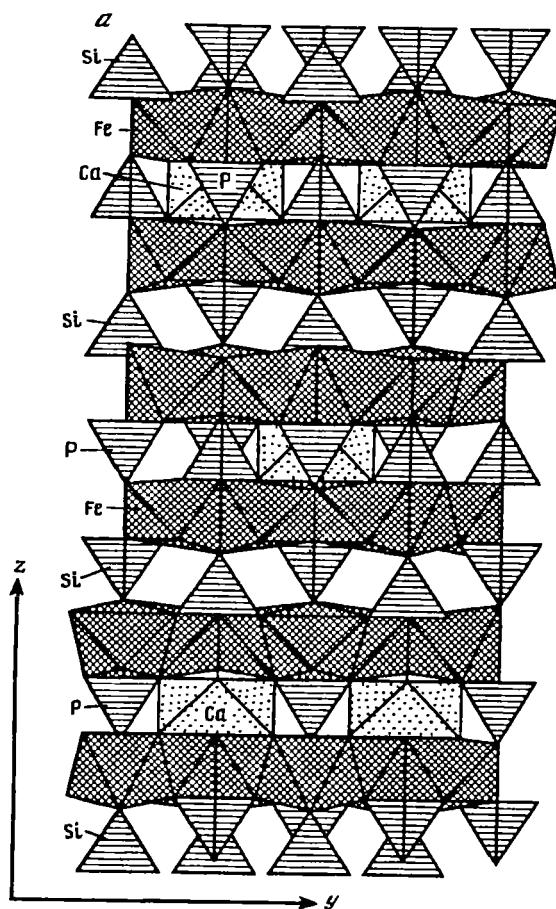
Харрисонит Harrisonite
 $\text{Ca}(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg})_6[\text{SiO}_4]_2(\text{PO}_4)_2$

Назван по имени бывшего директора Геологической службы Канады Д.М. Харрисона [1].

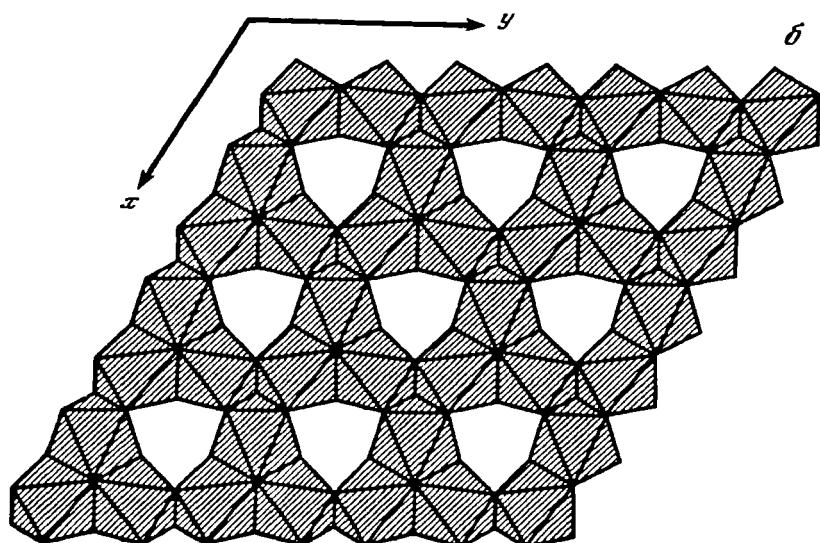
Характ. выдел. [1]. Агрегаты зерен неправильной формы (до 2 мм, чаще 0,2–0,5 мм) и каймы.

Структ. и морф. крист. [2]. Гексаг. с. $R3m$. $a_0 = 6,240$, $c_0 = 26,784 \text{ \AA}$; $c_0 : a_0 = 4,2923$; $V = 906,0 \text{ \AA}^3$; $Z = 3$.

Структура слоистая [2]. Вдоль оси c в элементарной ячейке размещается 12 слоев. В каждой ромбоэдрической подъячейке, составляющей 1/3 элементарной ячейки, находятся четыре слоя: два из $[\text{FeO}_6]^{10-}$ -полиэдров, один из $[\text{SiO}_4]^{4-}$ -тет-



Фиг. 3. Структура харрисонита (по Грайсу и др.)
 а – проекция (100); б – проекция (001);
 слой $[FeO_6]^{10^-}$ -октаэдров корундового
 типа



раэдров, один из $[\text{CaO}_6]^{10-}$ -полиэдров и $[\text{PO}_4]^{3-}$ -тетраэдров (фиг. 3,а). $[\text{FeO}_6]^{10-}$ -слои (см. фиг. 3,б) структурно сходны с подобными слоями в корунде, в котором 25% октаэдрических позиций вакантны. Над и под вакансиями находятся либо $[\text{SiO}_4]^{4-}$ -тетраэдры, либо $[\text{CaO}_6]^{10-}$ -полиэдры. В $[\text{SiO}_4]^{10-}$ -слое тетраэдры не соединены друг с другом. В $[\text{Ca}(\text{PO})_4]^{4-}$ -слоях $[\text{CaO}_6]^{10-}$ -полиэдры, представляющие собой тригональные антипризмы, сочленяются посредством $[\text{PO}_4]^{3-}$ -тетраэдров. Слои с подобным строением характерны для мервинита [3], в котором $[\text{MgO}_6]^{6-}$ -октаэдры окружены шестью $[\text{SiO}_4]^{4-}$ -тетраэдрами с поочередно повернутыми вверх и вниз вершинами.

Физ. св. [1]. Сп. несовершенная. Изл. раковистый. Хрупок. Тв. менее 5 (царапается иглой). Уд.в. 4,02 (вычисл. 4,01). Цв. от желто- до оранжево- и темно-коричневого. Чертка бледно-желтая. Бл. стеклянный. Полупрозрачен, края зерен прозрачны.

Не люминесцирует в ультрафиолетовых лучах.

Микр. [1]. Бледно-желтый. Одноосный (–), иногда частично аномально двуосный с небольшим $2V$ (-5°). $n_o = 1,770$, $n_e = 1,759$; $n_o - n_e = 0,011$. Плеохроизм слабый [1].

Хим. Среднее из 4 анализов (микрозонд.): $\text{CaO} - 7,65$; $\text{FeO} - 52,27$; $\text{MgO} - 3,89$; $\text{MnO} - 0,11$; $\text{SiO}_2 - 15,99$; $\text{P}_2\text{O}_5 - 19,18$; сумма 99,09.

Эмпирическая формула (на 16 атомов O): $\text{Ca}_{1,01}(\text{Fe}_{5,36}^{2+}\text{Mg}_{0,71}\text{Mn}_{0,01})_{6,08} \times (\text{Si}_{0,98}\text{O}_4)_2(\text{P}_{0,99}\text{O}_4)_2$ [1, 2].

Найдж. Обнаружен на о-ве Аркедекне близ северной части п-ова Бутия (округ Франклайн, Арктическая Канада). Входит в состав слоистых кварц-Fe-силикат-апатитовых тел, относящихся к высоко метаморфизованной пластовой сланцевой P-Fe-формации. Образует тонкие каймы вокруг Fe- и Sr-содержащего фторапатита и отдельные зерна, ассоциирующие с кварцем, альмандином и ферросилилитом (Fs_{75-78}) [1].

Отл. [1]. В шлифах сходен с фаялитом и ферросиликатом, отличаясь слабой аномальной двуосностью ($2V - 5^\circ$). По раковистому излому и стеклянному блеску похож на обсидиан, но имеет другую окраску.

Межплоскостные расстояния харрисонита из Арктической Канады [1]

Со-излучение, $D = 114,6$ мм

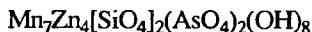
hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
101	10	5,29	2.0.11; 217	30ш	1,806
012	60	5,00	0.0.15	5	1,785
006	50	4,46	033	10	1,765
107	100	3,119	036; 306	30	1,670
009	50	2,976	0.2.13	10	1,635
113	15	2,947	2.1.10	10	1,624
021	80	2,689	1.0.16	20	1,599
116	100	2,558	1.2.11; 220	80	1,560
024	80	2,505	1.1.15	20	1,550
205	20	2,410	312	3	1,490
0.1.11	10	2,217	226	5	1,473
027	40	2,206	315	3	1,444
208	15	2,103	0.2.16	3	1,426
214	3	1,952	229	20	1,382
125; 0.2.10	60	1,903	2.0.17	20	1,362

Л и т е р а т у р а

1. Roberts A.C., Stirling J.A.R., Grice J.D., Frisch T., Herd R.K., Jambor L.J. // Canad. Miner. 1993. Vol. 31, pt 4. P. 775.
2. Grice J.D., Roberts A.C. // Ibid. P. 781.
3. Moore P.B. // Amer. Miner. 1973. Vol. 58, N 1/2. P. 32.

С Т Р У К Т У Р А Т И П А К О Л И К И Т А

	Сингония	a_0	b_0	c_0
Коликит $Mn_7Zn_4[SiO_4]_2(AsO_4)_2(OH)_8$	Ромб.	18,59	8,789	12,04

Коликит Kolicite

Назван в честь Джона Колика, американского горного инженера, впервые обнаружившего минерал в 1977 г. [1].

Характ. выдел. Мелкие зерна и таблитчатые кристаллы с несовершенными гранями, размером около 0,05 мм, редко 0,5 мм.

Структ. и морф. крист. Ромб.с. D_{2h}^1-Cmca [1]. $a_0 = 18,59$, $b_0 = 8,789$, $c_0 = 12,04 \text{ \AA}$; $a_0 : b_0 : c_0 = 1,1151 : 1 : 1,3699$; $V = 1967,1 \text{ \AA}^3$; $Z = 2$ [1].

Основными элементами структуры служат сложные блоки из семи Mn-октаэдров, соединенные бесконечными слоями из Zn, As, Si-тетраэдров в трехмерный каркас. Октаэдрические блоки, характеризующиеся плотнейшей кубической упаковкой анионов, состоят из трех коротких цепочек: центральной – из Mn(1)- и двух Mn(2)-октаэдров, соединенных общими ребрами, параллельными оси c , и двух боковых – каждая из двух Mn-полиэдров, имеющих общие ребра с центральными Mn(1)- и Mn(2)-полиэдрами (фиг. 4).

В тетраэдрических блоках два Zn-тетраэдра и один As-тетраэдр, соединенные общими вершинами, занимают два уровня ($z = 1/8$ и $z = 3/8$) и образуют короткие цепочки, вытянутые параллельно оси a . Четыре цепочки объединяются центральным изолированным тетраэдром через общие вершины в бесконечный двумерный слой (толщиной от $z = 1/8$ до $z = 3/8$) состава $AsZn_2SiO_8(OH)_2$. Отношение катион : анион = 4 : 10 позволяет трактовать его как тетраэдрический слой бесконечной протяженности, аналогичный слюдам.

Близкую структуру имеют герстманит и холденит.

Межатомные расстояния (в Å) [2]: As–O = 1,697–1,704; Si–O = 1,691–1,646; Zn–O = 1,935–1,994; M–O расстояния близки между собой (M(1)–O = 2,180; M(2)–O = 2,212; M(3)–O = 2,215) и к обычному расстоянию Mn–O = 2,21. Уменьшенное M–O расстояние может быть связано с замещением части Mn на Mg.

Кристаллы таблитчатые; основные формы – пинакоиды и дипирамиды; наибольший пинакоид вытянут параллельно удлинению кристаллов (сканирующий микроскоп) [2].

Микр. Плеохроизм сильный: по Ng – светло-желтый, по Nm – желтовато-оранжевый, по Np – бесцветный или бледно-желтый. Двусосный (–). $Ng = a$, $Nm = c$, $Np = b$; абсорбция $Ng = Nm > Np$; $n_g = 1,790$; $n_m = 1,786$; $n_p = 1,779$; $n_g - n_p = 0,011$; $2V = 78^\circ$ (вычисл. 74°). Дисперсия сильная, $r < v$ [1].

Хим. Теор. состав: ZnO – 26,11; MnO – 39,91; SiO₂ – 9,66; As₂O₅ – 18,48; H₂O – 5,79. Анализ (микрозонд.): MgO – 0,8; ZnO – 26,1; MnO – 39,2; FeO – 0,4; SiO₂ – 10,4; As₂O₅ – 18,9; H₂O – 5,5 (по данным ДТА, ТГА); сумма 101,2 (анал. Обермайер).

Фиг. 4. Структура коликита (по Данн-у и др.)

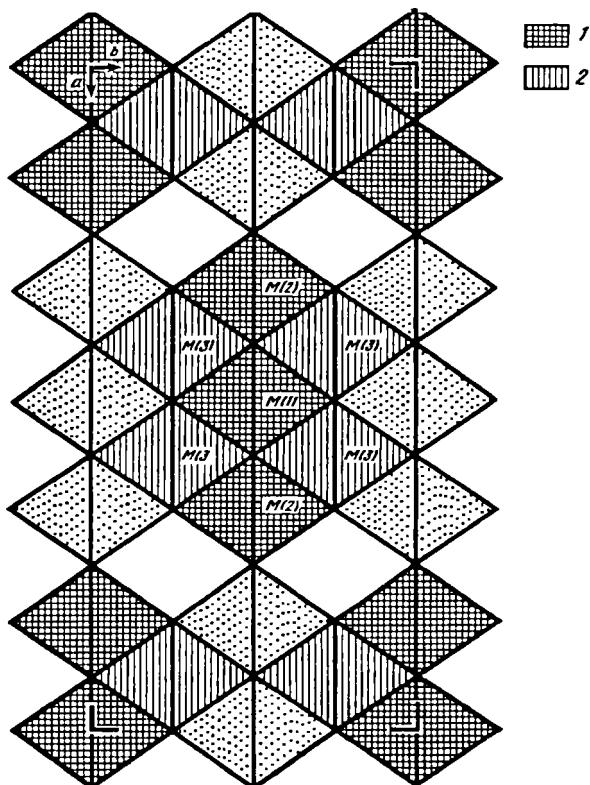
Распределение идеализированных октаэдров во фрагменте структуры:
 $-z = 0; 2 - z = 1/2$

Эмпирическая формула на 8 атомов As в элементарной ячейке): $(\text{MnMgFe})_7\text{Zn}_4 \times (\text{SiO}_4)_2(\text{AsO}_4)_2(\text{OH})_8$ [1].

Диагн. исп. Легко растворим в HCl 1:1, слабее в HNO_3 1:1 [1].

Повед. при нагр. До 625° теряет 5,5 веса [1].

Найд. Обнаружен в нескольких образцах из рудника Стерлинг-Хилл, шт. Нью-Джерси, США [1]. Образует корочки на зеркалах скольжения в зонах дробления рудных тел, сложенных красным виллемитом и франклинитом; ассоциирует с более ранним виллемитом и более поздним соннитом и фриделитом; содержит включения прозрачных игольчатых кристаллов виллемита поздней генерации. В одном из образцов коллекции минералов рудника Франклайн найден в виде включений в холдените [1].



Межплоскостные расстояния коликита из Стерлинг-Хилла, шт. Нью-Джерси (США) [1]

CuK_α -излучение, $D = 114,6$ мм

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	I	$d(\text{\AA})$
021	10	4,12	514	10	2,263	10	1,577
220	2	3,97	040	1	2,194	5	1,550
221	2	3,76	532	5	2,147	70	1,540
113	60	3,58	025	10	2,111	10	1,506
512	100	2,970	042	1	2,067	5	1,478
223	40	2,815	242	1	2,009	10	1,454
602	2	2,752	515	2	1,969	5	1,423
132	50	2,608	913	2	1,796	5	1,378
620	1	2,533	443	2	1,776	2	1,318
024	40	2,479	715	5	1,746	2	1,296
113	40	2,342	151	5	1,731	2	1,196
115	5	2,304	606	10	1,681	2	1,182
						1	1,081

Литература

Dunn P.J., Peacor D.R., Sturmann B.D. // Amer. Miner. 1979. Vol. 64, N 7/8. P. 708.
 Peacor D.R. // Ibid. 1986. Vol. 65, N 5/6. P. 483.

С Т Р У К Т У Р А Т И П А К Р А Й С Л И Т А

Крайслит Kraisslite



Назван в честь Фредерика и Алисы Крайсл, исследователей месторождений Франклайн и Огденсбург в Нью-Джерси (США) [1].

Характ. выдел. Кристаллы (до 1 см) и чешуйки [1].

Структ. и морф. крист. Гекс. с. $P\bar{6}_322$. $a_0 = 8,22$, $c_0 = 43,88 \text{ \AA}$ [1].

Кристаллическая структура слоистая, относится к структурному типу гематолита [1] ($(\text{Mn}^{2+}, \text{Mg}, \text{Al})_{15} (\text{AsO}_3)_3 (\text{AsO}_4)_2 (\text{OH})_{23}$), основой структуры которого является чередование пяти различающихся по строению слоев с кубической и гексагональной плотнейшей упаковкой атомов кислорода по следующему закону: $ABABCBC$, с периодом повторяемости по оси c , равным 15 слоям [2]. Вдоль оси c часто проявляется неупорядоченность [1]. На основании химических данных предполагается тетраэдрическая координация Zn, что согласуется с пространственной группой $P\bar{6}_322$ [3].

Кристаллы пластинчатые с частично растворенными пирамидальными и призматическими гранями, а также тонкие искривленные чешуйки.

Физ. Сп. совершенная по (0001) (слюдистая). Хрупкий, чешуйки не эластичные. Тв. 3–4. Уд. в. 3,876 (вычисл. 3,903 [1] и 3,918 [3]). Цв. красновато-буровый, медно-буровый, темно-красный. Черта золотисто-бурая. Бл. полуметаллический.

Микр. [1]. В отраж. свете напоминает медь. Одноосный (+). $n_o = 1,805$. Двупреломление низкое.

Хим. Сложный арсеносиликат Fe, Mg, Mn и Zn. Отношение $\text{As}^{3+} : \text{As}^{5+} = 3 : 4$. Предполагается существование незначительных изоморфных замещений между As^{5+} и Si [3].

Анализы:

	1	2	3	4	5	6	7
MgO	2,53	2,3	2,7	2,4	2,5	2,9	2,6
MnO	51,6	51,4	52,5	53,5	50,6	51,8	52,0
FeO	1,92	—	—	—	—	—	—
ZnO	8,47	8,0	8,8	8,2	8,9	9,1	8,6
Fe ₂ O ₃	—	2,2	1,7	1,6	2,3	2,1	2,0
Al ₂ O ₃	0,21	0,2	0,1	0,1	0,3	0,1	0,2
As ₂ O ₃	0,87	6,48*	6,88*	6,72*	7,08 ^{2*}	6,99 ^{2*}	6,69 ^{4*}
As ₂ O ₅	17,1	10,06 ^{3*}	10,25 ^{3*}	10,74 ^{3*}	10,96 ^{2*}	10,84 ^{2*}	10,35 ^{4*}
SiO ₂	13,8	13,2	12,9	13,1	12,8	12,5	12,9
H ₂ O ⁺	3,68	3,68 ^{5*}					
Сумма	100,78	97,5	99,5	100,0	99,1	100,0	100,0

* Химический анализ.

^{2*} Рассчитаны из отношения $\text{As}^{3+} : \text{As}^{5+}$, полученного из ан. 2–4, суммарный As – на микрозонде.

^{3*} As₂O₅ – по разнице суммарного As и As³⁺.

^{4*} Среднее из ан. 2–4.

^{5*} H₂O – по ан. 1.

1–7 – месторождение Стерлинг-Хилл (США): 1 – анал. Айто [1], 2–6 – микрозонд. [3], 7 – среднее из ан. 2–6.

Эмпирическая формула, рассчитанная из ан. 1 на 12 атомов (Si + As): $(\text{Mn}_{0,89}^{2+} \text{Mg}_{0,08} \text{Fe}_{0,03}^{2+}) \text{Zn}_4 (\text{AsO}_3)_4 (\text{SiO}_4)_8 (\text{OH})_{12}$ [1]. Указывалось [3], что данная формула

эшибочна, так как не удовлетворяет требованиям пространственной группы $P6_322$. Эмпирическая формула для ан. 7 (на 18 атомов ($\text{Si} + \text{As}^{5+}$)): $\text{Fe}_{1.49}^{3+}\text{Mg}_{3.81}\text{Mn}_{3.91}\text{Zn}_{6.33}\times \times (\text{AsO}_3)_{4.05}(\text{AsO}_4)_{5.39}(\text{SiO}_4)_{12.87}(\text{OH})_{36}$. В идеальном виде: $\text{Fe}_2^{3+}\text{Mg}_4\text{Mn}_{44}\text{Zn}_6(\text{AsO}_3)_4\times \times (\text{AsO}_4)_6(\text{SiO}_4)_{12}(\text{OH})_{36}$ [3]. У Флейшера приведена формула $(\text{Mn}^{2+}, \text{Mg})_{24}\text{Zn}_3\text{Fe}^{3+}\times \times (\text{As}^{3+}\text{O}_3)_2(\text{As}^{5+}\text{O}_4)_3(\text{SiO}_4)_6(\text{OH})_{18}$.

Нахожд. Обнаружен на месторождении Стерлинг-Хилл (округ Суссекс, шт. Нью-Джерси, США) в центральной цинкитовой зоне франклинит-виллемит-цинкитовых руд [1] в виде тонких пленок и линз на поверхности трещин в ассоциации с пирохроитом, баритом, сфалеритом, родохрозитом и другими вторичными Zn-Mn минералами.

Образует тонкие чешуйки в трещинах в виллемит-франклинитовых (с примесью холденита) рудах, хаотично ориентированные пластинки, ассоциирующие с франклинитом, кальцитом, виллемитом и Zn-аделитом, в массивном холдените, а также массивные агрегаты в виллемит-кальцит-франклинитовой руде [3].

Отл. От макговернита отличается по рентгенограмме, параметру c_0 (у макговернита – 203,15 Å) и более низким содержанием As_2O_3 , MgO и H_2O [1].

Межплоскостные расстояния крайслита из Стерлинг-Хилла, шт. Нью-Джерси (США) [1]

CuK α -излучение

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
004	5	10,002	00.18	55	2,437
006	1	7,266	00.20	55	2,194
00.10	45	4,385	00.30	1	1,4601
00.12	35	3,651	00.34	2	1,2907
00.14	20	3,130	00.36	7	1,2190
?	2	2,993	00.38	2	1,1552
00.16	100	2,740			

Литература

Moore P.B., Ito J // Amer. Miner. 1978. Vol. 63, N 9/10. P. 938.

Moore P.B., Araki T. // Ibid. N 1/2. P. 150.

Dunn P.J., Nelen J.A. // Ibid. 1980. Vol. 65, N 9/10. P. 957.

СТРУКТУРА ТИПА ТИТАНИТА

ГРУППА ТИТАНИТА

Ранее в группе описаны: титанит, малаяит и условно – ферсманит (т. III, вып. 1, 336). Последний, как показала расшифровка структуры, относится к диортоси-катам (см. с. 156).

	Сингония	a_0	b_0	c_0	β
Ванадомалаяит $\text{CaV}[\text{SiO}_4]\text{O}$	Монокл.	6,526	8,691	7,032	113,88°

Ванадомалаяит Vanadomalayaite $\text{CaV}[\text{SiO}_4]\text{O}$

Назван по составу, является ванадиевым аналогом малаяита [1].

Характ. выдел. Мелкие кристаллы (до 0,4 мм).

Структ. и морф. крист. Монокл. с. $C2/c$. $a_0 = 6,526$, $b_0 = 8,691$, $c_0 = 7,032$ Å; $\beta = 113,88^\circ$; $Z = 4$.

Изоструктурен с титанитом. V^{4+} находится в октаэдрических позициях.

Кристаллы призматические. Двойники не наблюдались.

Физ.св. Сп. хорошая по (110). Цв. темно-красный.

Микр. Данные не приведены.

Хим. Ванадиевый аналог титанита и малаяита. Эмпирическая формула, полученная для среднего из нескольких микрозондовых анализов (анализы не приведены) (расчет на 5 атомов O): $Ca_{1,00}(V_{0,71}Ti_{0,26}Fe_{0,01}Al_{0,01})[Si_{1,01}O_4]O$.

Нахожд. Найден в тонких прожилках в окремненных известняках на месторождении Гамбатеса в Восточной Лигурии (Италия). Образует редкие кристаллы в ассоциации с кварцем, кальцитом и харадайтом.

Л и т е р а т у р а

1. Basso R., Lucchetti G., Zefiro L., Palenzona A. // Abstr. 16th Gen. Meet. of Intern. Miner. Assoc. Pisa, 1994. P. 31.

С Т Р У К Т У Р А Т И ПА КИАНИТА

ГРУППА КИАНИТА

Ранее в группе описаны: кианит, андалузит, иодерит, грандильтерит (т. III, вып. 1, с. 440).

	Сингония	a_0	b_0	c_0	Уд.в.
Канонант (Mn^{3+}, Al) $Al[SiO_4]O$	Ромб.	7,953	8,038	5,619	3,395

Канонант Kanonait (Mn^{3+}, Al) $Al[SiO_4]O$

Назван по месту находки вблизи г. Канона (Замбия). Название относится к членам изоморфного ряда андалузит $Al^{VI}-Al^V[SiO_4]O$ -канонант $Mn^{3+(VI)}Al^V[SiO_4]O$ для $Mn^{3+(VI)} > Al^{VI}$ [1].

Характ. выдел. Ангедральные порфиробласти длиной до 12 мм.

Структ. и морф. крист. Ромб. с. $D_{2h}^{12}-Pnnm$. $a_0 = 7,953$, $b_0 = 8,038$, $c_0 = 5,619$; $a_0 : b_0 : c_0 = 0,989 : 1 : 0,699$; $V = 359,2 \text{ \AA}^3$; $Z = 4$ [1].

Физ. св. [1]. Сп. по (110) несовершенная. Наблюдается анизотропия твердости: для разноориентированных зерен тв. 6,5 и 7,5; микротвердость соответствен-но 906–1017 и 1275–1465 кгс/мм². Уд.в. 3,395 (вычисл.). Цв. зеленовато-черный. Чертка серовато-зеленая. Бл. стеклянный. ИК-спектр аналогичен таковому андалузита.

Микр. [1]. Плеохроизм сильный: по Ng – темно-золотисто-желтый, по Nm – голубовато-зеленый, по Np – желтовато-зеленый, $Ng \parallel c$, $Nm \parallel b$, $a \parallel Np$. Двусный (+). $n_g = 1,823$, $n_m = 1,730$, $n_p = 1,702$; $n_g - n_p = 0,121$. $2V = 53^\circ$ (вычисл. 56°).

Хим. Анализ (микрозонд., среднее из 24 точечных определений для главных элементов и 10 – для второстепенных) [1]: $MgO = 0,04$; $CaO = 0,01$; $BaO = 0,04$; $PbO = 0,01$; $ZnO = 0,13$; $CuO = 0,01$; $Al_2O_3 = 33,9$; $Fe_2O_3 = 0,66$; $Mn_2O_3 = 32,2$; $SiO_2 = 32,2$; $TiO_2 = 0,01$; сумма 99,21 (вода не определялась).

Эмпирическая формула (на 5 атомов O): $(Mn_{0,76}^{3+}Al_{0,23}^{3+}Fe_{0,015}^{3+})_{1,01}Al_{1,00}^{VI}[Si_{0,99}O_4,00] \times O_{1,00}$. Отмечены сл. Zr, Sn, As и Ga.

Нахожд. Обнаружен в ганит-Mg-хлорит-коронадит-кварцевых сланцах вблизи Канона (Замбия) в виде порфиробластов, включающих агрегаты ганита и коронадита [1]; последний, в свою очередь, содержит неправильной формы зерна браунита размером в сотые и десятые доли миллиметра. Предполагается многофазовый метаморфизм пород. Возможно, что агрегаты Mg-хлорита и кварца представляют собой псевдоморфозы по кордиериту, тем более что кордиерит известен в породах с мanganандалузитом в Якутии [2] и Германии [3].

Искусств. Составы $Mn_{0,14}Al_{1,86}SiO_5 - Mn_{0,44}Al_{1,56}SiO_5$ синтезированы в системе $Al_2O_3 - MnO - MnO_2 - SiO_2$ при давлении 10–18 кбар и температуре 900° [4].

Отл. От мanganандалузита отличается большей величиной η_g и меньшим углом Σ [5, 6].

Межплоскостные расстояния канонаита из Замбии [1]

CuK α -излучение. Дифрактометр

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
110	100	5,669	301	9	2,397	042	3	1,635
011; 101	75	4,590	022; 311	69	2,299	402	19	1,623
	2	4,252	320, 122;	83	2,212	150	11	1,576
111	46	3,981	212			332; 510	25	1,564
120	90	3,587	040	1	2,010	242	52	1,511
210	90	3,567	222; 400	22	1,988	250	4	1,491
	2	3,482	140	4	1,947	440	25	1,413
	32	3,340	410	5	1,930	004	6	1,403
	14ш	3,119	330; 132	24	1,884	350; 152	4	1,374
220	94	2,827	141	7	1,839	512; 114	4	1,365
130	52	2,540	411; 013	17	1,823	252	1	1,318
310, 112	90	2,517	331	15	1,787	522	8	1,308
031	15	2,418	232	2	1,743	620; 224	10	1,259

Литература

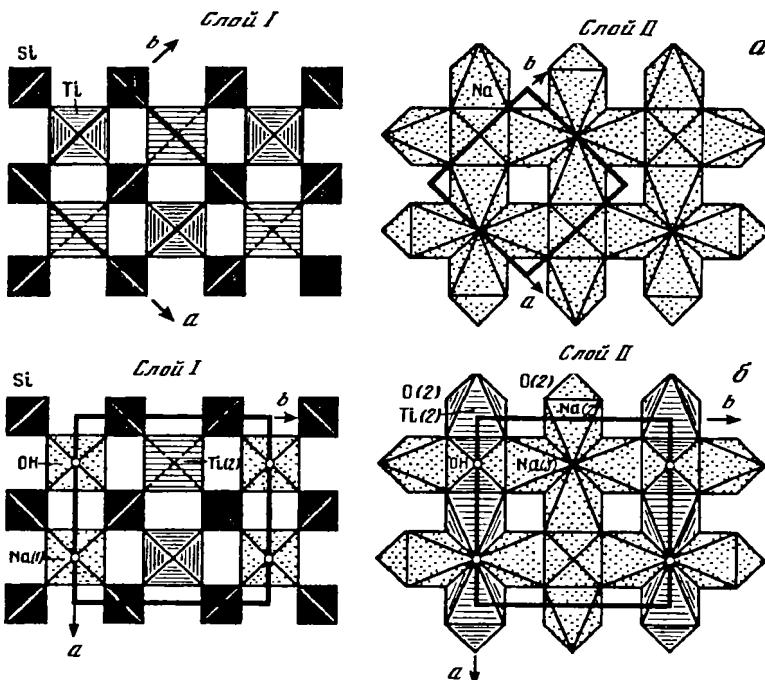
1. Vrana S., Rieder M., Podlaha J. // Contrib. Miner. and Petrol. 1978. Vol. 66, N 3. P. 326.
2. Кулини Е.А. // Геология и геофизика. 1961. № 1. С. 53.
3. Abraham K., Schreyer W. // Contrib. Miner. and Petrol. 1975. Vol. 49, N 1. P. 1.
4. Abs-Wurmbach L., Langer K. // Ibid. P. 21.
5. Deschadt R. // Bull. Soc. geol. belg. 1966. Vol. 75, fasc. 2. P. 147.
6. Herbosch A. // Ibid. 1968. Vol. 76, fasc. 2. P. 183.

СТРУКТУРА ТИПА НАТИСИТА

ГРУППА НАТИСИТА

	Сингония	a_0	b_0	c_0	Z	У.д.в.
Натисит $\text{Na}_2\text{Ti}[\text{SiO}_4]\text{O}$	Тетраг.	6,50	—	5,07	2	3,15
Паранатисит $\text{Na}_2\text{Ti}[\text{SiO}_4]\text{O}$	Ромб.	9,827	9,167	4,799	4	3,12

Структура паранатисита аналогична структуре натисита; при одинаковой кислородной матрице они различаются распределением катионов Ti и Na , что приводит к понижению симметрии от тетрагональной до ромбической (фиг. 5, а, б) [1].



Фиг. 5. Структура натисита (а) и паранатисита (б) в проекции ab (по Соколовой и др.)

Л и т е р а т у р а

1. Соколова Е.В., Ямнова Н.А., Егоров-Тисменко Ю.К., Хомяков А.П. // ДАН СССР. 1985. Т. 284, № 5. С. 1136.

Натисит Natisite $\text{Na}_2\text{Ti}[\text{SiO}_4]\text{O}$

Назван по составу [1]. Первоначально был получен искусственно [2].

Характ. выдел. Округлые зерна, кристаллы (0,05–0,5 мм) и их агрегаты [1, 3].

Структ. и морф. крист. Тетраг. с. D_{4h}^7 – $P4/nmm$. $a_0 = 6,50$, $c_0 = 5,07 \text{ \AA}$; $a_0:c_0 = 1:0,780$; $V = 214,4 \text{ \AA}^3$; $Z = 2$ [1]; для искусственного – $a_0 = 6,485$, $c_0 = 5,0987 \text{ \AA}$, $a_0:c_0 = 1:0,786$; $V = 214,5 \text{ \AA}^3$; $Z = 2$ [4].

Структура искусственного натисита состоит из двух объемных, чередующихся верпендикулярно оси с этажей. Первый этаж сложен Ti-полуоктаэдрами и одиночными Si-тетраэдрами; второй состоит из Na-октаэдров, сгруппированных в четверки вокруг осей 4 порядка. Ребра октаэдров лежат в плоскости базиса, образуя квадратные основания Ti-полуоктаэдров (см. фиг. 5, а) [5].

Средние межатомные расстояния (в Å): в Si-тетраэдрах $\text{Si}-\text{O} = 1,630$, $\text{O}-\text{O} = 2,662$; в Ti-пятивершинниках $\text{Ti}-\text{O} = 1,941$, $\text{O}-\text{O} = 2,844$; в Na-октаэдрах $\text{Na}-\text{O} = 2,398$, $\text{O}-\text{O} = 3,249$ [4].

Кристаллы бипирамидального облика [3]. Искусственный имеет таблитчатый габитус, основные формы (001), (100) и (201) [2].

Физ. св. Сп. совершенная по (001), менее совершенная по (100). Изл. ступенчатый. Тв. 3–4 [1], у искусственного 4 [2]. Уд.в. 3,15 (вычисл.), у искусственного – 3,16. Прозрачный. Цв. желтовато-зеленоватый, зеленовато-серый, светло-кремовый, кофейный, иногда бесцветный (водяно-прозрачный) [1, 3]; синтезированный без примесей бесцветный, активированные марганцем кристаллы бледно-желтые [2]. Бл. стеклянный до алмазного [1, 3].

Микр. Одноосный (–). $n_o = 1,756$, $n_e = 1,680$; $n_o - n_e = 0,078$; у искусственного $n = 1,758$, $n_e = 1,680$; $n_o - n_e = 0,078$ [1]. $n_o = 1,745$, $n_e = 1,722$; $n_o - n_e = 0,023$ [2].

Хим. Теор. состав: $\text{SiO}_2 - 29,75$; $\text{TiO}_2 - 39,56$; $\text{Na}_2\text{O} - 30,69$.

Анализы (микрозонд.):

	Na_2O	MnO	FeO	SiO_2	TiO_2	Nb_2O_5	Ta_2O_5	Сумма
1	30,32	0,31	0,53	29,77	38,93	0,72	0,12	100,70
2	29,47	0,37	1,35	29,14	39,62	0,18	–	100,13

1 – гора Карнасурт, Ловозерский массив, анал. Пахомовский [1]; 2 – гора Юкспор, Хибинский массив, анал. Полежаева [6] (дополнительно установлен F 1–1,5%) [5].

Диагн. исп. П.п.тр. легко сплавляется в белый фарфоровидный шарик. Не растворяется в 5%-ных HCl , HNO_3 , H_2SO_4 . Под электронным пучком имеет синеватое свечение [1].

Нахожд. Найден на Кольском п-ове (Мурманская обл.) в Ловозерском и Хибинском массивах. В Ловозерском массиве установлен [1] в натролит-уссинитовом прожилке, пересекающем фойяиты, луявриты и малиньиты, в ассоциации с чкаловитом, вуюннемитом и эгирином, в виде округлых единичных зерен и розетковидных микрообособлений пластинчатых кристаллов среди натролита и эсингита.

На горе Юкспор обнаружен в пегматоидных породах с пектолитом, канаситом, жльхайелитом, виллиомитом, натрофосфатом и с псевдоморфозами вторичных амконосиликатов по эвдиалиту. Наблюдаются в виде округлых зерен, дипирамидальных и пластинчатых кристаллов и их агрегатов, иногда в тесном срастании с цирнатиситом [3, 6, 7].

Образуется в позднегидротермальную стадию в условиях высокой щелочности гидры (парагенетический анализ и экспериментальные данные) [1, 6].

Искусств. Впервые получен [2] как побочный продукт в процессе гидротермальной кристаллизации в системе $\text{Na}_2\text{O}-\text{ZnO}-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$ при 550° и концентрации NaOH 30%, а также за счет растворения титановых вкладышей в верхней зоне автоклава – зоне кристаллизации. Обнаружен [1] в продуктах возгора на крышках Ti-вкладышей при опытах по изучению мобилизации никеля из силикатных пород под действием растворов метасиликата натрия при 340° и давлении 500–600 атм (продолжительность опытов 96 ч).

Отл. Бипирамидальные кристаллы могут быть приняты за циркон [3]. От цирнатисита [6] четко отличается по оптическим свойствам и порошкограмме [6].

Межатомные расстояния натисита из Ловозерского массива [1]
Fe-излучение, $D = 57,3$ мм

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
001	8	5,05	013; 103	4	1,634	440	1	1,142
110	1	4,60	400	5	1,611	224	3	1,1113
011; 101	5	3,96	023; 203	5	1,494	243; 423	6	1,1001
020; 200	3	3,22	123; 213;	5	1,460	134; 314; 600	1	1,0786
021; 201	10	2,709	331			601; 061	4	1,0558
002; 121;	5	2,521	241; 421	5	1,387	053; 503	3	1,0295
211			223	3	1,358	620; 260	3	1,0235
012; 102	6	2,349	033; 303	3	1,331	015; 105;	2	1,0023
220	2	2,283	004; 510;	2	1,266	621; 261		
130; 310	2	2,033	150			451; 541; 115	4	0,9945
202; 022;	3	1,967	511; 151	2	1,230	253; 523;	3	0,9822
301; 031			124; 214	5	1,162	612; 162		
003; 321;	7	1,689	413; 143;	2	1,150			
231			502; 052					

Л и т е р а т у р а

1. Меньшиков Ю.П., Пахомовский Я.А., Чайко Е.А., Буссен И.В., Мерьков А.П. // Зап. ВМО. 1975. Ч. 104, вып. 3. С. 317.
2. Никитин А.В., Илюхин В.В., Литвин Б.Н., Мельников О.К., Белов Н.В. // ДАН СССР. 1964. Т. 157, № 6. С. 1355.
3. Хомяков А.П., Кобяшев Ю.С. // Новые данные по минералогии месторождений щелочных формаций. М.: Наука, 1979. С. 16.
4. Егоров-Тисменко Ю.К., Симонов М.А., Белов Н.В. // ДАН СССР. 1978. Т. 240, № 1. С. 78.
5. Соколова Е.В., Ямнова Н.А., Егоров-Тисменко Ю.К., Хомяков А.П. // Там же. 1985. Т. 284, № 5. С. 1136.
6. Хомяков А.П., Полежаева Л.И., Соколова Е.В. // Зап. ВМО. 1992. Ч. 126, вып. 6. С. 133.
7. Хомяков А.П. Минералогия ультраагпайтовых щелочных пород. М.: Наука, 1990. 200 с.

Паранатисит Paranatisite



Назван по сходству с диморфным натиситом [1]. Первоначально описывался как "минерал-X" и "М-52" [2, 3].

Характ. выдел. Неправильные зерна (0,5–1 мм) и их агрегаты до 3–5 мм в поперечнике [1].

Структ. и морф. крист. Ромб. с. D_{2h}^5 -Pmma. $a_0 = 9,827$, $b_0 = 9,167$, $c_0 = 4,799$ Å; $a_0:b_0:c_0 = 1,0719:1:0,5235$; $V = 432,3$ Å³; $Z = 4$. Структура близка натиситу, но с другим распределением катионов Ti и Na (см. фиг. 5, 6).

Средние межатомные расстояния (в Å): в Si-тетраэдрах Si–O = 1,64, O–O = 2,67; в Ti-полиэдрах Ti₁–O₂ = 1,95, O–O = 2,74, Ti₂–O₁ = 1,91, O–O = 2,80; в Na-октаэдрах Na₁–O = 2,41, O–O = 3,30, Na₂–O = 2,49, O–O = 3,35, Na₃–O = 2,40, O–O = 3,38.

Физ. св. Тв. 5. Уд.в. 3, 12 (вычисл. 3,07). Цв. желтый, оранжево-желтый, оранжево-бурый. Бл. стеклянный до алмазного. Просвечивает в тонких сколах. Изд. раковистый. Не люминесцирует.

ИК-спектр фиксирует наличие четких максимумов в основной области: 1003, 103, 862, 632, 432 см^{-1} и очень слабое поглощение в области колебания молекул H_2O – 3400–3500 см^{-1} [1].

Микр. Слабо плеохроирует от желтого (по N_g) до коричневато-бурового (по N_p , N_m), $N_p \gg N_m > N_g$. Двусный (+). $a = N_m$, $b = N_p$, $c = N_g$. $n_p = 1,740$, $n_m = 1,741$, $n_g = 1,765$. $2V = 20^\circ$ [1].

Хим. Анализ (микрозонд.): Na_2O – 28,04; CaO – 0,05; MnO – 0,39; FeO – 2,61; SiO_2 – 29,69; TiO_2 – 35,70; Nb_2O_5 – 0,14; F – 1 (анал. Нечелюстов); H_2O – 1,6 (определена Елиной кулонометрическим методом); –O = F_2 – 0,4; сумма 98,82 (анал. Полежаева). Характерно изоморфное замещение Ti на Fe , Mn и Nb [1].

Нахожд. Обнаружен в интенсивно минерализованных пегматитах в ийолит-уритах лежачего бока крупной залежи апатитовой руды (гора Юкспор) и в пегматитах в рисчорритах в висячем боку той же залежи на восточном ее протяжении (плато Расвумчорр) в Хибинском массиве. На горе Юкспор ассоциирует с дельтайелитом, нефелином, адуляровидным калиевым полевым шпатом, энгматитом, щербаковитом, лепидомеланом, лоренценитом, виллиомитом. Часто находится в тесном срастании с натиситом [1, 3].

Образовался в условиях экстремально высокой щелочности [1].

Отл. От натисита отличается по оптическим свойствам и порошкограмме. Отборку для изучения рекомендуется производить под микроскопом в иммерсионных жидкостях [1].

Межплоскостные расстояния паранатисита горы Юкспор, Хибины [1]

FeK α -излучение, $D = 114,6$ мм

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
210	9	4,33	040	9	2,292	630	35	1,444
011	6	4,25	112	25	2,259	541	11	1,425
111	5	3,90	331	21	2,026	133	21	1,403
021	6	3,32	501	6	1,819	442	17	1,374
221	100	2,748	250	30	1,718	612	8	1,338
311	9	2,595	440	30	1,676	533	7	1,149
131	10	2,493	042	22	1,657	034	10	1,117
400	11	2,457	600	5	1,638	661	7	1,088
002	9	2,400	342	33	1,479	453	11	1,082

Л и т е р а т у р а

¹ Хомяков А.П., Полежаева Л.И., Соколова Е.В. // Зап. ВМО. 1992. Ч. 126, вып. 6. С. 133.

² Соколова Е.В., Ямнова Н.А., Егоров-Тисменко Ю.К., Хомяков А.П. // ДАН СССР. 1985. Т. 284, № 5. С. 1135.

³ Хомяков А.П. Минералогия ультраагпайтовых щелочных пород. М.: Наука, 1990. 200 с.

С Т Р У К Т У Р А Т И ПА И Ф Т И С И Т А - (Y)

	Сингония	a_0	b_0	c_0	Уд.в.
Ифтисит-(Y) $(Y, TR)_4Ti[SiO_4]_2O(F, OH)_6$	Ромб.	14,949	10,626	7,043	3,96

Ифтисит-(Y) Yftisite-(Y)
 $(Y, TR)_4Ti[SiO_4]_2O(F, OH)_6$

Назван по составу [1]. Впервые кратко охарактеризован как новая иттриевая разновидность в группе фторсиликатов редкоземельных элементов [2].

Синон. Ифтисит – Yftisite [3, 4].

Характ. выдел. Мелкие зернистые выделения, сростки уплощенно-призматических кристаллов длиной от 0,1 до 6 мм.

Структ. и морф. крист. Ромб. с. D_{2h}^{17} – *Cmcm*. $a_0 = 14,949$, $b_0 = 10,626$, $c_0 = 7,043$ Å; $a_0 : b_0 : c_0 = 1,4067 : 1 : 0,6609$ [3]; $Z = 4$. Для образца из Казахстана: $a_0 = 14,90$, $b_0 = 10,60$, $c_0 = 7,08$ Å [2].

Основной элемент структуры – цепи смешанных изолированных радикалов $TiO[SiO_4]$, состоящие из Ti -октаэдров, соединенных Si -тетраэдрами. Эти цепи "прошаивают" каркас, образованный из семи- и восьмивершинников вокруг (Y, TR) (фиг. 6) [3]. Ti -октаэдры и (Y, TR) -полиэдры образуют оливиноподобные зубчатые ленты [5], в данном случае из-за большого числа катионов – двухэтажные. Ленты, лежащие на двух уровнях, связаны косой трансляцией базоцентрированной С-решетки. Структурный аналог ифтисита – синтетический $Sm_4(OH)_6Ge^{VI}O[Ge^{IV}O_4]_2$ [5].

Средние межатомные расстояния (в Å): в Si -тетраэдрах $Si-O = 1,640$, $O-O = 2,775$; в Ti -октаэдрах $Ti-O = 1,963$, $O-O = 2,775$; в Y_1 -полиэдре $Y_1-(F, O) = 2,283$; в Y_2 -полиэдре $Y_2-(F, O) = 2,326$ [3].

Физ. св. Сп. не обнаружена. Тв. 3,5–4. Уд.в. 3,96 (вычисл. 4,87) [1].

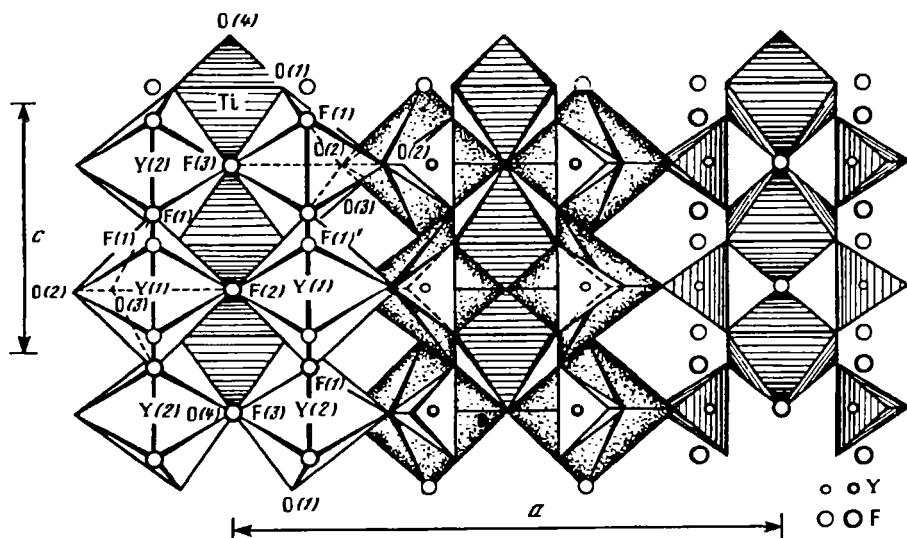
Микр. [1]. Двусный (–). $n_g = 1,710$ – $1,712$, $n_m = 1,705$, $n_p = 1,690$; $n_g - n_p = 0,020$ – $0,022$; $2V$ большой. Дисперсия, $r > v$. Характерна аномальная интерференционная окраска.

Хим. Анализы (микрозонд., 7 определений в 3 зернах из образца с Кольского п-ова): $CaO = 0,37$ – $0,72$ (среднее 0,56); $PbO = 0,33$ – $4,63$ (2,93); $Gd_2O_3 = 0,28$ – $1,09$ (0,52); $Al_2O_3 = 0,14$ – $0,64$ (0,37); $Fe_2O_3 = 0,38$ – $1,33$ (1,06); $Y_2O_3 = 40,21$ – $48,92$ (43,22); $Er_2O_3 = 5,53$ – $6,96$ (6,26); $Yb = 3,44$ – $5,14$ (4,25); $Dy_2O_3 = 3,58$ – $5,22$ (4,57); $SiO_2 = 13,43$ – $15,89$ (14,39); $TiO_2 = 5,75$ – $8,30$ (6,77); $SnO_2 = 0,38$ – $3,02$ (1,72); $ThO_2 = 0,17$ – $0,93$ (0,50); $H_2O^{\pm} = 6,76$ (по 2 определениям суммарной воды); $F = 11,40$ – $16,29$ (13,35); сумма 95,13–104,16 (107,23); $-O = F_2 = 5,62$, сумма 101,61.

Эмпирическая формула (на основе пересчета средних значений): $(Y_{3,17}TR_{0,68}Pb_{0,11}Ca_{0,08}Th_{0,02})_{4,06}(F_{5,82}OH_{0,10})_{6,00}(Ti_{0,70}Fe_{0,11}Sn_{0,09}Al_{0,06})_{0,96} \cdot O[(Si_4O)_{1,98} \times (OH)_{0,08}] \cdot 2,98 H_2O$ [1]. Имеет место изовалентный и гетеровалентный изоморфизм по предположительным схемам: $Y \rightarrow TR$; $Ca \rightarrow Pb$; $(Y, TR)(O, OH) \rightarrow (Pb, Ca)(OH, H_2O)$; $F \rightarrow OH$; $Ti \rightarrow Sn$; $Fe^{3+} \rightarrow Al^{3+}$; $(Ti, Sn)O \rightarrow (Fe, Al)(OH)_2$; $SiO_4 \rightarrow (OH)_4$.

Состав редкоземельных элементов (метод бумажной хроматографии) ($\Sigma TR = 100\%$): $La = 0,9$; $Ce = 8,5$; $Pr = 0,0$; $Nd = 7,6$; $Sm = 5,1$; $Eu = 0,4$; $Gd = 5,5$; $Tb = 0,8$; $Dy = 24,6$; $Ho = 3,4$; $Er = 20,8$; $Tu = 2,1$; $Yb = 18,2$; $Lu = 2,1$. Отношения $Y : TR = 2,4$; $Y : (La + Nd) = 14,3$; $Y : (Sm + Ho) = 6,1$; $Y : (Er-Lu) = 5,6$ [2].

Формула по М. Флейшеру (1990) – $(Y, Dy, Er)_4(Ti, Sn)O(SiO_4)_2(F, OH)_6$, по Е.И. Семенову (1991) – $Y_4TiSi_2O_9F_6 \cdot H_2O$.



Фиг. 6. Структура ифтицита-(Y) в проекции вдоль оси b (по Балко и Бакакину). Слева вокруг атомов Y показаны координационные полидэры

Нахожд. Обнаружен в качестве акцессорного минерала в небольшом участке метасоматически измененных щелочных гранитов Кольского п-ова. Приурочен к участкам интенсивного окварцевания жильных щелочных гранитов в зоне контакта с крупными телами габбро-анортозитов. Образует мелкую вкрапленность среди выделений талениита в ассоциации с кварцем, галенитом, цирконом, кассiterитом и другими минералами [1, 2]. В ифтиците при микрозондовом изучении отмечены фазы: иттрий-свинец-титановая ($TiO_2 \sim 60\%$, $PbO \sim 14\%$, $Y_2O_3 \sim 9\%$), кремниевая SiO_2) и фторид иттрия-р.з.э. ($Y_2O_3 > 67\%$, $F \sim 31\%$, TR-16) [1].

Упоминалось [1, 2] о находке в аналогичных образованиях Казахстана фторсиликата р.з.э., близкого по параметрам элем.яч. к ифтициту Кольского п-ова.

Изм. Легко гидратируется. Этим, по-видимому, объясняются "замутненность" отдельных индивидов ифтицита и заниженные значения измеренного уд.в. по сравнению с вычисленным [1].

Межплоскостные расстояния ифтицита-(Y) с Кольского п-ова [2]

FeK $\alpha\beta$ -излучение, $D = 66$ мм

$\#$	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
120	2	4,49	710	2	2,102	316 β ;572	5	(1,266)
111	2	4,25	423 β	2	(2,046)	406 β ;045	3ш	(1,248)
121 β	2	(4,13)	640 β	2	(2,009)	282	4	1,229
002 β	2	(3,89)	641 β ;133	6ш	(1,949)	426 β	1р	(1,216)
221	7	3,727	352 β	1р	(1,894)	11.3.2	2р	1,201
302	7	3,526	423	4	1,865	190;006	6	1,1752
311 β	2р	(3,44)	640	9	1,821	11.3.4 β ;316	5ш	(1,1436)
401	1	3,353	641;004	10	1,766	406	5	1,1279
321	1	3,265	552 β ;352	10	(1,714)	682	6	1,1158
110	2	3,18	642	4	1,622	426	7	1,1038
111 β	10	3,099	643 β	2	(1,595)	10.6.2	7	1,0908
200	2р	(2,949)	134	1р	1,573	606	3	1,0682
110	5	2,891	005 β ;552	8	(1,559)	954	5	1,0584

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
402β;421	2	(2,817)	10.0.0	5	1,504	626	2р	1,0479
041β	1	(2,739)	643	8	1,442	11.3.4	5	1,0355
040	10	2,667	425β;005	5	(1,411)	14.0.2	3р	1,0281
402	5	2,506	572β	2	(1,393)	12.4.3	3р	1,0207
041	4р	2,499	444	2	1,375	11.7.1	4	1,0078
512β;132	4р	2,463	282β	2ш	(1,349)	806	2р	1,0000
113	3	2,287	405	3	1,322			
512	3	2,237	190β;081	2ш	(1,305)			
133β;023	6	(2,153)	425;734	3	(1,282)			

Л и т е р а т у р а

- Плетнева Н.И., Полежаева Л.И. // Новые данные о минералах Кольского п-ова. Апатиты, 1979. С. 62.
- Плетнева Н.И., Денисов А.П., Елина Н.А. // Материалы по минералогии Кольского п-ова. Л.: Наука, 1971. Т. 8. С. 176.
- Балко В.П., Бакакин В.В. // Журн. структур. химии. 1975. Т. 16, № 5. С. 837.
- Fleisher M., Jamber J. // Amer. Miner. 1977. Vol. 62, N 3/4. P. 396.
- Белов Н.В., Белова Е.Н. // Минерал. сб. Львов. 1978. № 32, вып. 1. С. 5.

С Т Р У К Т У Р А Т И П А Д Ж А С М У Н Д И Т А

Джасмундит $\text{Ca}_{11}[\text{SiO}_4]_4\text{O}_2\text{S}$	Сингония Тетраг.	a_0 10,461	c_0 8,813	Уд.в. 3,03
---	---------------------	-----------------	----------------	---------------

Джасмундит *Jasmundite*

Назван в честь немецкого минералога К. Ясмунда [1].
Синон. Ясмундит (Семенов, 1991).

Характ. выдел. Неправильные зерна и кристаллы размером в несколько миллиметров.

Структ. и морф. крист. Тетраг. с. $D_{2d}^9 - I4m2$. $a_0 = 10,461$, $c_0 = 8,813$ Å ; $a_0:c_0 = 1,1869$; $Z = 1$ [2]. Для синтетического [3]: $a_0 = 10,452$, $c_0 = 8,6977$ Å ; $V = 950,1$ Å³.

Структура состоит из изолированных кремнекислородных тетраэдров, связанных кальциевыми полигидрами [1]. Три из четырех Ca^{2+} ионов имеют неправильную октаэдрическую координацию, соединяясь с четырьмя $[\text{SiO}_4]$ -тетраэдрами, O^{2-} и S^{2-} ; четвертый Ca^{2+} координирован 8 атомами О [2]. Изоструктуриен с искусственным минералом алинитом $\text{Ca}_{21}\text{Mg}(\text{Si}_{0,75}\text{Al}_{0,25}\text{O}_4)_8\text{O}_4\text{Cl}_2$ [3], от которого отличается меньшим содержанием Mg и Al, так как присутствие S^{2-} в тех же позициях, что и Cl^- в алините, не требует компенсации отрицательных зарядов.

Межатомные расстояния (в Å) [2]: $\text{Si}-\text{O}(1) = 1,631$; $\text{Si}-\text{O}(2) = 1,638$; $\text{Ca}(1)-\text{O}(1) = 2,301$; $\text{Ca}(1)-\text{O}(2) = 2,413$; $\text{Ca}(1)-\text{O}(4) = 2,723$; $\text{Ca}(1)-\text{S} = 3,079$; $\text{Ca}(2)-\text{O}(1) = 2,296$; $\text{Ca}(2)-\text{O}(2) = 2,370$; $\text{Ca}(2)-\text{O}(3) = 2,554$; $\text{Ca}(2)-\text{S} = 3,270$; $\text{Ca}(3)-\text{O}(2) = 2,352$; $\text{Ca}(3)-\text{O}(3) = 2,231$; $\text{Ca}(3)-\text{O}(4) = 2,175$; $\text{Ca}(4)-\text{O}(1) = 2,511$.

Кристаллы изометрические, с доминирующими простыми формами (110) и (101) и подчиненными (100) и (001) [1].

Физ. св. Изл. раковистый. Тв. –5. Уд.в. 3,03 (вычисл. 3,23). Цв. темно-бурый, иногда зеленовато-бурый или буровато-зеленый. Бл. смоляной (на свежей поверхности).

Микр. Светло-бурый. Одноосный (+). $n_o = 1,715$, $n_e = 1,728$.

Хим. Теор. состав $\text{Ca}_{22}(\text{SiO}_4)_8\text{O}_4\text{S}_2$: $\text{CaO} - 70,644$; $\text{SiO}_2 - 27,524$; $\text{S}^{2-} - 3,672$; $-\text{O} = \text{S} - 1,84$.

Анализ (микрозонд., анал. Абрахам) [1]: $\text{MgO} - 0,9$; $\text{CaO} - 67,6$; $\text{FeO} - 0,8$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 0,4$; $\text{SiO}_2 - 27,3$; $\text{S}^{2-} - 2,7$; $-\text{O} = \text{S} - 1,4$; сумма 98,3.

Эмпирическая формула: $(\text{Ca}_{21,2}\text{Mg}_{0,4}\text{Fe}_{0,2}\text{Al}_{0,1})_{21,9}\text{Si}_8\text{O}_{36,5}\text{S}_{1,5}$. Формулы по Флейшеру (1990) и по Е.И. Семенову (1991) соответственно: $\text{Ca}_{11}(\text{SiO}_4)_4\text{O}_2\text{S}$ и $\text{Ca}_{11}\text{Si}_4\text{O}_{18}\text{S}$.

Диагн. исп. Растворяется в разбавленной HCl со слабым выделением газа H_2S .

Нахожд. Один из главных составляющих темных частей известковистого мелолита, захваченного лейцит-тефритовой лавой древнего вулкана Беллерберг (стремительное вулканическое поле восточной части Эйфеля, Германия). Тесно ассоциируется с майенитом, браунмиллеритом, ларнитом, портландитом и этtringитом. В породе присутствует также акцессорный пирротин, который, вероятно, был источником серы при образовании джасмундита.

Искусств. Образуется в цементе при добавлении в исходную шихту солей серы [3].

Практ. знач. Важный компонент низкотемпературных, энергосберегающих цементов.

Межплоскостные расстояния джасмундита из Беллерберга (Германия) [2]
CuK α -излучение, $\lambda = 1,5407 \text{ \AA}$. Камера Гинье

	<i>I</i>	<i>d</i> (\AA)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (\AA)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (\AA)
110	1	7,396	051	6	2,036	163	3	1,4840
511	1	6,741	143	16	1,920	071	1	1,4734
412	3	4,405	251	1	1,896	006	3	1,4690
111	8	4,128	224	4	1,892	145	2	1,4477
112	1	3,367	440	34	1,849	453	3	1,4278
111	6	3,306	350	2	1,795	271	7	1,4186
111	42	3,242	060	6	1,743	444	8ш	1,4168
112 013	100	2,832	015	3	1,735	552	2	1,4029
111	17	2,756	442; 053	17ш	1,706	354	2	1,3914
112	12	2,645	442; 053	17ш	1,704	462	1	1,3782
111	35	2,615	044	13	1,6844	0,64,226	2ш	1,3676
112	6	2,487	260	3	1,6542	345	2	1,3489
111	6	2,437	334	2	1,6433	073	1ш	1,3220
110	14	2,339	062,253	10	1,6205	372	2	1,3121
112,033	14	2,247	244	4	1,6038	080	5	1,3085
111	9	2,202	035	3	1,5732	471	2	1,2851
112	4	2,151	262	21	1,5491	280	1	1,2702
114	6	2,111	235	6	1,5067	082	1	1,2551
112		2,068						
113	8ш							
		2,064						

Литература

Henschel G., Dent Glasser L.S., Lee C.K. // Neues Jb. Miner. Monatsh. 1983. N. 8. S. 337.

Dent Glasser L.S., Lee C.K. // Acta crystallogr. B. 1981. Vol. 37, pt 4. P. 803.

Ильинец А.М., Бикбай М.Я., Нудельман Б.И., Болотина Н.Б. // Кристаллография. 1989. Т. 34, № 1. С. 71.

С Т Р У К Т У Р А Т И ПА А ПАТИТА

Минералы, относящиеся к этому структурному типу, характеризуются общей формулой $A_{10}(XO_4)_6Z_2$, где A – Ca; X – P, S, Si, C; Z – F, OH и Cl [1]. Выделяются два изоморфных ряда: 1) в позиции X идет замещение P на S и Si по уравнению $SiO_4^{4-} + SO_4^{2-} = 2PO_4^{3-}$, конечными членами являются с одной стороны фосфат кальция (апатит), а с другой – сульфат-силикат кальция (эллестадит), углерод входит в данную позицию в небольших количествах; 2) в позиции Z изоморфизм идет между F, OH и Cl с тремя конечными членами для апатита (фторапатит, гидроксилапатит и хлорапатит) и эллестадита (флюорэллестадит, гидроксилэллестадит и хлорэллестадит). Учитывая это, общую формулу изоморфного ряда апатит–эллестадит можно записать следующим образом: $Ca_{10}(SiO_4)_{3-x}(SO_4)_{3-x}(PO_4)_{2x}(OH, F, Cl)_2$, где x варьирует от 0 (эллестадит) до 3 (апатит) [1]. Минералы ряда имеют структуру апатита (гекс. с.), в которой P, S и Si находятся в кислородных тетраэдрах, а позиции Ca расположены на тройных осях [2]. Существует линейная зависимость между параметрами элементарной ячейки и содержанием P: с уменьшением содержания P a_0 и c_0 увеличиваются [1].

Увеличение содержания карбонат-иона в позиции X уменьшает a_0 (на каждые 1,66 мас.% CO_3 – 0,01 Å) и совсем немного c_0 [1]. Возрастание содержания Cl ведет к уменьшению c_0 и росту a_0 , а повышение количества OH – к увеличению обоих параметров [2].

Минералы с наименьшим содержанием фосфора относятся к группе эллестадита и характеризуются следующими атомными соотношениями: $Si : S : P = 28 : 26 : 4$ и $OH : F : Cl = 5 : 3 : 5$ [1]. Встречаются в скарнах и терриконах угольных шахт.

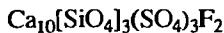
Л и т е р а т у р а

1. Rouse C.R., Dunn P.J. // Amer. Miner. 1982. Vol. 67, N1/2. P. 90.
2. McConnell D. // Ibid. 1937. Vol. 22, N 9. P. 977.

ГРУППА ЭЛЛЕСТАДИТА

	Сингония	a_0	c_0	Уд.в.
Флюорэллестадит $Ca_{10}[SiO_4]_3(SO_4)_3F_2$	Гекс.	9,485	6,916	3,03
Гидроксилэллестадит $Ca_{10}[SiO_4]_3(SO_4)_3(OH, Cl, F)_2$	"	9,491	6,921	3,018
Хлорэллестадит $Ca_{10}[SiO_4]_3(SO_4)_3(Cl, OH, F)_2$	"	9,53	6,91	3,068
Маттхеддлент $Pb_{20}[SiO_4]_7(SO_4)_4Cl_4$	"	9,963	7,464	6,96

Флюорэллестадит Fluorellestadite



Назван в честь американского исследователя Р.Б. Эллестада, по химическому составу и аналогии с синтетической фазой [1].

Характ. выдел. [1]. Кристаллы (длиной до 3 мм) и мелкозернистые агрегаты.

Структ. и морф. крист. Гекс. с. $P6_3/m$. $a_0 = 9,485$, $c_0 = 6,916$ Å; $c_0 : a_0 = 0,7292$; $Z = 1$ [1].

Изоструктурен с апатитом [2].

Кристаллы – гексагональные призмы с плохо выраженным конечными гранями [1].

Физ. са. [1]. Сп. отсутствует. Изл. раковистый. Тв. 4,5. Уд.в. 3,03 (вычисл. 3,09). Цв. от ярко-голубого (иногда синего) до светло-голубовато-зеленого. Тонкие иглы бесцветны. Чешуя белая со слабым голубоватым оттенком. Бл. от стеклянного до жирноватого. Прозрачен (кристаллы), просвечивает (мелкозернистые агрегаты).

Плавкость около 5 (в острых краях сплавляется в фарфоровидную массу). После остывания цвет неоплавленных частей становится снова ярко-голубым.

В ультрафиолетовых лучах не люминесцирует.

Микр. [1]. Бесцветный. Одноосный (–). Погасание прямое, удлинение (–). $n_g = 1,638$, $n_p = 1,632$, $n_g - n_p = 0,006$.

Хим. [1]. Состав (анал. Баженова): $\text{Na}_2\text{O} - 0,33$; $\text{K}_2\text{O} - 0,01$; $\text{MgO} - 1,38$; $\text{CaO} - 55,00$; $\text{MnO} - 0,18$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 1,84$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 0,11$; $\text{CO}_2 - 0,66$; $\text{SiO}_2 - 15,30$; $\text{P}_2\text{O}_5 - 1,31$; $\text{SO}_3 - 20,75$; $\text{H}_2\text{O}^+ - 0,30$; $\text{F} - 3,60$; сумма 100,76; $-\text{O}=\text{F}_2 - 1,52$; сумма 99,24. Присутствуют примеси: MgO (периклаз), Al_2O_3 и 3% CaO (трехкальциевый алюминат), H_2O^+ и 1% CaO (портландит), Fe_2O_3 (сребродольский), Na_2O (алюминаты).

Эмпирическая формула (на сумму $\text{S} + \text{Si} + \text{P} + \text{C} = 6,00$): $(\text{Ca}_{9,97}\text{Mn}_{0,03})_{10,00} \times [(SiO_4)_{2,79}(SO_4)_{2,84}(PO_4)_{0,20}(CO_3)_{0,17}]_{6,00} F_{2,08}$. Идеальная формула: $\text{Ca}_{10}(\text{SiO}_4)_3 \times (\text{SO}_4)_3\text{F}_2$.

Диагн. исп. [1]. В HCl разлагается с выделением скелета кремнезема (форма исходного кусочка сохраняется) и очень слабо вскипает (CO_2). Дает положительные реакции на SO_4^{2-} и фосфор. Окрашивает пламя в красноватый цвет (Ca). В закрытой трубке налетов не выделяет.

Повед. при нагр. [1]. На кривых ДТА и ДТГ термические эффекты не проявлялись. ТГ-кривая имеет вид почти прямой: потеря массы при нагревании до 1000° составляет около 1%.

Найдж. [1]. Обнаружен в терриконах угольных шахт г. Копейска (Челябинский угольный бассейн, Южный Урал). Находится в центральных частях обожженных кусков окаменелого дерева в виде удлиненных пропластков (до 5–8 см в длину и до 2–3 мм в толщину) среди землистой массы, состоящей в основном из продуктов послеобжигового изменения известняка (портландит, кальцит, гидрокарбонаты), периклаза, брусита, алюминатов кальция и натрия и других дисперсных продуктов с редкими включениями сребродольского, магнезиоферрита, гематита, спуррита, ларнита и др. Игольчатые и длиннопризматические кристаллы встречаются на границе центральной части и внешней ангидритовой оболочки на стенах полостей. Является типичным минералом, возникающим при обжиге окаменелого дерева в очагах самовозгорания углесодеряющих пород терриконов.

Искусств. [3]. Получен путем спекания компонентов при 1200° по равнению $3 \text{Ca}_2\text{SiO}_4 + 3 \text{CaSO}_4 + \text{CaF}_2 = \text{Ca}_{10}\text{Si}_3\text{S}_3\text{O}_{24}\text{F}_2$.

Межплоскостные расстояния флюорэллестадита

с Южного Урала [1]

FeK_α-излучение, $D = 57,3$ мм

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
111	1	3,90	312	5	1,904
002	5	3,46	213	8	1,852
102	2	3,19	321	5	1,819
210	4	3,11	410	5	1,792
211	10	2,84	402	6	1,766
112	6	2,80	004	7	1,729
300	9	2,74	322	2	1,654
202	5	2,65	502	5	1,486
310	6	2,28	324	6	1,463
311	3	2,16	511	1	1,445
222	7	1,954			

Л и т е р а т у р а

1. Чесноков Б.В., Баженова Л.Ф., Бушмакин А.Ф. // Зап. ВМО. 1987. Ч. 116, вып. 6. С. 743.
2. McConnell D. // Amer. Miner. 1937. Vol. 22, № 9. P. 977.
3. Dahn P., Klement R. // Ztschr. Electroch. angew. phys. Chem. 1942. Bd. 48. S. 331.

Гидроксиллестадит Hydroxylellestadite

Назван по химическому составу [1].

Характ. выдел. [1]. Крупные ксеноморфные выделения (весом до 100 кг) и спайные выколки по оси *c* (до 2 см).

Структ. и морф. крист. Гекс. с. $C_{6h}^2-P\bar{6}_3/m$. $a_0 = 9,491$, $c_0 = 6,921$ Å; $a_0 : c_0 = 1 : 0,729$; $V = 540$ Å³ [1]. Анализ одного кристалла [2] показал: мон. с. $P2_1/m$, $a_0 = 9,476$, $b_0 = 9,508$, $c_0 = 6,919$ Å, $\gamma = 119,53^\circ$. Предполагалось [1] существование кристаллов гидроксиллестадита с разной сингонией (по аналогии с гидроксилапатитом) [3], что подтверждалось рентгеноструктурным исследованием низкосимметричного эллестадита состава $\text{Ca}_{10}(\text{Si}_{3,14}\text{S}_{2,94}\text{C}_{0,08}\text{P}_{0,02})_{6,18}\text{O}_{24}(\text{OH}_{1,12}\text{Cl}_{0,316}\text{F}_{0,06})_{1,50}$: монокл. с. $P2_1$; $a_0 = 9,526$, $b_0 = 9,506$, $c_0 = 6,922$ Å; $\gamma = 119,99^\circ$; $V = 542,89$ Å³ [4]. Понижение симметрии от $P2_1/m$ до $P2_1$ является следствием распространения анионов необычного состава в кристаллической структуре: тетраэдры $[\text{SiO}_4]^{4-}$ и $(\text{SO}_4)^{2-}$ распределены статистически по трем позициям Т с малой степенью упорядоченности, катионы Ca^{2+} – в семи- и девятивершинниках, вершины которых занимают О, OH⁻ и Cl⁻; анионы Cl⁻ находятся в каналах.

Средние межатомные расстояния (в Å): Т–О = 1,538, 1,554 и 1,538; Ca–O = 2,480–2,584.

Физ. св. [1]. Сп. вдоль оси *c* совершенная. Тв. 4,5. Уд.в. 3,018 (вычисл. 3,080). Цв. бледно-пурпурный. Бл. стеклянный. Просвечивает.

Полосы поглощения ИК-спектров (в см⁻¹): 3600, 1470, 1420, 1140, 920, 845, 640 и 610.

Микр. [1]. Одноосный (–). $n_o = 1,654$, $n_e = 1,65$.

Хим. [1]. Анализ (Чичибу, Япония, анал. Накао, Нагашиме): $\text{Na}_2\text{O} - 0,34$; $\text{K}_2\text{O} - 0,07$; MgO – сл.; $\text{CaO} - 54,51$; $\text{MnO} - 0,04$; $\text{SrO} - 0,28$; Al_2O_3 – сл.; $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 0,21$; $\text{SiO}_2 - 17,30$; $\text{CO}_2 - 1,65$; $\text{P}_2\text{O}_5 - 0,66$; $\text{SO}_3 - 21,56$; $\text{H}_2\text{O}^+ - 2,04$; $\text{H}_2\text{O}^- - 0,72$; $\text{F} - 0,28$; $\text{Cl} - 0,91$; сумма 100,57 – 0,32 = 100,25.

Эмпирическая формула (на сумму Si + S + C + P = 6,00): $(\text{Ca}_{9,656}\text{Na}_{0,109}\text{Sr}_{0,027} \times \text{Fe}_{0,026}\text{K}_{0,015}\text{Mn}_{0,001})(\text{SiO}_4)_{2,860}(\text{SO}_4)_{2,675}(\text{CO}_3\text{OH})_{0,373}(\text{PO}_4)_{0,092}(\text{OH})_{1,877}\text{Cl}_{0,255}\text{F}_{0,146} \times \text{O}_{24,556}$.

Повед. при нагр. [1]. На кривой ДТА проявляются эндотермические понижения при 160, 181, 800 и 1180°. При нагревании от 0 до 200° теряет в весе 0,7%, а от 600 до 1300° – 3,42%. Прокаливание при 1200° в течение 1 ч приводит к появлению на рентгенограмме нескольких сильных отражений ангидрита и ряда неидентифицированных рефлексов.

Нахожд. [1]. Встречен в виде крупных выделений в дорудных скарнах рудного проявления Дошинкубо месторождения Чичибу (Япония) в ассоциации с диопсидом, волластонитом, ксантофиллитом, везувианом и кальцитом. На месторождении гранат-волластонитовых скарнов Аримао-Норте, пров. Съенфуэгос (Куба), в одной из буровых скважин в интервале от 35 до 100 м вскрыта практически моно-

минеральная эллестадитовая порода (участки керна длиной до несчетных метров) [5]. Месторождение расположено в западной части кристаллического массива Эскамбрай и приурочено к зоне контакта мраморно-сланцевой толщи пород с гранодиоритами. Эллестадитовая порода массивная, мелкозернистая (размер зерен до 1,0–1,5 мм), серая (розоватым оттенком с небольшой 2–4%) примесью граната (грессуэт-яндрит), пирита и слоистого силиката (стильпномелан?) (устное сообщение М.А. Лицарева).

Искусств. [6]. Получен при выдерживании смеси Ca_2SiO_4 , CaSO_4 и CaF_2 в печи при повышенном давлении водяного пара, при этом F полностью замещается гидроксилом.

Межплоскостные расстояния гидроксилэллестадита из Чичибу (Япония) [1]
CuK α -излучение, Ni-фильтр. Дифрактометр

hkl	l	$d(\text{\AA})$	hkl	l	$d(\text{\AA})$
100	8	8,230	113	3	2,075
101	5	5,267	203	3	2,013
110	3	4,744	222	16	1,960
200	5	4,113	312	5	1,905
111	7	3,919	230	3	1,886
002	40	3,462	213	43	1,853
102	4	3,187	321	5	1,822
210	9	3,110	410	5	1,792
211	100	2,839	402	12	1,767
112	44	2,801	004	14	1,730
300	60	2,739	322	5	1,656
202	45	2,655	133	3	1,621
301	3	2,554	501	1	1,600
212	4	2,317	214	5	1,503
310	10	2,282	502	20	1,484
221	1	2,242	324	10	1,464
311	5	2,165	511	2	1,444

Л и т е р а т у р а

1. Harada K., Nagashima K., Nakao K., Kato A. // Amer. Miner. 1971. Vol. 56, N 9/10. P. 1507.
2. Sudarsanan K. // Acta crystallogr. B. 1980. Vol. 36, pt 12. P. 1636.
3. Rouse C.R., Dunn P.J. // Amer. Miner. 1982. Vol. 67, N 1/2. P. 90.
4. Органова Н.И., Расцветаева Р.К., Кузьмина О.В., Арапова Г.А., Лицарев М.А., Финько В.И. // Кристаллография. 1994. Т. 39, N 2. С. 278.
5. Задов А.Е., Чуканов Н.В., Органова Н.И., Белаковский Д.И., Федоров А.В., Карташов П.М., Кузьмина О.В., Лицарев М.А., Мохов А.В., Лоскутов А.Б., Финько В.И. // Зап. ВМО. 1995. Ч. 124, вып. 2. С. 36.
6. Dahn P., Klement R. // Ztschr. Electroch. angew. phys. Chem. 1942. Bd. 48. S. 331.

**Хлорэллестадит Chlorelllestadite
 $\text{Ca}_{10}[\text{SiO}_4]_3(\text{SO}_4)_3(\text{Cl}, \text{OH}, \text{F})_2$**

Назван в честь исследователя Р.Б. Эллестада (Университет шт. Миннесота, США) и по химическому составу (первоначально назывался эллестадит) [1].

Характ. выдел. [1]. Нитевидные кристаллы.

Структ. и морф. крист. Гекс. с. $C_{6h}^2-P6_3/m$. $a_0 = 9,53$, $c_0 = 6,91$ [1] и $6,914 \text{ \AA}$ [2]; $a_0 = 0,7251$ [1] и $0,7255$ [2]; $V = 544$ [1] и $543,8 \text{ \AA}^3$ [2].

Физ. св. [1]. Сп. несовершенная. Хрупок. Тв. 4,5. Уд.в. 3,068 (вычисл. 3,046). Цв. бледно-розовый.

Микр. [1]. Одноосный (–). $n_o = 1,655$, $n_e = 1,650$.

Хим. Анализы:

	1	2		1	2
CaO	55,18	55,7	CO ₂	0,61	–
MgO	0,47	–	SiO ₂	17,31	16,8
MnO	0,01	–	P ₂ O ₅	3,06	3,2
Fe ₂ O ₃	0,22	–	SO ₃	20,69	21,2
Al ₂ O ₃	0,13	–			

	1	2		1	2
H ₂ O ⁺	0,45	—	Cl	1,64	1,7
	0,08*	—		Сумма	100,52 98,4
H ₂ O ⁻	0,10	—	— O = F ₂ , Cl	0,61	
F	0,57	0,3		Сумма	99,91

* Выделена при 300°.

1,2 – Крестмор, Калифорния, США: 1 – анал. Эллестад [1],
2 – микрозонд. [2].

Эмпирическая формула, полученная из ан. 1, пересчитанная на 100% после вычитания примесей Ca, Mg, Fe, и Al: [Ca_{10,01}Mg_{0,06}]_{10,07}[SiO₄)_{2,85}(SO₄)_{2,64}(PO₄)_{0,44} × ×(CO₃)_{0,14}]_{6,07}[(OH)_{0,51}F_{0,31}Cl_{0,47}]_{1,29} [1].

Отл. [1]. От вилкеита отличается по содержанию P₂O₅ (21% в вилкеите и до 3% в хлорэллестадите).

Нахожд. Обнаружен на месторождении Крестмор (округ Риверсайд, Калифорния, США) в скарновых породах в ассоциации с вилкеитом, везувианом, кальцитом, волластонитом, диопсидом, окенитом и др. [1].

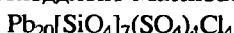
Межплоскостные расстояния хлорэллестадита из Калифорнии (США) [1]

FeK _α -излучение					
hkl	I	d(Å)	hkl	I	d(Å)
002	3	3,452	222	6	1,961
120;210	2	3,118	132;312	2	1,909
300β	0,5	3,034	123;213	6	1,857
202β	0,5	2,920	231;321	3	1,827
121;211	>10	2,845	140;410	3	1,802
112	4	2,798	402	3	1,771
300	6	2,750	004	3	1,727
202	3	2,647	232;322	1	1,661
301	0,5	2,557	240;420	0,5	1,560
130β	0,5	2,523	331	0,5	1,548
122;212	0,5	2,315	124;214	0,5	1,511
130;310	3	2,289	502;304	2	1,490
222β	1	2,161	233;323	3	1,464
113	0,5	2,074	151;511	2	1,451
123β	0,5	2,046			
231β	0,5	2,013			

Литература

1. McConnell D. // Amer. Miner. 1937. Vol. 22, N 9. P. 977.
2. Rouse C R., Dunn P.J. // Ibid. 1982. Vol. 67, N 1/2. P. 90.

Маттхеддлеит Mattheddleite



Назван в память выдающегося шотландского минералога Маттью Форстера Хеддле [1].

Характ. выдел. Розетковидные агрегаты (до 0,2 мм в диаметре) мелких кристаллов (100 × 10–20 мкм).

Структ. и морф. крист. Гекс. с. $P6_3/m$. $a_0 = 9,963$, $c_0 = 7,464 \text{ \AA}$; $c : a = 0,749$; $V = 642 \text{ \AA}^3$.

Кристаллы – гексагональные призмы (сканирующий электронный микроскоп)

Физ. св. Уд. в. 6,96 (вычисл.). Цв. кремово-белый. Черта белая. Растирается в белый порошок. Бл. алмазный.

ИК-спектр сходен с таковым гидроксиллестадита.

В ультрафиолетовом свете (в коротковолновой области) флюоресцирует темно-желтым.

Микр. Бесцветный. Во многих кристаллах наблюдается внутренняя перистая структура. Одноосный (−). $n_o = 2,017$, $n_e = 1,999$; $n_o - n_e = 0,018$.

Хим. Теор. состав: PbO – 84,6; SiO₂ – 7,9; SO₃ – 6,0; Cl – 2,7.

Анализы (микрозонд.):

	1	2	3*
PbO	83,5	83,7	83,60
SiO ₂	7,3	8,0	7,65
SO ₃	6,1	5,9	6,00
Cl	2,5	2,3	2,40
Сумма	99,4	99,9	99,65
-O = Cl ₂	0,6	0,5	0,54
Сумма	98,8	99,4	99,65

* Среднее из ан. 1,2.

Эмпирическая формула на основе 24 (O + Cl) (ан. 3): Pb_{10,25}[SiO₄]_{3,46}(SO₄)_{2,04} × Cl_{1,85}.

Нахожд. В мелких пустотах в кварце в музейных образцах из Лидхиллса (Шотландия) в ассоциации с вторичными минералами – каледонитом, церусситом, зироморфитом, лидхиллитом, сузанином и макферсонитом.

Межплоскостные расстояния маттхеддлеита из Лидхиллса (Шотландия)
CuK_α-излучение, D = 114,6 мм

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
110	10	4,99	302	5	2,285	501;412	5	1,682
200	40	4,31	113	5	2,236	420	10ш	1,627
11	40	4,16	400	5	2,154	304	15	1,570
002,201	5	3,71	222	20	2,076	323;510	15	1,549
–	3	3,57	312	15	2,019	332;511	15	1,517
102	20	3,44	320; 213	15	1,977		5	1,359
210	30	3,26	321	15	1,916		10	1,329
112,211	100	3,004	004;402	20	1,876		10	1,296
300	40	2,880	322;114	2	1,741			

Примечание. Дифрактограмма сходна с таковой синтетического Pb-гидроксилапатита.

Л и т е р а т у р а

Livingstone A., Ryback G., Fejer E.E., Stanley C.J. // Scott. J. Geol. 1987. Vol. 23, pt 1. P. 1.

С Т Р У К Т У Р А Т И П А Д А Т О Л И Т А

ГРУППА ДАТОЛИТА

В группе описаны ранее (т. III, вып. 1, с. 371): датолит, бакерит, гомилит, гадолинит и гаррельсит (отнесен условно).

	Сингония	a_0	b_0	c_0	β	Уд. в.
Минасжерайсит-(Y) $Y_2CaBe_2[SiO_4]_2O_2$	Монокл.	9,833	7,562	4,702	90,46°	4,25 4,90 (вычисл.)
Хинганит-(Ce) (Ce, Y, Nd)(□, Fe ²⁺)Be ₂ [SiO ₄] ₂ × ×(O, OH) ₂	"	9,996	7,705	4,792	90,06	-
Хинганит-(Yb) (Yb, Y) ₂ Be ₂ [SiO ₄] ₂ (OH) ₂	"	9,888	7,607	4,740	90,45	4,83
Хинганит-(Y) (Y, Yb, Er) ₂ Be ₂ [SiO ₄] ₂ (OH) ₂	"	9,888	7,607	4,740	90,45	-

Минасжерайсит изоструктурен гадолиниту. Структура и состав хинганитов близки таковым гадолинита $Y_2Fe^{2+}Be_2[SiO_4]_2O_2$. В хинганите-(Y) широко проявлен изовалентный изоморфизм $Y^{3+} \rightarrow TR^{3+}$, идущий вплоть до образования самостоятельных минеральных видов: хинганита-(Yb) и хинганита-(Ce). Максимальное вхождение легких лантаноидов наблюдается в железистых разновидностях и тяжелых – в маложелезистых. Изоморфная примесь Fe, видимо, способствует образованию хинганита-(Ce), о чем свидетельствует нахождение на месторождении Тахара (Япония) железистого хинганита-(Ce) и маложелезистого хинганита-(Y), а также вхождение в железистые разности хинганита-(Y) повышенных количеств TR_{Ce} .

Минасжерайсит-(Y) Minasgeraisite-(Y)
 $Y_2CaBe_2[SiO_4]_2O_2$

Назван по месту находки в шт. Минас-Жерайс [1]. Образует изоморфный ряд с гадолинитом: $Y_2Fe^{2+}Be_2[SiO_4]_2O_2 \rightarrow Y_2CaBe_2[SiO_4]_2O_2$.

Синон. Минасжераисит – minasgeraisite (Семенов, 1991).

Характ. выдел. Микрокристаллы (до 3–5 мкм) и их розетко- и сноповидные сростки (от 0,2 до 1,0 мм в диаметре).

Структ. и морф. крист. Монокл. с. $C_{2h}^5 - P2_1/a$. $a_0 = 9,833$, $b_0 = 7,562$, $c_0 = 4,702$ Å; $\beta = 90,46^\circ$; $a_0 : b_0 : c_0 = 1,3003 : 1 : 0,6217$; $V = 349,60$ Å³; $Z = 2$ (параметры рассчитаны по порошковограмме).

Предположительно значительная часть Ca занимает позицию Fe²⁺ в структуре гадолинита [1].

Физ. св. Сп. совершенная по (100) и хорошая по (001). Тв. 6–7. Уд.в. выше 4,25 (вычисл. 4,90). Цв. бледно-лиловый (краевые части розеток) до лилово-пурпурного (в ядрах розеток). Изменение окраски от светлой в краевой части до темной в ядрах предположительно связывается с замещением Ca на Mn²⁺. Черта бледно-пурпурная. Бл. матовый до полустеклянного. Не люминесцирует. Не магнитен.

Микр. Отчетливо плеохроирует: по Ng – лилово-пурпурный, по Nm – серовато-желтый, по Np – бесцветный. Двусосный (+). $n_g = 1,786$, $n_m = 1,754$, $n_p = 1,740$; $2V = 68^\circ$. Дисперсия очень слабая, $r > v$. Характерна мозаичная текстура.

Хим. Теор. состав: CaO – 12,40; BeO – 11,07; Y_2O_3 – 49,95; SiO_2 – 26,58.

Анализы:

	1	2		1	2		1	2
La ₂ O	<0,1	<0,1	Ce ₂ O ₃	0,20	0,0	Tm ₂ O ₃	0,75	0,6
BeO	7,8	7,8	Pr ₂ O ₃	0,13	0,1	Yb ₂ O ₃	7,86	5,9
MgO	0,61	0,6	Nd ₂ O ₃	0,50	0,2	Lu ₂ O ₃	1,71	1,5
CaO	11,47	8,1	Sm ₂ O ₃	0,26	0,1	Y ₂ O ₃	16,38	11,3
MnO	2,83	3,5	Eu ₂ O ₃	0,00	Не оби.	SiO ₂	26,37	24,5
FeO	0,69	0,7	Gd ₂ O ₃	0,32	0,2	TiO ₂	0,02	0,0
ZnO	0,35	0,3	Tb ₂ O ₃	0,23	0,1	ZrO ₂	<0,02	0,0
LuO	0,14	0,1	Dy ₂ O ₃	1,26	1,3	Al ₂ O ₃	0,32	0,0
B ₂ O ₃	1,45	1,5	Ho ₂ O ₃	0,37	0,3	P ₂ O ₅	1,21	1,2
Bi ₂ O ₃	14,7	28,5	Er ₂ O ₃	1,94	1,3	Сумма	100,24*	100,0*
La ₂ O ₃	0,25	0,2						

* В оригинале 99,8 и 99,9 соответственно.

1 – метод индуктивно-связанной плазмы (ИСП), навеска 10,6 мг; Bi₂O₃ определен с помощью ионно-абсорбционной спектроскопии; сумма TR₂O₃ – 32,2 мас.%; 2 – участок, обогащенный Bi; FeO, MgO, TiO₂, P₂O₅, BeO, CuO, ZnO, ZrO, Dy₂O₃ – методом ИСП, остальные элементы – микрозонд.

Содержание Bi₂O₃, специально определенное разными методами, варьирует от 11 до 28,5 мас.%. Предполагается существование Bi-содержащего члена группы гадолинита. Краевые зоны радиальных споповидных образований богаче Ca (до 12,5 мас.% CaO) и TR₂O₃ (до 35,2 мас.%) и беднее Mn (2,6 мас.% MnO) по сравнению с центрами, содержащими больше Mn (3,5 мас.% MnO) и Bi (28,5 мас.% Bi₂O₃) и меньше Ca (8,1 мас.% CaO) и TR (23,1 мас.% TR₂O₃). Химическая зональность совпадает с зональной окраской споповидных выделений.

Кристаллохимическая формула (рассчитана на 10 атомов O): (Y_{0,72}TR_{0,41} ×

- Ca_{0,56}Bi_{0,31})_{2,00}(Ca_{0,45}Mn_{0,20}Mg_{0,08}Fe_{0,05}Zn_{0,02}Cu_{0,01}□_{0,19})_{1,00}(Be_{1,55}Si_{0,24}B_{0,21})_{2,00} ×
- (Si_{1,95}P_{0,08})_{2,03}O₁₀.

Диагн. исп. В горячих H₂SO₄ и HCl растворяется и желатинирует.

Найдж. В незначительных количествах обнаружен в Жагуараку, шт. Минас-Жерайс (Бразилия), в зоне замещения бериллсодержащего гранитного пегматита. Срастается с мусковитом, миларитом, альбитом, кварцем, редко с другими минералами. В качестве акцессорных минералов отмечаются небесно-голубой эльбайт, пирит, церуссит, пироморфит, антаз. Образовался в позднюю стадию формирования пегматита.

Отл. От гадолинита отличается по составу и физическим свойствам.

Межплоскостные расстояния минасжерайсита-(Y) из Бразилии [1]
CuK_α-излучение, D = 114 мм

hkl	I	d(Å)	hkl	I	d(Å)	hkl	I	d(Å)
110	30	5,99	002	15	2,350	422	15	1,555
001	20	4,70	012	30	2,250	620	10	1,504
210	10	4,12	112	30	2,190	213	10	1,468
111	30	3,71	411	7	2,100	621	30	1,435
120	15	3,53	420	7	2,060	223	10	1,392
201	30	3,41	231	20	2,030	403	20	1,326
211	100	3,11	122	25	1,960	052; 622	20	1,272
220; 310	15	3,000	222	30	1,855	160	10	1,250
021	15	2,945	511	35	1,768	712	15	1,195

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
121	100	2,830	132	10	1,695	811	15	1,177
311	90	2,540	412	30	1,665			
400	10	2,460	232	30	1,625			

Л и т е р а т у р а

1. Foord E., Gaines R., Crock J., Simmons W., Barbosa C. // Amer. Miner. 1986. Vol. 71, N 3/4. P. 603.

Хинганит-(Ce) Hingganite-(Ce)
 $(Ce, Y, Nd)(\square, Fe^{2+})Be_2[SiO_4]_2(O, OH)_2$

Назван согласно принятой КНМ ММА классификации редкоземельных минералов [1].
 Синон. Хинганит цериевый [1].

Характ. выдел. Кристаллы (до 5 мм), отдельные зоны (1–10 мкм) в зональных кристаллах (до 12 мм) гадолинита.

Структ. и морф. крист. Монокл. с. $C_{2h}^5 - P2_1/c$. $a_0 = 9,996$, $b_0 = 7,705$, $c_0 = 4,792$ Å; $\beta = 90,06^\circ$; $a_0 : b_0 : c_0 = 1,2973 : 1 : 0,6219$ [1]. Кристаллы короткопризматические, уплощенные.

Физ. св. Сп. отсутствует. Цв. светло- или красновато-коричневый. Прозрачен.

Хим. Теор. состав $Ce_2Be_2[SiO_4]_2(O, OH)_2$: BeO – 9,69; Ce_2O_3 – 63,55; SiO_2 – 23,27; H_2O – 3,49.

Анализ (микрозонд.) хинганита-(Ce) из Японии [1]: BeO – 9,27 (расч.); CaO – 0,39; FeO – 5,65; Y_2O_3 – 10,91; La_2O_3 – 3,40; Ce_2O_3 – 16,77; Pr_2O_3 – 3,50; Nd_2O_3 – 9,79; Sm_2O_3 – 4,70; Gd_2O_3 – 4,18; Tb_2O_3 – 0,50; Dy_2O_3 – 3,28; Ho_2O_3 – 3,28; Er_2O_3 – 1,84; Yb_2O_3 – 1,02; Lu_2O_3 – 0,30; SiO_2 – 33,27; H_2O – 1,90 (расч.); сумма 101,29.

Эмпирическая формула (при $O + OH = 10$): $(Ce_{0,54}Y_{0,51}Nd_{0,31}Sm_{0,14}Gd_{0,12}La_{0,11} \times Pr_{0,11}Dy_{0,05}Ho_{0,03}Yb_{0,03}Tb_{0,01}Lu_{0,01})_{2,08}Fe^{2+}_{0,41}Be_{1,96}Si_{1,96}O_{8,87}(OH)_{1,13}$.

Хинганит-(Ce) из Монголии характеризуется, по данным неполного микрозондового анализа, большим преобладанием Ce над Y (неопубликованные данные П.М. Карташова): BeO – 10,06 (определен из отдельной навески); CaO – 1,23; Al_2O_3 – 0,30; FeO – 3,77; Y_2O_3 – 2,39; La_2O_3 – 2,75; Ce_2O_3 – 11,98; Pr_2O_3 – 3,77; Nd_2O_3 – 11,32; Sm_2O_3 – 2,24; TiO_2 – 0,02; ZrO_2 – 0,05; ThO_2 – 0,77; H_2O – 1,93.

Нахожд. Обнаружен в миароловых пегматитах в районе Тахара (преф. Гифу, Япония) [1] в друзовых полостях в ассоциации с кварцем, полевым шпатом, слюдой, кассiterитом, стокезитом, флюоритом и хлоритом. В соседних участках в сходной обстановке встречен хинганит-(Y). Наблюдался в щелочноземельном пегматите Татьяна на горе Улын-Хурэн (Монгольский Алтай) в виде микроскопических зон в богатых TR_{Ce} зонах кристаллов хинганита-(Y) (устное сообщение П.М. Карташова), описанных ранее как гадолинит-II [2].

Межплоскостные расстояния хинганита-(Ce) из Тахара (Япония) [1]

CuK_α-излучение. Камера Гинье

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
110	Ср.	6,086	221;221	Сильн.	2,565	122;122	Ср.	1,990
200	Слаб.	5,003	320	Слаб.	2,555	312;312	Ср.	1,886
001	Сильн.	4,799	400	Слаб.	2,503	331	Оч.слаб.	1,878
210	Ср.	4,204	130	Слаб.	2,483	331	Оч.слаб.	1,868
111	Ср.	3,761	002	Слаб.	2,395	240	Слаб.	1,795

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
120	Ср.	3,595	410	Слаб.	2,381	041	Слаб.	1,777
201;201	Ср.	3,460	230	Слаб.	2,281	520	Слаб.	1,762
211;211	Оч.сильн.	3,159	031	Слаб.	2,261	412	Слаб.	1,689
310	Ср.	3,056	321;321;112	Слаб.	2,230	431;431	Слаб.	1,680
220	Ср.	3,041	401;401;131	Слаб.	2,212	600	Слаб.	1,666
021	Ср.	3,002	411	Слаб.	2,128	521	Оч.слаб.	1,662
121	Сильн.	2,874	212;212	Оч.слаб.	2,085	232;232	Слаб.	1,652
121	Сильн.	2,870	231;231	Слаб.	2,057	003	Оч.слаб.	1,596
311;311	Сильн.	2,577						

Л и т е р а т у р а

1. Miyawaki R., Nakai I., Nagashima K., Okamoto A., Isobe T. // J. Miner. Soc. Jap. 1987. Vol. 18, N 1. P. 17.
 2. Карташов П.М., Волошин А.В., Пахомовский Я.А. // Зап. ВМО. 1993. Ч. 122, вып. 3. С. 66.

Хинганит-(Yb) Hingganite-(Yb) (Yb,Y)Be[SiO₄](OH)

Назван по составу, согласно принятой КНМ ММА классификации минералов [1].
 Сион. Хинганит иттербийевый [1].

Характ. выдел. Сферические агрегаты (до 2 мм) тонкоигольчатых кристаллов (0,1–0,2 мм).

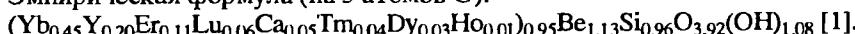
Структ. и морф. крист. Монокл. с. $C_{2h}^5 - P2_1/a$. $a_0 = 9,888$, $b_0 = 7,607$, $c_0 = 4,740$ Å; $\beta = 90,45^\circ$; $a_0 : b_0 : c_0 = 1,300 : 1 : 0,623$; $Z = 4$ [2].

Физ. св. Сп. отсутствует. Тв. 6,5–7. Уд.в. 4,83 (вычисл.). Бесцветный. Прозрачен. Бл. стеклянный. В ультрафиолетовом свете не люминесцирует. ИК-спектр близок гадолинитовому. Основная по интенсивности полоса поглощения с тремя максимумами (100, 980 и 907 см⁻¹) относится к валентным колебаниям связей Si–O, что свидетельствует об искажении формы тетраэдров SiO₄. Максимумы 795 и 770 см⁻¹ отвечают, вероятно, валентным колебаниям Be–O, 495 и 430 см⁻¹ – деформационным колебаниям связей SiO₄ [1]. Максимумы при 3500 и 3450 см⁻¹ принадлежат валентным колебаниям гидроксида, 907 см⁻¹ – возможно, деформационным колебаниям групп OH.

Микр. Двусочный (+). Пл. опт. осей (010); $cNg = 23^\circ$, $aNp = 20^\circ$; $n_g = 1,760$, $n_m = 1,738$, $n_p = 1,725$; $n_g - n_p = 0,035$; $2V = 65^\circ$ [1].

Хим. Анализ (микрозонд., среднее из анализов нескольких зерен): CaO – 1,14; BeO – 10,90; Gd₂O₃ – 0,11; Tb₂O₃ – 0,05; Dy₂O₃ – 2,47; Ho₂O₃ – 1,03; Er₂O₃ – 8,22; Tm₂O₃ – 3,10; Yb₂O₃ – 34,07; Y₂O₃ – 8,56; Lu₂O₃ – 4,50; SiO₂ – 22,11; H₂O – 3,74 (по разности); сумма 100,00.

Эмпирическая формула (на 5 атомов O):



Нахожд. Обнаружен в амазонитовых пегматитах горы Плоской, Западные Кейвы, Кольский п-ов [1]. Образует сферические агрегаты тонкоигольчатых кристаллов, нарастающие на грани кристаллов пллюмбомикролита [1] либо заключенные в гнезда белой гидрослюды среди фиолетового иттрофлюорита II генерации в тесной ассоциации с кейвиитом-(Yb) [2]. Является поздним минералом пегматитов, образующимся за счет переработки богатого Yb белого иттрофлюорита I генерации.

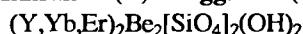
Межплоскостные расстояния хинганита- Yb с Кольского п-ова [1]Fe-излучение, $D = 114,6$ мм

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
110	7	6,06	330	1	2,016	313	2	1,396
200	2	4,96	12\bar{2}\}			63\bar{1}	4	1,329
001	6	4,76	122\}	8	1,977	052	2	1,282
210	4	4,16	040	2	1,907	622	2	1,271
11\bar{1};111	6	3,74	31\bar{2}	5	1,878	160	1	1,259
120	5	3,57	33\bar{1}	5	1,857	451	3	1,247
201;20\bar{1}	6	3,45	430	6	1,776	50\bar{3}	1	1,239
211;21\bar{1}	10	3,13	520	3	1,759	70\bar{2}	3	1,217
310	4	3,03	402	2	1,706	632	2	1,197
021	5	2,97	41\bar{2}	1	1,682	352	2	1,191
12\bar{1}	10	2,85	4\bar{1}2	5	1,665	004	2	1,185
31\bar{1}	8	2,572	431	5	1,656	243	2	1,181
311	8	2,542	521	5	1,641	722	2	1,152
130	2	2,465	232	5	1,633	603	1	1,136
002	4	2,378	42\bar{2}	2	1,567	12\bar{4}	1	1,125
410	4	2,355	601	2	1,552	53\bar{3}	2	1,113
230	5	2,262	620	2	1,511	461	1	1,098
32\bar{1}	6	2,206	53\bar{1}	2	1,486	262	3	1,091
202	1	2,133	051	4	1,447	911	2	1,063
411	2	2,103	44\bar{1}	2	1,438	54\bar{3}	3	1,038
23\bar{1};231	1	2,038	242	1	1,418			
			522	2	1,409			

Л и т е р а т у р а

- Волошин А.В., Пахомовский Я.А., Меньшиков Ю.П., Поваренных А.С., Матвиенко Е.Н., Якубович О.В. // ДАН СССР. 1983. Т. 270, № 5. С. 1188.
- Волошин А.В., Пахомовский Я.А. Минералы и эволюция минералообразования в амазонитовых пегматитах Кольского п-ова. Л.: Наука, 1986. 168 с.

Хинганит-(Y) Hingganite-(Y)



Назван первоначально хинганитом по месту находки в хр. Большой Хинган (Китай) [1], позднее хинганитом-(Y), согласно принятой КНМ MMA классификации редкоземельных минералов. Ранее описывался как "минерал из Тувы" [2] или минерал Б (т. III, вып. 1, с. 419).

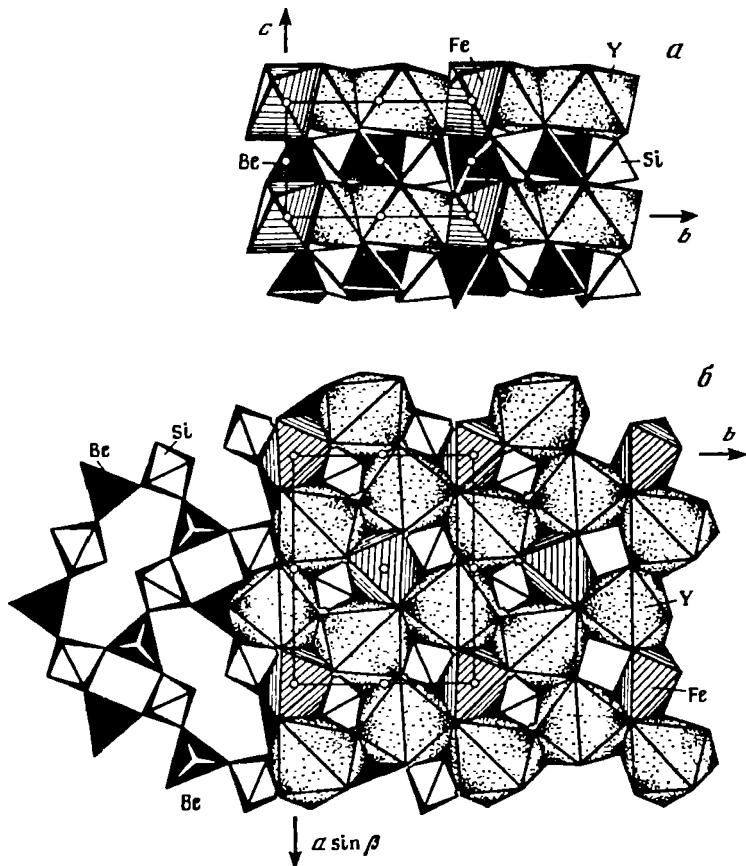
Синон. Иберисилит – ybergysilite [3], иттроцеберисит – yttriocebergysite [4], ксинганит – xinganite [1], иттриевый хинганит [4].

Характ. выдел. Кристаллы (до 1 см), споповидные, радиально-лучистые (до 2–3 мм в диаметре) и волокнистые агрегаты.

Структ. и морф. крист. Монокл. с. $C_{2h}^5 - P2_1/a$.

	$a_0(\text{\AA})$	b_0	c_0	β	$a_0 : b_0 : c_0$	Z
1	9,888	7,607	4,740	90,45°	1,2998 : 1 : 0,6231	2
2	10,20	7,80	4,90	92	1,3076 : 1 : 0,6282	2
3	4,790	7,547	9,989	91	0,6346 : 1 : 1,3235	4
4	4,74	7,50	9,88	90	0,6320 : 1 : 1,3173	4
5	4,768	7,676	9,930	90,17	0,6211 : 1 : 1,2936	4
6	9,861	7,605	4,720	89,65	1,2966 : 1 : 0,6206	–

1 – Кольский п-ов [5]; 2 – Тыва [2]; 3–5 – Большой Хинган: 3 – [1], 4 – [6], 5 – [7]; 6 – искусств. YBeSiO_4 , $V = 354,0 \text{ \AA}^3$ [8].



Фиг. 7. Кристаллическая структура хинганита-(Y) (по Якубович и др.)

a – чередование слоев Y-восьмивершинников и Fe-октаэдров со слоями Be- и Si-тетраэдров вдоль оси *c*. *b* – проекция *xy*: на переднем плане (справа) – стенка Y-, Fe-полиэдров, глубже (слева) – Si-, Be-стенка состава $[SiBeO_4(OH)]^{3-}$

Для структуры (состав образца $(Y_{0,51}Yb_{0,23}TR_{0,13}Ca_{0,13})Fe_{0,07}Be[SiO_4](OH))$ [5] характерны аналогичные гадолинитовым слои из связанных по общим ребрам Y-восьмивершинников и Fe-октаэдров, чередующиеся вдоль оси с со слоями из Be- и Si-тетраэдров (фиг. 7, *a*). Октаэдры Fe заселены на 13% в отличие от полностью заселенных в структуре гадолинита. Компенсация возникающего отрицательного заряда достигается заменой 1 атома О на OH-группу. Слои другого типа представляют собой сетки из связанных через общие вершины Be- и Si-тетраэдров (см. фиг. 7, *b*). Хинганит-(Y) можно рассматривать также как слоистый бериллосиликат с анионным радикалом $[BeSiO_4(OH)]^{3-}$.

Кристаллы короткопризматические.

Физ. св. Сп. отсутствует. Тв. около 6,9 [2], 5–5,5 [6]. Микротвердость 1100 кгс/мм² [2], 415–467 кгс/мм² [6]. Уд.в. 4,42–4,57 (вычисл. 4,45–4,72) [1, 2, 6, 7]. Цв. белый, бледно-розовый, светло-коричневый, бледно-желтый до зеленоватого. Прозрачен. Бл. стеклянный на гранях, жирный на сколах. В ультрафиолетовых лучах не люминесцирует.

ИК-спектр, характеризующийся полосами поглощения при 300, 380, 450, 500, 590, 700, 790, 915, 980, 1440, 1620 и 3500 cm^{-1} , подобен гадолинитовому; отличается присутствием интенсивных узких полос поглощения при 3500 и 600 cm^{-1} , отвечающих валентным и деформационным колебаниям OH-групп [1, 8].

Микр. Двусный (+). $cNg = 13^\circ$, $Nm = b$, $aNp = 14^\circ$; $n_g = 1,765$, $n_m = 1,753$, $n_p = 1,741$; $n_g - n_p = 0,021$ [1]. По другим данным, $n_g = 1,783$, $n_m = 1,765$, $n_p = 1,748$; $n_g - n_p = 0,035$ [6]. Дисперсия сильная, $r < v$ [1].

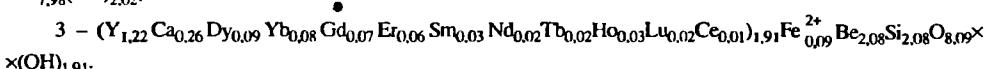
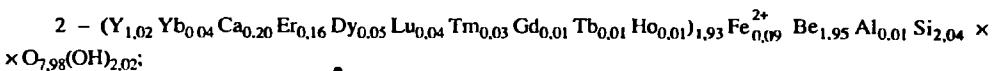
Хим. Анализы (2, 3, 5, 6 – микрозонд.):

	1	2	3	4	5	6
BeO	11,13	10,50	12,02*	10,41	10,06 ^{2*}	10,91
MgO	0,28	Не опр.	Не опр.	0,09	Не опр.	Не опр.
CaO	6,98	2,38	3,34	0,96	1,95	1,36
FeO	1,26	–	1,63	0,89	4,79	2,83
PbO	Не опр.	0,52	Не опр.	0,38	Не опр.	Не опр.
Al ₂ O ₃	1,50	0,10	–	1,70	–	–
Fe ₂ O ₃	–	1,46	–	1,63	2,78	–
Y ₂ O ₃	13,181	24,83	31,87	15,73	16,37	36,27
La ₂ O ₃	0,471	–	Не опр.	3,60	1,46	0,12
Ce ₂ O ₃	1,901	–	0,47	13,60	8,68	0,64
Pr ₂ O ₃	0,691	–	Сл.	1,78	1,59	0,11
Nd ₂ O ₃	1,951	–	0,76	6,84	8,64	–
Sm ₂ O ₃	1,921	–	1,03	2,60	3,00	Не опр.
Eu ₂ O ₃	0,131	–	Сл.	0,05	0,75	0,13
Gd ₂ O ₃	2,111	0,45	2,71	3,45	4,12	2,99
Tb ₂ O ₃	0,291	0,33	0,68	0,61	0,37	Не опр.
Dy ₂ O ₃	1,581	2,13	3,87	3,71	3,40	5,50
Ho ₂ O ₃	0,241	0,21	1,18	0,56	0,17	0,57
Er ₂ O ₃	0,791	6,47	2,50	1,31	1,26	2,05
Tm ₂ O ₃	0,151	1,38	Сл.	0,07	0,13	Не опр.
Yb ₂ O ₃	0,871	17,02	3,53	0,57	0,53	2,44
Lu ₂ O ₃	0,161	1,87	0,94	0,09	Не опр.	Не опр.
SiO ₂	32,50	26,43	28,86	25,20	22,87	26,20
H ₂ O	8,92	3,923 ^{3*}	3,96 ^{2*}	2,94	1,93 ^{2*}	3,44*
Сумма	98,954 ^{4*}	100,00	99,35	100,03 ^{5*}	94,57	95,56
Уд.в.	3,44	–	–	4,42	–	–

* Расчетное значение. ^{2*} Определено из отдельной навески. ^{3*} Определено по разности. ^{4*} В том числе ThO₂ – 1,32, P₂O₅ – 4,95, Nb₂O₅ – 3,78. ^{5*} В том числе K₂O – 0,77, Na₂O – 0,39, TiO₂ – 0,10.

1 – "минерал из Тувы" из сподомен-альбитового пегматита Тастьк (Тыва), анал. Казакова [2]; 2 – из амазонитовых пегматитов горы Плоской, Зап. Кайвы (Кольский п-ов) [9]; 3 – из миароловых пегматитов Такара, преф. Гифу (Япония) [10]; 4 – из гранитных пегматитов гор Синанылинь, пров. Хейлунцзян (Китай) [1]; 5, 6 – из щелочногранитного пегматита Татьяна (Монгольский Алтай): 5 [11], 6 – неопубликованные данные П.М. Карташова.

Эмпирические формулы (на 10 атомов O):



Повед. при нагр. После нагревания до 1000° на воздухе теряет воду и распадается на $\beta\text{-Y}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ и BeO [8].

Нахожд. Редкий минерал гранитных пегматитов и редкометальных гранитоидов. Найден [1] в Be- и TR-содержащих гранофирах гор Синанылинь (prov. Хейлунцзян, Китай).

В амазонитовых пегматитах горы Плоской (Западные Кейвы, Кольский п-ов) встречен [4] как поздний гидротермальный минерал в краевых зонах гнезд иттрово-люорита и в пустотах растворения по их периферии, по трещинам в кварце и золевом шпате; отмечался в виде сферолитов по трещинам зерен ксенотима. Более поздний по отношению к хинганиту-(Yb).

В миароловых пегматитах Тахара (преф. Гифу, Япония) [10] ассоциирует с гелланитом-(Y), хинганитом-(Ce) и неизвестным минералом, по составу близким хинганиту.

В щелочногранитном пегматите Татьяна (гора Улын-Хурэн, Монгольский Алтай) наблюдался в виде зональных кристаллов (описаны ранее [11] как гелланит-II), содержащих микроскопические зоны хинганита-(Ce). Встречается в микроклин-кварцевом замещающем комплексе осевой части жилы в ассоциации с алланитом, TR-эпидотом, циртолитом, TR-торитом, бритолитом-(Ce), гентельвиом, бавенитом, ксенотимом, кальцитом, пиритом; в зонах окварцевания – с фергунитом, чевкинитом, алланитом [11]. В альбитовом пегматите, секущем карбонатную толщу, на месторождении Тастык (Тыва) [2] ассоциирует со сподуменом, сквовитом, пирохлором.

Отмечался в редкометальных катаkläзированных гранит-порфирах месторождения Шок-Карагай (Северный Казахстан) с алланитом, иттриалитом, цирконом, торитом, бастнезитом, монацитом, ксенотимом и флюоритом (устное сообщение Б.С. Никонова).

Искусств. [8]. Синтезирован из геля в гидротермальных условиях при 600°, вакууме за 72 ч. При нагреве смеси оксидов и гидроксидов хинганитового состава получены оксибритолит и другие фазы.

Отл. От других радиально-лучистых редкоземельных силикатов отличается по ИК-спектру: от кейвиита-(Y) – по наличию полосы поглощения OH-группы, от кайзита-(Y), кайсикхита-(Y) и имориита-(Y) – по отсутствию полосы поглощения, соответствующей CO₃-группам.

Межплоскостные расстояния хинганита-(Y) из Китая [1]

Fe-излучение. Дифрактометр

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
001	30	6,004	113;122	60	2,569	213;040	50	1,880
002	20	4,994	0,23;004	10	2,491	115;034	40	1,791
100	50	4,790	200;014	30	2,377	115	40	1,781
012	30	4,178	210;032	20	2,279	042	30	1,768
010;111	40	3,772	130;211	20	2,222	141	10	1,725
021	40	3,577	131	20	2,208	214;214	50	1,681
102	50	3,462	202;114	10	2,142	125;125	50	1,658
112;112	100	3,148	024;212	20	2,080	224	30	1,567
013;022	20	3,041	132	20	2,041	303	20	1,456
120	20	2,991	221;221	50	1,985	303	20	1,441
121;121	100	2,865	203	20	1,923	313	10	1,417

Литература

- Ding Xiaoshi, Bai Ge, Yuan Zhongxin, Liu Jinding // Acta petrol. miner. et anal. 1984. Vol. 3, N 1. P. 45.
- Семенов Е.И., Дусматов В.Д., Самсонова В.С. // Кристаллография. 1963. Т. 8. № 4. С. 677.
- Повареных А.С. Кристаллохимическая классификация минеральных видов. Киев: Наук. думка, 1966. 548 с.
- Белошин А.В., Пахомовский Н.А. Минералы и эволюция минералообразования в амазонитовых пегматитах Кольского п-ова. Л.: Наука, 1986. 168 с.

5. Якубович О.В., Матвиенко Е.Н., Волошин А.В., Симонов М.А. // Кристаллография. 1983. Т. 28, № 3. С. 457.
6. Ding Xiaoshi, Bai Ge, Yuan Zhongxin, Sun Luren // Geol. Rev. China. 1981. Vol. 27, N 5. P. 459.
7. Ximen Lulu, Zhizlong Peng // Acta miner. Sinica. 1985. Vol. 5. P. 289.
8. Ito J., Hofner S.S. // Amer. Miner. 1974. Vol. 59, N 7/8. P. 700.
9. Волошин А.В., Пахомовский Я.А., Меньшиков Ю.П., Поваренных А.С., Матвиенко Е.Н., Якубович О.В. // ДАН СССР. 1983. Т. 270, № 5. С. 1188.
10. Miyawaki R., Nakai I., Nagashima K., Okamoto A., Isobe T. // J. Miner. Soc. Jap. 1987. Vol. 18, N 1. P. 17.
11. Карташов П.М., Волошин А.В., Пахомовский Я.А. // Зап ВМО. 1993. Ч. 122, вып. 3. С. 65.

СТРУКТУРА ТИПА ХЛОРITOИДА

ГРУППА ХЛОРITOИДА

Ранее описаны хлоритоид и его марганцевая разновидность оттрелит (т. III, вып. 1, с. 481). Последний рассматривается теперь как самостоятельный минеральный вид (Clark, 1993; Fleischer, Mandarino, 1995).

	Сингония	a_0	b_0	c_0	α	β	γ	Уд.в.
Хлоритоид $(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg})_2\text{Al}_4 \times$ $\times [\text{SiO}_4]_2\text{O}_2(\text{OH})_4$	Монокл. Трикл.	9,4818 9,46	5,4842 5,50	18,1824 9,15	— 97,05°	101,74° 101,56	— 90,10°	3,56 3,62
Магнезиохлоритоид $(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_2\text{Al}_4 \times$ $\times [\text{SiO}_4]_2\text{O}_2(\text{OH})_4$ (искусств.)	Монокл. Трикл.	9,460 9,43	5,471 5,44	18,182 9,13	— 96,4	101,4 101,1	— 90,0	3,33
Оттрелит $(\text{Mn}^{2+}, \text{Fe}^{2+}, \text{Mg})_2\text{Al}_4 \times$ $\times [\text{SiO}_4]_2\text{O}_2(\text{OH})_4$	Монокл. Трикл.	9,48 9,48	5,48 5,48	18,20 9,10	— 97	102,0 102	— 90,0	3,57

Для хлоритоида (chloritoid) приведены уточненные структурные данные [1, 2].

Основу структуры минералов группы составляют чередующиеся октаэдрические катионные слои двух типов – M(1) и M(2), перпендикулярные оси c и связанные между собой ортосиликатными группами. Триоктаэдрические бруцитоподобные слои M(1) содержат две позиции – M(1A) и M(1B), занимаемые катионами Fe^{2+} , Mn^{2+} , Mg и Al , Fe^{3+} соответственно. Корундоподобные слои M(2) заселены атомами Al . Моноклинная и триклиническая модификации хлоритоида имеют очень близкие структуры, но различаются характером заполнения позиций M(1A) и M(1B) [1, 2]. В моноклинной форме позиция M(1A) содержит 0,9 Al и 0,1 Fe^{3+} , M(1B) – 0,85 Fe^{2+} (Mn) и 0,15 Mg. Обе позиции (A и B) слоя M(2) заняты атомами Al. В триклинической форме позиция M(1B) заселена катионами Fe^{2+} (Mn) и Mg не полностью (0,96), а в M(1A) содержание Fe^{3+} по сравнению с моноклинной формой выше. Структура триклинической модификации чаще неупорядоченная, что приводит к появлению диффузных линий на рентгенограммах.

Структура характеризуется наличием водородных связей между слоями за счет атомов H гидроксильных групп и атомов O соседнего слоя.

Л и т е р а т у р а

1. Hanscom R. // Acta crystallogr. 1975. Vol. 33, pt 3. P. 780.
2. Hanscom R. // Amer. Miner. 1980. Vol. 65, N 5/6. P. 534.

Магнезиохлоритоид Magnesiochloritoid

$$(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_2\text{Al}_4[\text{SiO}_4]_2\text{O}_2(\text{OH})_4$$

Назван по химическому составу – преобладающему октаэдрическому катиону [1, 2].

Характ. выдел. [3, 4]. Порфиробласты (от нескольких мм до 6 см), неправильные мелкие зерна (до нескольких мм).

Структ. и морф. крист. Монокл. с. C_{2h}^6 – С2 / c_1 . $a_0 = 9,460$, $b_0 = 5,471$, $c = 18,182$; $\beta = 101,4^\circ$; $V = 922 \text{ \AA}^3$; $Z = 8$ [2]. Трикл. (искусств.) Р1 или РТ. $a_0 = 9,43$, $\gamma = 5,44$, $c_0 = 9,13$; $\alpha = 96,4$, $\beta = 101,1$, $\gamma = 90,0^\circ$; $Z = 4$ [5].

В отличие от хлоритоида среднее межатомное расстояние М–О в позиции M(1B) уменьшено от 2,163 до 2,150 Å; атомы Mg и Fe²⁺ распределены статистически. В образцах преобладает моноклинная фаза, триклиновая встречается значительно реже [2].

Средние межатомные расстояния (в Å): Si–O = 1,645 и 1,646; Al–O = 1,896, 1,897, 1,912, 1,938, 1,952; (Mg, Fe)–O = 2,150 и 2,169.

Известны полисинтетические срастания и прорастания со слюдой и хлоритом II (001) [2].

Физ. св. Уд.в. 3,332 (вычисл. для монокл. разности) [2]. Цв. светло-зеленоватый [2], темно-голубой [5], серый [3] в зависимости от содержания Fe³⁺.

Микр. Бесцветен, реже зеленоватый со слабым плеохроизмом: по Ng – желтоватый, по Nm – голубовато-зеленоватый, по Np – зеленоватый. Удлинение (–). 2V(+) = 30–40°. $n_g - n_p = 0,006$. Дисперсия не наблюдается [4]. В бесцветных разностях с максимальным содержанием Mg: угол Ng с нормалью к (001) от 0 до 15°. $n_g = 1,695$, $n_m = 1,688$, $n_p = 1,685$; $n_g - n_p = 0,010$; 2V(+) = 46°. Дисперсия слабая, $r > v$ [3].

Хим. Теор. состав MgAl₂[SiO₄]O(OH)₂: MgO – 18,30; Al₂O₃ – 40,28; SiO₂ – 27,25; H₂O – 8,17. Максимально установленное содержание Mg-минала – 74 мол.% [2, 5].

Анализы (2–6 – микрозонд.):

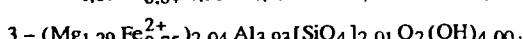
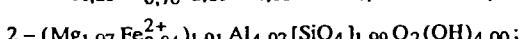
	1	2	3	4	5	6
Na ₂ O	0,1	Не опр.	Не опр.	0,00	0,01	–
K ₂ O	0,3	–	–	0,01	0,00	–
MgO	10,8	9,20	11,20	10,56	12,32	12,14
CaO	0,2	–	–	0,00	–	–
MnO	0,1	–	–	0,05	0,03	–
FeO	8,9	12,81	11,56	12,17	9,02	10,32
Al ₂ O ₃	43,8	43,85	43,18	43,29	43,57	44,18
Fe ₂ O ₃	3,0	–	–	–	–	–
SiO ₂	24,7	25,50	26,04	27,73	26,01	27,37
H ₂ O [†]	7,7	7,77*	7,77*	–	–	–
Сумма	99,6	99,13	99,75	93,81**	90,97	94,01

* По аналогии с близкими анализами хлоритоида [6].

** В оригинале сумма 91,81.

1 – из офнолитовой зоны Церматт, Западные Альпы (Швейцария) [7]; 2, 3 – из офнолитовой зоны, кантон Вале, Западные Альпы (Швейцария) [6]; 4–6 – из массива Монте Роза, Западные Альпы (Италия): 4, 5 – [8], 6 – [2].

Эмпирические формулы:



Повед. при нагрев. На кривой нагревания наблюдается широкий эндотермический максимум с двумя пиками – при 658 и 765° [2]. До 700° объем и параметры решетки увеличиваются (преимущественно в направлении оси *c*): $a_0 = 9,515$, $b_0 = 5,516$, $c_0 = 18,300$ Å, $\beta = 101,3^\circ$, $V = 942,0$ Å³. Изменение обратимо. В интервале 725–750° – полное обезвоживание с разрушением структуры. Нагревание при 750° в течение 12 ч приводит к аморфизации.

Нахожд. Связан с процессами метаморфизма ($t = 500^\circ$, $P = 16$ кбар по [8] или 550–700° и 10–15 кбар по [6]) пород оphiолитовой зоны Альп.

Наиболее высокомагнезиальные разности (до 74 мол. % MgAl₂[SiO₄]O(OH)₂) обнаружены в массивах Гран Парадизо, Монте Роза и Дора Мария, Западные Альпы (Италия), в ассоциации с тальком, хлоритом, кварцем, кианитом и фенгитом среди тальк-хлоритоидных кварцитов [5, 9]. Среди метагаббро зоны Церматт (Швейцария) развивается по оливину совместно с тальком, кианитом, гранатом, хлоритом и омфацитом [3, 6, 7]. В массиве Высокий Тауэрн в Восточных Альпах (Австрия) находится в линзах филлитов среди эклогитов в ассоциации с тальком, кианитом, кварцем или хлоритом, а среди слюдяных сланцев также с гранатом. Кианит образует включения в крупных кристаллах магнезиохлорита [10, 11]. Предполагаемая последовательность формирования минеральных парагенезисов при метаморфизме пелитов: хлорит–иллит–кварц; хлорит–фенгит–кварц; тальк–хлоритоид–фенгит ± кварц, что свидетельствует о повышении роли Mg в минералообразовании с ростом давления [9, 11, 12].

Искусств. При синтезе чистого MgAl₂[SiO₄]O(OH)₂ из безводной смеси MgO, Al₂O₃ и SiO₂ под P_{H_2O} выше 30 кбар при 600–700° получена смесь монокл. и трикл. модификаций. Последняя ($a_0 = 9,43$, $b_0 = 5,44$, $c_0 = 9,13$, $\alpha = 96,4^\circ$, $\beta = 101,1^\circ$, $\gamma = 90,0^\circ$) преобладает, и ее содержание увеличивается с ростом температуры. Искусственный чисто магниевый хлоритоид в противоположность природным образцам несовместим с кварцем [5, 12].

Отл. От хлорита отличается пониженными показателями преломления и меньшими параметрами элементарной ячейки.

Л и т е р а т у р а

1. Halford L.B. // J. Petrol. 1961. Vol. 2, N 1. P. 49.
2. Ivaldi G., Catti M., Ferraris G. // Amer. Miner. 1988. Vol. 73, N 3/4. P. 358.
3. Bearth P.B. // Schweiz. miner. und petrogr. Mitt. 1963. Bd. 43, H. 1. S. 269.
4. Wetzel R. // Ibid. Bd. 52, H. 2. S. 161.
5. Chopin Ch., Schreier W. // Amer. J. Sci. 1983. Vol. 283-A, N 1. P. 72.
6. Chinner G.A., Dixon G.E. // J. Petrol. 1973. Vol. 14, N 2. P. 185.
7. Bearth P.B. // Beitr. Geol. Karte Schweiz. 1967. N 132. S. 130.
8. Chopin Ch., Monier W. // Contrib. Mineral. and Petrol. 1984. Vol. 87, N 2. P. 388.
9. Chopin Ch. // J. Petrol. 1981. Vol. 22, N 4. P. 628.
10. Miller C. // Tschermaks miner. und petrogr. Mitt. 1977. Bd. 24. S. 221.
11. Holland T.G.B. // J. Geol. 1979. Vol. 87, N 1. P. 1.
12. Chopin Ch. // Bull. miner. 1983. Vol. 106, N 6. P. 715.

Оттрелит Ottrelite (Mn²⁺, Fe²⁺, Mg)₂Al₄[SiO₄]₂O₂(OH)₄

Назван по месту находки в Оттре, Арденны (Бельгия) [1].
Синон. Сальмит – salmite [1].

Характ. выдел. Кристаллы (до 6 см длиной), удлиненные порфиробласты (0,3–0,5 мм), неправильные, частью расщепленные чешуйки (3–4 мм) [2].

Структ. и морф. крист. Монокл. с. C_{2h}^6 –C2 / c. $a_0 = 9,48$, $b_0 = 5,48$, $c_0 = 18,20$ Å;

$\beta = 102^\circ$; $V = 929,5 \text{ \AA}^3$; $Z = 8$ [1]; трикл. с. $P\bar{1}$ или $P\bar{1}$, $a_0 = 9,48$, $b_0 = 5,48$, $c_0 = 9,10 \text{ \AA}$; $\alpha = 97$, $\beta = 102$, $\gamma = 90^\circ$; $Z = 4$ [2].

Кристаллы таблитчатые.

Физ. св. Сп. совершенная по (001) и несовершенная по плоскостям, пересекающимся под углами 120 и 60°. Уд.в. 3,52 (вычисл.) [1]. Цв. оливково-, фисташково-зеленый, иногда черный. Бл. на (001) алмазный.

В ИК-спектре проявлены основные (частью комбинированные) полосы поглощения: 900, 750, 680 и 460 cm^{-1} ; полосы 3460 и 3040 cm^{-1} относятся к валентным, 1083 и 801 cm^{-1} – к деформационным колебаниям групп OH, включающих водородные мостиевые связи (2,85 и 2,7 Å) [2].

Микр. Плеохроизм: по N_g – оливково-желтый, по N_m – бледно-желтый, по N_p – светло-желтый, иногда серый до бесцветного. Пл. опт. осей $\perp (010)$, угол N_p с нормалью к (001) = 11–23° [2, 3]. $n_g = 1,732$ –1,716, $n_m = 1,726$ –1,712, $n_p = 1,725$ –1,709 (обнаруживают тенденцию к снижению при увеличении содержания магния); $n_g - n_p = 0,016$ –0,006 [1, 2]. Для образца из Оттре: $n_g = 1,716$, $n_m = 1,712$, $n_p = 1,709$; $n_g - n_p = 0,007$; $2V(+)$ = 60–70°. Дисперсия слабая, $r > v$.

Хим. Теор. состав $Mn^{2+}Al_2[SiO_4]O(OH)_2$: MnO – 28,9; Al₂O₃ – 40,64; SiO₂ – 23,90; H₂O – 7,17.

Мп изоморфно замещается Fe²⁺ и Mg. Обычно содержит 40–50 мол.% Мп-минала (12–16% MnO). Большее количество Мп (более 50 мол.% Мп-минала, 16,2–16,6% MnO) обнаружено только в двух образцах [1, 2, 4].

Анализы (2–4 – микрозонд.):

	1	2	3	4
MgO	4,39	3,45	2,49	3,67
CaO	0,11	0,04	Не опр.	Не опр.
MnO	12,60	12,20	10,20	10,63
FeO	8,02	10,60	13,72	12,53
Al ₂ O ₃	40,69	41,00	39,59	39,14
Fe ₂ O ₃	1,67	1,48	–	–
SiO ₂	23,88	24,40	25,35	25,16
H ₂ O [†]	7,15	Не опр.	6,90*	6,90*
Сумма	99,91	93,20	98,25	97,97
a_0 (Å)	9,505	9,500	–	–
b_0	5,484	5,501	–	–
c_0	18,214	18,211	–	–
β , °	101,46	101,99	–	–
V (Å ³)	929,0	930,9	–	–

* По аналогии с хлоритоидом.

1, 2 – Оттре (Бельгия): 1 – анал. Спиткан и Франссоле (образец с примесью кварца – 1,4% [2]). 2 – Fe²⁺/Fe³⁺ определено мессбаузеровским методом [5]; 3, 4 – массив Высокий Фенн, Арденны (Бельгия) [3].

Эмпирическая формула (ан. 1): $(Mn_{0,88} Fe_{0,55}^{2+} Mg_{0,54} Fe_{0,03}^{3+})_2 (Al_{3,93} Fe_{0,07}^{3+})_4 \times (Si_{1,97} Al_{0,03})_2 O_{10,03} (OH)_{3,94}$.

См. также ан. 6 в т. III, вып. 1, с. 735 (оттрелит из Оттре).

Повед. при нагрев. [2]. На кривой ДТА, сходной с таковой хлоритоида, имеется

эндотермический максимум при 670–880° с пиком 770° (потеря основной массы воды). Общая потеря веса по кривой ДТГ – 4,68%, меньше истинной (7,15%) из-за увеличения веса на 2,31% при окислении MnO и FeO. До 500° не изменяется, при 600° – буреет, сохраняя структуру; в интервале 700–800° происходит интенсивная дегидратация, при 770° – разрушение с образованием новых фаз. До 800° Fe и Mn сохраняют двухвалентную форму в виде окислов (биксиита или браунита); при 900° – возможна аморфизация; в интервале 1000–1200° образуются шпинель, муллит и кордиерит.

Нахожд. Связан с гидротермальными кварцевыми жилами, залегающими среди пород зеленосланцевой фации метаморфизма (образуется при $t = 360\text{--}400^\circ$, в условиях повышенной по сравнению с хлоритоидом f_{O_2}).

Близ Оттре (Бельгия) распространен среди меловых сланцев и секущих кварцевых жил (до 1 м мощностью) в ассоциации с кварцем, ди-триоктаэдрическим хлоритом, пирофиллитом, даврекситом, андалузитом, рутилом и поздними каолинитом и гематитом [2]. В массиве Высокий Фенн (Арденны, Бельгия) находится в аналогичной обстановке среди пород зеленосланцевой фации. Ассоциирует с фенитом, парагонитом, хлоритом, гранатом, кварцем, гематитом, спорадически – с андалузитом и пирофиллитом [3]. Обнаружен также среди филлитов и сланцев с жилами кварца в южной части Индии (шт. Андра Прадеш) в ассоциации с кварцем, серицитом и полевым шпатом (в филлитах), с андалузитом и гидробиотитом (в метасланцах) [6].

Межплоскостные расстояния от трелита, Оттре (Бельгия) [2]
Fe K_α-излучение. Дифрактометр

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	I	$d(\text{\AA})$
002	15	8,91	314	10	2,517	5	1,881
110;201̄	10	4,737	023	25	2,461	5	1,855
111	10	4,680	(022);(312)	40	2,430	5	1,835
004	100	4,460	402;221̄	20	2,375	10	1,819
204	5	3,601	222̄	10	2,343	10	1,813
113	5	3,530	221;313	15	2,312	5	1,752
114	5	3,433	(203);(113)	15	2,290	5	1,737
(112);(112)	5	3,256	(221);(221̄)			10	1,650
114	10	3,087	404	5	2,260	5	1,633
006	80	2,973	008;222	10	2,230	5	1,606
206	10	2,774	(313);(023̄)	10	2,134	10	1,585
020;311̄	10	2,741	223	15	2,121	15	1,561
115;021	10	2,715	118	10	2,101	15	1,559
(310)	45	2,686	(312)	5	2,074		
313;116	10	2,643	406	5	2,046		

Л и т е р а т у р а

1. Halford L.B. // J. Petrol. 1961. Vol. 2, N 1. P. 49.
2. Fransolet A.M. // Bull. miner. 1978. Vol. 101. P. 548.
3. Kramm U. // Contrib. Mineral. and Petrol. 1973. Vol. 41. P. 179.
4. Bethune P // Bull. Soc. géol. belg. 1977. Vol. 86, fasc. 1. P. 9.
5. Hålenius U., Annersten H., Langer K. // Phys. Chem. Miner. 1981. Vol. 7, N 3. P. 117.
6. Rao T.R. // Geol. Mag. 1970. Vol. 106, N 5. P. 452.

СТРУКТУРА ТИПА ВЕЛИНИТА

ГРУППА ВЕЛИНИТА

Велинит описан ранее (т. III, вып. 1, с. 95). Здесь приведены формула и сингония [1].

	Сингония	a_0	c_0	Уд.в.
Велинит $Mn_3^{2+}(W, Mg, \square)[SiO_4](O, OH)_3$	Триг.	8,155	4,785	4,41
Францисканит $Mn_3^{2+}(V_x, \square_{1-x})[SiO_4](O, OH)_3; x \approx 0,5$	"	8,1518	4,8091	4,1
Эребруйт $Mn_3^{2+}(Sb^{5+}, Fe^{3+})[SiO_4](O, OH)_3$	"	8,1837	4,7569	4,77

Францисканит и эребруйт являются соответственно V- и (Sb, Fe)-аналогами велинита [1,2]. Для единобразия все формулы приведены в соответствии со структурной формулой францисканита.

Литература

1. Dunn P.J., Peacor D.R., Erd R.C., Ramik R.A. // Amer. Miner. 1986. Vol.71, N 11/12. P. 1522.
2. Perlitz F. // Neues Jb. Miner. Monatsh. 1986. H. 11. S. 493.

Францисканит Franciscanite



Назван по францисканскому комплексу пород в Калифорнии (США) [1].

Характ. выдел. Неправильные зерна до 1 мм в диаметре.

Структ. и морф. крист. Триг.с. $C_3^1 - P3$. $a_0 = 8,1518$, $c_0 = 4,8091 \text{ \AA}$; $a_0 : c_0 = 1:0,5899$; $Z = 2$ [2].

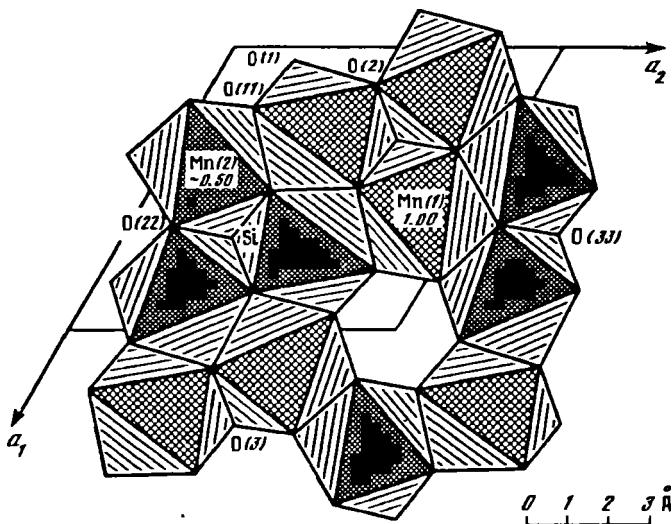
Основу структуры составляет каркас из MnO_6 -октаэдров, в пустотах которого находятся SiO_4 -тетраэдры (фиг. 8). Катионы Mn^{2+} занимают две независимые позиции – Mn (1) и Mn (2). Характерная деталь каркаса – тройные группировки Mn_3O_{13} , соединенные атомами Si. Атомы V (предположительно четырехвалентного) имеют искаженную октаэдрическую координацию; соединенные общими ребрами, они располагаются в каналах, параллельных [001].

Межатомные расстояния (в Å): Mn(1)–O = 2,05–2,34 (среднее 2,20); Mn(2)–O = 2,11–2,33 (2,22); V(1)–O = 1,79 и 2,15; V(2)–O = 1,77 и 2,30; Si(1)–O = 1,66 и 1,68; Si(2)–O = 1,58 и 1,66. Из 33 атомов O 2 атома – O(1) и O(11) относятся, вероятно, к гидроксильным группам и связаны только с Mn и V, но не с Si.

Физ.св. Сп. отсутствует. Тв. около 4. Уд.в. 4,1 (вычисл. 3,93). Цв. темно-коричневато-красный (первоначально – ярко-красный, со временем темнеющий). Бл. стеклянный. Умеренно прозрачный. Изл. неровный. Слабо магнитный, возможно, за счет посторонних мелких включений.

Микр. Плеохроизм сильный: по No – винно-красный, по Ne – темно-красный, почти черный. $Ne \gg No$. Одноосный (+). Первоначально минерал имеет $n_e = 1,876$, $n_o = 1,859$, со временем показатели преломления несколько изменяются: $n_e = 1,882$, $n_o = 1,856$, возможно, за счет окисления Mn^{2+} до Mn^{3+} или Mn^{4+} .

Хим. Формула приведена на основании изучения структуры минерала [2]. Анализ (микрозонд.) [1]: MnO – 64,9; V_2O_5 – 13,5; H_2O – 3,4 (вычисл.); сумма 100,2.



Фиг. 8. Структура францисканита (по Пертлик)

Эмпирическая формула (для Si = 1): $Mn_{2.98}(V_{0.49} \square_{0.51}) Si(O,OH)_{-7}$. Mg, Al, Fe, As, Sb, W не обнаружены.

Нахожд. Встречен во францисканском комплексе кремнистых пород на месторождении Пенсильвания в округе Санта-Клара, шт. Калифорния (США), в ассоциации с браунитом, сонолитом, гаусманнитом, гагеитом и кариопилитоподобным минералом.

Межплоскостные расстояния францисканита из Калифорнии (США) [1]
FeK_α-излучение, D = 114,6 мм

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
110	20	4,07	212	70	1,785	421	1	1,285
101	30	3,97	302	15	1,680	133	2	1,240
111	90	3,105	401	15	1,656	511	5	1,226
201	90	2,844	320	5	1,619		10	1,166
210	40	2,668	140	50	1,538		2	1,139
002	10	2,404	113	2	1,490		2	1,128
211	100	2,331	411	2	1,465		2	1,0501
301	5	2,111	123	30	1,373		5	1,0452
112	5	2,071	331	2	1,306		10	1,0225
310	1	1,959	412	5	1,297		10	0,9864
311	20	1,812						

L i t e r a t u r a

- Dunn P.J., Peacor D.R., Erd R.C., Ramik R.A. // Amer. Miner. 1986. Vol. 71, N 11/12. P. 1522.
- Pertlik F. // Neues Jb. Miner. Monatsh. 1986. H. 11. S. 493.

Эребруйт Örebroite
 $Mn_3^{2+}(Sb^{5+}, Fe^{3+})[SiO_4](O, OH)_3$

Назван по месту находки вблизи г. Эребру (Швеция) [1].
 Синон. Ореброит (Флейшер. 1990).

Характ. выдел. Поликристаллические сростки, массивный.

Структ. и морф. крист. Триг.с. C_3^1-P3 . $a_0 = 8,1837$, $c_0 = 4,7569\text{ \AA}$; $a_0 : c_0 = 1 : 0,581$; $Z = 2$.

Предполагается, что Mn^{2+} занимает позицию M(2), а (Sb^{5+}, Fe^{3+}) , аналогично V, \square в структуре францисканита, – позицию M(1).

Физ.св. Сп. отсутствует. Тв. около 4. Уд.в. (вычисл.) 4,77. Цв. темно-бурый. Черта красновато-бурая. Бл. стеклянный. Изл. иеровиний. Почти непрозрачный. Слабо магнитный благодаря включениям магнетита.

Микр. Плеохроизм не заметен. Одноосный (+). $n_e = 1,875$, $n_o = 1,857$.

Хим. В работе [1] и у М. Флейшера (1990) формула дана для $Z = 1$: $Mn_6(Sb^{5+}, Fe^{3+})_2Si_2(O, OH)_{\sim 14}$. Здесь она приведена в соответствии с францисканитом, для которого изучена структура [2].

Анализ (микрозонд.) [1]: $MgO - 0,8$; $MnO - 54,6$; $Al_2O_3 - 0,3$; $Fe_2O_3 - 9,2$; $SiO_2 - 15,2$; V_2O_5 – не обн.; $As_2O_5 - 1,6$; $Sb_2O_5 - 15,8$; WO_3 – не обн.; $H_2O - 2,8$ (вычисл.); сумма 100,3.

Эмпирическая формула (на 1 атом Si) [1]: $(Fe^{3+}_{0,45}Sb^{5+}_{0,40}As^{5+}_{0,05}Mg_{0,08}Al_{0,02}) \times Si(O, OH)_{\sim 7}$.

Повед. при нагр. Общая потеря веса составляет 6,4% (H_2O минерала и CO_2 за счет примеси кальцита). Пик на кривой нагревания при 570° указывает на наличие в структуре OH-групп.

Нахожд. Встречен на сурьмяном месторождении Сье вблизи г. Эребру (Швеция) в тесной ассоциации с кальцитом, слагая с ним плотные тонкокристаллические агрегаты.

Межплоскостные расстояния эребруита из Швеции [1]
 FeK_α -излучение, $D = 114,6$ мм

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	I	$d(\text{\AA})$
100	1	7,01	112	2	2,056	2	1,346
110	30	4,08	202	5	1,971	1	1,317
101	20	3,94	311	10	1,818	5	1,300
200	1	3,54	212	90	1,778	2	1,234
111	100	3,096	302	10	1,677	5	1,1705
201	50	2,838	401	2	1,663	1	1,1505
210	40	2,680		50	1,550	5	1,1364
002	20	2,370		2	1,475	1	1,1251
211	70	2,334		1	1,446	5	1,0866
301	10	2,116		5	1,364		

Литература

- Dunn P.J., Peacor D.R., Erd R.C., Ramik R.A // Amer. Miner. 1986. Vol. 71, N 11/12. P. 1522.
 Pertlik F. // Neues Jb. Miner. Monatsh. 1986. H. 11. S. 493.

С Т Р У К Т У Р А Т И П А Г У М И Т А

ГРУППА ГУМИТА

Ранее в группу гумита входили: норбергит, хондродит, гумит, клиногумит, аллеганит и сонолит (т. III, вып. 1, с. 295).

	Сингония	a_0	b_0	c_0	β	Уд.в.
Мангандумит ($Mn, Mg_7[SiO_4]_3(OH)_2$)	Ромб.	4,815	10,580	21,448	—	3,83
Джерриджиббит $Mn_9[SiO_4]_4(OH)_2$	"	4,85	10,70	28,17	—	4,00
Райнхардбраунсит $Ca_5[SiO_4]_2(OH,F)_2$	Монокл.	11,458	5,052	8,840	108°55'	2,85
Сонолит* $Mn_9[SiO_4]_4(OH)_2$	"	4,872	10,669	14,287	100 30 (α)	3,9

Минералы включены в группу гумита на основании структурного сходства с ранее известными минералами группы: мангандумит изоструктурен с гумитом, являясь его Mn-аналогом; джерриджиббит – ромбический полиморф сонолита, райнхардбраунсит – природный аналог искусственного кальциохондродита.

У М. Флейшера (1990) группа гумита, кроме того, включает лейкофёницит и риббенит, которые в данной книге помещены в разделе "Силикаты с дефектными мотивами из двух связанных по ребру кремнекислородных тетраэдров" (см. с. 188).

Мангандумит Manganhumite ($Mn, Mg_7[SiO_4]_3(OH)_2$)

Назван по составу и сходству с гумитом [1].

Сион. Mn-аналог гумита [2].

Характ. выдел. Неправильные зерна размером до 1 мм [1].

Структ. и морф. крист. Ромб. с. D_{2h}^{16} – $Pbnm$. $Z = 4$.

a_0	b_0	c_0	$a_0: b_0: c_0$	Местонахождение	Ссылка
4,815	10,580	21,448	0,455:1:2,027	Брэтфорс (Швеция)	[2]
4,822	10,54	21,45	0,457:1:2,035	То же	[1, 3]
4,879	10,670	21,787	0,457:1:2,042	Бэлд-Ноб (США)	[3]

В структуре средние межатомные расстояния в двух кристаллографически независимых кремнекислородных тетраэдрах – 1,628 и 1,632 Å; апикальные расстояния Si–O = 1,600 и 1,604 Å в минералах группы. Распределение Mn, Mg по трем типам позиций носит упорядоченный характер:

Тип окта- эдра	$Mg/(Mg++ Mn)$	Ср. рас- стояние M–O, Å	Физ. св. [1]. Сп. совершенная по (010). Тв. 4. Уд.в. 3,83 (вычисл. 3,84 [1]; 4,053 [3]). Цв. от светло- до темно-буровато-оранжевого. Бл. по- луалмазный.
M(1)O ₆	0,3	2,170	
M(2)O ₆	0,0	2,222	
M(2)O ₅ OH	0,0	2,206	
M(3)O ₄ (OH) ₂	0,75	2,117	Микр. [1]. Очень светло-оранжевый, без плеохроизма. Двусны (±). $n_g = 1,732$, $n_m =$ $= 1,712$, $n_p = 1,707$; $n_g - n_p = 0,025$; $2V = 37^\circ$.

Дисперсия заметная, $r > u$. По [3]: $n_g = 1,781$, $n_m = 1,772$, $n_p = 1,761$; $n_g - n_p = 0,020$; $2V = 84^\circ$.

Хим. Теор. состав $Mn_7[SiO_4]_3(OH)_2$: MnO – 71,49; SiO₂ – 25,92; H₂O – 2,59.

Изоморфизм проявляется в основном в катионной части: Mn замещается главным образом на Mg, менее – на Fe, Ca; Si – незначительно на Al и Ti. Возможно существование полного твердого раствора между Mn- и Mg-конечными членами (мангангумит–гумит). Образец из месторождения Браттфорс, Швеция (ан. 1) определяется как магнезиальный мангангумит с $Mn^{2+} > Mg^{2+}$ [1].

Анализы (микрозонд.):

	1	2	3	4
MgO	14,2	0,81	0,78	0,76
CaO	0,34	0,06	0,13	0,09
FeO	0,98	1,30	1,13	0,93
MnO	57,1	68,87	69,75	68,62
Al ₂ O ₃	Сл.	0,21	0,10	0,10
SiO ₂	29,8	26,19	26,21	25,73
TiO ₂	–	0,41	–	–
P ₂ O ₅	Сл.	–	–	–
H ₂ O	–	1,84	2,00	1,87
F	–	1,41	1,30	1,47
Сумма	102,42	101,10	101,40	99,56
$-O = F_2$	0,59	0,54	0,61	
	100,51	100,86	98,95	

1 – из месторождения Браттфорс (Нордмарк, Верmland, Швеция), среднее из пяти зерен [1]; 2–4 – из месторождения Бэлд-Ноб (Северная Каролина, США); H₂O вычислена по уравнению OH (моль) = 2–F–2Ti–Al [3].

Эмпирические формулы:

- 1 – $(Mn_{0,68}Mg_{0,30}Fe_{0,01}Ca_{0,01})(SiO_4)_3(OH)_2$;
- 2 – $(Mn_{6,67}Mg_{0,14}Fe_{0,12}Ca_{0,01})(Si_{2,99}Al_{0,03}Ti_{0,03}O_{12,07})(OH_{1,40}F_{0,51})$;
- 3 – $(Mn_{6,73}Mg_{0,13}Fe_{0,11}Ca_{0,02})(Si_{2,99}Al_{0,01}O_{11,98})(OH_{1,52}F_{0,47})$;
- 4 – $(Mn_{6,76}Mg_{0,13}Fe_{0,09}Ca_{0,01})(Si_{2,99}Al_{0,01}O_{11,99})(OH_{1,45}F_{0,54})$.

Диагн. исп. Легко растворяется в теплой разб. HCl [1].

Нахожд. Установлен в скарнах железо-марганцевого месторождения Браттфорс Нордмарк, Верmland, Швеция) в ассоциации с катоптритом, манганостибитом, магнуссонитом, сонолитом, галакситом и др. [1]. Приурочен к контактам магнетит–манганозитовых руд. Содержит небольшие включения катоптрита и магнетита.

Встречен [3] на марганцевом месторождении Бэлд-Ноб (округ Аллегейни, шт. Северная Каролина, США) в тесной ассоциации с другими марганцевыми минералами группы гумита – аллеганитом, сонолитом, а также галакситом и кутнагоритом.

Возможны находки в других марганцевых месторождениях; в тесных срастаниях с марганцевыми минералами группы гумита его трудно диагностировать.

Отл. Отличается от аллеганита, сонолита и других марганецсодержащих гумитовых минералов только по характерным отражениям на рентгенограмме – $\lambda = 3,78$ и $3,43 \text{ \AA}$ [3].

Межплоскостные расстояния мангангумита из Бэлд-Ноб (США) [3]

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (\AA)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (\AA)	<i>I</i>	<i>d</i> (\AA)
022;101	4	4,78	133;040	50	2,672	3	1,864
103	5	4,05	107;042	9	2,602	5	1,840
113	21	3,78	117;134	86	2,545	100	1,803
006;120	6	3,61	043	16	2,505	14	1,747

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
121	8	3,56	200;028	9	2,433	8	1,727
411	58	3,43	135;044	14	2,393	13	1,690
115	9	3,11	127	33	2,355	9	1,657
124;026	1	3,00	140	20	2,343	5	1,631
130	51	2,872		3	2,217	8	1,601
131	75	2,849		5	2,152	14	1,590
116	50	2,811		1	2,053	9	1,569
132;125	18	2,779		8	1,955	36	1,556
008	16	2,725		8	1,888	44	1,544
027	25	2,689					

Л и т е р а т у р а

1. Moore P.B. // Miner. Mag. 1978. Vol. 42, N 321. P. 133.
2. Francis C.A., Ribbe P.H. // Amer. Miner. 1978. Vol. 63, N 9/10. P. 874.
3. Winter G.A., Essene E.J., Peacor D.R. // Ibid. 1983. Vol. 68, N 9/10. P. 951.

Джерриджиббитсит Jerrygibbsite



Назван в честь американского минералога Джеральда В. Джиббса [1].

Характ. выдел. Массивные агрегаты неправильных зерен размером до $0,5 \times 2,0$ мм [1].

Структ. и морф. крист. Ромб. с. D_{2h}^{16} - $Pbnm$ или C_{2v}^9 - $Pbn2_1$. $a_0 = 4,85$, $b_0 = 10,70$, $c_0 = 28,17$ Å; $a_0 : b_0 : c_0 = 0,453 : 1 : 2,632$; $Z = 4$ [1]. C_{2v}^9 - $Pbn2_1$. $a_0 = 4,875$, $b_0 = 10,709$, $c_0 = 28,18$ Å; $Z = 4$ [2].

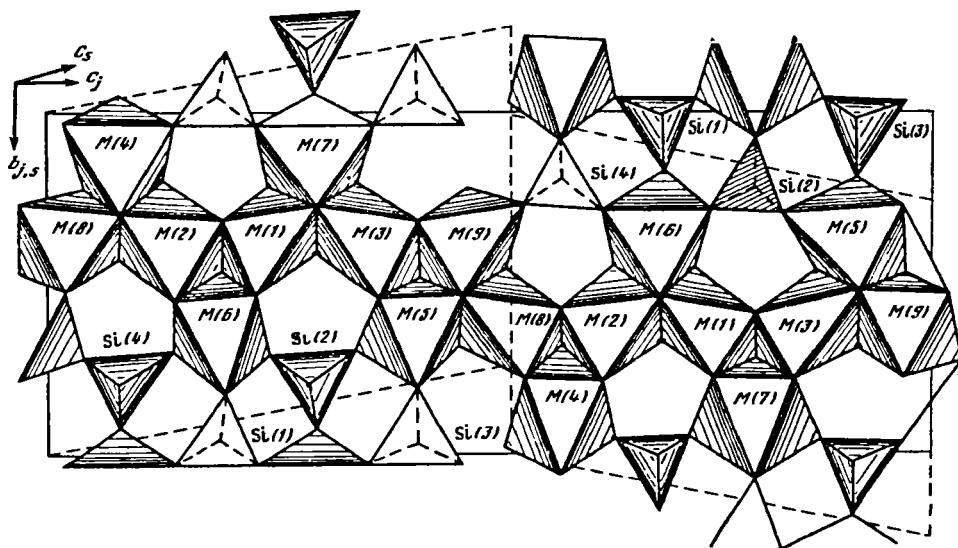
Первоначально [1], по данным дебаеграмм, описан как новый минерал, сходный с лейкофёницитом (аналогия в последовательности катионных слоев) и сонолитом (ячейка является удвоенной ячейкой сонолита). Исследованием монокристаллов [2] показано, что минерал действительно является полиморфом сонолита (фиг. 9) с удвоенной ячейкой (за счет операции скольжения $b/4$), но с иной последовательностью укладки слоев (аналогичной лейкофёнициту). Отличие от лейкофёницита – отсутствие характерных для последнего сдвоенных по ребру кремнекислородных тетраэдров. Наблюдается частичная неупорядоченность встыковке отдельных блоков структуры или срастание их с блоками сонолита, оливина и лейкофёницита.

Межатомные расстояния (в Å): Si–O = 1,47–1,79 (среднее 1,63–1,70); в девяти независимых MO_6 -октаэдрах Mn–O = 2,16–2,27 и близки к таковым в структуре сонолита.

О структурной близости с сонолитом свидетельствуют их смешанослойные срастания по (001) и периодическое двойникование в масштабе элементарных ячеек, приводящее к сложной сверхпериодичности (высокоразрешающая просвечивающая электронная микроскопия) [3].

Физ. св. [1]. Сп. несовершенная по (001). Тв. 5,5 Уд.в. 4,00 (вычисл. 4,045). Цв. фиолетово-розовый; в тонких срезах светло-розовый. Черта светло-розовая. Бл. стеклянный. Не флюoresцирует в ультрафиолетовых лучах.

Микр. [1]. Светло-розовый. Не плеохроирует. Двусный (–). $Ng = a$, $Nm = b$, $Np = c$; $n_g = 1,789$, $n_m = 1,783$, $n_p = 1,772$; $n_g - n_p = 0,017$; $2V = 78^\circ$. Дисперсия средняя до сильной, $r > u$.



Фиг. 9. Структура джерриджиббита в проекции вдоль оси a (по Като и др.)

В прозрачных шлифах наблюдается пластинчатая структура: переслаивание прозрачных и полупрозрачных оптически идентичных пластин. Возможно, это связано с присутствием газово-жидких включений разной плотности [1].

Хим. Теор. состав: $MnO - 71,19$; $SiO_2 - 26,80$; $H_2O - 2,01$. Mn изоморфно замещается на Mg, Zn, Ca, Fe^{2+} . Для двух анализированных образцов отношение $Mn^{2+} : Si = 8,85 : 4,00$ и $8,78 : 4,00$, что отвечает таковому у сонолита ($9 : 4$). Образцы незначительно различаются лишь по содержанию Zn [1].

Анализы (микрозонд., H_2O определялась методом Пенфилда):

	1	2		1	2
MgO	1,4	1,1	SiO_2	27,1	26,6
CaO	1,4	1,0	H_2O	2,13	2,25
MnO	64,1	62,1	F	0,00	Не опр.
FeO	0,3	0,3	Сумма	99,33	98,65
ZnO	3,9	5,3			

1, 2 – образцы из Франклина (шт. Нью-Джерси, США) [1].

Количество атомов на 1 форм. ед. (в тех же образцах):

	1	2		1	2
Si	16,00	15,71	Fe	0,15	0,15
Mn	32,05	31,05	Zn	1,70	2,31
Mg	1,23	0,97	H_2O	8,38	8,86
Ca	0,25	0,63			

Нахожд. [1]. Обнаружен в музейных образцах "лейкофёницита" из месторождения Франклайн (шт. Нью-Джерси, США) в очень красочных сростках, имеющих метаморфогенную текстуру и сложенных франклинитом и сонолитом; иногда встречается вместе с лейкофёницитом, но не в непосредственном контакте. В то же время, как показывают исследования в просвечивающем электронном микроскопе, содержит (до ~5%) тонкие вrostки лейкофёницита.

Образование джерриджиббсита, так же как и лейкофёницита, стабилизируется присутствием Zn, Ca при отсутствии F.

Отл. От сонолита отличается по рентгенограммам, от лейкофёницита – также по химическим данным. По сравнению с лейкофёницитом более бурый и более фиолетовый.

**Межплоскостные расстояния джерриджиббсита
из месторождения Франклайн, шт. Нью-Джерси (США) [1]**

CuK_α-излучение. Дифрактометр

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
021	9	5,25	029	46	2,702	100	1,806
110	11	4,40	041;134	34	2,661	18	1,730
024	9	4,25	042	3	2,631	10	1,712
114	24	3,74	135;119	100	2,557	11	1,692
121;026	5	3,56		16	2,416	9	1,661
008;115	29	3,48		11	2,377	26	1,567
116;027	14	3,21		39	2,362	34	1,550
130;131	78	2,869		28	2,342	18	1,458
00.10;132	9	2,813		4	2,225		
118;133	49	2,752		5	2,118		

Л и т е р а т у р а

1. Dunn P.J., Peacor D.R., Simmons W.B. // Amer. Miner. 1984. Vol. 69, N 3. P. 546.
2. Kato T., Ito Y., Hashimoto N. // Neues Jb. Miner. Monatsh. 1989. N. 9. S. 410.
3. Yau Y.C., Peacor D.R. // Amer. Miner. 1986. Vol. 71, N 7/8. P. 985.

**Райнхардбраунсит Reinhardbraunsite
 $\text{Ca}_5[\text{SiO}_4]_2(\text{OH}, \text{F})_2$**

Назван по имени немецкого минералога Райнхарда Брауна [1].

Характ. выдел. Ксеноморфные зерна (до 3 мм).

Структ. и морф. крист. Монокл. с. $C_{2h}^5-P2_1/a$. $a_0 = 11,458$, $b_0 = 5,052$, $c_0 = 8,840$ Å; $\beta = 108^\circ 55'$; $V = 484,1$ Å³; $Z = 2$ [1].

Изоструктурен с хондродитом, однако изоморфизма Ca \rightleftharpoons Mg не наблюдается [2].

Физ. св. Сп. по (001) отчетливая. Изл. раковистый. Тв. 5–6. Уд.в. 2,85 (вычисл. 2,885). Цв. светло-розовый. Черта белая. Бл. стеклянный.

В ИК-спектре образца, прогретого при 600° в течение 24 ч, наблюдались полосы 3560 и 3480 см⁻¹ [1].

Микр. Бесцветный. Двуосный (–). $Ng = b$, $cNp = 18^\circ$; $n_g = 1,620$, $n_m = 1,617$, $n_p = 1,606$; $2V = 44\text{--}50^\circ$. Дисперсия отчетливая, $r > v$. Иногда наблюдаются двойники по (001) [1].

Хим. Теор. состав (при F = OH): CaO – 66,67; SiO – 28,57; H₂O – 2,14; F – 4,52; –O = F₂ = 1,9.

Анализ (микрозонд., среднее из 9) из шлаков вулкана Этtringер-Беллерберг: CaO – 65,68; FeO – сл.; Al₂O₃ – сл.; P₂O₅ – 0,69; SiO₂ – 26,97; F – 4,24; H₂O – 2,66; сумма 100,24; O = F = 1,78; сумма 98,46 (H₂O вычислена по избытку Ca²⁺) [1].

Диагн. исп. Растворим в HNO₃, в HCl желатинизируется [1].

Повед. при нагр. На кривой ДТА отмечается сильный эндотермический пик при 1025°. В продуктах разложения рентгеновским методом обнаружены β- и γ-Ca₂SiO₄ и флюорит [1].

Нахожд. Найден в тефритовых шлаках, заполняющих кратер вулкана Эттингер-Беллерберг близ г. Майнен (Германия). Образовался в ксенолитах известняка (от 1 до 100 см в поперечнике) при их kontaktовом метаморфизме и декарбонатизации в виде зерен (до 3 мм), насыщенных жидкими и твердыми включениями. Зерна заключены в агрегат эллестадита, куспидина, гелениита, браунмиллерита, майнита, периклаза. В постмагматическую стадию под воздействием насыщенных газами флюидов райнхардбраунсит содержит породы частично были замещены вторичными минералами (кальцит, фатерит, доломит, гипс, флюорит, бруцит, портландит, гидрокалий, этtringит, таумасит, гидрогранат, афвиликит), при этом райнхардбраунсит перекристаллизовался в агрегат сдвойниковых кристаллитов (30–300 чм) и частично заместился криптокристаллическими продуктами [1].

Искусств. Синтезированы конечные члены серии $\text{Ca}_5[\text{SiO}_4]_2(\text{OH})_2\text{-Ca}_5[\text{SiO}_4]\text{F}_2$, для которых соответственно $a_0 = 11,4481$ и $11,492$; $b_0 = 5,0759$ и $5,046$, $c_0 = 8,9207$ и $8,777$; $\beta = 108,32$ и $109,09^\circ$; $V = 492$ и 481 \AA^3 ; уд.в. 2,822 и 2,918; $n_m = 1,630$ и 1,60. Искусственный $\text{Ca}_5[\text{SiO}_4]_2(\text{OH})_2$ назван кальциохондритом [1, 3, 4].

Межплоскостные расстояния райнхардбраунсита из шлаков вулкана Эттингер-Беллерберг (Германия) [1]
CuK_α-излучение. Камера Гинье

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (\AA)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (\AA)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (\AA)
001	< 5	8,43	020	5	2,526	603;600	30	1,807
201	20	5,421	213;212	35	2,509	313	15	1,802
110	< 5	4,574	411	20	2,492	205;204	5	1,769
011	10	4,324	120	15	2,462	423	10	1,727
002	10	4,180	121	< 5	2,410	514	10	1,722
202;201	20	3,997	403	10	2,365	405;403	20	1,691
111	40	3,806	121	< 5	2,317	005	30	1,674
221;210	15	3,697	113	5	2,251	130	< 5	1,665
112	50	3,322	122	< 5	2,189	604;601	45	1,658
012	5	3,226	222;221	5	2,137	315	20	1,653
212	5	3,136	512	5	2,051	131	< 5	1,648
311	80	3,035	214;213	5	2,023	131	< 5	1,617
310	50	2,941	114	10	2,010	415	< 5	1,602
112	75	2,903	510	10	1,993	132	< 5	1,574
203;202	20	2,893	314	< 5	1,966	712	30	1,555
401	10	2,866	223;222	100	1,902	331	5	1,541
003	10	2,790	421	50	1,894	330;314	10	1,526
312	40	2,775	023	5	1,873	132	5	1,521
402;400	20	2,711	422;420	15	1,848	332	< 5	1,502
311	35	2,571	511	10	1,821			
113	40	2,542	114	10	1,813			

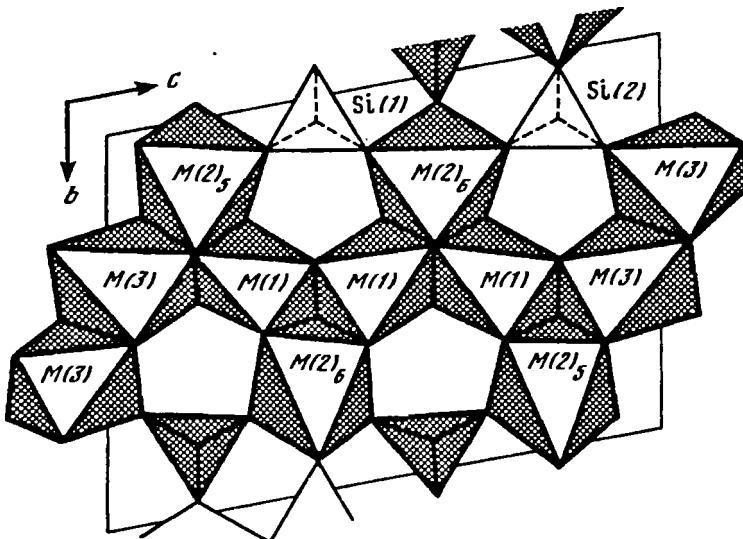
Л и т е р а т у р а

1. Hamm H.-M., Hentschel G. // Neues Jb. Miner. Monatsh. 1983. N. 3. S. 119.
2. Kirfel A., Hamm H.-M., Will G. // Tschermaks. miner. und petrogr. Mitt. 1983. Bd. 31, N. 1/2. S. 137.
3. Buckle E.R., Taylor H.F.W. // Amer. Miner. 1958. Vol. 43, N 9/10. P. 818.
4. Gutt W., Osborne G.Y. // Trans. Brit. Ceram. Soc. 1966. Vol. 65, N 9. P. 521.

Сонолит* Sonolite
 $Mn_9[SiO_4](OH)_2$

Без структурных данных с формулой $4Mn_2[SiO_4] \cdot Mn(OH, F)_2$ описан ранее (т. III, вып. 1, с. 322). Согласно [1]: $C_{2h}^5-P2_1/b$. $a_0 = 4,872$, $b_0 = 10,669$, $c_0 = 14,287\text{ \AA}$; $\alpha = 100,3^\circ$; $V = 732,7\text{ \AA}^3$; $Z = 2$.

Относится к ряду Mn-гумита, структура состоит [1] из изолированных ортосиликатных анионов $[SiO_4]$ и катионных блоков $[MO_6]$ -октаэдров, объединенных по общим ребрам в зигзагообразные цепи (фиг. 10). Атомы Si занимают две позиции. Исследованный образец содержал ионы Ca и Mg. Катионы Mn(Ca, Mg) распределены по пяти независимым позициям (M) в соответствии с их размерами: ион Mg^{2+} , имеющий минимальный радиус, сконцентрирован преимущественно в позиции M(3), крупный ион Ca^{2+} – в позициях M(2)₅ и M(2)₆ (см. фиг. 10). Два атома H гид-



Фиг. 10. Структура сонолита в проекции вдоль оси a (по Като и др.)

роксильных групп статистически распределены по четырем позициям. Межатомные расстояния (в \AA): в H-связях $O-H(1) = 0,95$ и $2,126$, $O-H(2) = 0,64$ и $2,38$; в тетраэдрах $[SiO_4]$ $Si(1)-O = 1,619-1,651$ (среднее $1,636$), $Si(2)-O = 1,612-1,642$ (среднее $1,633$); в M-октаэдрах (среднее) $M(1)_e-O = 2,190$, $M(1)_N-O = 2,202$, $M(2)_6-O = 2,245$, $M(2)_5-O(O, OH) = 2,28$, $M(3)-O(O, OH) = 2,173$.

L i t e r a t u r a

1. Kato T., Ito Y., Hashimoto N. // Neues Jb. Miner. Monatsh. 1989. N. 9. S. 410.

СТРУКТУРА ТИПА ВЮАНЬЯТИТА

ГРУППА ВЮАНЬЯТИТА

	Сингония	a_0^*	b_0	c_0	Уд.в.
Вюаньятит $\text{CaAl}[\text{SiO}_4](\text{OH})$	Ромб.	7,055	8,542	5,683	3,20–3,25
Моцартит $\text{CaMn}^{3+}[\text{SiO}_4](\text{OH})$	"	5,838	7,224	8,690	3,63

* Наименование осей сохранено в соответствии с данными авторов.

Минералы имеют формулу типа $\text{CaM}^{3+}[\text{SiO}_4](\text{OH})$ и сходные структуры [1, 2]. В основе структуры находится постройка ("стержень" [3]) из связанных общими ребрами линейных цепочек, состоящих из двух октаэдров $\text{MO}_4(\text{OH})_2$, к вершинам которых через общие атомы кислорода присоединены изолированные $[\text{SiO}_4]$ -тетраэдры. Последовательно чередующиеся слои из таких "стержней" соединены водородными связями [3]. Пустоты в структуре занимают полиэдры $\text{CaO}_7(\text{OH})$, соединенные ребрами с M^{3+} -октаэдрами. Структуры минералов различаются величиной межатомных расстояний и геометрией полигонов, что связано с неодинаковыми размерами атомов Al и Mn³⁺, занимающих октаэдрические M³⁺-позиции в структурах этих минералов.

Л и т е р а т у р а

1. Sarp H., Bertrand J., McNear E. // Amer. Miner. 1976. Vol. 61, N 9/10. P. 825.
2. McNear E., Vincent M.G., Parthe E. // Ibid. P. 831.
3. Basso R., Lucchetti G., Zefiro L., Palenzona A. // Canad. Miner. 1993. Vol. 31, pt 2/3. P. 331.

Вюаньятит Vuagnatite
 $\text{CaAl}[\text{SiO}_4](\text{OH})$

Назван в честь проф. Вюанья из университета в Женеве [1]. Впервые найден в 1966 г. в округе Мендосино, шт. Калифорния (США), но назван и детально изучен только в 1976–1977 гг. после находки его в Турции [1–3].

Характ. выдел. Кристаллы, удлиненные по оси c (до 0,03–0,5 мм), с квадратными, ромбическими или гексагональными сечениями.

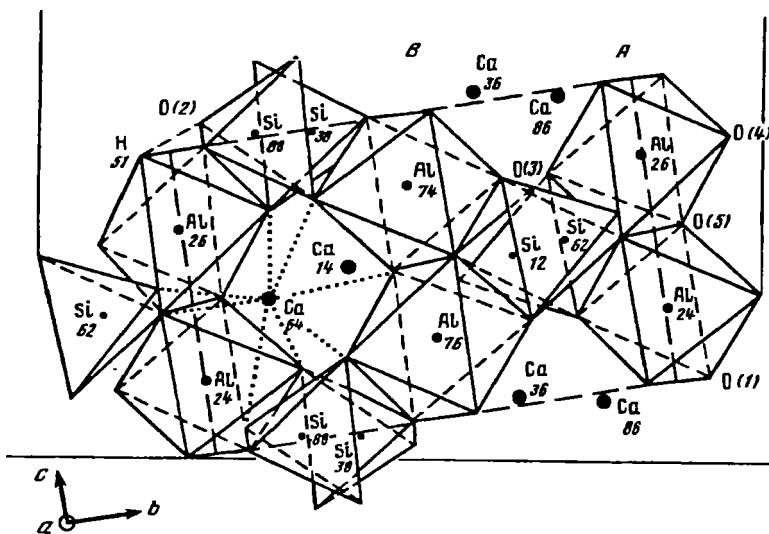
Структ. и морф. крист. Ромб. с. $D_2^4-P2_12_12_1$. $a_0 = 7,055$, $b_0 = 8,542$, $c_0 = 5,683 \text{ \AA}$; $a_0 : b_0 : c_0 = 0,825 : 1 : 0,665$; $Z = 4$ [1, 2].

В структуре [1, 2] соединенные ребрами $\text{AlO}_4(\text{OH})_2$ -октаэдры образуют в направлении оси c цепочки, которые соединяются общими вершинами с SiO_4 -тетраэдрами и общими ребрами – с $\text{CaO}_7(\text{OH})$ -полиэдрами (фиг. 11).

Межатомные расстояния (в Å): Al–O = 1,834–2,053, Si–O = 1,615–1,691, Ca–O = 2,328–2,507; углы O–Al–O = 173,21–175,91°. Группы (OH) осуществляют связь между атомами в тетраэдрах, O(2) и O(5) в октаэдрах. Расстояния (в Å): O(5)–H = 0,945; O(2)–H = 1,595; O(2)–O(5) = 2,530; угол O(2)–H–O(5) = 178°.

Кристаллы плохо образованы. Судя по поперечным сечениям, главными формами являются (001), (010), (100) и (110). Редкие второстепенные формы представлены, по-видимому, (0kl), (h0l) или (hkl) [1].

Физ. св. Сп. отсутствует. Уд.в. 3,20–3,25 (вычисл. 3,42), разница обусловлена присутствием мелких посторонних включений. Цв. белый, в тонких срезах бесцветный. Бл. стеклянный [1].



Фиг. 11. Структура вюаньтита в проекции вдоль оси *a* (по Мак Нир и др.). Цифры – высота атомов ($\times 100$)

Микр. Пл. опт. осей (010). $Np = c$, $Nm = b$, $Ng = a$. Удлинение (-). Двусный (-).
 $n_g = 1,730$, $n_m = 1,725$, $n_p = 1,700$; $n_g - n_p = 0,030$; $2V = 48^\circ$. Дисперсия очень сильная, $r > v$.

Хим. Теор. состав: CaO – 31,83; Al₂O₃ – 28,95; SiO₂ – 34,10; H₂O – 5,12. Анализ вюаньятита из Турции (микрозонд., среднее из 25 определений) [1]: CaO – 31,52; Al₂O₃ – 27,76; SiO₂ – 33,59; H₂O – не опр.; сумма 92,87; отмечены: K (~1000 ppm, Mn (~400 ppm), Ti и P (~120 ppm). Потеря воды при нагревании – 5,11 [3].

Диагн. исп. П.п. тр. плавится со вслушиванием, образуя пузырчатое стекло, растворимое в кислотах [3].

Повед. при нагр. Нагревание в течение 20 ч при температурах около 300, 355, 435, 475, 520, 560 и 612° не приводит к потере веса и изменению оптических свойств. При дальнейшем нагревании (при 665° в течение 20 ч и при 725° в течение 19 ч) на рентгенограмме появляются сначала слабые линии геленита, а затем гексагональной фазы $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$, которая при 950° превращается в анортит. Потеря веса наступает после нагревания при 725° в течение 38 ч [3].

Нахожд. Впервые в виде мелких кристаллов обнаружен [3] в округе Мендосино, шт. Калифорния (США), в метаморфических породах Францисканской формации позднемезозойского возраста. Находится в тесной ассоциации с гидрогроссуляром; образовался при сравнительно низкой температуре, но при высоком $P_{\text{H}_2\text{O}}$. Там же встречены лавсонит, розенханит и кимрит. В горах Таурас (Юго-Западная Турция) обнаружен [1] в секущих гарцбургит-серпентиниты дайках анортозитового габбро, которые частично или полностью родингтизированы. Образует тонкие прожилки в ассоциации с пренитом, гидрогроссуляром, томсонитом, везувианом, цоизитом, кальцитом; известен как продукт замещения плагиоклаза. Упоминается о находке вюаньшанита в Японии и в родингитах Гватемалы [1].

Отл. Внешне похож на цоизит, отличается от него отсутствием спайности.

Межплоскостные расстояния вюаньтита из Турции [1]
CuK_α-излучение

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
110	15	5,44	230; 202	40	2,212	203; 322	10	1,665
111	40	3,94	212	40	2,14	0,51; 420	30	1,632
200	25	3,53	231; 320	15	2,07	332	30	1,528
201	100	2,993	140	10	2,04	430; 402	10	1,50
002	30	2,84	222	15	1,96	233; 152	10	1,44
220	5	2,72	132	40	1,93	060; 004	10	1,43
130; 102	70	2,635	113; 312	10	1,77	510; 143;	10	1,38
						150		
112	60	2,517	400	15	1,767	Кроме того, более 10 слабых линий		
221	50	2,453	023; 331; 410	10	1,726			
131	60	2,391	042	25	1,71			

Литература

1. Sarp H., Bertrand J., McNear E. // Amer. Miner. 1976. Vol. 61, N 9/10. P. 825.
2. McNear E., Vincent M.G., Parthe E. // Ibid. P. 831.
3. Pabst A. // Neues Jb. Miner. Monatsh. Abh. 1977. Bd. 129, Hf. 1. S 1.

Моцартит Mozartite $\text{CaMn}^{3+}[\text{SiO}_4](\text{OH})$

Назван в честь Вольфганга Амадея Моцарта, в связи с 200-летием со дня его рождения, совпавшим по времени с находкой минерала [1].

Характ. выдел. Неправильные зерна (0,1–0,5 мм) и единичные кристаллы.

Структ. и морф. крист. Ромб. с. $D_2^4-P2_12_12_1$ (моноокристальная съемка). $a_0 = 5,838$, $b_0 = 7,224$, $c_0 = 8,690$ Å; $a_0 : b_0 : c_0 = 0,8080 : 1 : 1,2029$; $V = 366,5$ Å³; $Z = 4$ [1]. Изоструктурен с вюаньтитом (фиг. 12). Отличается от него смещениями в относительном положении октаэдрических (M^{3+})-позиций вследствие замещения меньшего по размерам атома на больший и соответственным изменением геометрии полиэдров: межатомных расстояний и углов связей.

Межатомные расстояния (в Å): Si–O = 1,624–1,662; Mn–O(5) = 1,858–1,873; Mn–O(1,34) = 2,024–2,171; Ca–O = 2,329–2,629. Углы: O–Si–O = 100,80–114,77; O–Mn–O = 85,20–98,21; O–Ca–O = 62,75–108,78°.

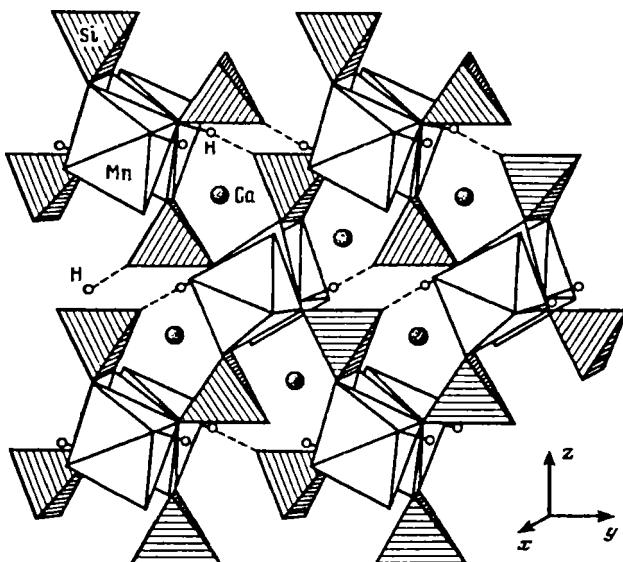
Кристаллы короткопризматические, вытянутые по [100]; доминирующая призма заканчивается ромбическим тетраэдром.

Физ. св. Сп. отсутствует. Изл. раковистый. Хрупок. Уд.в. 3,63 (вычисл. 3,68). Цв. темно-красный. Черта красная. Бл. стеклянный. Прозрачный. Не флюоресцирует.

Микр. Плеохроизм сильный: по *Ng* – оранжево-красный, по *Nm* – желтый, по *Np* – желто-бурый. Двусный (+). $N_p = c$. $n_g = 1,920$, $n_m = 1,855$, $n_p = 1,840$; $n_g - n_p = 0,080$. Удлинение (+). $2V = 50^\circ$ (вычисл. 52,8°).

Хим. Теор. состав: CaO – 27,46; Mn₂O₃ – 38,70; SiO₂ – 29,43; H₂O – 4,41.

Анализ (микрозонд., среднее из 6): MgO – 0,05; CaO – 27,08; Al₂O₃ – 0,49; Mn₂O₃ – 38,72; SiO₂ – 29,75; H₂O – 4,41 (рассчитано по разности, совпадает с теоретическим); сумма 100,00.



Фиг. 12. Расположение октаэдров и тетраэдров в структуре моцартита (по Бессо и др.). Пунктиром показаны H-связи

Эмпирическая формула (на основе 5 атомов О): $\text{Ca}_{0,98}(\text{Mn}_{1,00}\text{Al}_{0,02})\times(\text{OH})_{1,00}\text{Si}_{0,99}\text{O}_{4,00}$. Состав кристаллов гомогенный.

Нахожд. Обнаружен среди выполнения крупных жил, секущих массивные браунитовые руды, переслаивающиеся с офиолитовыми метасланцами, на марганцевом руднике Сергиара в Восточной Лигурии (Италия). Наблюдался в ассоциации с пектолитом и небольшими количествами кальцита, кварца и гаусманнита.

Межплоскостные расстояния моцартита из Италии [1]
MoK α -излучение. Дифрактометр

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (\AA)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (\AA)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (\AA)
011	Сильн.	5,558	212	Оч. слаб.	2,296	311	Оч. слаб.	1,836
111	Слаб.	4,025	220	Слаб.	2,269	231	Слаб.	1,817
020	Слаб.	3,613	023	Слаб.	2,260	040	Оч. слаб.	1,806
120	Сильн.	3,070	221	Слаб.	2,197	302	Оч. слаб.	1,775
022	Оч. слаб.	2,776	004	Оч. слаб.	2,173	133	Слаб.	1,765
013	Сильн.	2,687	032	Оч. слаб.	2,106	204	Слаб.	1,743
211	Оч. сильн.	2,584	014	Оч. слаб.	2,081	320	Оч. слаб.	1,713
122	Слаб.	2,509	222	Слаб.	2,013	342	Слаб.	1,669
113	Слаб.	2,441	132	Оч. слаб.	1,980	313	Оч. слаб.	1,577
202	Оч. слаб.	2,422	114	Оч. слаб.	1,959	224	Оч. слаб.	1,570
031	Оч. слаб.	2,320	024	Слаб.	1,862	233	Слаб.	1,565
						240	Оч. слаб.	1,538

Л и т е р а т у р а

1. Basso R., Lucchetti G., Zefiro L., Palenzona A. // Canad. Miner. 1993. Vol. 31, pt 2. P. 331.

СТРУКТУРА ТИПА ШАНТАЛИТА

	Сингония	a_0	c_0	Уд.в.
Шанталит $\text{CaAl}_2[\text{SiO}_4](\text{OH})_4$	Тетраг.	4,952	23,275	2,8

Шанталит Chantalite
 $\text{CaAl}_2[\text{SiO}_4](\text{OH})_4$

Назван по имени Шанталь Сарп, жены первооткрывателя минерала [1].

Характ. видел. Скопления мелких неправильных зерен ($0,1\text{--}0,3$ мм) или таблитчатых кристаллов ($0,1 \times 0,1 \times 0,2$ мм) [1].

Структ. и морф. крист. Тетраг.с. $C_{4h}^6-I4_1/a$ [2]. $a_0 = 4,952$, $c_0 = 23,275 \text{ \AA}$; $a_0:c_0 = 1:4,700$; $\beta = 109,5^\circ$; $Z = 4$ [2]. $a_0 = 4,945$, $c_0 = 23,268 \text{ \AA}$; $a_0:c_0 = 1:4,705$; $V = 568,9 \text{ \AA}^3$ [1].

В структуре участвуют CaO_8^- , AlO_6^- и SiO_4 -полиэдры (фиг. 13) [2]. Октаэдры AlO_6 соединены общими ребрами в зигзагообразные цепочки, перпендикулярные оси c . В элементарной ячейке четырьмя цепочками расположены одна над другой, каждая последующая перпендикулярна предыдущей. Координаты атомов в цепочке: 0, $1/4$, $1/2$, $3/4$. Цепочки связаны изолированными SiO_4 -тетраэдрами и искаженными CaO_8 -полиэдрами с центральными по $z = 1/8, 3/8, 5/8, 7/8$. Между параллельными цепочками AlO_6 имеются каналы, вдоль которых локализованы водородные связи $\text{O}(2)\text{-H...O}(1)$. Высокая степень симметрии структуры отразилась на симметрии полиздеров SiO_4 , AlO_6 и CaO_8 .

Межатомные расстояния (в \AA): $\text{Si}-\text{O}(1) = 1,642$; $\text{Al}-\text{O} = 1,864\text{--}1,960$; $\text{Ca}-\text{O} = 2,386\text{--}2,554$; $\text{H}-\text{O}(2) = 1,05$; $\text{H}-\text{O}(1) = 2,20$; $\text{O}(1)-\text{O}(2) = 3,218$; угол $\text{O}(2)\text{-H...O}(1) = 161^\circ$ [2].

Форма кристаллов близка к пластинчатой.

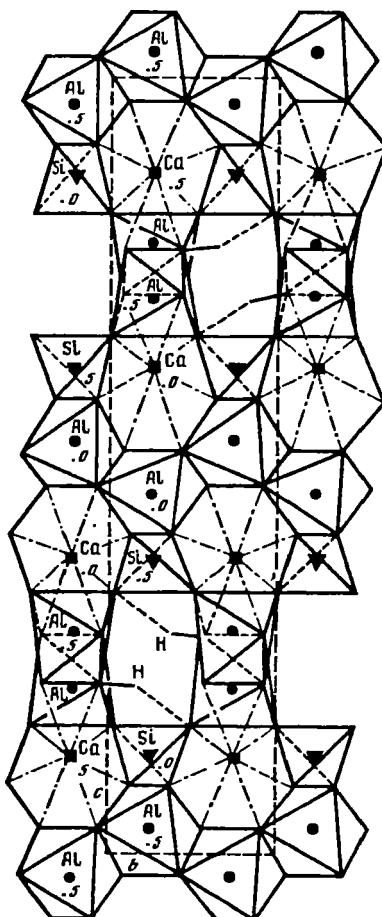
Физ. св. [1]. Сп. отсутствует. Уд.в. 2,8–2,9 (вычисл. 2,97). Бесцветный или белый. Бл. стеклянный.

Микр. Плеохроизм отсутствует. Одноосный (–). $n_e = 1,653$, $n_o = 1,642$; $n_e-n_o = 0,011$; погасание волнистое.

Хим. Теор. состав: $\text{CaO} - 22,31$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 4,23$; $\text{SiO}_2 - 23,90$; $\text{H}_2\text{O} - 13,54$.

Анализ (микрозонд., среднее из 8): $\text{Na}_2\text{O} - .06$; $\text{MgO} - 0,06$; $\text{CaO} - 21,83$; $\text{FeO} - 0,02$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 38,67$; $\text{SiO}_2 - 23,90$; $\text{H}_2\text{O} - 15,46$ (анал. Бизар).

Эмпирическая формула (по сумме катионов=4): $\text{Ca}_{1,00}\text{Al}_{1,974}\text{Si}_{1,023}(\text{OH})_{4,42}$.



Фиг. 13. Структура шанталита (по Либау и др.)

Нахожд. Найден среди серпентинитов офиолитовой зоны Таврических гор Юго-Западной Турции в метасоматически измененных (родингитизированных) дайках диабазов и аортозитовых габбро [1]. Ассоциирует с типичными для процесса родингитизации силикатами кальция – пренитом, цоизитом, гидрогроссуляром, вюаньятитом, везувианом, диопсидом. Среди таблитчатых зерен шанталита встречаются мелкие включения вюаньятита ромбической или треугольной формы. Минералы образуются в одинаковых $P-T$ условиях (500° и средние P).

Межплоскостные расстояния шанталита из Юго-Западной Турции [1]

CuK α -излучение

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
004	25	5,810	125	15	1,996	138	5	1,373
101	45	4,828	00.12	15	1,939	233	5	1,354
103	70	4,171	208	15	1,887	30.11	25	1,301
112	60	3,349	127	20	1,846	12.15	5	1,272
114	10	3,0	220	25	1,749	20.16	5	1,256
008	10	2,909	10.13	20	1,683	400	10	1,239
116	100	2,598	303	5	1,609	30.13; 11.18	10	1,213
200	15	2,472	305	10	1,553	10.19; 143	5	1,187
109	15	2,284	12.11	25	1,529	12.17	5	1,164
118	50	2,235	11.14	10	1,502	334	10	1,141
121	35	2,202	10.15	5	1,481	22.16	5	1,118
123	15	2,127	00.16	60	1,453	240	10	1,109
206	5	2,088	12.13		1,393	40.10	10	1,090

Литература

1. Sarp H., Deferne J., Liebich B.W. // Schweiz. miner. und petrogr. Mitt. 1977. Bd. 57, N. 2. S. 149.
2. Liebich B.W., Sarp H., Parthe E. // Ztschr. Kristallogr. 1979. Bd. 150, N. 1/4. S. 56.

СТРУКТУРА ТИПА ЭЛЛЕНБЕРГЕРИТА

	Сингония	a_0	c_0	Уд.в.
Элленбергерит $(\text{Mg}, \text{Ti}, \text{Zr}, \square)_2\text{Mg}_6 \times (\text{Al}, \text{Mg})_6[\text{SiO}_4]_6[(\text{Si}, \text{P})\text{O}_2(\text{OH})_2]_2(\text{OH})_6$	Гексаг.	12,247	4,929	3,15

Элленбергерит Ellenbergerite
 $(\text{Mg}, \text{Ti}, \text{Zr}, \square)_2\text{Mg}_6(\text{Al}, \text{Mg})_6[\text{SiO}_4]_6[(\text{Si}, \text{P})\text{O}_2(\text{OH})_2]_2(\text{OH})_6$

Назван по имени французского геолога Ф. Элленберга [1].

Характ. выдел. Включения (до 1 мм) в кристаллах пиропа, изредка кристаллы до 10 мм в длину.

Структ. и морф. крист. Гексаг. с. $C_6^6-P6_3$ ($P6_3mc$ – у кристаллов с высоким содержанием фосфора). $a_0 = 12,2471$ и $12,285$, $c_0 = 4,9287$ и $4,939$ Å; $V = 640,20$ и $645,5$ Å 3 при содержаниях $\text{TiO}_2 = 4,0$ и $1,3$; $\text{ZrO}_2 = 0,2$ и $2,7$; $\text{P}_2\text{O}_5 = 0,3$ и $3,7$; $Z = 1$ [1, 2].

Кремнекислородный радикал представлен изолированными тетраэдрами $[\text{Si}(\text{O}, \text{OH})_4]$, Mg и Al находятся в октаэдрических позициях (фиг. 14). Октаэдры сгруппированы в цепочки двух типов, вытянутые вдоль оси с. Одинарные цепочки из M(2)-октаэдров, соединенных общими гранями, расположены на осях b_3 . В каждой из них пустые октаэдры закономерно чередуются с заселенными атомами Mg и

Фиг. 14. Структура элленбергерита в проекции на плоскость (010) (по Шопену и Ланге)

(Ti, Zr), атомы Ti и Zr смещены из центров октаэдров в сторону вакантных. Длина общих ребер M(2)-октаэдров (2,814 Å) меньше неразделенных (2,952 Å). Сдвоенные зигзагообразные цепочки октаэдров сложены парами неправильных M(1)₁- и M(1)₂-октаэдров, соединенных гранями. Больший из них занят Mg, меньший – Al. Оба катиона сдвинуты из центров октаэдров,

вследствие чего расстояние между ними увеличено от 2,368 до 2,842 Å. Вдоль цепочки эти пары сочленяются общими ребрами. Двойные цепочки объединены общими вершинами октаэдров. (Si, P)O₄(OH)₂-тетраэдры расположены на осях 3 порядка и имеют общие вершины с октаэдрами сдвоенных цепочек. Шесть SiO₄-тетраэдров в общей позиции связывают одиночные и сдвоенные октаэдрические цепочки. Из 10 протонов 6 входят в состав двойных цепочек, 2 связаны с октаэдрами одинарных цепей и два образуют OH-группы свободных вершин (Si, P)-тетраэдров [1–3].

Изучено изменение межатомных расстояний и координат атомов при увеличении *t* до 754° и *P* до 46 кбар [2]. Структура характеризуется чрезвычайно плотной упаковкой атомов. Объем, приходящийся на 1 атом О, равен 16,8 Å³ (близок к таковому у коэсита).

Структурная формула в оригинальных работах [1–3] не приведена, но по эписанию структуры она может быть представлена в виде: (Mg_{1/3}(Ti,Zr)_{1/3}□_{1/3})₂ × × Mg₆(Al,Mg)₆[(Si,P)O₃(OH)]₂[SiO_{3,66}(OH)_{0,33}]₆(OH)₆.

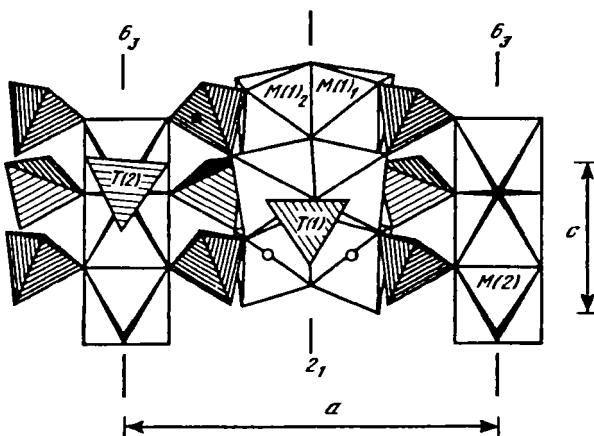
Кристаллы редки, призматические, с гексагональным сечением [1].

Физ. св. Сп. отсутствует. Изл. плоскораковистый. Хрупкий. Тв. 6,5. Уд.в. 3,15–3,22 (вычисл. 3,10 для Ti-разновидностей, 3,17 для Zr-разновидностей). Цв. пурпурный до сиреневого, центральные части зерен иногда розовые или дымчатые. Бл. стеклянный [1].

В ИК-спектре отмечается широкая полоса в области 3500 см⁻¹ с отчетливым блеском при 3600 см⁻¹. В ультрафиолетовом свете не флюоресцирует. В электронном пучке наблюдалась слабая голубоватая катодолюминесценция [1].

В оптическом спектре (исследованы 27 точек в 5 кристаллах) наблюдается широкая полоса поглощения с максимумом от 19 500 (для пурпурных зон) до 18 500 см⁻¹ (для зон с сиреневым оттенком). Корреляция частоты этой полосы с химическим составом не обнаружена, но ее интенсивность возрастает при увеличении содержания (Ti + Fe_{общ}), т.е. поглощение обусловлено переносом заряда между Ti⁴⁺ и Fe²⁺ вдоль оси b_3 в соседних M(2)-октаэдрах. Слабая широкая полоса ~13000 см⁻¹ обусловлена переносом заряда в паре Fe³⁺–Fe²⁺. Обе полосы строго поляризованы параллельно оси *c* [3].

Микр. Сильный плеохроизм: по *No* – бесцветный, по *Ne* – от бесцветного до темно-пурпурного или густо-сиреневого, почти непрозрачного. Одноосный (–).



$No \perp c$. $n_o = 1,6553\text{--}1,6789$, $n_e = 1,6538\text{--}1,6697$ ($\lambda = 589$ нм). n_o коррелируется с отношением $Ti/(Ti + Zr)$, n_e более зависит от содержания Р (см. табл. анализов). $n_o - n_e = 0,0015\text{--}0,0092$. Характерна отчетливая сложная зональность. Нередко зерна в центре розовые, с низким двупреломлением, внешние зоны окрашены интенсивнее и имеют более высокое двупреломление. Отмечались тонкие, вытянутые вдоль оси с включения, вероятно, жидкые [1].

Хим. Теор. состав $(Mg_{\frac{1}{2}}Ti_{\frac{1}{2}}\square_{\frac{1}{2}})_2Mg_6Al_6Si_8O_{28}(OH)_{10}$: MgO – 22,42; TiO₂ – 4,45; Al₂O₃ – 25,52; SiO₂ – 40,10; H₂O – 7,51; для формулы $(Mg_{\frac{1}{2}}Ti_{\frac{1}{2}}\square_{\frac{1}{2}})_2 \times Mg_6(Al_4Mg_2)(Si_6P_2)O_{28}(OH)_{10}$: MgO – 29,04; TiO₂ – 4,76; Al₂O₃ – 16,95; SiO₂ – 29,97; P₂O₅ – 11,80; H₂O – 7,48. Колебания химического состава обусловлены главным образом замещениями $SiAl \rightleftharpoons PMg$ и $Ti \rightleftharpoons Zr$. Кроме того, Mg частично замещается на Fe²⁺, в незначительном количестве присутствует Fe³⁺. Возможны также замещения $TiMg \rightleftharpoons AlAl$ и $SiTi \rightleftharpoons PAI$. Содержание Р обычно менее 8,5%, но отмечались кристаллы, содержащие 16% P₂O₅ и имеющие иную простр. гр. (см. выше). Содержание H₂O, определенное калориметрическим методом при 110°, равно 8,0 ± 0,4% [1].

Анализы (микрозонд., для 5 кристаллов 1 образца из массива Дора Мейр, Италия) [1]:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
MgO	21,80	22,48	22,09	22,33	22,58	22,57	22,76	24,38	25,80
FeO	0,40	0,20	0,30	0,25	0,24	0,15	0,23	0,41	0,41
Al ₂ O ₃	24,79	25,24	24,71	24,79	24,62	23,74	23,56	22,09	20,64
SiO ₂	38,61	39,30	38,77	38,56	38,53	37,30	37,08	35,07	32,61
TiO ₂	2,67	4,10	2,39	1,73	2,52	2,06	1,48	1,03	0,58
ZrO	1,92	0,00	1,95	3,10	1,65	2,11	2,82	2,42	2,13
P ₂ O ₅	0,00	0,44	0,55	0,89	1,46	1,90	2,39	5,55	8,26
Сумма	90,19	91,76	90,76	91,65	91,60	89,83	90,32	90,95	90,43
n_o	–	1,6789	1,6687	–	1,6719	1,6671	–	1,6553	–
n_e	–	1,6697	1,6645	–	1,6666	1,6617	–	1,6538	–

Пересчет анализов на 33 атома О:

Si	7,98	7,91	7,94	7,86	7,80	7,72	7,65	7,16	6,69
P	–	0,07	0,10	0,15	0,25	0,33	0,42	0,96	1,43
Al	6,03	5,99	5,97	5,95	5,88	5,79	5,73	5,32	4,99
Ti	0,42	0,62	0,37	0,26	0,39	0,32	0,23	0,16	0,09
Zr	0,19	–	0,19	0,31	0,16	0,21	0,28	0,24	0,21
Mg	6,71	6,74	6,75	6,79	6,82	6,96	7,00	7,43	7,89
Fe	0,07	0,03	0,05	0,04	0,04	0,03	0,04	0,07	0,07

Повед. при нагр. При повышении температуры от 20 до 754° с выдержкой в течение 2 ч через каждые 50° параметры элементарной ячейки возрастают: a_0 – от 12,2573 до 12,3311, c_0 – от 4,9316 до 4,9735 Å, V – от 641,7 до 654,9 Å³; после охлаждения снижаются: a_0 – до 12,2580, c_0 – до 4,9341 Å, V – до 642,1 Å³. Изменение интенсивности рефлексов на рентгенограмме, связанное, вероятно, с потерей протонов, начинается при $t = 750$ °. Средний коэффициент термического расширения в интервале 20–800° по оси $a = 8,2 \cdot 10^{-6}$, по оси $c = 11,5 \cdot 10^{-6}$ град⁻¹ [2].

Найдено. Обнаружен в кристаллическом массиве Дора Мейр (Западные Альпы, Италия) в коэзитсодержащих фенгит-пироп-кварцитовых породах, где наряду с тальком, кианитом, клинохлором, рутилом, цирконом и глаукофаном образует

включения в крупных (2–20 см) порфиробластах пиропа. Образовался в условиях высокого давления (25–30 кбар) при $t = 700\text{--}800^\circ\text{C}$ [1].

Отл. В шлифах трудноотличим от тулита (разновидность цоизита розового цвета) и пьемонтита. От дюмортьерита отличается более низким двупреломлением и одноосностью [1].

Межплоскостные расстояния элленбергерита из метаморфических пород массива Дора Мейр (Италия) [1]
Си-излучение, Ni-фильтр, $D = 114,6\text{ мм}$

hkl	I^*	$d(\text{\AA})$ изм.	$d(\text{\AA})$ вычисл.	hkl	I^*	$d(\text{\AA})$ изм.	$d(\text{\AA})$ вычисл.
110	25	6,15	6,13	321	55	2,186	2,183
200	<5	—	5,31	212	25	2,101	2,101
101	20	4,48	4,47	302	10	2,023	2,023
210	15	—	4,01	420	5	—	2,006
201	50	3,61	3,61	501	10	1,947	1,950
300	75	3,54	3,54	421	10	1,857	1,858
211**	100	—	3,11	402	20	1,806	1,806
220	55	3,06	3,06	511	30	1,778	1,778
301	<5	2,879	2,875	322	15	1,731	1,733
400	70	2,653	2,653	521	10	1,607	1,607
311	25	2,526	2,528	332	10	1,573	1,573
002	10	2,465	2,466	611	30	—	1,538
320	<5	—	2,435	440	30	1,534	1,532
401	30	2,336	2,337	213	10	1,523	1,521
112	20	2,287	2,288	531; 701	5	—	1,449
202	<5	—	2,236	522	10	1,398	1,399

* I из дифрактограммы.

** d (изм.) в оригинале не указано.

Л и т е р а т у р а

1. Chopin Ch., Klaska R., Medenbach O., Dron D. // Contrib. Miner. and Petrol. 1986. Vol. 92, N 3. P. 316.
2. Comodi P., Zanazzi P.F. // Europ. J. Miner. 1993. Vol. 5, N 5. P. 819, 831.
3. Chopin Ch., Langer K. // Bull. minér. 1988. Vol. 111, N 1. P. 17.

С Т Р У К Т У Р А Т И ПА П О Л Д Е Р В А АР Т И Т А

	Сингония	a_0	b_0	c_0	Уд.в.
Полдерваартит $\text{Ca}(\text{Ca}_{0,5}\text{Mn}_{0,5})[\text{SiO}_3\text{OH}](\text{OH})$	Ромб.	9,398	9,139	10,535	2,91

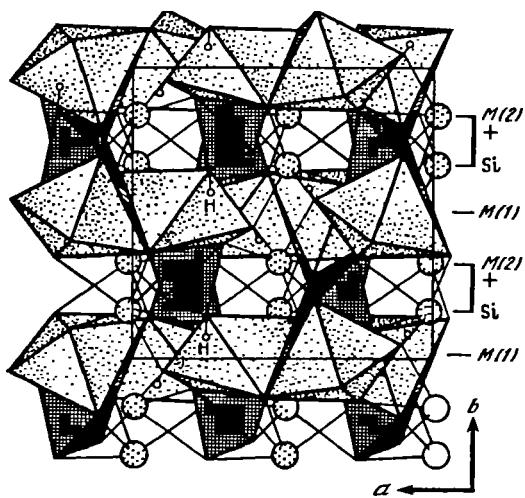
Полдерваартит Poldervaartite $\text{Ca}(\text{Ca}_{0,5}\text{Mn}_{0,5})[\text{SiO}_3\text{OH}](\text{OH})$

Назван в честь Эйри Полдеваарта, профессора петрологии Колумбийского университета [1].

Характ. выдел. Идиоморфные кристаллы ($0,07 \times 0,07 \times 0,1\text{ мм}$) и зернистые агрегаты.

Структ. и морф. крист. Ромб.с. $D_{2h}^{15}-Pbca$. $a_0 = 9,398$, $b_0 = 9,139$, $c_0 = 10,535\text{ \AA}$; $a_0:b_0:c_0 = 1,028:1:1,153$; $V = 904,8\text{ \AA}^3$; $Z = 8$.

В структуре участвуют три вида полиэдров: слабо искаженные октаэдры M(1), заселенные атомами Ca, в окружении 4 атомов O и двух групп OH; сильно искаженные тригональные дипирамиды, где позиции M(2) заняты атомами Ca (0,67) и Mn (0,3) с окружением из 3 ионов O^{2-} и двух групп OH; тетраэдры Si, где 1 атом O



Фиг. 15. Структура полдерваартита (по Дею и др.)

замещен группой OH с образованием кислотного радикала $[SiO_3OH]^{3-}$, необычного для островных силикатов (фиг. 15). Полиэдры образуют чередующиеся вдоль оси b , плохо оформленные слои двух типов. Один слой состоит из последовательно соединенных ребрами цепочек полиэдров $M(2)$ и Si (при $y = 1/4$ или $3/4$), расположенных вдоль оси c и, в свою очередь, соединенных в слой общими атомами O. Другой слой состоит из пар $M(1)$ -октаэдров, имеющих общие ребра и скрепленных водородными связями, он явля-

ется промежуточным между двумя слоями $M(2) + Si$ и скрепляет их через общие ребра полиэдров. Подобная полиэдрическая решетка обладает высокой прочностью, что объясняет отсутствие спайности в минерале.

Межатомные расстояния (в Å): $M(1)-O = 2,506-2,447$; $M(2)-O = 2,259-2,807$; $Si-O = 1,619-1,696$; $H(1,2)-O(1,4) = 0,84$; $H(1,2)-O(5,3) = 1,81$ и $2,38$; углы $O-Si-O = 104,5-114,8^\circ$.

Кристаллы призматические. Формы (110) , (100) , (010) , (001) .

Физ. св. Сп. отсутствует. Тв. 5. Уд.в. 2,91 (вычисл. 2,90). Внутренние части зерен бесцветны и прозрачны, оторочки – молочно-белого цвета, полупрозрачны. Бл. стеклянный, на поверхности зерен полустеклянный.

Микр. Плеохроизм слабый: по Ng – голубовато-серый, по Nm – светло-серый, по Np – бесцветный. Двусный (+). $Ng = c$, $Nm = a$, $Np = b$. $n_g = 1,656$, $n_m = 1,640$, $n_p = 1,634$; $n_g - n_p = 0,022$. Дисперсия слабая, $r < v$.

Хим. Теор. состав $Ca(Ca_{0,5}Mn_{0,5})[SiO_3OH](OH)$: $CaO = 42,54$; $MnO = 17,96$; $SiO_2 = 30,38$; $H_2O = 9,12$.

Анализы (микрозонд., среднее из 2): $CaO = 41,5$; $MgO = 0,0$; $MnO = 18,7$; $FeO = 0,1$; $SiO_2 = 29,8$; $H_2O = 9,4$ (среднее из данных ТГА); сумма 99,5.

Эмпирическая формула (по сумме катионов = 3): $Ca_{1,47}Mn_{0,53}Si_{0,99}O_{3,96} \cdot 1,04 H_2O$.

Повед. при нагр. По данным ТГА, вода начинает выделяться выше 460° .

Нахожд. Обнаружен на руднике Вессель марганцеворудного поля Калахари (Южная Африка). Ассоциирует с бултfontейнитом, браунитом, гаусманнитом, анритермьеритом, кальцитом и гематитом.

Межплоскостные расстояния полдерваартита из Калахари (Южная Африка) [1]

CuK α -излучение. Дифрактометр

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
002	11	5,24	230	23	2,554	422	12	1,939
210	45	4,18	104	12	2,531	242; 413	20	1,911
112	11	4,09	321	25	2,504	125	12	1,871
211	18	3,87	231	11	2,478	234; 431	12	1,829
121	11	3,82	114	11	2,436	243; 225	20	1,770
202	24	3,50	223	42	2,391	404	11	1,748
022	11	3,44	204	12	2,296	414	12	1,723

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
220; 212	26	3,27	024; 410	13	2,276	315	14	1,713
122	100	3,231	041	10	2,229	144	20	1,696
113	14	3,091	124	13	2,215	433	14	1,647
311	42	2,846	331	11	2,137	325	21	1,634
131; 023	35	2,789	042	13	2,091	244	12	1,613
213; 302	16	2,685	420	13	2,085	442	20	1,559
123	17	2,665	233	15	2,063	434	13	1,522
004	26	2,624	142	28	2,042	425; 443	13	1,481
312	26	2,576	332; 241	9	2,019	245	13	1,467

Л и т е р а т у р а

1. Dai Y., Harlow G.E., McGhie A. // Amer. Miner. 1993. Vol. 78, N 9/10. P. 1082.

СТРУКТУРА ТИПА ГЕРСТМАННИТА

Герстманнит $MnMgZn[SiO_4](OH)_2$	Сингония	a_0	b_0	c_0	Уд.в.
	Ромб.	8,185	18,650	6,256	3,68

Герстманнит Gerstmannite

Назван в честь коллекционера минералов Эдварда Герстманна [1].

Характ. выдел. [1]. Кристаллы ($2 \times 2 \times 10$ см) и их розетковидные, перистые и спутанно-волокнистые агрегаты.

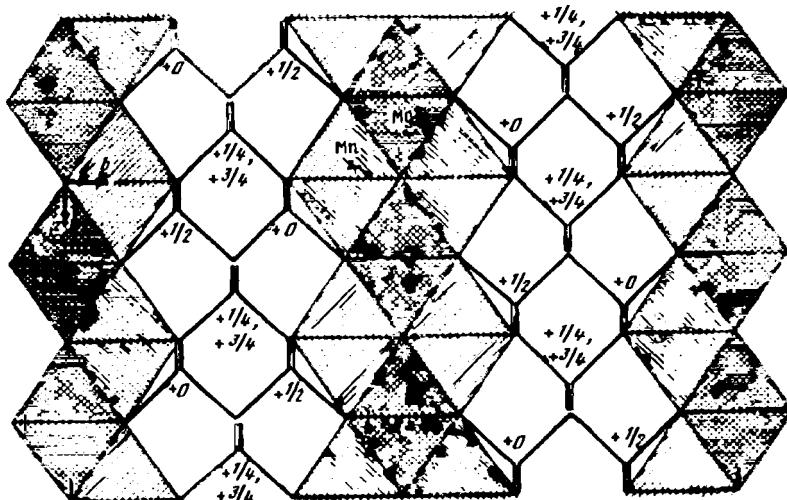
Структ. и морф. крист. [1]. Ромб. с. D_{2h}^{18} -Стрс. $a_0 = 8,185$, $b_0 = 18,650$, $c_0 = 6,256$ Å; $a_0:b_0:c_0 = 0,4389:1:0,3354$ (CuK_α -излучение); $a_0 = 8,176$, $b_0 = 18,65$, $c_0 = 6,251$ Å; $a_0:b_0:c_0 = 0,4383:1:0,3352$ (MoK_α -излучение).

Структура основана на плотнейшей кубической упаковке атомов кислорода и гидроксильных групп, в которой плотно упакованные слои параллельны {130} (фиг. 16). Может быть описана как упорядоченное чередование ориентированных параллельно {010} двух октаэдрических слоев состава $[Mn, MgO_6(OH)]_{\infty}^{2-}$ с двумя тетраэдрическими слоями состава $[ZnSiO_4]_{\infty}^{2-}$, соединенных в трехмерный каркас, что сближает ее со структурами типа ставролита, кианита, шпинели и манганостибита.

В октаэдрических слоях атомы Mn и (Mn, Mg) занимают независимые позиции. Центральные MgO_6 -октаэдры соединены общими ребрами в цепочки, параллельные [001]. Боковые MnO_6 -октаэдры имеют четыре общих ребра с выше- и нижележащими MgO_6 -октаэдрами и одно – с симметрично-эквивалентным MnO_6 -октаэдром и распределены в плоскости, параллельной (010). Атомы Si тетраэдрических слоев занимают пустоты в кубической плотнейшей упаковке из атомов O. Структурная формула $MnMgZn[SiO_4](OH)_2$.

Межатомные расстояния (в Å): Mn–OH = 2,090–2,372; Mn–O = 2,119–2,167; Mg–OH = 2,030–2,056; Mg–O = 2,155; Zn–O = 1,938–1,957; Si–O = 1,629–1,652. Углы: O–Mn–O = 70,1–117,0; O–Mg–O = 83,1–96,9; O–Zn–O = 98,4–117,5; O–Si–O = 108,4–112,6°.

Физ. св. Сп. хорошая по (010). Тв. 4,5. Уд.в. 3,68 (вычисл. 3,66). Цв. белый до бледно-розового. Черта белая. Бл. стеклянный до субалмазного на спайных поверх-



Фиг. 16. Структура герстманнита (по Муру и Араки)

Идеализированное изображение полиэдров в проекции на (001): MgO-октаэдры образуют цепочки, параллельные [001]; MnO-октаэдры расположены на уровнях $z = 0$ и $z = 1/2$; тетраэдры, изображенные как $T\text{-O}$ ступеньки, находятся на уровнях $z = 0$ и $1/2$ (Si), $z = 1/4$ и $3/4$ (Zn)

ностях; в плотных массах шелковистый. Прозрачный до непрозрачного. В ультрафиолетовых лучах не флюoresцирует.

Микр. Двусный (–). $Ng \parallel a$, $Nm \parallel c$, $Np \parallel b$. $n_g = 1,678$; $n_m = 1,675$, $n_p = 1,665$; $n_g - n_p = 0,013$; $2V = 50\text{--}60^\circ$.

Хим. Теор. состав $(\text{Mg}_{0,625}\text{Mn}_{0,375})_2\text{ZnSiO}_4(\text{OH})_2$: MgO – 19,2; MnO – 20,2; ZnO – 30,9; SiO₂ – 22,8; H₂O – 6,9.

Анализы (месторождение Стерлинг-Хилл, США):

	1	2	3		1	2	3
Na ₂ O	0,04	0,04	Нет	ZnO	30,5	31,7	29,6
CaO	2,2	–	"	SiO ₂	23,0	23,9	23,2
MgO	16,0	16,6	19,5	H ₂ O	Не опр.*	Не опр.	Не опр.
MnO	21,2	21,1	21,1	Сумма	93,4	93,4	93,4
FeO	0,06	0,06	Нет				

* Из отдельной навески 121 мг в трубке Пенфильда определено 4,12% H₂O.

1 – с примесью кальцита (анал. Ито); 2 – пересчет ан. 1 после исключения примеси кальцита; 3 – микрозонд. (анал. Ирвинг).

Диагн. исп. Медленно растворяется в разб. HCl при комнатной температуре; раствор прозрачен, бесцветен.

Найдж. Наблюдался в виде прожилков в гидротермальных жилах франклинит-виллемитовых руд, залегающих в мраморах, на руднике Стерлинг-Хилл, Огденбург, округ Сусекс, шт. Нью-Джерси, США. Ассоциирует с виллемитом, содержащим зерна ярко-розового магнезиального аллеганита и остатки окисленного пирохроита, замещая эти минералы.

Межплоскостные расстояния герстманиита из месторождения Стерлинг-Хилл (США) [1]

CuK_α-излучение

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
020	85	9,326	222	25	2,403	282	5	1,7001
111	50	4,806	171	10	2,348	422	5	1,6842
040	25	4,661	080	75	2,332	313	5	1,6502
121	40	4,388	232	15	2,308	333	10	1,6010
200	10	4,088	270	30	2,232	292	10	1,5012
210	15	3,994	062	10	2,204	004	25	1,5644
131	5	3,881	242	5	2,193	0.12.0	45	1,5548
220	15	3,747	351	10	2,076	462	35	1,5002
230	80	3,418	400	5	2,046	2.10.2	10	1,4920
060	20	3,108	280	10	2,025	472	5	1,4403
240	20	3,078	420	20	1,9982	234	5	1,4223
151	60	2,983	191	35	1,9124	2.11.2	5	1,4003
250	75	2,758	082	25	1,8692	0.12.2	10	1,3920
042	100	2,598	272	10	1,8168	4.10.0	15	1,3787
311	25	2,480	153	5	1,7763	954	10	1,3603
912	50	2,466	381	5	1,7053			

Л и т е р а т у р а

1. Moore P.B., Araki T. // Amer. Miner. 1979. Vol. 62, N 1/2. P. 51.

С Т Р У К Т У Р А Т И П А С В Е Р И Г Е И Т А

Сверигеит Na(Mg, Mn ²⁺) ₂ SnBe ₂ [SiO ₄] ₃ (OH)	Сингония	<i>a</i> ₀	<i>b</i> ₀	<i>c</i> ₀	Уд.в.
	Ромб.	10,815	13,273	6,818	3,60

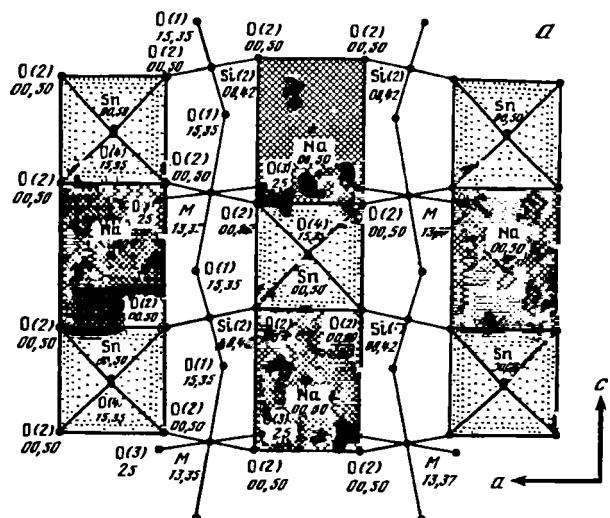
Сверигеит Sverigeite
Na(Mg, Mn²⁺)₂SnBe₂[SiO₄]₃(OH)

Назван по месту находки – старому названию Швеции [1].

Характ. выдел. Пластинчатые выделения неправильной формы (до 10 мм), хорошо образованные кристаллы (длиной 2 мм) [1].

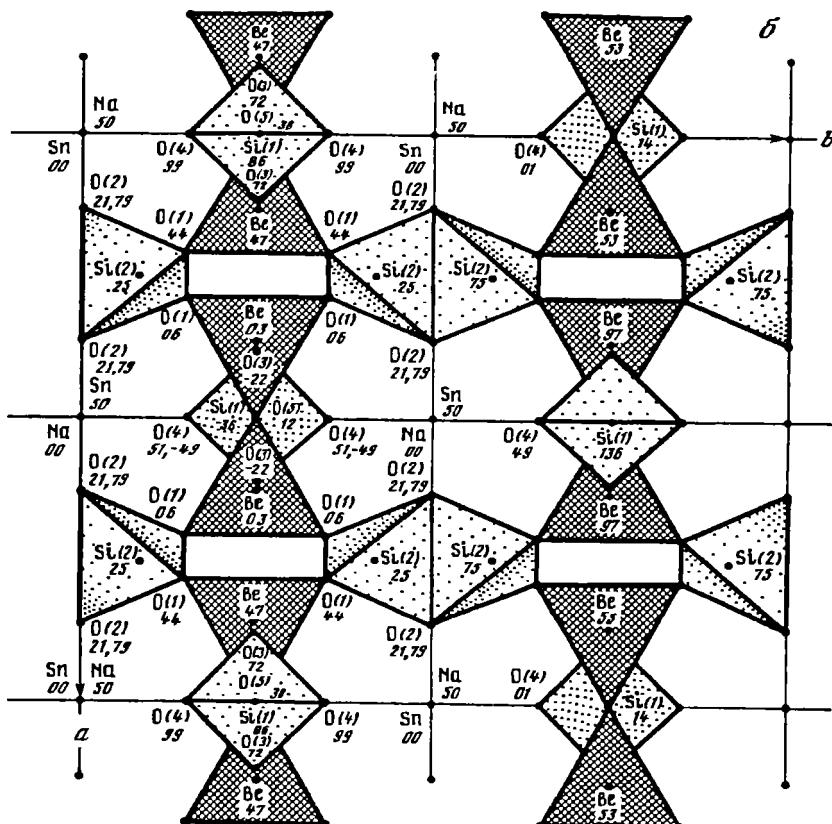
Структ. и морф. крист. Ромб. с. D_{2h}^{28} – *Imma*. $a_0 = 10,815$, $b_0 = 13,273$, $c_0 = 6,818$ Å; $a_0 : b_0 : c_0 = 0,815 : 1 : 0,513$ [2]; $a_0 = 6,818$, $b_0 = 13,273$, $c_0 = 10,815$ Å [1]. $Z = 4$.

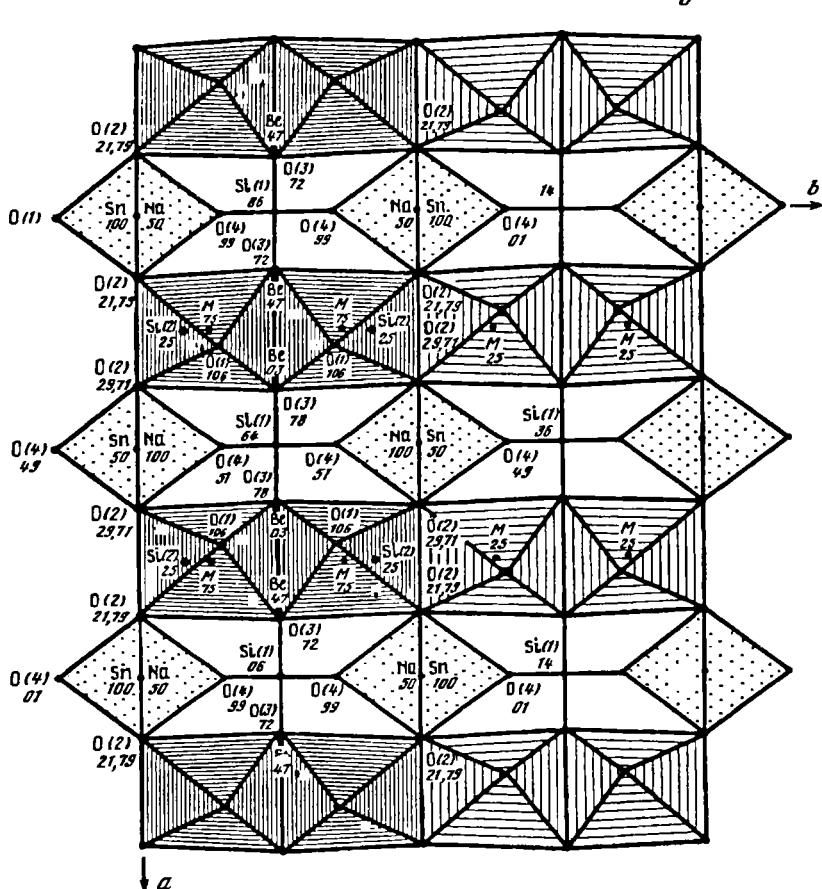
В структуре [2] выделяются три элемента: 1) октаэдрические колонки из SnO₆-октаэдров и плоских NaO₄-групп, идущие параллельно [001] (фиг. 17,*a*); 2) волнообразные тетраэдрические цепочки, состоящие из чередующихся трех- и четырехчленных Be–Si-колец Be₂SiO₈(OH) и Be₂Si₂O₁₁(OH), расположенных параллельно [100] (см. фиг. 17,*b*); 3) дискретные M₂O₁₀-группы из MO₆-октаэдров (M – Mn, Mg), которые связывают октаэдрические колонки и тетраэдрические цепочки (см. фиг. 17,*c*). Минерал является ортосиликатом. Каждый Si-тетраэдр участвует двумя вершинами в связях с атомом Be с образованием сложных тетраэдрических цепей. Если рассматривать Si- и Be-тетраэдры в качестве единого мотива, то минерал можно отнести к цепочечным берилло-силикатам (согласно классификации Золтай) с формулой Na(Mg,Mn²⁺)₂Sn[Be₂Si₃O₁₂(OH)].



Фиг. 17. Структура сверигеита (по Роузе и др.)

a – проекция вдоль оси *b*: колонки октаэдров SnO_6 и группы NaO_4 ; *б* – проекция вдоль оси *c*: тетраэдрические цепочки; *в* – проекция вдоль оси *c*: группы M_2O_{10} и SiO_4 -тетраэдры; цифры – высота атомов ($\times 100$)





Фиг. 17. (e)

Предполагается наличие водородной связи $O(5)-H-O(4)$.

Средние межатомные расстояния (в Å): $Sn-O = 2,030$; $M-O = 2,149$; $Na-O = 2,433$; $Si-O = 1,614$ и $1,644$; $Be-O = 1,629$.

Кристаллы [1] удлинены по [001]. Наиболее развиты грани призмы (130), дипирамиды (121), а также (011)-призмы и (001)-пинакоида.

Физ. св. [1]. Сп. совершенная по (010), следы двух других неопределенных направлений спайности заметны на некоторых зернах в иммерсии. Тв. $\approx 6,5$. Уд.в. 3,60 (вычисл. 3,61). Цв. желтый. Черта светло-желтая. Бл. стеклянный на плоскостях спайности и трещин, грани кристаллов тусклые. В ультрафиолетовых лучах не флюoresцирует.

Микр. [1]. Плеохроизм умеренный: по N_p – желтый; по $N_m = Ng$ – бледно-желтый. $N_p > N_m = Ng$. Двусный (+). $Ng = b$, Nm и N_p – в плоскости преобладающей спайности. $n_g = 1,699$, $n_m = 1,684$, $n_p = 1,678$; $2V = 67^\circ$. Дисперсия сильная, $r > v$.

Хим. Теор. состав: $Na_2O = 5,82$; $MgO = 7,58$; $MnO = 13,33$; $BeO = 9,40$; $SnO_2 = 28,31$; $SiO_2 = 33,87$; $H_2O = 1,69$.

Анализ (микрозонд.) [1]: Na₂O – 6,1; MgO – 8,1; MnO – 11,8; FeO – 0,3; ZnO – 1,2; BeO – 9,7; SiO₂ – 33,5; SnO₂ – 28,5; H₂O – 1,2; сумма 100,4. H₂O определена весовым методом Пенфильда, Be – методом атомной абсорбции. Спектральным анализом обнаружены следы Pb, Ba, Ca, Cu, Zr, В и Ti.

Эмпирическая формула (в пересчете по параметрам элементарной ячейки и удельному весу): Na_{4,18}Mg_{4,26}Mn_{3,53}²⁺Fe_{0,09}²⁺Zn_{0,31}Be_{8,23}Sn_{4,01}⁴⁺Si_{11,83}O_{48,77}H_{2,83}.

Нахожд. [1]. Найден в отвалах месторождения Лонгбан (Вемланд, Швеция) в марганцовистом кальците с миметитом, якоситом, амфиболом.

Межплоскостные расстояния сверигента из Швеции [1]

D = 114,6 мм

hkl	I	d(Å)	hkl	I	d(Å)	I	d(Å)
020	50	6,63	310	5	2,240	20	1,528
110	20	6,06	060	1	2,214	5	1,506
101	70	5,77	204	5	2,117	2	1,469
121	70	4,35	161; 105	20	2,064	5	1,455
022	5	4,19	224	10	2,014	5	1,439
130	5	3,71	125	2	1,965	10	1,410
040	2	3,31	303	10	1,923	10	1,351
220	60	2,98	341; 323	20	1,848	2	1,325
202	100	2,884	163; 253	10	1,814	5	1,307
042	90	2,826	244	30	1,784	2	1,291
004	50	2,706		10	1,750	5	1,205
222	60	2,644		10	1,705	1	1,174
024	1	2,501		10	1,592	1	1,159
240	5	2,379		10	1,582		
143	1	2,303		2	1,550		

Л и т е р а т у р а

1. Dunn P.J., Peacor D.R., Simmons W.B., Gaines R.V. // Geol. fören. Stockholm förhandl. 1984. Vol. 106, N 2. P. 175.
2. Rouse R.C., Peacor D.R., Metz G.W. // Amer. Miner. 1989. Vol. 74, N 11/12. P. 1343.

С Т Р У К Т У Р А Т И П А К У Л И О К И Т А-(Y)

Синго- ния	a ₀	b ₀	c ₀	α	β	γ	Уд.в.	
Кулиокит-(Y) Y ₄ Al[SiO ₄] ₂ (OH) ₂ F ₅	Трикл.	8,606	8,672	4,317	102,79°	97,94°	116,66°	4,3

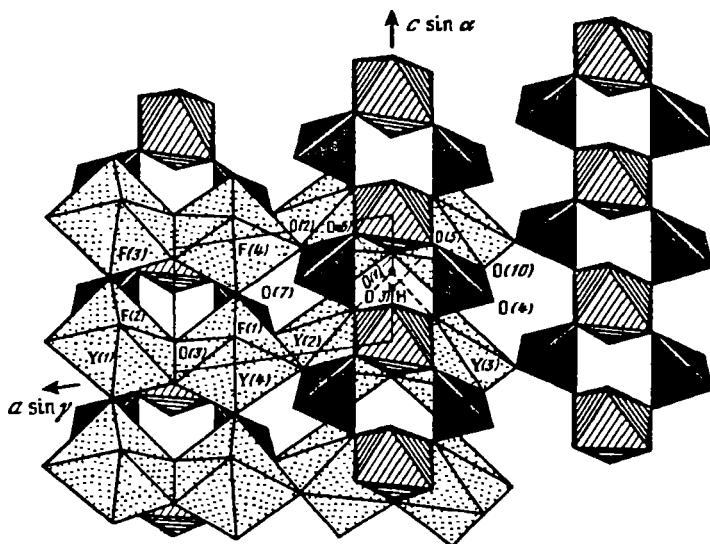
Кулиокит-(Y) Kuliokite-(Y) Y₄Al[SiO₄]₂(OH)₂F₅

Назван по месту находки в районе р. Кулиок (Кольский п-ов) [1].

Характ. выдел. Зерна, кристаллы от 0,5 мм [1] до 3 см [2], агрегаты кристаллов типа "розы".

Структ. и морф. крист. Трикл. с. C_i^I-P1. a₀ = 8,606, b₀ = 8,672, c₀ = 4,317 Å; a₀ : b₀ : c₀ = 0,9924 : 1 : 0,4978; α = 102,79°, β = 97,94°, γ = 116,66°; V = 270,1 Å³; Z = 1 [1]. a₀ = 8,607, b₀ = 8,687, c₀ = 4,318 Å; α = 102,82°, β = 97,96°, γ = 116,65°; V = 270,7 Å³ – для норвежского образца [2].

В основе структуры [3] – тетраэдры [SiO₄], образующие с октаэдрами Al ленты



Фиг. 18. Структура кулиокита-(Y) в проекции, перпендикулярной оси c (по Соколовой др.)

фиг. 18), идущие в направлении оси c . Восьмивершинники иттрия образуют зигзагоподобные цепочки, объединение которых в плоскости (211) создает ажурный слой с миндалевидными пустотами. Трансляция такого слоя вдоль оси c приводит к образованию каналов, в которых располагаются Al-Si-ленты. Узлы элементарной ячейки минерала расположены в центрах Al-октаэдров.

Межатомные расстояния (среднее, Å): в Y-полиэдрах $Y_1-F(O, OH) = 2,29$, $O-O = 3,10$, $Y_2-F(O, OH) = 2,33$, $O-O = 2,94$, $Y_3-F(O, OH) = 2,33$, $O-O = 2,94$, $Y_4-F(O, OH) = 2,29$, $O-O = 2,70$; в Si-тетраэдрах $Si_1-O = 1,64$, $O-O = 2,68$, $Si_2-O = 1,64$, $O-O = 2,67$ [3].

Кристаллы пластинчатого облика [1], псевдомоноклинные [2]; содержат мельчайшие включения иттрофлюорита [2].

Физ.св. Сп. несовершенная по (010). Тв. 4–5. Уд.в. 4,3 (вычисл. 4,26). Бесцветный. Чешуя белая. Бл. алмазный. Прозрачный. В образце из Норвегии уд.в. ~ 20. Цвет светло-розовый [2].

В ультрафиолетовых лучах не люминесцирует, в катодных лучах светится желто-зеленым цветом.

ИК-спектр характеризуется двумя полосами поглощения с максимумами при ~ 445 и 3420 см^{-1} , что указывает на присутствие гидроксильных групп.

Микр. Двухосный (–). $n_g = 1,703$, $n_m = 1,700$, $n_p = 1,656$; $2V = 19^\circ$ (вычисл. 29°). Дисперсия оптических осей ясная, $r > v$ [1]. Для образца из Норвегии $2V = 10\text{--}15^\circ$ [2].

Хим. Анализы (микрозонд.):

	1	2		1	2
CaO	0,00	0,27	Dy_2O_3	1,38	0,22
Al_2O_3	7,36	7,94	Er_2O_3	2,24	0,15
Y_2O_3	56,40	57,52	Yb_2O_3	2,71	0,56
Lu_2O_3	0,11	0,15	Tm_2O_3	0,10	–
Gd_2O_3	0,39	1,45	Ho_2O_3	0,19	0,53

	1	2		1	2
Tb ₂ O ₃	0,00	-	Сумма	102,08	102,12
Ce ₂ O ₃	-	1,59	-O = F ₂	5,66	5,95
SiO ₂	17,75	17,60	Сумма	96,42	96,17
F	13,45	14,14	H ₂ O	3,58*	2,50**
			Сумма	100,0	98,67

*По разности.

**По данным хим. анализа (анал. Брун).

1 – Кольский п-ов [1]; 2 – из района Хойдален, Норвегия [2].

Эмпирические формулы (на основе 7 катионов):

1 – (Y_{3,58}Yb_{0,10}Er_{0,09}Dy_{0,06}Gd_{0,02})_{23,85}Al_{1,04}Si_{2,12}O_{7,60}(OH)_{2,88}F_{5,08};

2 – (Y_{3,61}Yb_{0,02}Er_{0,01}Dy_{0,01}Gd_{0,06}Ce_{0,07})_{23,78}Al_{1,10}Si_{2,07}O_{7,84}(OH)_{1,97}F_{5,27}.

Изм. [2]. Замещается псевдоморфно кайнозитом, карбонатсодержащими фазами, частично иттрофлюоритом, иногда агрегатами монацита, ксенотима и кайнозита, реже кальцитом и тенгеритом. Продуктом разрушения кулиокита, заключенного в гранате, является камфаугит-(Y) – Ca₂Y₂(CO₃)₄(OH)₂ · 3H₂O.

Отл. Макроскопически неотличим от таленита. Близок к нему по оптическим данным, отличаясь меньшими показателями преломления [1].

Найдж. [1]. Обнаружен в амазонитовых пегматитах Кольского п-ова в виде включений во флюорите или тонкопластинчатых кристаллов по поздним трещинам в нем, а также в кварце. Находится в ассоциации с таленитом, ксенотитом, кайнозитом и бастнезитом.

В аналогичных породах и ассоциации встречен в районе Хойдален, Норвегия [2]. Образуется в конечные стадии постмагматического этапа минералообразования.

Межплоскостные расстояния кулиокита-(Y), Кольский п-ов [1]
Fe-излучение, D = 114,6 мм

hkl	I	d(Å)	hkl	I	d(Å)	hkl	I	d(Å)
100	3	7,380	540	2	1,606	433	3	1,145
210	5	4,270	422	2	1,578	513; 472	1p	1,134
200	9	3,710	451; 422	2	1,544	232; 760	1	1,122
111	9	3,490	331	5	1,516	351; 731	1	1,117
121	6	3,310	412	1	1,506	433	2	1,109
101	1	3,210	541	3ш	1,490	352	3	1,103
011	2	3,150	550	1	1,472	601	2	1,100
310; 210	10ш	2,793	512	1	1,426	761	3р	1,082
311	5	2,544	551	4	1,402	431; 831	2	1,068
300	8ш	2,459	302	1р	1,391	700; 480	1	1,057
321	4р	2,366	411	2	1,366	633	1р	1,046
321	5	2,234	342	2	1,354	382	1р	1,043
331	7	2,144	303	2	1,347	251	2	1,038
241	1р	2,081	452	1	1,335	171	1	1,031
310	3ш	2,051	650	1р	1,322	771	2	1,028
211	2	2,081	512	3	1,301	711	1р	1,024
421; 212	5	1,985	233	1	1,295	860	1	1,022
212	4ш	1,926	542	4	1,271	553	1	1,020

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
301	2	1,894	251	4p	1,253	353	1	1,018
431	6	1,855	432	2p	1,243	404	1	1,013
440	1	1,837	660	1p	1,226	612	1p	1,006
222	2	1,816	561; 331	4p	1,217	582	1p	1,002
431	3	1,801	741	1p	1,195	244	3	0,999
132	6р	1,762	323	1	1,186	713	1p	0,991
141	8	1,702	513	1	1,178	762	1p	0,984
351	3	1,650	503	3p	1,166	710; 810	3	0,980
311; 441	1	1,637	372	3p	1,161			

Межплоскостные расстояния кулиокита-(Y) из Норвегии [2]

FeK_α-излучение. Камера Гинье

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
100	5	7,379	311	20	2,535	401	5ш	1,890
110	20	4,276	300	10	2,468	400	30	1,850
120	20	4,245	030	20	2,448	302	10ш	1,827
011	20	4,167	221	20	2,226	222	10	1,811
101	50	4,049	231	80	2,135	321	10	1,794
200	90	3,697	022	5	2,078	132	10ш	1,778
111	80	3,475	310	5ш	2,055	222	20	1,738
021	50	3,297	411	10	2,011	142	30	1,693
211	20	3,151	212	50	1,977			
121	100	2,786	041	30	1,922			

Л и т е р а т у р а

Волошин А.В., Пахомовский Я.А., Тюшева Ф.Н., Соколова Е.В., Егоров-Тисменко Ю.К. // Минерал. журн. 1986. Т. 8, № 2. С. 94.

2 Raade G., Sebo P.C., Austrheim H., Kristiansen R. // Europ. J. Miner. 1993. Vol. 5, N 4. P. 691.
Соколова Е.В., Егоров-Тисменко Ю.К., Волошин А.В., Пахомовский Я.А. // ДАН СССР. 1986. Т. 289, № 6. С. 1378.

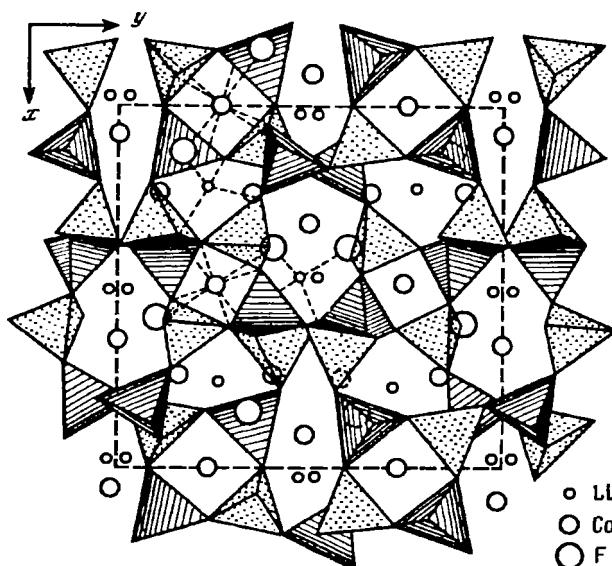
СТРУКТУРА ТИПА СЯНХУАЛИНИТА

	Сингония	Пр.гр.	<i>a</i> ₀
Сянхуалинит* Hsianghualinite Li ₂ Ca ₃ Be ₃ [SiO ₄] ₃ F ₂	Кубич.	<i>T</i> ⁵ -I2 ₃	12,864

Описан как минерал с невыясненной структурой (т. III, вып. 1, с. 522).

Основу структуры [1] составляет смешанный каркас из тетраэдров [SiO₄]⁴⁻ и BeO₄⁶⁻, аналогичный алюмосиликатному каркасу анальцима. Be и Si находятся в равных количествах и строго упорядоченно чередуются по тетраэдрическим позициям (фиг. 19). Относится к ортосиликатам.

Параллельно координатным плоскостям в каркасе выделяются слои, в которых имеются четверные кольца из Be- и Si-тетраэдров, соединенные с четырьмя соседними через одиночные тетраэдры с образованием крупных 12-членных петель. Угол Si-O-Be в кольцах составляет 121,7°, в мостиковых тетраэдрах – 140°. Слои накладываются друг на друга так, что четверные кольца одного слоя центрируют 7-членные петли соседних.



Фиг. 19. Структура сянхуалинита в проекции на плоскость (001) (по Расцветаевой и др.)

Са находится в восьмивершиннике (слегка скрученный куб), Li – в тетраэдрах из атомов О и F.

Межплоскостные расстояния (в Å) в тетраэдрах: Si–O = 1,617–1,636; Be–O = 1,61–1,67.

Л и т е р а т у р а

1. Расцветаева Р.К., Рехлова О.Ю., Андрианов В.И., Малиновский Ю.А. // ДАН СССР. 1991. Т. 316, № 3. С. 624.

СТРУКТУРА ТИПА СИТИНАКИТА

	Сингония	a_0	c_0	Уд.в.
Ситинакит $\text{Na}_2\text{KTi}_4[\text{SiO}_4]_2\text{O}_5\text{OH} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Тетраг.	7,821	12,021	2,86

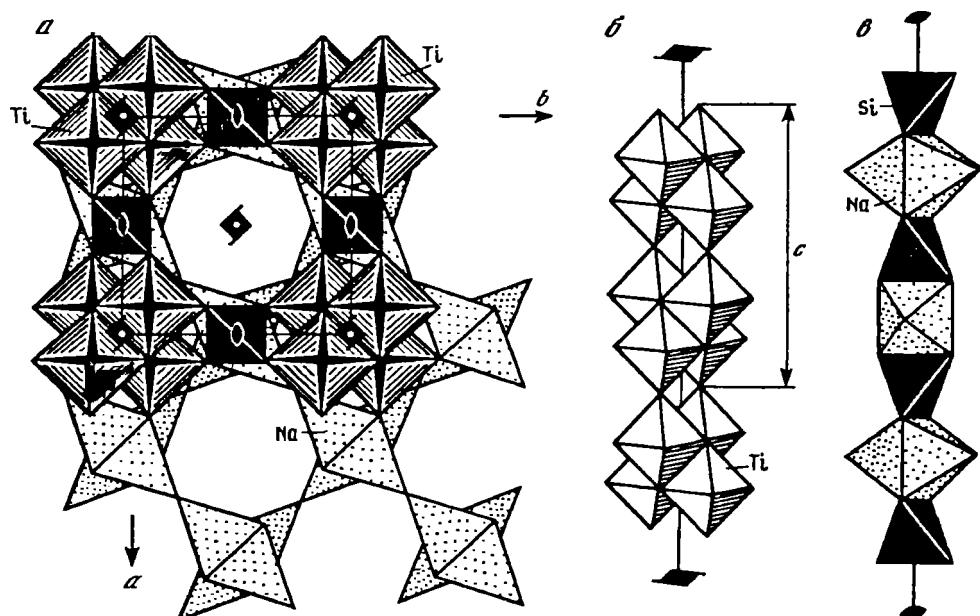
Ситинакит Sitinakite $\text{Na}_2\text{KTi}_4[\text{SiO}_4]_2\text{O}_5\text{OH} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

Назван по химическому составу (силикат титана, натрия, калия) [1]. Первоначально описан под условным названием "M46" [2].

Характ. выдел. Кристаллы ($1 \times 1 \times 2$ мм [1], от 0,5–1 до 2–3 мм [2]) и пластинчатые выделения до 3–5 см [2].

Структ. и морф. крист. Тетраг. с. $P4_2/mcm$. $a_0 = 7,821$, $c_0 = 12,021$ Å; $Z = 2$; $V = 735,3$ Å³ [1].

Основой структуры является новый тип октаэдрической колонки $[\text{Ti}_4\text{O}_{12}(\text{O}, \text{OH})_2]_{\infty}$, состоящей из объединенных через общие вершины кластеров $[\text{Ti}_4\text{O}_{12}(\text{O}, \text{OH})_4]$, сформированных четверками реберно-связанных Ti-октаэдров ($(\text{Ti}-\text{O})_{\text{cp}} = 1,972$ Å, длины ребер O–O варьируют от 2,912 до 2,526 Å) (фиг. 20, а–в).



Фиг. 20. Структура ситинакита (по Соколовой и др.)

а – проекция ab; б – новый тип колонки из Ti-октаэдров $[Ti_4O_{12}(O, OH)_2]..$; в – чередование Si-тетраэдров и Na-октаэдров вдоль оси с

Колонки связаны тетраэдрами $[SiO_4]$ ($Si-O = 1,628 \text{ \AA}$ при $O-O = 2,617-2,691 \text{ \AA}$) в мешанный Ti-Si-каркас, в котором вдоль диагоналей $[110]$ и $[1\bar{1}0]$ протягиваются цепочки из искаженных Na-октаэдров. Вдоль оси z , Na-октаэдры и Si-тетраэдры чередуются, их общее ребро укорочено до $2,617 \text{ \AA}$ (см. фиг. 20,в). Каналы цеолитового характера $[001]$ с сечением 5 \AA статистически заполнены атомами K и H_2O .

Кристаллохимическая формула с учетом данных химического анализа: $Na_2(H_2O)_2[Ti_{3,80}Nb_{0,20}]O_4(O_{1,5}OH_{0,5})_2(SiO_4)_2(K_{0,69}Na_{0,11})(H_2O)_{1,7}$, идеализированная формула: $Na_2(H_2O)_2[Ti_4O_5(OH)(SiO_4)_2]K(H_2O)_2$ [3].

В связи с аномальной оптической двусостностью минерала предполагается локальное понижение симметрии при заполнении канала атомами K и молекулами H_2O . Возможно понижение симметрии до ромбической в образцах с большим содержанием примеси атомов Nb при упорядоченном их распределении по двум октаэдрическим позициям Ti [3].

Сходные колонки из четверных октаэдрических кластеров, связанных орто-тетраэдрами $[A_4O_{12}(BO_4)]..$, где A – Ge^{4+} , Fe^{3+} , Ti^{4+} ; B – Ge^{4+} , As^{3+} , Si^{4+} , отмечаются некоторых природных и синтетических соединениях (германогерманат натрия, фармакосидерит и др.) [3].

Кристаллы кубовидные и короткопризматические, а также их сростки, включая члены характерные крестообразные [1, 2]. Хорошо развиты формы (100) , (001) и эзкие грани (110) . Отмечалась штриховка вдоль оси с [2].

Физ. св. Сп. совершенная по $\{100\}$, отдельность по $\{001\}$. Хрупкий. Излом ступенчатый. Тв. 4,5. Микротвердость 301–412 кгс/мм 2 (среднее 356), нагрузка 30–50 г. Уд.в. 2,86 (вычисл. 2,89). Цв. светло-коричневый с бледно-розовым оттенком, аже бесцветный. Просвечивает, в тонких сколах прозрачный. Черта белая. Бл.

стеклянный до перламутрового на плоскостях спайности. Флюоресценцией не обладает [1].

В ИК-спектре проявлены полосы поглощения 1660, 3000, 3350 и 3354 см⁻¹, что свидетельствует о присутствии молекул H₂O и OH-групп [1].

Микр. Одноосный, положительный. $n_0 = 1,780$, $n_e = 1,988$. Характерна аномальная двуосность ($2V = 10\text{--}11^\circ$) [1].

Хим. Анализы:

	1	2	3		1	2	3
Na ₂ O	10,79	10,79	10,68	Nb ₂ O ₅	5,05	5,05	7,46
K ₂ O	4,93	4,93	5,05	Ta ₂ O ₅	0,05	0,05	—
CaO	0,05	0,05	Не обн.	TiO ₂	46,68	46,68	43,22
SrO	0,96	0,96	0,18	ZrO ₂	0,08	0,08	—
BaO	0,58	0,58	0,86	SiO ₂	17,80	17,80	18,32
Ce ₂ O ₃	0,12	—	—	H ₂ O	11,70	11,70	12,0
Fe ₂ O ₃	0,16	0,16	0,28	Сумма	98,95	98,95*	98,13**

* В том числе TR₂O₃ – 0,12.

** В том числе Al₂O₃ – 0,08.

1 – Хибины (микрозонд., среднее из 3 анализов), H₂O определена термогравиметрическим методом [1]; 2 – Кукусумчорр, анал. Полежаева [2]; 3 – Коашва, анал. Куликова, H₂O – расчетная [2].

Эмпирическая формула (на 18 атомов O): (Na_{2,28}K_{0,68}Sr_{0,06}Ba_{0,02}Ca_{0,01})_{3,05} × (Ti_{3,82}Nb_{0,25}Fe_{0,01})_{4,08}Si_{1,94}O₁₃(OH_{0,54}O_{0,46}) · 3,98 H₂O. В упрощенном виде: Na₂KTi₄Si₂O₁₃(OH) · 4 H₂O [1].

Диаги. исп. В воде и кислотах (HCl и HNO₃) при комнатной температуре не растворяется [1].

Повед. при нагр. При нагревании от 180 до 700° удаляется 8,5% H₂O, от 700 до 1000° – медленно еще 3,2%. Суммарная потеря – 11,7%. Эндо- и экзотермические эффекты на кривой ДТА не выявлены. Структура минерала при прокаливании до 400° не меняется. При 500° минерал аморфизуется. От 600 до 1000° прокаленный материал дает рентгенограмму, идентичную таковой искусственного соединения Na₂Ti₅O₁₁. Прокаленное до 1000° вещество, сохранив исходную форму кристаллов, становится молочно-белым. При 1100° первичный кристалл распадается на агрегат мельчайших игольчатых черных кристаллов рутила [1].

Найдж. Установлен в Хибинском массиве в гидротермалите и двух пегматитовых жилах, залегающих в породах мельтейгит-уртитового ряда вблизи крупных апатитовых тел на горах Кукусумчорр и Юкспор [1], а также в ряде точек центральной дуги массива [2]. Впервые был обнаружен как первичный гидротермальный минерал в натролитовых желваках зонального строения (от периферии к центру: натролит, виноградовит, эгирин) из полей центральной части гидротермалита. Встречается в основном в виноградовитовой зоне, в меньшей степени в натролите и среди эгирина вблизи виноградовитовой зоны. Кристаллизуется несколько позже виноградовита [1]. Как вторичный гидротермальный минерал, замещающий ранние титаносиликаты (предположительно щербаковит, ломоносовит и ненадкевичит), отмечается в пегматитах, где совместно с виноградовитом, эгирином и шариками органического вещества или с биотитом и ненадкевичитом слагает псевдоморфозы по неизвестному пластинчатому минералу [1].

Межплоскостные расстояния ситинакита из Хибин [2]

Mo-излучение. Графитовый монохроматор

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
100	100	7,84	006	70	2,003
002	100	6,02	304	10	1,970
111	40	5,04	400	20	1,955
102	20	4,77	106	30	1,942
200	30	3,91	410	30	1,895
210	10	3,49	402	20	1,859
211	50	3,36	404	30	1,638
113	80	3,25	414; 423	10	1,604
104	50	2,805	306	10	1,591
220	20	2,767	430	10	1,563
114	40	2,643	217	10	1,541
300	60	2,608	511	10	1,520
310	30	2,475	433	10	1,457
311	30	2,427	513	10	1,433
204	20	2,385	317	10	1,410
313	10	2,106	406	20	1,399
224	10	2,035	128	10	1,380

Л и т е р а т у р а

1. Меньшиков Ю.П., Соколова Е.В., Егоров-Тисменко Ю.К., Хомяков А.П., Полежаева Л.И. // Зап. ВМО. 1992. Ч. 121, вып. I. С. 94.
2. Хомяков А.П. Минералогия ультраагпайтовых щелочных пород. М.: Наука, 1990. 200 с.
3. Соколова Е.В., Расцветаева Р.К., Андрианов В.И., Егоров-Тисменко Ю.К., Меньшиков Ю.П. // ДАН СССР. 1989. Т. 307, № 1. С. 114.

СИЛИКАТЫ СО СДВОЕННЫМИ КРЕМНЕКИСЛОРОДНЫМИ ТЕТРАЭДРАМИ

А. БЕЗ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ АНИОНОВ

Структура типа келдышита

Группа келдышита

- Келдышит $\text{Na}_3\text{HZr}_2[\text{Si}_2\text{O}_7]_2 \cdot n \text{H}_2\text{O}$
- Параакелдышит $\text{Na}_2\text{Zr}[\text{Si}_2\text{O}_7]$
- Хибинскит $\text{K}_2\text{Zr}[\text{Si}_2\text{O}_7]$

Структура типа мелилита

Группа мелилита

- Джеффрейит $(\text{Ca}, \text{Na})_2(\text{Be}, \text{Al})[\text{Si}_2(\text{O}, \text{OH})_7]$

Структура типа барилита

Группа барилита

- Андремейерит $\text{BaFe}_2[\text{Si}_2\text{O}_7]$
- Джунитоит $\text{CaZn}_2[\text{Si}_2\text{O}_7] \cdot \text{H}_2\text{O}$

Структура типа тортвейтита

Группа тортвейтита

- Кейвиит-(Yb) (Yb, Y)₂[\text{Si}_2\text{O}_7]
- Кейвиит-(Y) (Y, Yb)₂[\text{Si}_2\text{O}_7]
- Гиттинсит $\text{CaZr}[\text{Si}_2\text{O}_7]$

Структура типа эдгарбейлиита

- Эдгарбейлиит $\text{Hg}_6^+[\text{Si}_2\text{O}_7]$

Б. С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМИ АНИОНАМИ

Структура типа вердингита

- Вердингит $(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{Al}_{14}[\text{Si}_2\text{O}_7]_2(\text{BO}_3)_4\text{O}_{11}$

Структура типа бафертизита

Группа бафертизита

- Хейтманит $\text{Ba}(\text{Mn}, \text{Fe})_2\text{Ti}[\text{Si}_2\text{O}_7]\text{O}(\text{OH}, \text{F})_2$

Группа ломоносовита

- Вуоннемит $\text{Na}_{11}\text{TiNb}_2[\text{Si}_2\text{O}_7]_2(\text{PO}_4)_2\text{O}_3\text{F}$
- [Борнеманит] $\text{Na}_7\text{BaTi}_2\text{Nb}[\text{Si}_2\text{O}_7]_2(\text{PO}_4)\text{O}_3\text{F}$

Структура типа перрьеита

Группа перрьеита

- Стронциочевкинит $\text{Sr}_2(\text{La}, \text{Ce})_{1,5}\text{Ca}_{0,5}\text{Fe}_{0,5}^{2+}\text{Fe}_{0,5}^{3+}(\text{Ti}, \text{Zr})_2\text{Ti}_2[\text{Si}_2\text{O}_7]_2\text{O}_8$

*Структура типа бельковита*Бельковит $\text{Ba}_3(\text{Nb}, \text{Ti})_6[\text{Si}_2\text{O}_7]_2\text{O}_{12}$ *Структура типа куспидина*

Группа куспидина

Багдадит $\text{Ca}_3\text{Zr}[\text{Si}_2\text{O}_7]\text{O}_2$ Бурпалит $\text{Na}_2\text{CaZr}[\text{Si}_2\text{O}_7](\text{F}, \text{OH})_2$ Янхаугит $(\text{Na}, \text{Ca})_3(\text{Mn}, \text{Fe})_3(\text{Ti}, \text{Zr}, \text{Nb})_2[\text{Si}_2\text{O}_7]_2(\text{O}, \text{OH}, \text{F})_4$ Йортдалит $(\text{Na}, \text{Ca})_4\text{Ca}_8\text{Zr}_2\text{M}_2[\text{Si}_2\text{O}_7]_4\text{O}_3\text{F}_5$,где $\text{M} = \text{Zr}, \text{Ti}, \text{TR}, \text{Y}, \text{Ca}, \text{Mn}^{2+}, \text{Fe}^{2+}, \text{Nb}$ Джаффеит $\text{Ca}_6[\text{Si}_2\text{O}_7](\text{OH})_6$

Группа сейдоэзерита

Накарениобсит-(Ce) $\text{NbNa}_3\text{Ca}_3(\text{Ce}, \text{La}, \text{Nd})[\text{Si}_2\text{O}_7]_2\text{OF}_3$ *Структура типа ферсманита*Ферсманит* $\text{Ca}_5\text{Na}_3\text{Ti}_3\text{Nb}[\text{Si}_2\text{O}_7]\text{O}_8\text{F}_2$ *Структура типа киллалаита*Киллалаит $\text{Ca}_{3+x}\text{H}_{1-x}[\text{Si}_2\text{O}_7](\text{OH})$ *Структура типа ильвайта*

Группа ильвайта

Хенномартинит $\text{SrMn}_2^{3+}[\text{Si}_2\text{O}_7](\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ *Структура типа назонита*Назонит* $\text{Pb}_6\text{Ca}_4[\text{Si}_2\text{O}_7]_3\text{Cl}_2$ *Структура типа ганомалита*Ганомалит* $\text{Pb}_9\text{Ca}_5\text{Mn}[\text{Si}_2\text{O}_7]_3[\text{SiO}_4]_3$ *Структура типа эпидота*

Группа эпидота

Стронциопьемонтит $\text{CaSr}(\text{Al}, \text{Mn}^{3+}, \text{Fe}^{3+})_3[\text{Si}_2\text{O}_7][\text{SiO}_4]\text{O}(\text{OH})$ Диссакисит-(Ce) $\text{CaCeMgAl}_2[\text{Si}_2\text{O}_7][\text{SiO}_4]\text{O}(\text{OH})$ Долласеит-(Ce) $\text{CaCeMg}_2\text{Al}[\text{Si}_2\text{O}_7][\text{SiO}_4]\text{F}(\text{OH})$ Христовит-(Ce) $\text{CaCeMgMnAl}[\text{Si}_2\text{O}_7][\text{SiO}_4]\text{F}(\text{OH})$ Макфаллит $\text{Ca}_2\text{Mn}_3^{3+}[\text{Si}_2\text{O}_7][\text{SiO}_4](\text{OH})_3$ *Структура типа пумпеллиита*

Группа пумпеллиита

Пумпеллиит-(Mn^{2+}) $\text{Ca}_2(\text{Mn}^{2+}, \text{Mg})(\text{Al}, \text{Mn}^{3+}, \text{Fe}^{3+})_2[\text{Si}_2\text{O}_7][\text{SiO}_4](\text{OH})_2 \cdot 0,5 \text{ H}_2\text{O}$ Охотскит $\text{Ca}_2(\text{Mn}^{2+}, \text{Mg})(\text{Mn}^{3+}, \text{Al}, \text{Fe}^{3+})_2[\text{Si}_2\text{O}_7][\text{SiO}_4](\text{OH})_2; \text{Mn}^{3+} > \text{Mn}^{2+}$ Шуйскит $\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Al})(\text{Cr}, \text{Al})_2[\text{Si}_2\text{O}_7][\text{SiO}_4](\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}; \text{Cr} > \text{Al}$ *Структура типа квейтита*Квейтийт $\text{Pb}_4\text{Zn}_2[\text{Si}_2\text{O}_7][\text{SiO}_4](\text{SO}_4)$ *Структура типа деллаита*Деллаит $\text{Ca}_6[\text{Si}_2\text{O}_7][\text{SiO}_4](\text{OH})_2$ *Структура типа рустумита*Рустумит* $\text{Ca}_{10}[\text{Si}_2\text{O}_7]_2[\text{SiO}_4](\text{OH})_2\text{Cl}_2$ *Структура типа самфоулерита*Самфоулерит $\text{Ca}_{14}\text{Mn}_3\text{Zn}_2(\text{Zn}, \text{Be})_2\text{Be}_6[\text{Si}_2\text{O}_7]_4[\text{SiO}_4]_6(\text{OH}, \text{F})_6$

А. БЕЗ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ АНИОНОВ

СТРУКТУРА ТИПА КЕЛДЫШИТА

ГРУППА КЕЛДЫШИТА

	Сингония	a_0	b_0	c_0	β	$V(\text{Å}^3)$	Уд.в.
Келдышит $\text{Na}_3\text{H}\text{Zr}_2[\text{Si}_2\text{O}_7]_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	Трикл. $P\bar{1}$	9,00	5,34	6,96	116°'	300,4	3,22
Паракелдышит $\text{Na}_2\text{Zr}[\text{Si}_2\text{O}_7]$	Трикл. \bar{P}	9,31	5,42	6,66	115 20	302,8	3,33
Хибинскит $\text{K}_2\text{Zr}[\text{Si}_2\text{O}_7]$	Монокл. $C2/m$	19,22	11,10	14,10	116 30	2692,1	3,4

Группа объединяет структурно родственные, однотипные по формуле и близкие по свойствам щелочные силикаты циркония с общей формулой $\text{A}_2^+\text{Zr}[\text{Si}_2\text{O}_7]$, где A_2^+ – Н и/или щелочные катионы Na и K [1, 2]. Кроме келдышита, к группе относятся два безводных представителя – хибинскит [3] и паракелдышит [4]. По составу, свойствам и условиям образования к келдышиту также близок еще недостаточно изученный гидратированный Na-минерал, описанный первоначально как "фаза IV" [5–7], а позже как "минерал M34" [1] состава $\text{NaH}\text{Zr}[\text{Si}_2\text{O}_7] \cdot n\text{H}_2\text{O}$ [5, 6].

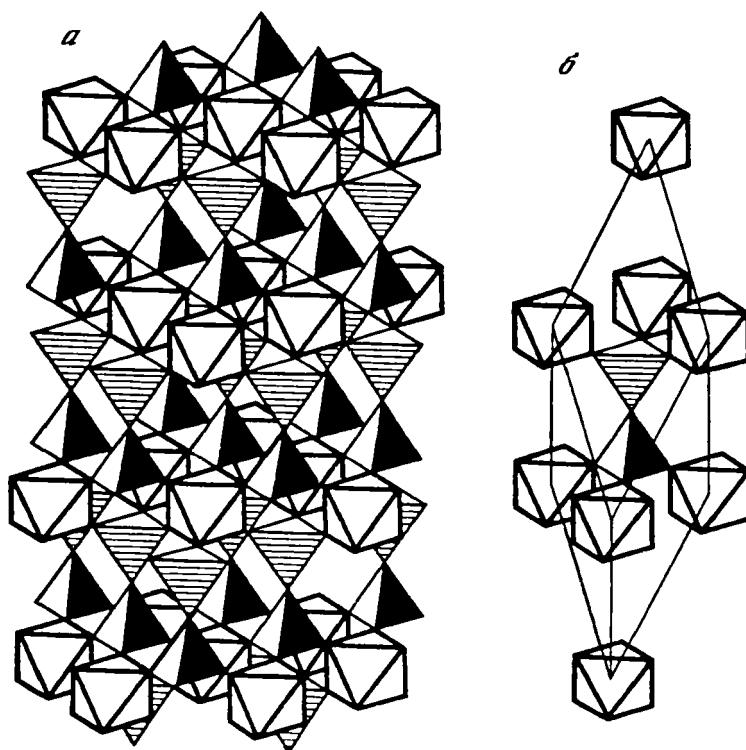
Главная черта структуры минералов группы – послойное чередование Zr -октаэдров и диортогрупп $[\text{Si}_2\text{O}_7]$, образующих каркас смешанного типа, в котором все "немостиковые" атомы кислорода диортогрупп одновременно являются вершинами Zr -октаэдров; щелочные катионы приурочены к крупным полостям и каналам, пронизывающим Si-Zr-каркас (фиг. 21, а, б) [4, 8, 9]. В структуре паракелдышита два типа крупных пустот заселены атомами Na_1 и Na_2 , (фиг. 22, а), у келдышита отсутствует атом Na_1 (см. фиг. 22, б), позиция которого вакантна, и для компенсации отрицательного заряда каркаса в структуру внедряются атомы водорода. Слабая химическая связь части щелочных атомов со структурой объясняет низкую устойчивость келдышита, его способность легко замещаться более декатионированным соединением – "фазой IV". Поэтому в природе келдышит является минералогической редкостью, а "фаза IV" пользуется более широким распространением [4, 10].

Для триклинических келдышита и паракелдышита при различных линейных и угловых параметрах решетки характерна близость объемов ячейки. Ярко выражена тригональная псевдосимметрия, которая проявляется в характерном расположении сферического треугольника, связывающего полюса трех систем совершенной спайности по псевдоромбоздру (100), (111), (111) относительно двойниковской плоскости (001) [1, 10].

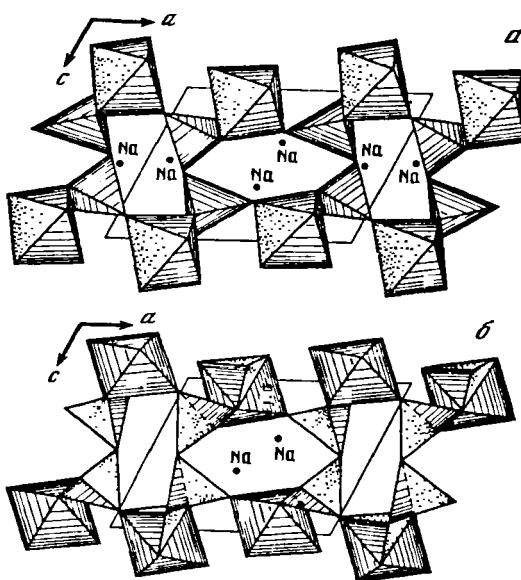
Кристаллическая структура хибинскита в основных чертах подобна структуре паракелдышита [9]. Предполагается, что структура мало изученной "фазы IV" однотипна со структурами данной группы.

Из минералов группы наиболее распространены натриевые представители. Келдышит и паракелдышит встречаются в одних и тех же породах. Паракелдышит – высокотемпературный первичный минерал высокоагпайтовых пород, кристаллизующийся вместо эвдиалита либо совместно с ним. Келдышит и "фаза IV" – продукты стадийного изменения паракелдышита в эпимеральных и гипергенных условиях [1, 2].

Естественная последовательность минералов данной группы может быть представлена эволюционным рядом паракелдышит–келдышит–"фаза IV", кристаллизующихся из обогащенных щелочами, летучими и редкими элементами



Фиг. 21. Идеализированная (ромбоэдрическая) основа структур минералов группы келдышита (по Воронкову и др.)
а – общий вид; б – элементарная ячейка



Фиг. 22. Структура паракелдышита (а) и келдышита (б) в проекции вдоль оси b (по Халилову и др.)

агпайтовых расплавов-растворов. Хибинскит – типоморфный минерал ультраагпайтовых ассоциаций калиевого типа. Показатель щелочности K хибинскита и паракелдышита – 40%, келдышита – 33%, "фазы IV" – 25% [1, 2, 11].

Л и т е р а т у р а

- Хомяков А.П. Минералогия ультраагпайтовых щелочных пород. М.: Наука, 1990. 200 с.
- Хомяков А.П. // Научные основы и практическое использование типоморфизма минералов: Материалы XI съезда ММА, Новосибирск, 4–10 сентября 1977 г. М.: Наука, 1980. С. 152.
- Носырев Н.А., Треушников Е.Н., Воронков А.А., Илюхин В.В., Ганиев Р.М., Белов Н.В. // ДАН СССР. 1976. Т. 231, № 6. С. 1351.
- Хомяков А.П. // Там же. 1977. Т. 237, № 3. С. 703.
- Халилов А.Д., Хомяков А.П., Махмудов С.А. // Там же. 1978. Т. 238, № 3. С. 573.
- Хомяков А.П., Воронков А.А., Казакова М.Е., Власова Е.В., Смольянинова Н.Н. // Тр. Минерал. музея АН СССР. 1975. Вып. 24. С. 120.
- Хомяков А.П. // Там же. 1976. Вып. 25. С. 90.
- Воронков А.А., Сизова Р.Г., Илюхин В.В., Белов Н.В. // Кристаллография. 1973. Т. 18, № 1. С. 112.
- Чернов А.Н., Максимов Б.А., Илюхин В.В., Белов Н.В. // ДАН СССР. 1970. Т. 193, № 6. С. 1293.
- Хомяков А.П. // Геохимия. Минералогия. Петрология: XXV Междунар. геол. конгр.: Докл. сов. геологов. М.: Наука, 1976. С. 233.
- Хомяков А.П., Казакова М.Е., Абрамова Т.А., Александрова Р.А., Капцов В.В. // Новые данные по минералогии и минералогическим методам исследования. М.: Наука, 1977. С. 14.

Келдышит Keldyshite



Первоначально открытый келдышит [1] оказался сростками двух разных силикатов циркония: "фазы II" – $\text{Na}_2\text{Zr}[\text{Si}_2\text{O}_7]$ [2, 3], позже названной паракелдышитом [4], и "фазы I" – $\text{Na}_3\text{HZr}_2[\text{Si}_2\text{O}_7]_2 \cdot n \text{H}_2\text{O}$, которая с 1977 г. утверждена в качестве келдышита [5].

Характ. выдел. Зерна неправильной формы (1–5 мм), агрегаты зерен, сростки с паракелдышитом, псевдоморфозы по нему [2, 3].

Структ. и морф. крист. [5]. Трикл. с. $C_i^1 - P\bar{1}$. $a_0 = 9,0$, $b_0 = 5,34$, $c_0 = 6,96 \text{ \AA}$; $\alpha = 92^\circ$, $\beta = 116^\circ$, $\gamma = 88^\circ$; $a_0 : b_0 : c_0 = 0,1685 : 1 : 1,3034$; $V = 300,4 \text{ \AA}^3$; $Z = 2$.

Описание структуры см. во Введении к группе (см. фиг. 22, б).

Своеобразие структуры келдышита – в особом положении одного (из трех на ячейку) атома Na (не фиксируется структурным анализом). Полученная в результате структурной расшифровки формула келдышита $\text{NaZr}[\text{Si}_2\text{O}_6\text{OH}]$ отличается от формулы, рассчитанной непосредственно из данных химического анализа, более низким содержанием Na (два атома, вместо трех на ячейку). Возможно, причиной несоответствия является статистическое распределение 1/3 атомов Na [6]. Молекулы воды располагаются в пустотах Si-Zr-каркаса или дополняют Zr-октаэдры до семивершинников [7]. Согласно [7], наиболее вероятным положением OH-групп в структуре келдышита являются узлы решетки, служащие общими вершинами для Zr-октаэдров и диортогрупп $[\text{Si}_2\text{O}_7]$.

Межатомные расстояния (в \AA) [5]: в Zr-октаэдрах $\text{Zr}-\text{O} = 1,91\text{--}2,24$, $\text{O}-\text{O} = 2,70\text{--}3,18$; в Si-тетраэдрах $\text{Si}(1)-\text{O} = 1,60\text{--}1,78$, $\text{O}-\text{O} = 2,66\text{--}3,30$, $\text{Si}(2)-\text{O} = 1,64\text{--}1,75$, $\text{O}-\text{O} = 2,62\text{--}3,03$; в Na-полиэдрах $\text{Na}-\text{O} = 2,30\text{--}3,20$, $\text{O}-\text{O} = 2,54\text{--}3,09$, $2,71\text{--}3,43$.

Физ. св. Сп. по (100), $(\bar{1}\bar{1}1)$, $(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$ и (001) совершенная. Очень хрупок, легко растирается в порошок. Тв. 344–458 кгс/мм². Уд.в. 3,22. Цв. снежно-белый. Бл. матовый, шелковистый. Непрозрачен, в тонких сколах просвечивает [2, 3].

В ультрафиолетовых лучах свечение интенсивное [2].

На ИК-спектре максимумы поглощения в области 3200–3400, 1400 cm^{-1} связаны с колебаниями OH-групп и молекул H_2O , в области 1155 cm^{-1} – с деформационными колебаниями связей Si–OH. Интенсивность линии 1155 cm^{-1} почти не меняется при нагревании до 400°, но резко ослабляется при более высоких температурах, вызывая разрушение OH-групп [3, 7].

Микр. Двусный (+). $n_g = 1,710$, $n_m = 1,682$, $n_p = 1,662$; $2V = 83^\circ$. Характерны сложные полисинтетические двойники; эндотаксические срастания с паракелдышитом: плоскости срастания фаз параллельны (112) и (302); неполные гомоосевые псевдоморфозы по паракелдышиту с наследованием не только внешней формы зерен последнего, но и основных деталей внутреннего строения, включая расположение первичных двойников. Участки зерен келдышита и паракелдышита погасают разновременно благодаря их индивидуальным оптическим ориентировкам [8, 9].

Хим. Анализ (образец из долины р. Тавайок, Ловозеро, анал. Казакова): $\text{Na}_2\text{O} - 14,05$; $\text{K}_2\text{O} - 0,28$; $\text{CaO} - 1,40$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 0,09$; $\text{SiO}_2 - 39,80$; $\text{ZrO}_2 - 40,46$; $\text{TiO}_2 - 0,60$; $\text{H}_2\text{O} - 2,56$; сумма 99,24.

Эмпирическая формула (на основе Si + Zr = 6): $(\text{Na}_{2,72}\text{K}_{0,08}\text{Ca}_{0,15})_{2,90} \times \text{H}_{1,00}\text{Zr}_{2,00}\text{Si}_{4,00}\text{O}_{14,02} \cdot 0,36 \text{H}_2\text{O}$ [2].

По Е.И. Семенову (1991) – $\text{H}_{0,5}\text{Na}_{1,5}\text{ZrSi}_2\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$, по М. Флейшеру (1990) – $\text{Na}_{2-x}\text{H}_x\text{ZrSi}_2\text{O}_7 \cdot n \text{H}_2\text{O}$.

Диагн. испл. [8]. После обработки слабой 3%-ной HCl переходит в соединение $\text{NaHZr}[\text{Si}_2\text{O}_7] \cdot n \text{H}_2\text{O}$ ("фаза IV" [2]).

Повед. при нагр. [5]. На кривой ДТА отмечается несколько эндотермических эффектов: 150–200, 280–340, 460 и 530°. При 150–200 и 280–340° наблюдается потеря веса без структурных изменений, что указывает на цеолитный характер части воды. При 460 и 530° происходит полиморфный переход в паракелдышит.

Нахожд. Обнаружен в фойяите и в керне буровой скважины в северо-западной части Ловозерского щелочного массива (гора Аллуайв и район р. Тавайок). Представлен скоплениями зерен (1–5 мм) неправильной формы в интерстициях между калиевым полевым шпатом, нефелином, содалитом, эгирином. Находится также в ассоциации с эвдиалитом, лампрофиллитом, апатитом, ильменитом, сфером. Развивается в виде гомоосевых псевдоморфоз по паракелдышиту [1, 2].

Изм. [8]. В эпимеральных и гипергенных условиях легко замещается более тубоко декатионированным соединением $\text{NaHZr}[\text{Si}_2\text{O}_7] \cdot n \text{H}_2\text{O}$ ("фаза IV" [2]).

Отл. [8]. От паракелдышита отличается снежно-белой окраской, четко выраженной природой вторичных выделений (в виде гомоосевых псевдоморфоз), характером двойникования (двойниковые прослойки более тонкие, а их число на 1–2 порядка выше), противоположным оптическим знаком и более низкими показателями преломления.

Межплоскостные расстояния келдышита горы Аллуайв, Ловозеро [2]

Fe-излучение, $D = 57,3 \text{ мм}$

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
111	2	6,24	—	2	1,683
01, 200; 111	8	4,18	411; 113; 223; 304; 204	2	1,648
111	10	3,99	510; 323; 214	2	1,614
111	3	3,38	510; 222; 513	2	1,575
22; 111	1	3,27	331; 602; 023; 314; 214; 414;	2	1,547
—	5	2,97	123; 522	—	—
2, 201	3	2,90	—	2	1,521
—	3	2,83	—	2	1,493
22, 112; 012	2	2,74	520; 324; 421	2	1,453

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
311; 302	4	2,67	313; 621	2	1,323
—	3	2,62	530; 214	2	1,276
310; 312	3	2,42	233; 434	2	1,236
—	1	2,33	042; 015; 714; 124	2	1,195
221	2	2,26	714; 124	2	1,195
301; 112; 203	2	2,22	802; 043; 803	2	1,159
303; 213; 222	3	2,16	—	3	1,103
222; 003; 313	3	1,998	—	2	1,049
322; 410	2	1,946	—	2	1,028
212	3	1,903	—	2	1,016
401; 421; 421; 122; 223	1	1,721	—		
123					
302; 223	3	1,708			

Л и т е р а т у р а

- Герасимовский В.И. // ДАН СССР. 1962. Т. 142, № 4. С. 916.
- Хомяков А.П., Воронков А.А., Казакова М.Е., Власова Е.В., Смольянинова Н.Н. // Тр. Минерал. музея АН СССР. 1975. Вып. 24. С. 120.
- Хомяков А.П. // Там же. 1976. Вып. 25. С. 90.
- Хомяков А.П. // ДАН СССР. 1977. Т. 237, № 3. С. 703.
- Халилов А.Д., Хомяков А.П., Махмудов С.А. // Там же. 1978. Т. 238, № 3. С. 573.
- Хомяков А.П., Казакова М.Е., Абрамова Т.А., Александрова Р.А., Капцов В.В. // Новые данные по минералогии и минералогическим методам исследований. М.: Наука, 1977. С. 14.
- Хомяков А.П., Калиниченко А.М., Власова Е.В. // ДАН СССР. 1976. Т. 229, № 5. С. 1209.
- Хомяков А.П. Минералогия ультраагпайтовых щелочных пород. М.: Наука, 1990. 200 с.
- Хомяков А.П. // Геохимия. Минералогия. Петрология: XXV Междунар. геол. конгр.: Докл. сов. геологов. М.: Наука, 1976. С. 233.

Паракелдышит Parakeldyshite

Название отражает сходство с келдышитом [1].

Первоначально упоминался как "минерал N" [2], "кристаллическая фаза" [1, 3], "новая природная модификация $\text{Na}_2\text{Zr}[\text{Si}_2\text{O}_7]$ " [4], "минерал № 1" [5], "фаза II" [6, 7].

Характ. выдел. Зерна от 1–5 мм [1] до 3 см [8], агрегаты зерен, сростки с келдышитом, микровключения в хибинитах [1].

Структ. и морф. крист. Трикл. с. $C_i - P\bar{1}$. $a_0 = 9,31$, $b_0 = 5,42$, $c_0 = 6,66 \text{ \AA}$; $\alpha = 94^\circ 54'$, $\beta = 115^\circ 20'$, $\gamma = 89^\circ 35'$; $a_0 : b_0 : c_0 = 1,7177 : 1 : 1,2288$; $V = 302,8 \text{ \AA}^3$; $Z = 2$ [1, 4]. $a_0 = 5,419$, $b_0 = 6,607$, $c_0 = 8,806 \text{ \AA}$; $\alpha = 71,50$, $\beta = 87,15$, $\gamma = 85,63^\circ$; $V = 298,0 \text{ \AA}^3$; $Z = 2$ (для образца из Норвегии) [8].

Основа структуры (см. фиг. 22,а) – каркас смешанного типа из Zr-октаэдров и диортогрупп $[\text{Si}_2\text{O}_7]$, в котором все "немостиковые" атомы кислорода диортогрупп одновременно являются вершинами Zr-октаэдров. Оба типа полизидров располагаются слоями, параллельными (001), причем чисто октаэдрические слои чередуются со слоями из диортогрупп в направлении оси *c*. Щелочные катионы приурочены к крупным полостям и каналам, пронизывающим Si-Zr-каркас [9, 10].

Межатомные расстояния (в Å) [4]: Zr–O = 2,05–2,22; Si–O = 1,58–1,76; в Na-полизидрах: Na–O = 2,24–2,93.

Структурно родственен другим природным и искусственным соединениям состава $\text{A}_2\text{B}[\text{Si}_2\text{O}_7]$ [6, 11, 12].

Природные кристаллы не встречены. На кристаллах синтетического аналога установлены формы: *c*{001}, *a*{100}, *o*{111}, *w*{111} [6].

Формы:

	ϕ^* (среднее)	ρ^* (среднее)	ϕ^{**}	ρ^{**}
<i>c</i> 001	80°00'	25°02'	79°36'	25°42'
<i>a</i> 100	89 09	90 00	88 27	90 00
<i>k</i> $\bar{1}01$	281 00	18 12	281 41	17 59
<i>o</i> $\bar{1}11$	345 55	53 00	346 14	53 11
<i>w</i> $\bar{1}\bar{1}1$	195 48	50 10	195 17	50 21

* Синтетический кристалл. ** Вычислены из рентгеновских данных для природного минерала.

Физ. св. Сп. по (100) и (001) совершенная, по ($\bar{1}11$) и ($\bar{1}\bar{1}1$) менее совершенная [6]. Углы между плоскостями спайности 60 и 80°. Тв. ~ 5 [1], 5,5–6 – у образца из Норвегии [8]. Уд.в. 3,33. Бесцветный. Бл. сильный, стеклянный. Водяно-прозрачный в тонких сколах, мутноватый – в толстых [1].

В коротковолновой области ультрафиолетового излучения люминесцирует в интенсивно-розовых тонах, в длинноволновой – в бледно-розовых [8].

На ИК-спектре характеристические полосы с максимумами: 990, 945, 880, 595, 560, 503, 472 cm^{-1} [6, 7].

Микр. Двусочный (–). $n_g = 1,718$, $n_m = 1,697$, $n_p = 1,670$; $2V = 83^\circ$ [1]. $n_g = 1,713$, $n_m = 1,692$, $n_p = 1,670$; $2V = 84^\circ$; $Ng \approx a$, $Nm \approx c$, $Np \approx b$ – для образца из Норвегии [8]. Характерны пересекающиеся полисинтетические двойники, особенность которых в преобладающем (свыше 90 об.%) развитии одной системы индивидов (A) над двумя другими (B и C), и закономерные (эндотаксические) прорастания с келдышитом [9]. Положение полюса плоскости (001) по отношению к осям индикаторисы: $PNg = 7^\circ$, $PNm = 83^\circ$, $PNp = 89^\circ$ [1].

Хим. Теор. состав: $\text{Na}_2\text{O} - 20,31$; $\text{ZrO}_2 - 40,36$; $\text{SiO}_2 - 39,33$ [1].

Анализы:

	Na_2O	K_2O	MgO	CaO	Al_2O_3	$\text{Fe}_2\text{O}_3 +$ + FeO	TiO_2	ZrO_2^*	SiO_2	H_2O^+	H_2O^-	Сумма
1	17,97	1,13	–	3,50	–	0,29	Сл.	38,70	38,80	Сл.	0,00	100,39
2	19,33	0,25	0,03	0,27	0,21	0,18	0,13	40,07	39,22	0,48	0,00	100,17

* В том числе 0,60% HfO_2 .

1 – гора Тахтарвумчорр, Хибины, анал. Казакова [1]; 2 – Бафтхаген, Лёгендальен, около г. Ларвик, Норвегия, анал. Брум [8].

Эмпирические формулы:

1 – $(\text{Na}_{1,81}\text{K}_{0,07}\text{Ca}_{0,19})_{2,07}\text{Zr}_{0,98}\text{Si}_{2,02}\text{O}_{7,13}$ (при $\text{Si} + \text{Zr} = 3$) [1];

2 – $(\text{Na}_{1,899}(\text{H}_2\text{O})_{0,054}\text{K}_{0,016}\text{Ca}_{0,015})_{1,984}(\text{Zr}_{0,990}\text{Fe}_{0,007}\text{Ti}_{0,005}\text{Mg}_{0,002})_{1,004}(\text{Si}_{1,987}\text{Al}_{0,012})_{1,999}\text{O}_{6,995}$ (на основе 2($\text{Si} + \text{Al}$)) [8]).

Диагн. исп. Малоустойчив. Разлагается на холода 5%-ной HCl с выделением геля кремнекислоты [1]. Искусственный аналог $\text{Na}_2\text{Zr}[\text{Si}_2\text{O}_7]$ в гидротермальных условиях разрушается в интервале температур 200–300° с образованием $\beta\text{-ZrO}_2$, ZrSiO_4 и других продуктов [13].

Найдено. Высокотемпературный первичный позднемагматический минерал агпайтовых нефелиновых сиенитов и их дериватов. Обнаружен в жильных и широ-видных пегматоидных нефелин-содалитовых сиенитах Ловозерского щелочного массива (горы Аллуайв). Образует скопления мелких (1–5 мм, редко 1–3 см) зерен неправильной формы в интерстициях между кристаллами полевых шпатов, нефелина, содалита, эгирина. Ассоциирует также с эвдиалитом, рамзайтом, ломоносовитом, лампрофиллитом, пектолитом, апатитом и лопаритом [1, 9].

В Хибинском массиве встречен в пегматоидных разностях хибинитов (гора Тахтарвумчорр) и ийолитов (долина Гакмана). Совместно с хибинитом слагает промежуточную зону овоидов (диаметром до 1 см), внешняя часть которых сложена эвдиалитом, центральная – цирконом. Находится в ассоциации с щелочными амфиболами, энгматитом, рамзайтом, лампрофиллитом, ловчорритом, ильменитом, флюоритом, апатитом, молибденитом, пирротином [1, 9].

В Южной Норвегии обнаружен в виде неправильной формы зернистых скоплений в нефелиновых сиенитах, секущих фойяиты (Браттхаген, Лёгендален). Встречается в ассоциации с щелочным полевым шпатом, нефелином, эгирином, пирофанитом, лопаритом, биотитом, анальцином, цеолитом, реже с бёмитом, гентгельвином и эвдиалитом [8].

Изм. [1]. В эптермальных и гипергенных условиях последовательно преобразуется в келдышит, затем в недоизученный минерал с приблизительным составом $\text{NaHZrSi}_2\text{O}_7 \cdot n \text{H}_2\text{O}$ ("фаза IV" [6–9]).

Искусств. Получен при гидротермальном синтезе в системах $\text{Na}_2\text{O}-\text{SiO}_2-\text{ZrO}_2$ [14], $\text{ZrO}_2-\text{SiO}_2-\text{Na}_2\text{O}-\text{H}_2\text{O}$ [15, 16], $\text{Na}_2\text{O}-\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{ZrO}_2$ [9]; спеканием NaOH , Na_2CO_3 , ZrO_2 (марки "ч"), очищенного кварца и циркона при 900–1100° в течение 3 ч и последующей перекристаллизацией полученных спеков в расплаве дисиликата Na в течение 80–100 ч при 1050° [17].

Межплоскостные расстояния паракелдышита горы Тахтарвумчорр, Хибины [1]

Fe α -излучение, Mn-фильтр. Дифрактометр

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
100	8	8,33	311	28	2,645	302	7	1,717
001	11	5,99	120	2	2,591	131	12	1,704
–	5	4,65	021	2	2,541	422	4	1,678
110	16	4,59	310	9	2,499	023	9	1,668
110	5	4,48	310	11	2,444	132	5	1,633
201	9	4,38	221	12	2,268	510; 232	12	1,606
111	50	4,22	301	18	2,197	510	10	1,583
200	100	4,17	122	7	2,172	331	5	1,560
101	13	4,12	222	5	2,111	331	5	1,544
111	70	3,96	400	14	2,085	414; 602;	7	1,528
211	13	3,46	221	4	2,036	330		
102	2	3,30	311	7	2,013	522	3	1,520
–	4	3,20	222	19	1,982	423; 521	4	1,510
111	6	3,17	410	9	1,965		3	1,499
202	5	3,13	322	4	1,942		3	1,491
301	9	3,05	013	11	1,926		3	1,476
002	4	2,98	403	7	1,887		5	1,446
112; 201	45	2,91	103	3	1,782		5	1,438
212; 300	13	2,784	031	4	1,767		3	1,424
112	25	2,718	401	7	1,756		4	1,413
020; 302	35	2,704	321	8	1,746		3	1,388
311	36	2,671	512	6	1,730		1	1,352
							6	1,337

Межплоскостные расстояния паракелдышита месторождения Лёгендален (Норвегия) [8]

FeK α -излучение. Дифрактометр и камера Гинье

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
001	2	8,37	200	7	2,703	220	5	1,983
011	6	6,00	112	5	2,676	104	2	1,965
100	1	5,40	112	4	2,646	221	1	1,943
101	3	4,601	113	1	2,623	133	3	1,925
101	2	4,483	201	1	2,589	130	1	1,906
011	2	4,380	211	1	2,543	031	2	1,889

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
110	7	4,234	103	2	2,503	034	1	1,782
002	8	4,179	103	2	2,450	301	1	1,770
012	3	4,121	121	1	2,438	311	1	1,765
110	10	3,963	211	3	2,270	015	1	1,757
111	4	3,458	123	1	2,212	214	1	1,749
021	2	3,292	014	4	2,200	123	1	1,730
112	2	3,175	212	1	2,192	025	1	1,716
020	2	3,129	221	2	2,173	310	4	1,704
012	2	3,055	220	1	2,111	311	1	1,685
022	1	2,989	004	3	2,086	222	1	1,678
121	9	2,913	024	1	2,062	233	2	1,669
013	5	2,905	213	1	2,041	042	1	1,644
120	4	2,785	114	1	2,005	321	2	1,635
121	6	2,718	033	1	1,999			

Л и т е р а т у р а

- Хомяков А.П // ДАН СССР. 1977. Т. 237, № 3. С. 703.
- Буссен И.В., Гойко Е.А., Меньшиков Ю.П. // Материалы по минералогии Кольского п-ова. М.: Наука, 1972. Вып. 9. С. 59.
- Хомяков А.П., Казакова М.Е., Воронков А.А. // ДАН СССР. 1969. Т. 189, № 1. С. 166.
- Воронков А.А., Шумицкая Н.Г., Пятенко Ю.А. // Журн. структур. химии. 1970. Т. 11, № 5. С. 932.
- Хомяков А.П., Воронков А.А. // Тр. Минерал. музея АН СССР. 1973. Вып. 22. С. 215.
- Хомяков А.П., Воронков А.А., Казакова М.Е., Власова Е.В., Смольянинова Н.Н. // Там же. 1975. Вып. 24. С. 120.
- Хомяков А.П. // Там же. 1976. Вып. 25. С. 90.
- Raade G., Mladec M.H. // Canad. Miner. 1977. Vol. 15, pt 1. P. 102.
- Хомяков А.П. Минералогия ультраагпантовых щелочных пород. М.: Наука, 1990. 200 с.
- Хильцов А.Д., Хомяков А.П., Махмудов С.А. // ДАН СССР. 1978. Т. 238, № 3. С. 573.
- Скират С.И., Симонов В.И., Белов Н.В. // Там же. 1969. Т. 184, № 2. С. 337.
- Воронков А.А. // Кристаллография. 1978. Т. 18, № 1. С. 112.
- Полежаев Ю.М., Рутман Д.С., Горопов Ю.С. // Геохимия. 1975. № 4. С. 627.
- D'Ans J., Löffler J. // Ztschr. anorg. allgem. Chem. 1930. Bd. 191. S. 1.
- Bauss G., Caruba R., Baumer A., Turco G. // Bull. Soc. franç. miner. et cristallogr. 1974. Vol. 97, N 6. P. 433.
- Christophe-Michel-Levy M. // Ibid. 1961. Vol. 84, N 3. P. 265.
- Полежаев Ю.М., Чухланцев В.Г., Пивник М.Я. // Изв. вузов. Химия и хим. технология. 1966. Т. 9, № 2. С. 167.

Хибинскит Khibinskite

Назван по месту находки в Хибинском массиве, Кольский п-ов [1].

Характ. выдел. Мелкозернистые (0,01 мм) плотные или порошковатые агрегаты. Отдельные зерна неправильной формы (до 3 мм в поперечнике).

Структ. и морф. крист. Монокл. с. C_{2h}^3-C2/m . $a_0 = 19,22$, $b_0 = 11,10$, $c_0 = 14,10$ Å; $\beta = 116^\circ 30'$; $a_0:b_0:c_0 = 1,7315:1:1,2702$. По всем трем осям существуют четко выраженные псевдопериоды $a/2$, $b/2$, $c/2$. $V = 2692,1$ Å³; $Z = 16$. Может быть описан в ромбоэдрической ячейке: $D_{3d}^5-R\bar{3}m$. $a_{2h} = 14,10$ Å; $\alpha = 46,5^\circ$ [1]. Природному хибинскиту отвечает синтетическая фаза $\text{K}_2\text{Zr}[\text{Si}_2\text{O}_7](\text{II})$: $B2/m$. $a_0 = 19,188$, $b_0 = 14,072$, $c_0 = 11,075$ Å; $\gamma = 117^\circ 04'$, для которой расшифрована кристаллическая структура [2].

Основу структуры составляют стенки из Zr-октаэдров, параллельные (010), отстоящие друг от друга на $b/2$ (в установке [2]), скрепленные между собой диортогруппами $[\text{Si}_2\text{O}_7]$, оси которых наклонены и параллельны направлению [120]. Каждая диортогруппа связана с шестью Zr-октаэдрами (по три в соседних стенках),

а каждый Zr-октаэдр – с шестью соседними диортогруппами, т.е. все атомы кислорода в структуре поделены между Zr- и Si-полиэдрами, которые в совокупности образуют трехмерный бесконечный каркас смешанного типа $\{\text{Zr}[\text{Si}_2\text{O}_7]\}_{\infty}^{2-}$. В пределах слоя Zr-октаэдры расположены в шахматном порядке и образуют при взгляде вдоль оси b псевдогексагональную сетку – плотнейшую упаковку по "обратному" шинелевому закону, с заполнением $1/4$ всех октаэдрических позиций. Различаются три независимых положения атомов Zr, шесть положений атомов Si, шесть – атомов K и 18 – атомов O. Калий входит в крупные полости (фонари) с различной координацией: K(1)- и K(3)-октаэдры, K(2)-, K(4)- и K(6)-семивершинники, K(5)-восьмивершинник. В отличие от структуры келдышиита, замещение Na на более крупный K в структуре приводит к усилению ее ромбоэдричности.

Межатомные расстояния (в Å) [2]: в Zr-октаэдрах Zr(1)–O = 2,16–2,23, Zr(2)–O = 1,99–2,15, Zr(3)–O = 1,98–2,20; в Si-тетраэдрах Si(1)–O = 1,54–1,65, Si(2)–O = 1,66–1,70, Si(3)–O = 1,61–1,71, Si(4)–O = 1,56–1,67, Si(5)–O = 1,54–1,72, Si(6)–O = 1,59–1,67; в K-полиэдрах K(1)–O = 2,82–3,15, K(2)–O = 2,63–3,03, K(3)–O = 2,85–3,14, K(4)–O = 2,71–2,95, K(5)–O = 2,93–3,16, K(6)–O = 2,80–3,05.

Физ. св. [1]. Сп. по (001), (100) и $(\bar{1}\bar{1}1)$ совершенная, по $(31\bar{1})$ средняя. Изл. плоский, ступенчатый. Бл. стеклянный. Тв. 4,5–5,5. Микротвердость от 363 до 687 кгс/мм² (при нагрузке 30–50 г). Коэффициент анизотропии твердости $K = 1,35$. Уд.в. 3,4. Цв. белый или кремовый (у агрегатов), бесцветный (моноокристальные зерна). Прозрачный.

Микр. [1]. Пл. опт. осей \perp (010), совпадает с $(\bar{5}02)$. $Ng = b$, Nm и Np лежат в плоскости (010). $cNm = 56$, $cNp = 34^\circ$. Двусочный (–). $n_g \approx n_m = 1,715$; $n_p = 1,665$; $2V = 6 - 16^\circ$ (среднее 11°).

Хим. Теор. состав: K₂O – 27,9; ZrO₂ – 36,5; SiO₂ – 35,6. Анализ (микрозонд., анал. Юркина): K₂O – 27,0; CaO – сл.; ZrO₂ – 37,8; SiO₂ – 33,8; TiO₂ – 0,6; сумма 99,2.

Эмпирическая формула (пересчет на 5 катионов): K_{1,98}(Zr_{1,06}Ti_{0,03})_{1,09}Si_{1,94}O_{7,05}. Методом фотометрии пламени (анал. Попова) определены 1,8% Na₂O (связывается с микровключениями келдышиита) и 0,9% CaO [1].

Нахожд. Обнаружен в Хибинском щелочном массиве (в долине Гакмана) в амфиболовом (катафорит-арфведсонитовом) ийолите в виде мелкозернистых агрегатов, слагающих промежуточную зону концентрически зональных образований (до 1 см), внешняя часть которых образована эвдиалитом, центральная – скоплениями циркона. Находится в ассоциации с эвдиалитом, цирконом, эгирином, натролитом, пирротином и рамзайтом. Образовался в процессе метасоматического изменения ийолита под воздействием щелочных растворов [1].

Искусств. Получен при изучении тройной системы K₂O–ZrO₂–SiO₂ наряду с другими соединениями с общей формулой K₂ZrSi₂O₇ сплавлением смеси KOH, K₂CO₃, SiO₂ и природного циркона в платиновых чашках при $t \approx 1250^\circ$ в течение 4 ч с последующим понижением температуры до 700° со скоростью 10 град/ч [3–5].

Межплоскостные расстояния хибинскита, Хибины [1]

Cu-излучение, $D = 114$ мм

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
400; $\bar{2}22$	36	4,27	0,80; $\bar{1}2.4.4$; 081; 626; $\bar{1}2.4.5$	48	1,381
311; 313	32	4,15	157; 082; 12.0.1; $\bar{1}2.4.2$;	12	1,360
222; 404; $\bar{5}13$	28	3,35	11.5.5; 735		
224	68	2,95			

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
040; $\bar{6}22$	100	2,76	555; $\bar{1}\bar{2}$.0.9; 12.4.6	16	1,349
442; $\bar{8}02$	12	2,38	480; $\bar{1}0$.6.2	12	1,322
494; 800; 404	52	2,133	844; 266; 14.2.6	12	1,314
442; $\bar{8}0\bar{6}$	32	2,019	408; $\bar{2}.2$.10	20	1,302
802; 260; $\bar{4}46$; 842; $\bar{1}\bar{0}$.2.4	20	1,801	481; $\bar{1}4$.2.2	16	1,291
$\bar{2}62$; 713; $\bar{8}44$	20	1,775	$\bar{1}2$.0.10; 668; 084; 357; $\bar{7}.1$.11	28	1,267
117; 624; 10.2.6; 444	24	1,688	$\bar{1}4$.2.8; $\bar{9}71$; $\bar{9}.1$.11	44	1,252
628	36	1,664			
$\bar{8}46$; 406	64	1,630			
$\bar{6}62$; $\bar{1}2$.0.4; $\bar{2}56$	40	1,595			
$\bar{7}19$; 535; $\bar{1}2$.0.6	16	1,542			
$\bar{4}48$; $\bar{9}19$	12	1,479			

Л и т е р а т у р а

- Хомяков А.П., Воронков А.А., Лебедева С.И., Быков В.Н., Юркина К.В. // Зап. ВМО. 1974. Ч. 103, вып. 1. С. 110.
- Носырев Н.А., Треушников Е.Н., Воронков А.А., Илюхин В.В., Ганиев Р.М., Белов Н.В. // ДАН СССР. 1976. Т. 231, № 6. С. 1351.
- Чернов А.Н., Максимов Б.А., Илюхин В.В., Белов Н.В. // Там же. 1970. Т. 193, № 6. С. 1293.
- Чернов А.Н., Чухланцев В.Г., Воронков А.А., Максимов Б.А., Илюхин В.В. // Изв. АН СССР. Неорг. материалы. 1971. Т. 7, № 1. С. 180.
- Полежаев Ю.М., Чухланцев В.Г. // Там же. 1969. Т. 5, № 10. С. 1828.

СТРУКТУРА ТИПА МЕЛИЛИТА

ГРУППА МЕЛИЛИТА

Ранее в группе описаны (т. III, вып. 1, с. 540): окерманит*, мелилит, геленит, гардистонит, гюгияйт и фресноит, включенный условно.

* = акерманиту (Флейшер, 1990).

	Сингония	<i>a</i> ₀	<i>b</i> ₀	<i>c</i> ₀	Уд.в.
Джеффрейит (Ca,Na) ₂ (Be,Al)[Si ₂ (O,OH) ₇]	Ромб.	14,90	14,90	40,41	2,99

Джеффреййт Jeffreyite
(Ca,Na)₂(Be,Al)[Si₂(O,OH)₇]

Назван по месту находки [1].

Диморфен с гюгияитом, конечным членом твердого раствора акерманит CaMg[Si₂O₇]-гюгияит Ca₂Be[Si₂O₇].

Характ. выдел. Тонкие пластинчатые кристаллы (до 1,2 × 1,2 × 0,02 мм) и их агрегаты.

Структ. и морф. крист. Ромб. (псевдотетраг.) с. $D_2^5-C222_1$. $a_0 = b_0 = 14,90$, $c_0 = 40,41$ Å; $a_0:c_0 = 1:2,7120$; $V = 8971$ Å³; $Z = 64$. Кристаллы псевдотетрагонального облика с формами (001) и (110).

Физ. св. Сп. совершенная по (001) и (110). Хрупкий. Тв. 5. Уд.в. 2,99 (вычисл. 2,98). Бесцветен. Прозрачен. Не люминесцирует.

Микр. Двусный (–). $Nm = a$, $Np = c$. $n_g = 1,643$, $n_m = 1,641$, $n_p = 1,625$ при $\lambda = 589$ ммк; $2V = 40^\circ$ (вычисл. 39°). Двойникование по (100).

Хим. Анализ (микрозонд., среднее из 9): Na₂O – 2,3; CaO – 37,4; BeO – 8,1

(атомно-абсорбционное определение); Al_2O_3 – 2,8; SiO_2 – 46,7; H_2O (по ТГА) – 1,8; сумма 99,1 (анал. Бувье). Са замещается Na , Be – Al , O – OH .

Диаги. исп. Не растворяется в 20%-ной HCl .

Повед. при нагрев. Основная потеря веса (1,8 мас.%) фиксируется в интервале 770–1000°.

Нахожд. Обнаружен в небольших количествах в пустотах в родингитизированной гранитной дайке на асбестовом месторождении Джейфри (Асбестос, Квебек, Канада). Тесно ассоциирует с гроссуляром, а также с диопсидом, пектолитом, везувианом, пренитом, волластонитом и цоизитом.

Отл. Легко может быть принят за слюду. От гюигаита отличается по параметрам элем. яч. и оптическим свойствам.

Межплоскостные расстояния джеффрейита из Канады [1]

CuK_{α} -излучение. $D = 114.6$ мм

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
004	2	10,13	448	3	2,323	684	1/2	1,473
220	3	5,21	22,16	1/2	2,272		1/2	1,453
026	4	5,00	608	4	2,229		2	1,435
310	1	4,70	628	1	2,143		1	1,417
118	1/2	4,47	40,16	1/2	2,115		1/2	1,385
314	1/2	4,26	640	1	2,051		1/2	1,364
226	1	4,14	42,16	2	2,020	10,48	3	1,335
400	1/2	3,75	60,12	2	2,001	880	2	1,318
228	3	3,62	648	1/2	1,906		1	1,290
404	1/2	3,50	800	4	1,866		1/2	1,255
420	1	3,33	820	2	1,809		2	1,244
20,12	1/2	3,09	660	5	1,755		1/2	1,225
408	9	2,993	62,16	2	1,716		1/2	1,209
510	1	2,905	828	1	1,704		1/2	1,147
22,12	2	2,838	840	2	1,666		1/2	1,135
428	10	2,774	80,12	2	1,631		1/2	1,114
02,14	1	2,720	–	1/2	1,593		1/2	1,102
440	2	2,633	–	1/2	1,560		1/2	1,079
350	2	2,576	40,24	1	1,535		1/2	1,072
444	6	2,541	–	1	1,511		1/2	1,055
620	4	2,360	82,12	–	1,493			

Л и т е р а т у р а

1. Grice J D., Robinson G.W. // Canad. Miner. 1984. Vol. 22, pt 3. P. 443.

СТРУКТУРА ТИПА БАРИЛИТА

ГРУППА БАРИЛИТА

Описание минералов группы – барилита и бавенита см. т. III, вып. 1, с. 560.

	Сингония	a_0	b_0	c_0	β	Уд.в.
Андромейерит $\text{BaFe}_2[\text{Si}_2\text{O}_7]$	Монокл. или псевдоромб.	7,49 13,19	13,78 13,78	7,08 7,08	118,23° –	4,15 –
Джунитоит $\text{CaZn}_2[\text{Si}_2\text{O}_7] \cdot \text{H}_2\text{O}$	Ромб.	12,51	6,31	8,56	–	3,5

Минералы имеют общую формулу типа $\text{A}^{2+}\text{B}_2^{2+}[\text{Si}_2\text{O}_7]$, где А – Ba , Ca ; В – Fe , Zn , $\text{Be}(\text{Mg}, \text{Mn})$, и сходные структурные мотивы: катионы Fe , Zn , Be образуют це-

почки тетраэдров, связанные изолированными диортогруппами $[\text{Si}_2\text{O}_7]$ в трехмерный каркас, в пустотах которого располагаются полиэдры Ba , Ca [1, 2]. Различаются по симметрии структуры, и, кроме того, в джунитоите один из семи атомов O в полиэдрах типа А принадлежит молекуле H_2O [1, 2].

Л и т е р а т у р а

1. Canillo E., Mazzi F., Rossi G. // Amer. Miner. 1988. Vol. 73, N 5/6. P. 608.
2. Hamilton R.D., Finney J.J. // Miner. Mag. 1985. Vol. 49, pt 1. P. 91.

Андремейерит Andremeyerite $\text{BaFe}_2[\text{Si}_2\text{O}_7]$

Назван по имени Андре Мейера, геолога геологической компании в Заире [1].

Характ. выдел. [1]. Неправильные идиоморфные зерна (до 0,1 мм), редкие кристаллы (до 0,2 мм; $0,18 \times 0,16 \times 0,11$ мм).

Структ. и морф. крист. Монокл. с. $C_{2h}^5-P2_1/c$ [1]. $a_0 = 7,488$, $b_0 = 13,785$, $c_0 = 7,085$ Å; $a_0:b_0:c_0 = 0,5432:1:0,5140$; $\beta = 118,23^\circ$; $V = 644,3$ Å³; $Z = 4$. Для псевдоромбич. с. $Bmcb$. $a_0 = 13,195$, $b_0 = 13,785$, $c_0 = 7,085$ Å; $a_0:b_0:c_0 = 0,9565:1:0,5$; $V = 1288,7$ Å³; $Z = 8$ [2].

Основу структуры составляют ряды цепочек из чередующихся полиэдров $\text{Fe}(1)$ и $\text{Fe}(2)$. Они вытянуты вдоль оси b и соединены последовательно изолированными диортогруппами $[\text{Si}_2\text{O}_7]$ с образованием трехмерной тетраэдрической решетки (фиг. 23). Каждая группа $[\text{Si}_2\text{O}_7]$ соединяет четыре цепочки через общие кислороды вершин тетраэдров, исключая мостиковый $\text{O}(4)$. В пустотах решетки между четырьмя группами $[\text{Si}_2\text{O}_7]$ находятся атомы Ba , образующие полиэдры, приближающиеся по форме к тригональной призме.

Межатомные расстояния (в Å): $\text{Si}-\text{O(A)} = 1,618-1,659$; $\text{Si}-\text{O(B)} = 1,600-1,653$; $\text{Fe}(1)-\text{O} = 1,975-2,000$; $\text{Fe}(2)-\text{O} = 2,003-2,086$; $\text{Ba}-\text{O(A)} = 2,741-3,269$; $\text{Ba}-\text{O(B)} = 2,636-2,990$; $\text{Ba}-\text{O} = 2,870-3,915$; угол $\text{Si}-\text{O}-\text{Si} = 127,21^\circ$.

Кристаллы призматические, псевдоромбического облика. Преобладающие формы (100) и (010), отмечались также (011) и (120).

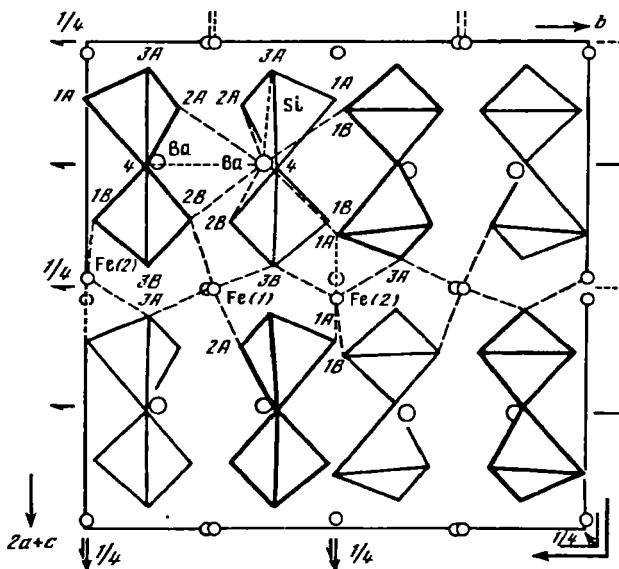
Физ. св. Сп. совершенная по (100) и (010); сложные двойники по (100). Тв. 5,5. Уд.в. 4,15 (вычисл. 4,31 для $\text{BaFe}_2[\text{Si}_2\text{O}_7]$, 4,14 для $(\text{Ba},\text{K},\text{Ca},\text{Na})(\text{Fe},\text{Al},\text{Mn},\text{Mg})_2 \times [\text{Si}_2\text{O}_7]$). Цв. бледный изумрудно-зеленый.

Микр. Плеохроизм отчетливый: по $N_g \approx N_m$ – светло-коричневый до бесцветного, по N_p – зеленый до сине-зеленого. Абсорбция $N_p > N_m \approx N_g$. Погасание на пл. (100) из-за сложного двойникования не проявляется. cNp на (010) изменяется в зависимости от длины волны от 2 (670 мкм) до 61° (470 мкм) ($N_g = b$). Дисперсия сильная. Одноосный при $\lambda < 490$ мкм. Двухосный (+) при $490 < \lambda < 550$ мкм. $2V = 40^\circ$. $n_g = 1,760$, $n_m \equiv n_p = 1,740$.

Хим. Теор. состав $\text{BaFe}_2[\text{Si}_2\text{O}_7]$: $\text{BaO} - 36,75$; $\text{FeO} - 34,49$; $\text{SiO}_2 - 28,75$. Ba частично замещен на K , Ca , Na ; Fe – на Al , Mn , Mg .

Анализ (микрозонд., среднее из 3 [1]): $\text{Na}_2\text{O} - 0,10$; $\text{K}_2\text{O} - 0,65$; $\text{MgO} - 0,74$; $\text{CaO} - 0,64$; $\text{BaO} - 32,55$; $\text{MnO} - 1,33$; $\text{FeO} - 31,55$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 1,00$; SiO_2 (среднее из 8) – 32,46; сумма 100,91.

Эмпирическая формула (на 5 катионов): $(\text{Ba}_{0,85}\text{K}_{0,05}\text{Ca}_{0,03}\text{Na}_{0,01})(\text{Fe}_{1,75}\text{Al}_{0,08} \times \text{Mn}_{0,08}\text{Mg}_{0,08})[\text{Si}_{2,15}\text{O}_{7,24}]$ (избыток Si связывают [1] с примесью стекла).



Фиг. 23. Структура андре́мейерита в проекции вдоль оси с (по Канилло и др.).
A, B – позиции атомов кислорода, связанные элементами симметрии

Формула, уточненная в соответствии со структурными данными после исключения стекла (на основе 7 атомов О): $\text{Ba}_x\text{Fe}(\text{Fe}_{0,85}\text{Mn}_{0,08}\text{Mg}_{0,07})[\text{Si}_2\text{O}_7]$.

Повед. при нагр. При постепенном нагревании до 800° мутнеет, становится бурым вследствие окисления Fe; при 900° разлагается в непрозрачную массу, на поверхности которой образуется корона из бесцветных кристаллов с $n \gg 1,640$, вероятно, отвечающих по составу силикату Ba.

Найдж. Найден в лавах вулкана Нирагонго (Заир) в единичном образце в составе продуктов выполнения полостей мелилит-лейцит-нефелиновых лав, образующих блоки среди более поздних нефелиновых лав, под влиянием которых вещество блоков претерпело термальный метаморфизм и было частично преобразовано. В полостях также развиты нефелин, лейцит, клинопироксен, Ca-оливин, мелилит, апатит, магнетит, гётценит, троилит, зеленое стекло.

Межплоскостные расстояния андре́мейерита вулкана Нирагонго (Заир) [1]
MoK α -излучение. Дифрактометр

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
021; 12 $\bar{1}$	40	4,63	141	15	2,536	233	15	2,075
10 $\bar{2}$	15	3,55	24 $\bar{1}$; 0,51;	15	2,525	023	10	1,997
040	15	3,45	15 $\bar{1}$			142	15	1,978
200	60	3,288	14 $\bar{2}$	55	2,472	161; 26 $\bar{1}$	10	1,959
210	20	3,198	221	15	2,326	062; 212;	15 ш	1,883
002; 20 $\bar{2}$	80	3,122	060	15	2,300	340		
140	100	3,055	12 $\bar{3}$	10	2,205	080	15	1,724
041	20	3,019	15 $\bar{2}$; 231;	20 ш	2,175	081	15	1,662
131	15	2,902	160			082	15	1,509
13 $\bar{2}$	40	2,811	133	15	2,075			

Литерапура

1. Sahama G., Siivola J., Rehtijärvi P. // Bull. Geol. Soc. Finland. 1973, N 45, pt 1. P. 1.
 2. Cannillo E., Mozzi F., Rossi G. // Amer. Miner. 1988, Vol. 73, N 5/6. P. 608.

Джунитоит Junitoite
 $\text{CaZn}_2[\text{Si}_2\text{O}_7]\cdot\text{H}_2\text{O}$

Назван по имени американского минералога и химика Джона Ито [1].

Характ. выдел. Скопления беспорядочно ориентированных таблитчатых кристаллов с поперечником 4–5 мм при толщине 0,5 мм [2] или прямоугольных пластинок размером до $2 \times 2 \times 0,05$ мм.

Структ. и морф. крист. Ромб. с. $C_{2v}^{16}-Ama2$. $a_0 = 6,309$, $b_0 = 12,53$, $c_0 = 8,539$ Å; $a_0:b_0:c_0 = 0,506:1:0,688$ [2]. По уточненным данным [3]: $a_0 = 12,510$, $b_0 = 6,318$, $c_0 = 8,561$ Å; $a_0:b_0:c_0 = 1,980:1:1,355$ (моноцистальная съемка).

Основу структуры составляют зигзагообразные цепочки ZnO_3 из последовательно связанных общими вершинами слабо искаженных тетраэдров $\text{Zn}(1)$ и $\text{Zn}(2)$, расположенных вдоль оси b . Каждая элементарная ячейка содержит два ряда таких цепочек, ориентированных в противоположные стороны (фиг. 24, а). В направлении [001] цепочки соединены вершинами тетраэдров SiO_4 , входящих в состав изолированных групп $[\text{Si}_2\text{O}_7]$ в слои, параллельные [010] (см. фиг. 24, а). Вдоль оси a слои связаны мостиковыми атомами кислорода групп $[\text{Si}_2\text{O}_7]$ (см. фиг. 24, б) с образованием трехмерного тетраэдрического каркаса. В его полостях помещаются атомы Ca, окруженные пятью атомами O из $[\text{SiO}_4]$ -тетраэдров, и атомом O молекул H_2O , которые формируют искаженный $\text{CaO}_5(\text{H}_2\text{O})$ -октаэдр.

Межатомные расстояния (в Å) заметно колеблются [3]: $\text{Zn}-\text{O} = 1,932-1,994$; $\text{Si}-\text{O} = 1,549-1,690$; $\text{Ca}-\text{O} = 2,291-2,444$; мостиковый угол дисиликатных групп $\text{Si}-\text{O}(4)-\text{Si} = 122,4^\circ$ меньше обычного $\text{Si}-\text{O}-\text{Si} = 131,5^\circ$.

Ромбо-пирамид. кл. $C_{2v}-mm2$. $a:b:c = 0,505:1:0,684$; $p_0:q_0:r_0 = 1,335:0,684:1$; $q_1:r_1:p_1 = 0,505:0,738:1$; $r_2:p_2:q_2 = 1,462:1,981:1$ [2].

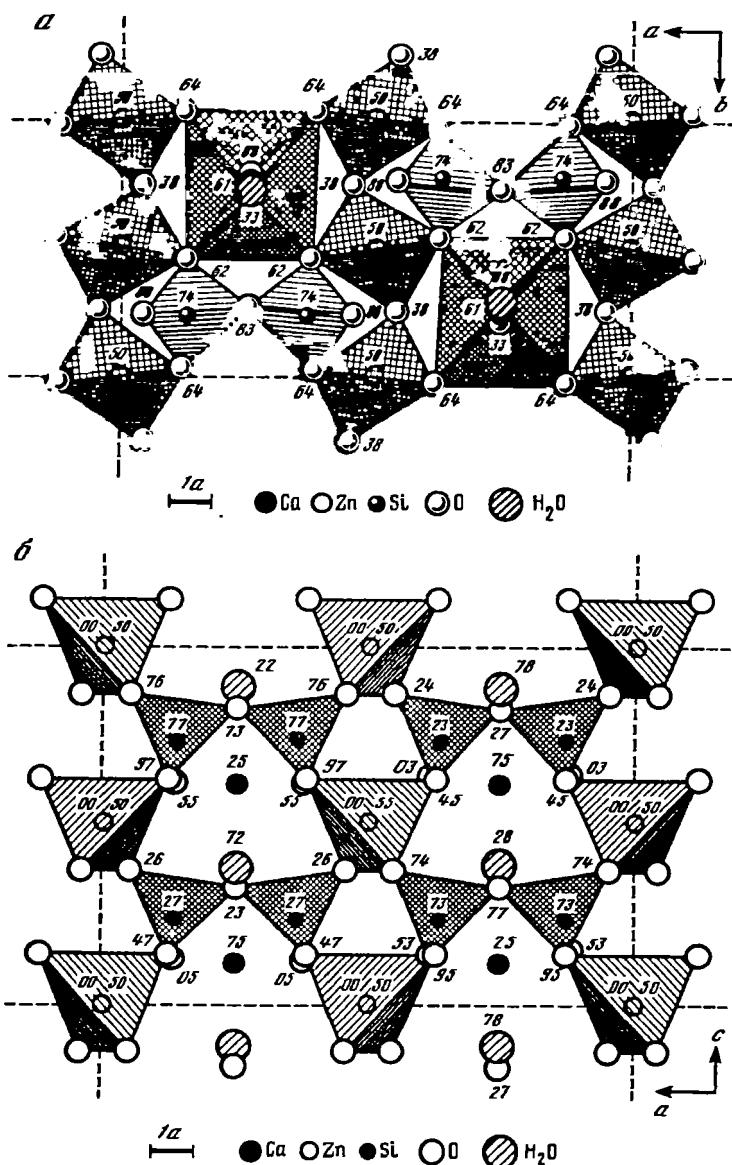
Простые формы [2]:

	Φ	ρ	Φ_1	ρ_1	Φ_2	ρ_2
$c\ 001$	—	$0^{\circ}00'$	$0^{\circ}00'$	$90^{\circ}00'$	$90^{\circ}00'$	$90^{\circ}00'$
$b\ 010$	$0^{\circ}00'$	90 00	90 00	90 00	—	0 00
$k\ 101$	90 00	53 34	0 00	36 26	36 26	90 00
$p\ 111$	63 00	56 37	34 22	41 48	36 26	67 54
$r\ 131$	33 26	67 52	64 01	59 18	36 26	39 22
$f\ 1\bar{3}\bar{1}$	33 26	112 08	115 59	59 18	-36 26	39 22
$g\ 19\bar{1}$	12 25	90 01	99 14	77 44	-36 26	15 18

Кристаллы пластинчатые или таблитчатые по (010), асимметричные. На гранях (010) вилкообразные зазубрины; искусственные фигуры травления на (010) – равнобедренные треугольники [2].

Физ. св. Сп. по (010) хорошая, по (100) и (101) слабая. При надавливании иглой перпендикулярно плоскости спайности (010) кристаллы распадаются на параллельные ей тонкие чешуйки. Тв. 4,5. Уд.в. 3,5 [3] (вычисл. 3,51 [2]). Кристаллы преимущественно бесцветны. Бл. стеклянный. Прозрачен или полупрозрачен. Обладает сильными пироэлектрическими свойствами. В ультрафиолетовых лучах не флюоресцирует.

Микр. Двусочный (+). $N_g = c$, $N_m = b$, $N_p = a$. $n_g = 1,672$, $n_m = 1,664$, $n_p = 1,656$; $n_g - n_p = 0,016$; $2V = 86^\circ$. Дисперсия очень слабая, $r < v$ [2].



Фиг. 24. Структура джунонита (по Гамильтону и Финней)

a – проекция вдоль [001]; *b* – проекция вдоль [010] (z- и у-координаты атомов × 100)

Хим. Теор. состав: CaO – 15,71; ZnO – 45,58; SiO₂ – 33,66; H₂O – 5,05.

Анализ [2]: CaO – 15,5; ZnO – 44,48; SiO₂ – 31,0; H₂O – 5,8; сумма 97,1 (CaO – среднее из 2, ZnO – из 5 анализов, SiO₂ – 1 анализ, анал. Дугган); H₂O определена методом Пенфильда. Заниженные данные для Zn, Ca, Si и завышенные для воды обусловлены, вероятно, примесью смектита.

Эмпирическая формула (на 5 катионов): Ca_{0,98}Zn_{1,96}Si_{1,84}O_{6,8}·1,13 H₂O. Спектрально определены сл. Cu.

Диагн. исп. Легко растворим в холодной 10%-ной HCl, очень быстро в HNO₃ 1:7, медленно в горячей 40%-ной KOH, нерастворим в воде [2].

Повед. при нагр. При нагревании в закрытой трубке расщепляется по (010) на тонкие чешуйки, мутнеет до молочно-белого, сплавляется в стекловатый перл [2].

Найдено. Обнаружен в зоне вторичного изменения медно-цинковых руд месторождения Кристмас, шт. Аризона, США [2], относящегося к медно-порфировому типу в скарнах, связанных с внедрением диорит-гранодиоритового штока ларамийского возраста в палеозойские карбонатные породы. Гранат-волластонит-диопсидовые скарны с незначительным количеством везувиана содержат вкрапленники сфалерита и халькопирита [2, 3]. Встречается с вторичным кинотом, апофиллитом, смектитом, кальцитом, ксонотлитом в трещинах линзовидных участков среди брекчированных карбонатизированных скарнов, обогащенных рассеянным сфалеритом.

Наблюдался на поверхности, по трещинкам и в оторочках зерен сфалерита, а также в виде гнезд среди крупных кристаллов апофиллита и вкрапленников в смектите.

Изм. [2]. При гипергенном изменении теряет прозрачность, приобретает молочно-белый цвет или лиловатый и зеленоватый оттенки; замещается веществом, сходным с тиролитом.

Искусств. [2]. Впервые получен при синтезе Pb-Ca-Zn-силикатов путем осаждения NaOH из водного раствора с pH=11,8.

Отл. [3]. От сходных по внешнему облику гемиморфита и клиноэдрита отличается деталями структуры: наличием изолированных полостей, содержащих октаэдры CaO₅(H₂O), и отсутствием слюдоподобной структуры, свойственной клиноэдриту.

Межплоскостные расстояния джунитоита из месторождения Кристмас,

шт. Аризона (США) [2]

CrK_α-излучение, D = 114 мм

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
020	4	6,253	133	1	2,201	1	1,565
111	5	4,703	311	4	2,021	6	1,540
002	4	4,272	242	3	1,970	2	1,492
022	10	3,528	062	2	1,872	3	1,440
131	4	3,221	331	1	1,833	1	1,408
200	1/2	3,162	153	1/2	1,802	1	1,390
040	1	3,126	044	3	1,768	4	1,338
220	10	2,816	260	3	1,739	3	1,331
202	10	2,540	224	3	1,703	1	1,318
230	5	2,521		3	1,677	3	1,298
222	7	2,352		2	1,611	3	1,271
151	2	2,243		4	1,577	4	1,244

Л и т е р а т у р а

1. Ito J. // Amer. Miner. 1968. Vol. 53, N 1/2. P. 231.
2. Williams S.A. // Ibid. 1976. Vol. 61, N 11/12. P. 1255.
3. Hamilton R D., Finney J J. // Miner. Mag. 1985. Vol. 49, N 350. P. 91.

**С Т Р У К Т У Р А Т И ПА Т ОРТВЕЙТИТА
ГРУППА ТОРТВЕЙТИТА**

Ранее описаны минералы группы: тортвейтит, таленит-(Y), иттриалит-(Y), роуландит-(Y) (т. III, вып. 1, с. 575). Названия трех последних даны в соответствии с правилами КНН ММА для минералов редких земель и иттрия.

	Сингония	a_0	b_0	c_0	β	Уд.в.
Кейвиит-(Yb) $(Yb, Y)_2[Si_2O_7]$	Монокл.	6,840	8,916	4,745	102,11°	5,95
Кейвиит-(Y) $(Y, Yb)_2[Si_2O_7]$	"	6,845	8,960	4,735	101,65	4,49
Гиттинсит $CaZr[Si_2O_7]$	"	6,852	8,659	4,686	101,74	3,62

Структурные аналоги тортвейтита $Sc_2[Si_2O_7]$, в отличие от которого в слоях из октаэдров позиции Sc^{3+} заняты (Yb, Y) или (Ca, Zr) [1–3].

Л и т е р а т у р а

1. Волошин А.В., Пахомовский Я.А., Тюшева Ф.Н. //Минерал. журн. 1983. Т. 5, № 5. С. 94.
2. Волошин А.В., Пахомовский Я.А., Тюшева Ф.Н. // Там же. 1985. Т. 7, № 6. С. 79.
3. Roelofsen-Ahl J N., Peterson R.C. // Canad. Miner. 1989. Vol. 27, pt 6. P. 703.

**Кейвиит-(Yb) Keiviite-(Yb)
 $(Yb, Y)_2[Si_2O_7]$**

Назван по месту находки в районе Кейв (Кольский п-ов) и преобладающему редкоземельному элементу [1]. Аналог искусственной фазы II $Yb_2[Si_2O_7]$ [2]. Образует изоморфный ряд с кейвиитом-(Y) [1].

Синон. Кейвиит [1, 3].

Характ. выдел. Кристаллы (0,1–0,8 мм в длину) и их сростки [1].

Структ. и морф. крист. Монокл. с. C_{2h}^3-C2/m .

a_0 (Å)	b_0	c_0	β	$a_0:b_0:c_0$	Местонахождение	Ссылка
6,840	8,916	4,745	102,11°	0,7671:1:0,5321	Кейвы	[1]
4,715	8,870	6,805	102,01	0,5315:1:0,7671	То же	[4]
6,802	8,875	4,703	102,12	0,7664:1:0,5299	Искусств. $Yb_2[Si_2O_7]$	[2]

Структура искусственного $Yb_2[Si_2O_7]$, как и тортвейтита $Sc_2[Si_2O_7]$, построена из слоев диортогрупп $[Si_2O_7]$, послойно связанных атомами Yb (в позициях Sc^{3+}), расположеными в искаженных октаэдрах из атомов кислорода [2].

Средние межатомные расстояния (в Å) [4]: в Yb-октаэдрах $Yb-O = 2,240$, $O-O = 3,093$; в Si-тетраэдрах $Si-O = 1,625$, $O-O = 2,623$.

При интерпретации данных структурного исследования и микрозондового анализа высказано предположение о присутствии в исследованном образце фазы $(Er, TR)_2[Si_2O_7]$ (8%) с другим типом структуры (монокл. с. $C_{2h}^5-P2_1/c$) [4]. Кристаллы вытянутые, пластинчатые, призматические [1]. Характерно полисинтетическое двойникование [1].

Физ.св. [1]. Сп. совершенная по (110), несовершенная по (001). Уд.в. 5,95 (вычисл. 5,99). Бесцветный. Бл. стеклянный. Прозрачен. В катодных лучах слабо светится зеленым цветом.

ИК-спектр характеризуется полосами поглощения 1110, 975, 920, 860, 570, 555, 505, 477 и 410 cm^{-1} [1].

Микр. Бесцветный. Двусочный (—). Пл. опт. осей (100). $Ng = b$, $aNm = 7\text{--}8^\circ$, $cNp = 3\text{--}5^\circ$. Дисперсия сильная, $r < v$. $n_g = 1,768$, $n_m = 1,758$, $n_p = 1,723$; $2V = 58^\circ$. В полисинтетических двойниках угол погасания по отношению к двойниковому шву равен 33° [1].

Хим. Теор. состав $\text{Yb}_2[\text{Si}_2\text{O}_7]$: $\text{Yb}_2\text{O}_3 - 76,63$; $\text{SiO}_2 - 23,37$.

Анализы кейвийита-(Yb) из района Кейв [1]:

	1	2	3	4	5
CaO	0,03	0,03	0,03	0,10	0,07
Yb_2O_3	55,06	52,18	43,42	40,25	34,57
Lu_2O_3	8,97	9,33	6,55	6,00	5,22
Er_2O_3	6,24	6,51	11,44	9,38	9,85
Tm_2O_3	3,10	2,99	2,31	3,14	3,19
Dy_2O_3	1,23	2,05	1,47	4,28	3,86
Ho_2O_3	0,65	0,80	0,77	1,16	1,23
Tb_2O_3	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Gd_2O_3	0,06	0,09	0,07	0,29	0,15
Y_2O_3	1,02	1,70	9,32	8,87	15,42
SiO_2	23,47	23,58	24,20	26,03	26,71
Сумма	99,87	99,30	99,62	99,63*	100,40*

* В том числе $\text{FeO} - 0,09$ (предположительно обусловлено тончайшими пленками окислов).

1, 2 – I генерация; 3–5 – II генерация (микрозонд., среднее из 10 и более определений).

Сумма редкоземельных элементов цериевой подгруппы не превышает 0,1 мас.%. Наблюдается повышение содержания Y и Er во II генерации кристаллов.

Диаги. исп. Не растворяется в холодной HCl.

Найдж. Редкий. Найден в амазонитовых пегматитах района Кейв, на Колымском п-ове (Мурманская обл.). Отдельные пластинчатые кристаллы I генерации и их сростки встречаются в фиолетовом флюорите совместно с хинганитом, бастнезитом и вульфенитом. Тонкопластинчатые индивиды II генерации и их агрегаты часто нарастают на выделения I генерации, иногда формируя их краевую зону, а также встречаются в мелких пустотах во флюорите.

Предполагается, что кристаллизация кейвийита-(Yb) связана с поздней стадией минералообразования в амазонитовых пегматитах.

Искусств. Синтезирован спеканием окислов Yb_2O_3 и SiO_2 при $1300\text{--}1400^\circ$ [2] (т. III, вып. 1, с. 585).

Отл. От кейвийита-(Y) отличается по составу, физическим и оптическим свойствам.

Межплоскостные расстояния кейвийита-(Yb) из района Кейв [1]

Fe-излучение без фильтра, $D = 114,6$ мм

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
110	5	5,36	151	4	1,644	530;171;262	4p	1,218
001	8	4,64	222	2	1,622	511	1	1,208
020	3	4,46	151	4	1,589	171;422	2	1,193
111	2	3,84	421;331	5	1,578	532	3p	1,173
200	4	3,34	420	2	1,565	601	1	1,138
111	10	3,24	003;332	5	1,544	531;352	3ш	1,129
021	10	3,20	203	2p	1,528	172;600	3	1,120
201	9	3,03	402	3	1,513	443	1p	1,109
130	7	2,720	060	2	1,488	370;621	1p	1,105
220	7	2,674	401	2	1,478	602	1	1,099
221	3	2,514	023	1	1,460	442;551	4	1,082

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
201	3	2,479	223;312	2	1,444	620	4	1,080
131	3	2,436	113;152	4	1,420	550	1	1,070
002	3	2,320	421;313	2	1,404	533;622	1	1,062
131	7	2,262	133;350	4	1,393	462;512	1	1,060
221	6	2,165	351	2	1,383	280	1p	1,055
202	6ш	2,127	152;511	3	1,349	371;461	1	1,050
022	2	2,056	261	2	1,335	552;601	1	1,036
222	5	1,920	332	1p	1,312	601	1p	1,034
132	3	1,844	203	1	1,303	403	1p	1,030
241;330	4	1,785	351	1	1,288	281;641	1p	1,014
331	4	1,765	333;403;261	2	1,276	603;621	1p	1,008
202	3	1,744	352	2	1,268	082	1p	1,005
150	3	1,723	442;170;223	4	1,251	532	3p	1,003
132;401	6	1,692	402;531	2ш	1,237	642;623	2	0,985
400	4	1,671	423	1	1,225	190	1p	0,980

Л и т е р а т у р а

1. Волошин А.В., Пахомовский Я.А., Тюшева Ф.Н. // Минерал. журн. 1983. Т. 5, № 5. С. 94.
2. Smolin Yu.I., Shepelev Yu.F. // Acta crystallogr. B. 1970. Vol. 26, pt 5. P. 484.
3. Волошин А.В., Пахомовский Я.А. Минералы и эволюция минералообразования в амазонитовых пегматитах Кольского п-ова. Л.: Наука, 1986. 168 с.
4. Якубович О.В., Симонов И.А., Волошин А.В., Пахомовский Я.А. // ДАН СССР. 1986. Т. 291, № 4. С. 863.

Кейвиит-(Y) Keiviite-(Y) (Y, Yb)₂[Si₂O₇]

Иттриевый аналог кейвиита-(Yb) [1]. Образует изоморфный ряд с кейвиитом-(Yb).

Характ. выдел. Кристаллы (0,05–1,0 мм в длину при толщине 0,15 мм).

Структ. и морф. крист. Монокл. с. C_{2h}^3 – $C2/m$. $a_0 = 6,845$, $b_0 = 8,960$, $c_0 = 4,735$ Å; $\beta = 101,65^\circ$; $a_0:b_0:c_0 = 0,7519:1:0,5203$; $Z = 2$ [1]. $a_0 = 6,82$, $b_0 = 9,07$, $c_0 = 4,72$ Å; $\beta = 101,75^\circ$; $a_0:b_0:c_0 = 0,7519:1:0,5203$ для фазы II, обнаруженной в талените из Швеции [2].

Рентгенограмма порошка идентична таковым: кейвиита-(Yb), фазы II из таленита Швеции [2], образца из Кейв, отнесенного И.В. Бельковым [3] к иттриалиту, а Е.И. Семеновым [4] к талениту, и искусственного β - $Y_2[Si_2O_7]$ [5].

Кристаллы тонкопризматические, часто имеют зональное строение в поясе призмы, иногда игловидные [1, 6].

Физ. св. Сп. отсутствует. Изл. неровный. Тв. 4–5. Микротвердость 1400 кгс/мм² при 20 г, 1200 кгс/мм² при 40 г. Уд.в. 4,45 (вычисл. 4,48). Цв. белый, бесцветный. Черта белая. Бл. стеклянный. Не флюоресцирует в ультрафиолетовом свете. В катодных лучах светится желто-зеленым цветом [1].

Микр. Двусосный (–). $cNp = 4^\circ$, $aNm = 7^\circ$; $Ng = b$; $r < v$. $n_g = 1,758$, $n_m = 1,748$, $n_p = 1,713$; $2V = 56^\circ$ (при $\lambda = 589$ нм) [1].

Хим. Теор. состав $Y_2[Si_2O_7]$: $Y_2O_3 - 65,27$; $SiO_2 - 34,73$.

Сумма р.з.э. цериевой подгруппы не превышает 0,03%. Качественным микрозондовым анализом фтор и углерод не обнаружены. По мере повышения содержания Y и соответствующего уменьшения суммы тяжелых TR возрастает роль элементов средней части группы TR, прежде всего Gd [1, 6].

Анализы (микрозонд., каждый – среднее из 10):

	1	2	3	4
CaO	0,00	0,30	0,30	0,67
Y ₂ O ₃	40,86	42,93	45,86	45,11
Yb ₂ O ₃	15,36	14,93	11,81	10,11
Er ₂ O ₃	6,50	4,92	4,40	5,10
Lu ₂ O ₃	2,61	1,85	1,05	1,00
Tm ₂ O ₃	1,99	1,54	1,11	1,10
Dy ₂ O ₃	1,53	2,75	2,92	3,64
Ho ₂ O ₃	0,85	1,10	1,27	1,26
Tb ₂ O ₃	0,10	0,00	0,00	0,00
Gd ₂ O ₃	0,08	0,31	0,62	0,62
SiO ₂	30,85	29,13	30,49	30,79
Сумма	100,73	99,76	99,83	99,40*

* В оригинале 99,70.

1, 2 – призматические кристаллы, нарастающие на кейвийит-(Yb); 3, 4 – тонко-призматические кристаллы из трещин в кварце и флюорите [1, 6].

Нахожд. Найден в амазонитовых пегматитах района Кейв, на Кольском п-ове (Мурманская обл.). Ассоциирует с таленитом, ксенотитом и бастнезитом в трещинах растворения в кварце и флюорите. Иногда нарастает на кейвийит-(Yb) [1, 6].

Искусств. См. т. III, вып. 1, с. 584.

Отл. От кейвийита-(Yb) отличается по составу, показателям преломления и физическим свойствам [1, 6].

Межплоскостные расстояния кейвийита-(Y) из района Кейв [1]

Fe-излучение, D = 114,6 мм

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
110	5	5,40	330	1	1,787	442;223;062	1	1,253
001	9	4,65	331;312	1	1,768	361;071;412	1	1,235
020	2	4,51	202	1	1,745	171;530;	2р	1,222
101	1	4,28	232;321	1	1,727	423;262		
	1р	4,20	401	5	1,685	271;332	1	1,177
101	3	3,47	400	1	1,677	004;313	1	1,157
111	2	3,26	151	2	1,647	451;601	1	1,142
021	10	3,23	222	1	1,626	611;323	2рш	1,130
201	8	3,04	151;331	3	1,591	461	2рш	1,119
130	5	2,729	421	3	1,583	353;443	1	1,108
220	5	2,692	341	1	1,567	620	3рш	1,084
221;201	2	2,489	332	3	1,543	181;034	3рш	1,082
131	1	2,440	203	1	1,526	124	1р	1,073
211	2	2,389	402	1	1,514	533;404	1р	1,059
002	1	2,323	412;123	1	1,489	334;461;414	1р	1,053
112;131	7	2,280	023	1	1,459	601;552	1р	1,039
221;310	4	2,172	223	1	1,444	044;424;	1р	1,029
311	2	2,140	152;061	2	1,421	214;363		
202;231	2	2,125	322;133	3р	1,393	417	1р	1,020
212;022	1	2,060	351	1	1,385	224;561	1р	1,007
112	1	2,011	432;511	1	1,348	344;613	1р	1,004
222	4р	1,918	261;431	1	1,333			
132	5	1,841	403;352	1р	1,269			

Л и т е р а т у р а

1. Волошин А.В., Пахомовский Я.А., Тюшева Ф.Н. // Минерал. журн. 1985. Т. 7, № 6. С. 79.
2. Баталиева Н.Г., Кривоконева Г.К., Пятенко Ю.А. // ДАН СССР. 1967. Т. 176, № 5. С. 1146.
3. Бельков И.В. // Вопросы геологии и минералогии Кольского п-ова. М.: Изд-во АН СССР, 1958. Вып. I. С. 135.
4. Семенов Е.И. Минералогия редких земель. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 412 с.
5. Ito J., Johnson H. // Amer. Miner. 1968. Vol. 53, № 11/12. P. 1940.
6. Волошин А.В., Пахомовский Я.А. Минералы и эволюция минералообразования и амазонитовых пегматитах Кольского п-ова. Л.: Наука, 1986. 168 с.

Гиттансит Gittinsite



Назван по фамилии профессора Университета Торонто Дж. Гиттанса [1]. Первоначально описан как фаза $\text{CaZrSi}_2\text{O}_7$ [2].

Характ. выдел. Мелоподобные тонкозернистые, реже мелкокристаллические, а также радиально-волосистые агрегаты в составе псевдоморфоз по цирконосиликатам. Отдельные кристаллы до 0,3 мм [1–4].

Структ. и морф. крист. Монокл. с. C_2^3-C2 [5]. $Z = 2$; $V = 272,77 \text{ \AA}^3$ [6], $272,10 \text{ \AA}^3$ [3].

$a_0(\text{\AA})$	b_0	c_0	β	$a_0:b_0:c_0$	Местонахождение	Ссылка
6,878	8,674	4,967	101,74°	0,7929:1:0,545	Кипава-Ривер	[1]
6,869	8,667	4,681	101,82	0,7925:1:0,5400	То же	[6]
6,852	8,659	4,686	101,69	0,7913:1:0,5411	Стрейндж-Лейк	[5]
6,895	8,691	4,709	100,89	0,7933:1:0,5418	Халдан-Бурэг-тэгский массив	[3]

Основу структуры составляют тортвейтитовые "дырячные" слои, параллельные (001), в которых соединенные ребрами крупные Ca-октаэдры чередуются с менее крупным Zr-октаэдрами (фиг. 25). В каждом слое имеется 1/3 Ca-октаэдров, 1/3 Zr-октаэдров и 1/3 пустот октаэдрической формы. Ca-октаэдр искажен сильнее, чем Zr-октаэдр. Диортосиликатные анионы объединяют соседние слои Ca- и Zr-октаэдров таким образом, что перпендикулярно слою происходит чередование групп $[\text{Si}_2\text{O}_7]$ и пустых октаэдров слоя.

Различие в строении октаэдрических слоев в структурах гиттансита и тортвейтита (полностью заселенных Sc-октаэдрами) определяет отличие конфигурации групп $[\text{Si}_2\text{O}_7]$: угол Si—O—Si при мостиковом кислороде в гиттансите 147,4°, в тортвейтите 180°, что обуславливает понижение симметрии в гиттансите до $C2$ против $C2/m$ в тортвейтите [5].

Межатомные расстояния (в \AA): в Ca-октаэдрах $\text{Ca}-\text{O} = 2,270\text{--}2,646$; в Zr-октаэдрах $\text{Zr}-\text{O} = 2,063\text{--}2,151$; в Si-тетраэдрах $\text{Si}-\text{O} = 1,607\text{--}1,643$ [5].

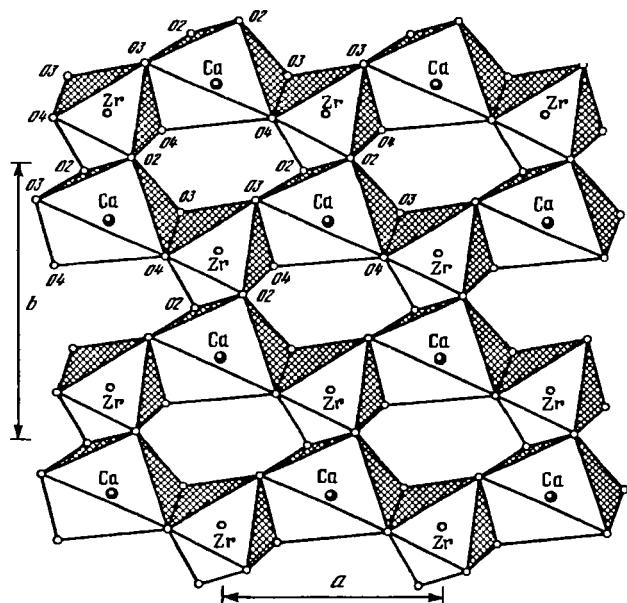
Кристаллы призматические, короткостолбчатые или копьевидные, вытянутые вдоль оси c , часто уплощенные [1, 3].

Физ. св. Уд.в. 3,56 [3] (вычисл. 3,57 [3], 3,62 [1] и 3,645 [6]). Тв. 6–6,5. Микротвердость 938 и 753 кгс/мм² при нагрузках 20 и 50 г соответственно [3]. Цв. серебристый, розовато-коричневый [1, 3]. В катодных лучах оранжевое свечение [4].

ИК-спектр характеризуется полосами поглощения 474, 548, 600, 674, 910, 943, 963, 1035, 1046, 1073 cm^{-1} (близок ИК-спектру тортвейтита) [3].

Микр. Бесцветный, иногда с желтовато-розовым оттенком. Удлинение (–)

Фиг. 25. Структура гиттинсита (по Ролофсен-Олу и Петерсену). Октаэдрический слой в проекции *ab*



по оси *c*. Двухосный (—) [1, 3]. $cNp = 5-10^\circ$ [1] (вероятно, ошибочно $aNp = 3-8^\circ$ [3]), $b = Nm$ [3].

n_g	n_m	n_p	$n_g - n_p$	$2V$	Местонахождение	Ссылка
1,738	1,736	1,720	0,018	30°	Кипава-Ривер	[1]
1,760	1,738	1,718	0,044	Небольшой	Халдзан-Бурэгтэг	[3]

Под микроскопом в гиттинсите из Халдзан-Бурэгтэг наблюдается простое или полисинтетическое двойникование по (010) [3].

Хим. Теор. состав: CaO – 18,73; ZrO₂ – 41,14; SiO₂ – 40,13. Цирконий замещается Hf, Sn, Pb, Ti, Fe и Mn; кальций – Mg, Na, K, TR, Th [1–4].

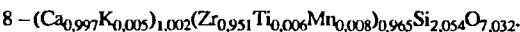
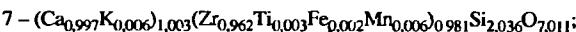
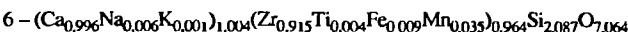
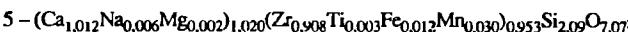
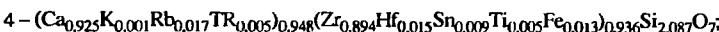
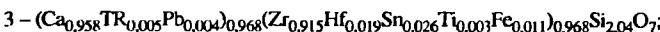
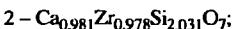
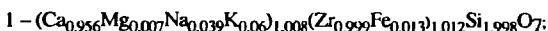
Анализы (микрозонд.):

	1	2	3	4	5	6	7	8
Na ₂ O	0,4	Не опр.	Не обн.	Не обн.	0,12	0,07	0,00	0,00
K ₂ O	0,1	"	"	0,02	0,01	0,02	0,10	0,08
MgO	0,1	"	Не опр.	Не опр.	0,02	0,02	0,00	0,00
CaO	18,0	18,4	17,08	16,65	19,11	18,80	18,80	18,72
MnO	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	0,72	0,83	0,13	0,18
FeO	—	—	0,24	0,30	—	—	—	—
PbO	Не опр.	Не опр.	0,27	1,24	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.
Al ₂ O ₃	"	"	0,09	0,12	0,00	0,04	0,00	0,00
Fe ₂ O ₃	0,3	"	—	—	0,29	0,21	0,06	0,15
La ₂ O ₃	Не опр.	"	0,14	0,15	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.
Ce ₂ O ₃	"	"	0,11	0,08	"	"	"	"
SiO ₂	40,3	40,8	38,97	40,24	42,31	42,23	41,13	41,30
TiO ₂	Не опр.	Не опр.	0,07	0,12	0,08	0,12	0,07	0,17

	1	2	3	4	5	6	7	8
SnO	"	"	1,32	0,44	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.
ZrO ₂	41,3	40,3	35,88	35,35	37,67	37,98	39,84	39,21
HfO ₂	Не опр.	Не опр.	1,26	1,05	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.
Сумма	100,5	99,5	95,43	95,76	100,33	100,32	100,13	99,70

1, 2 – Кипава-Ривер, Канада [1, 2]; 3, 4 – Стрейндж-Лейк, Канада [4]; 5–8 – Халдзан-Бурэгтэг, Монголия (5, 6 – анал. Цепин, 7, 8 – Борисовский) [3].

Эмпирические формулы (1–4 рассчитаны на 7 атомов O; 5–8 – по сумме катионов):



Нахожд. Впервые найден [2] в агпайтовых, богатых эвдиалитом нефелин-сиенитовых пегматитах щелочного комплекса в Кипава-Ривер (Квебек, Канада) в срастании с апофиллитом (хим. анализ 1) и в локальных выделениях по спайности власовита (хим. анализ 2). Тесно ассоциирует с эвдиалитом, флюоритом, графитом, кальцитом, апатитом и опалом. В пегматитах присутствуют микроклин, ринкит (мозандрит), пектолит, торит и др. [1–3].

В качестве пордообразующего минерала встречен в редкометальных щелочных гранитах в массивах Стрейндж-Лейк (на границе штатов Квебек и Лабрадор, Канада) [4] и Халдзан-Бурэгтэг (Монголия) [3].

Наблюдается преимущественно в псевдоморфозах по цирконосиликатам. В массиве Стрейндж-Лейк образуется в основном по армстронгиту, заместившему первично-магматический эльпидит, реже по первичным армстронгиту и эльпидиту, а также вторичному кальциокатаплеиту. Кроме того, встречаются полиминеральные первичные обособления гиттинсита с апофиллитом или с алланитом и кварцем [4].

В массиве Халдзан-Бурэгтэг описаны псевдоморфозы по эльпидиту (до 20 об.% породы) [3]. Изредка встречаются мельчайшие зерна гиттинсита, развивающиеся по трещинам спайности эльпидита. Псевдоморфозы в пегматитах состоят из тончайшей смеси кварца, циркона, флюорита, гематита и подчиненного количества гиттинсита.

Отл. От циркона в шлифах отличается по косому погасанию [3].

Практ. знач. Возможный источник для получения циркония [3, 4].

Межплоскостные расстояния гиттинсита из Кипава-Ривер (Канада) [1]

CuK_α-излучение, D = 114,6 мм

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
110	6	5,32	311	0,5	2,134	151	0,5	1,605
001	4	4,62	202	1	2,108	042	0,5	1,577
020	1	4,35	022	2	2,032	331	1	1,572
111	2	3,79	112	0,5	1,998	151	0,5	1,552
111	8	3,232	041	1	1,961	003	1	1,532
021	10	3,155	222	4	1,898	203; 402; 242	2	1,514

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
201	8	3,026	132	1	1,814	401	0,5	1,486
220	8	2,660	330	1	1,772	060;023;312	2	1,446
221	2	2,483	331	0,5	1,755	223	0,5	1,432
131	0,5	2,385	202	2	1,741	113	1	1,413
002	2	2,302	150;132	7	1,677	152;313	0,5	1,389
131	5	2,226	241	0,5	1,634	133;350	2	1,375
221	2	2,158	222	0,5	1,616			

Л и т е р а т у р а

1. Ansell H., Roberts A., Plant A., Sturman B. // Canad. Miner. 1980. Vol. 18, pt 2. P. 201.
2. Gittins J., Gasparini E., Fleet S. // Ibid. 1973. Vol. 12, pt 3. P. 211.
3. Царева Г.М., Карташов П.М., Дубровинский Л.С., Коваленко В.И. // Докл. РАН. 1993. Т. 331, № 1. С. 82.
4. Birkett T.C., Miller R.R., Roberts A.C., Mariano A.N. // Canad. Miner. 1992. Vol. 30, pt 1/2. P. 191.
5. Roelofsen-Ahl J., Peterson R. // Ibid. 1989. Vol. 27, pt 4. P. 703.
6. Plant A.G., Roberts A.C. // Canad. Geol. Surv. Pap. 1979. № 79-1A. P. 391.

СТРУКТУРА ТИПА ЭДГАРБЕЙЛИИТА

	Сингония	<i>a</i> ₀	<i>b</i> ₀	<i>c</i> ₀	β	Уд.в.
Эдгарбейлиит $Hg_6^+[Si_2O_7]$	Монокл.	11,725	7,698	5,967	112,07°	9,43

Эдгарбейлиит Edgarbaileyite

Первый силикат Hg, назван в честь известного американского геолога Эдгара Бейли (1914–1983), специалиста по ртутным месторождениям [1].

Характ. выдел. Скрыто- и тонкокристаллические агрегаты.

Структ. и морф. крист. Монокл. с. C_{2h}^3-C2/m , C_s^3-Cm или C_2^3-C2 . $Z = 2$ [1].

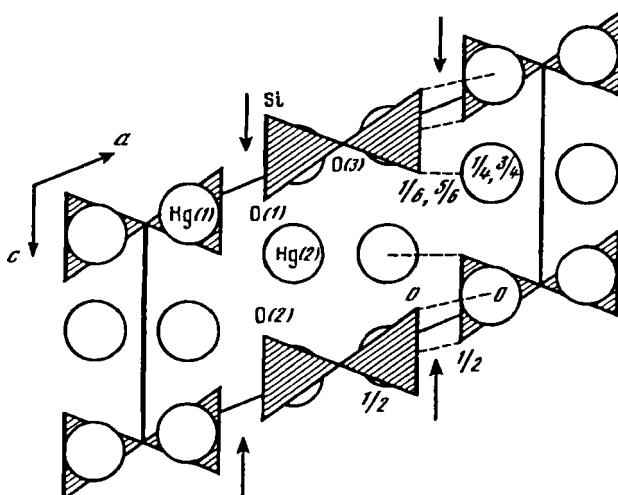
Параметры элементарной ячейки (в Å) [1]:

	<i>a</i> ₀ (Å)	<i>b</i> ₀	<i>c</i> ₀	β	<i>a</i> ₀ : <i>b</i> ₀ : <i>c</i> ₀	V (Å ³)
1	11,725	7,698	5,967	112,07°	1,5231:1:0,7751	499,2
2	11,755	7,678	5,991	111,73	1,5309:1:0,7802	502,3

1 – Сократес, шт. Калифорния (США); 2 – Терлингуга, шт. Техас (США).

Структура расшифрована [2] на материале из месторождения Терлингуга. Атомы Hg находятся в двух позициях и образуют симметрично независимые пары, имеющие близкие расстояния Hg(1)–Hg(1) = 2,522 Å, Hg(2)–Hg(2) = 2,524, типичные для (Hg₂)²⁺ в других соединениях. Каждый атом Hg окружен тремя атомами O, определяющими также тетраэдрическую координацию Si. Пары атомов Hg связываются диортогруппами [Si₂O₇]. В элементарной ячейке содержится шесть пар атомов Hg, располагающихся линейно и почти параллельно друг другу (фиг. 26).

Межатомные расстояния (в Å) в пр.гр. C2/m: Hg (1)–O (1) = 2,12; Hg (1)–O (2) = 2,86; Hg (2)–O (1) = 2,63; Hg (2)–O (2) = 2,21 и 2,41; Si–O = 1,59–1,63; углы: Hg (1)–Hg (1)–O (1,2) = 177,2 и 103,1; O (1, 2)–Hg (1)–O (2) = 78,0 и 125,9; Hg (2)–Hg (2)–O (2) = 164,9 и 108,8; Hg (2)–Hg (2)–O (1) = 110,9; O (2)–Hg (2)–O (2) = 76,6; O (2)–Hg (2)–O (1) = 100,5; O (1)–Hg (2)–O (2) = 81,8; O (1,2)–Si–O (2, 3) = 113,6–105,6°.



Фиг. 26. Структура эдгарбейлиита в проекции ac (по Ангелу и др.). Цифры – высота атомов

Кристаллы пластинчатые (средний размер $0,1 \times 5 \times 5$ мкм, два кристалла по 200 мкм) с преобладающей гранью (100) (под электронным микроскопом).

Физ.св. Сп. по (100) хорошая. Изл. неровный до полураковистого. Хрупок. Микротвердость 153–217 кгс/мм² (средняя 192); твердость около 4. Уд.в. 9,43 (вычисл. 9,11). В свежем изломе лимонно-желтый до оранжево-желтого, на свету становится желтовато-зеленым и зеленовато-бурым. Черта светло-зеленая с желтоватым оттенком. Бл. стеклянный – в кристаллических, смолистый – в скрытокристаллических агрегатах. Полупрозрачен (в кристаллических агрегатах) до непрозрачного (в скрытокристаллических). Не флюoresцирует. В ИК-спектре отсутствуют линии, связанные с H_2O и OH .

Микр. [1]. Плеохроизм слабый от лимонно- до ярко-желтого. Медленно взаимодействует с высокопреломляющими иммерсионными жидкостями. Двусный. $n_p > 2$. Двупреломление высокое; рельеф изменяется от низкого – по N_p до высокого – по N_g . Абсорбция сильная, особенно для N_g .

В отраж. свете (образец из Терлинга) серый до светло-серого. Характерны тонкое двойникование и тонкая волокнистость, заметные в скрещенных николях. Двуотражение от слабого до сильного в зависимости от сечения зерен, без цветного эффекта. Показатели отражения (в %) для двух зерен (с самым слабым и сильным двуотражением):

$\lambda(\text{нм})$	1 зерно		2 зерно		$\lambda(\text{нм})$	1 зерно		2 зерно	
	R_1	R_2	R_1	R_2		R_1	R_2	R_1	R_2
400	16,7	20,2	20,0	24,9	600	14,0	16,0	14,4	20,2
440	17,0	19,2	19,4	23,9	640	13,8	15,8	14,1	19,8
480	15,8	18,2	17,0	22,5	680	13,7	15,5	13,9	19,5
520	14,9	17,3	15,7	21,5	700	13,6	15,4	13,7	19,4
560	14,3	16,5	14,9	20,7					

Слабые лимонно-желтые внутренние рефлексы.

Коэффициенты преломления 2,58 и 2,10 (вычислены по отражению для $\lambda = 590$ нм). Дисперсия, $r < v$.

Хим. [1]. Теор. состав: Hg_2O – 91,24; SiO_2 – 8,77. Анализы (микрозонд.) из месторождений Сократес (среднее из 5) и Терлингута (среднее из 3): Hg_2O – 89,6 и 91,0; SiO_2 – 8,6 и 7,9; сумма 98,2 и 98,9.

Эмпирические формулы: ан. 1 – $\text{Hg}_{6,00}^+\text{Si}_{2,00}\text{O}_7$ (на 7 атомов O); ан. 2 – $\text{Hg}_{6,2}\text{Si}_{1,9}\text{O}_{6,9}$ (на 15 атомов в формуле).

Диагн. исп. [1]. Разлагается разбавленными кислотами: в HCl становится белым и легко растворяется, в HNO_3 образуется прозрачный студень.

Повед. при нагр. [1]. При постепенном нагревании в закрытой трубке до слабого красного каления образуется опал и выделяется ртуть, оседающая на стенах. При прокаливании ($1000\text{--}1100^\circ$) в течение 14 ч наблюдалось образование тридимита и кристобалита.

Нахожд. [1]. Довольно широко распространен в двух ртутных месторождениях шт. Калифорния (США). На месторождении Сократес (округ Сонома) образует тонкие корочки на поверхности трещин, полые сосцевидные нодули (размером до 3,4 мм при толщине стенок до 1,2 мм), а также округлые и сосцевидные агрегаты, рассеянные в мелких полостях в кварц-магнезитовой породе, содержащей хромит. Ассоциирует с халцедоновидным кварцем, самородной ртутью, киноварью и монтроидитом. На месторождении Клир-Крик (округ Сан-Бенито) аналогичные выделения эдгарбейлиита наблюдались в кварц-магнезит-халцедоновой породе, содержащей пекорайт, опал, гётит, хромит, монтмориллонит, хунтит, доломит, гипс и хлорит; тесно ассоциирует с самородной ртутью, монтроидитом и киноварью.

Установлен в музейном образце из месторождения Терлингута (округ Брюстер, шт. Техас) в виде таблитчатых и спонговидных агрегатов в пустотах и трещинах в кальците, кварце и барите вместе с самородной ртутью; наблюдался в срастаниях с монтроидитом, терлингутитом и эглестонитом.

Изм. Устойчив. Дебаеграмма образца после 25 лет хранения соответствует неизмененному эдгарбейлииту.

Искусств. [3]. В системе $\text{HgO}-\text{GeO}_2-\text{SiO}_2$ в присутствии H_2O при 4 кбар и температурах до 600° кристаллизовался только Hg_2GeO_4 , силикат Hg не образуется.

Межплоскостные расстояния эдгарбейлиита из месторождения Сократес,
шт. Калифорния (США) [1]
Со-излучение, Ni-фильтр. Камера Гинье

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
110	20	6,28	400	63	2,715	601	3	1,954
001	10	5,53	221	7	2,509	040	12	1,927
200	2	5,43	311	2	2,480	602	36	1,872
201	7	4,90	402	6	2,454	331	3	1,834
111	14	4,68	131	17	2,353	600	3	1,813
020	8	3,85	421	24	2,321	223	17	1,766
111	5	3,76	022	7	2,245	621	14	1,743
310	3	3,28	420	7	2,222	622	3	1,685
021	100	3,160	202	5	2,161	530	8ш	1,657
221	27	3,027	401	3	2,144	242	9	1,613
202	34	2,952	330	10	2,094	042	5	1,580
002	20	2,765	422; 512	3	2,068	203; 440	12	1,572

Л и т е р а т у р а

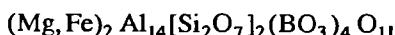
1. Roberts A.C., Bonardi M., Erd R.C., Criddle A.J., Stanley Ch.J., Cressey G., Angel R.J., Laflamme J.H. // Miner. Rec. 1990. Vol. 21, N 3. P. 215.
2. Angel R.J., Cressey G., Criddle A.J. // Amer. Miner. 1990. Vol. 75, N 9/10. P. 1192.
3. Röpke H., Eysel W. // Neues. Jb. Miner. Monatsh. 1978. N. 1. S. 1.

Б. С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМИ АНИОНАМИ

С Т Р У К Т У Р А Т И П А В Е Р Д И Н Г И Т А

	Сингония	a_0	b_0	c_0	α	β	γ	Уд.в.
Вердингит	Трикл.	7,995	8,152	11,406	110,45°	110,85°	84,66°	3,04
$(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{Al}_{14} \times$ $\times [\text{Si}_2\text{O}_7]_2(\text{BO}_3)_4\text{O}_{11}$								

Вердингит Werdingite



Назван в честь немецкого ученого Гюнтера Вердинга, исследователя системы $\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$ [1].

Характ. выдел. Округлые зерна диаметром до 3 мм и их агрегаты [1], кристаллы до 1 мм [2] (до 5 мм – синтетический Mg-вердингит, также тонкие листочки до 2–3 мм [3]).

Структ. и морф. крист. Трикл. с. $C_1^l-P\bar{1}$. $a_0 = 7,995$, $b_0 = 8,152$, $c_0 = 11,406 \text{ \AA}$; $\alpha = 110,45$, $\beta = 110,85$, $\gamma = 84,66^\circ$; $a_0:b_0:c_0 = 0,981:1:1,399$; $V = 650,6 \text{ \AA}^3$; $Z = 1$ [1]; $a_0 = 7,993$, $b_0 = 8,150$, $c_0 = 11,388 \text{ \AA}$; $\alpha = 110,45$, $\beta = 110,88$, $\gamma = 84,62^\circ$; $a_0:b_0:c_0 = 0,981:1:1,397$; $V = 649,1 \text{ \AA}^3$ (искусственный Mg-вердингит) [3].

В основе структуры лежат цепочки из $[\text{AlO}_6]$ -октаэдров, параллельные оси с. Они связаны диортогруппами $[\text{Si}_2\text{O}_7]$ и $[(\text{Fe}, \text{Al})_2\text{O}_7]$, чередующимися с тригональными дипирамидами Al и Mg и атомами B, расположенными в центрах треугольников из атомов O.

Межатомные расстояния (в \AA): Si–O = 1,617–1,650; в тетраэдрах в среднем Fe(Al)–O = 1,826; B–O = 1,360–1,427; в октаэдрах Al–O = 1,829–1,979; в тригональных бипирамидах Al–O = 1,742–1,824; Mg–O = 1,901–1,973.

Кристаллы короткопризматические.

Физ. св. [1]. Сп. или отдельность несовершенная по призме. Изл. раковистый. Тв. 7. Уд.в. 3,04 (вычисл. 3,07). Цв. коричневато-желтый, окраска пятнистая. Черта белая. Бл. стеклянный. Просвечивает. Магнитная восприимчивость ниже таковой грандицерита и выше силлиманита. Не флюoresцирует в ультрафиолетовых лучах.

ИК-спектр искусственного Mg-вердингита имеет полосы поглощения с максимумами при 1305, 1420 и 1460 cm^{-1} , обусловленные присутствием BO_3 -групп.

Микр. [1]. Плеохроизм: по Ng и Np – бесцветный, по Nm – желтый. Двусосный (–). Удлинение (+). $n_g = 1,651$, $n_m = 1,646$, $n_p = 1,614$; $n_g - n_p = 0,047$; $2V = 33^\circ$; $r > v$. $n_g = 1,636$, $n_p = 1,606$ у синтетического Mg-вердингита [3]. Двойники простые и

полисинтетические (три-четыре двойниковые полосы), двойниковые швы $\parallel c$. Характерны включения силлиманита, циркона, рутила, каймы грандильтерита на стыке вердингита и корнерупина. Отмечено замещение симплектитовыми срастаниями грандильтерита и герцинита.

Хим. Анализ (микрозонд., среднее из 14) вердингита из Бок-се-Путс (Намакваленд, ЮАР): MgO – 4,46; FeO – 5,06; Al₂O₃ – 59,49; SiO₂ – 19,83; TiO₂ – 0,05; B₂O₃ – 10,19; сумма 99,08.

Пересчет анализа на 37 атомов O: Si – 4,018; Ti – 0,008; Al – 14,206; Fe³⁺ – 0,180; Fe²⁺ – 0,678; Mg – 1,347; В – 3,564 [1].

Частичный анализ искусственного Mg-вердингита: MgO – 6,87; Al₂O₃ – 60,80; SiO₂ – 20,47; B₂O₃ – 11,86 [3].

Нахожд. Обнаружен в богатых корнерупином и грандильтеритом прослоях (мощностью 2–20 см) силлиманит-герцинит-ильменитовых гнейсов гранулитовой фации метаморфического комплекса Намакваленд в Бок-се-Путс (ЮАР) [1].

Изм. Частичные и полные псевдоморфозы симплектитовых срастаний грандильтерита и герцинита [1].

Искусств. [3]. Mg-вердингит синтезирован при $t = 800\text{--}875^\circ$ и $P = 4\text{--}7$ кбар из сухого B₂O₃ и геля магниевого алюмосиликата или смеси синтетического Mg-грандильтерита и фазы Al₈Si₂B₂O₁₉. При более низкой температуре в присутствии H₂O разлагается с образованием Mg-грандильтерита, корунда и турмалина. В почти безводных условиях и $P > 10$ кбар при распаде Mg-вердингита образуется ассоциация синхалит–корунд–дюмортьерит.

Межплоскостные расстояния вердингита из Бок-се-Путс, Намакваленд (ЮАР) [1]

CuK_α-излучение

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
110	8	5,433	014; 234	20	2,164
110	100	5,226	230	30	2,135
002; 112	75	4,979	230	20	2,065
112; 022	20	3,690	222; 332; 134; 314; 325	10	1,963
112; 202	15	3,652	400; 140; 132; 242; 231	10	1,863
120	30	3,437	224; 404; 143; 024; 410	10	1,826
210	50	3,392	204; 424; 410	10	1,806
120	10	3,342	106; 421; 236; 313; 016;	8	1,760
210	30	3,299	145; 326		
114; 113; 221	30	2,846	242; 332	20	1,708
220	60	2,708	420	20	1,652
220; 212	30	2,612	134	20	1,584
024; 204	30	2,520	314; 242; 152;	8	1,559
130	10	2,427	514; 234; 054		
130; 222; 312	8	2,372	244; 424;	40	1,527
122; 232	8	2,333	224; 444	10	1,489
114; 314; 131	15	2,257	228	30	1,424
214 034	50	2,194	044; 308; 148; 264	15	1,317

Межплоскостные расстояния синтетического Mg-вердингита [3]

CuK α -излучение

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
110	76	5,435	1̄30	5	2,435	1̄40		
110	100	5,247	130	16	2,382	1̄43	8	1,828
002	69	5,032	122	8	2,339	024		
1̄1̄2		5,016	23̄2			410		
02̄2	40	3,702	1̄14	30	2,265	204	14	1,808
1̄12	9	3,672	31̄4			42̄4		
20̄2		3,664	21̄4	75	2,196	420	19	1,653
1̄20	23	3,446	03̄4			1̄34	20	1,584
210	89	3,401	014	45	2,170	244	41	1,527
120	9	3,350	23̄4			42̄4		
210	55	3,310	230	33	2,137	224	21	1,489
114	25	2,848	230	32	2,068	444		
220	86	2,716	1̄34	14	1,966	228	20	1,423
220	42	2,623	31̄4			308	20	1,316
024	52	2,523	325			148		
204			400	19	1,865			

Л и т е р а т у р а

1. Moore J.M., Waters D.J., Niven M.L. // Amer. Miner. 1990. Vol. 75, N 3/4. P. 415.

2. Niven M.L., Waters D.J., Moore J.M. // Ibid. 1991. Vol. 76, N 1/2. P. 246.

3. Werding G., Schreyer W. // Europ. J. Miner. 1992. Vol. 4, N 1. P. 193.

С Т Р У К Т У Р А Т И ПА Б А Ф ЕР ТИСИТА

Ранее с подобной структурой описан бафертицит (т. III, вып. 1, с. 635).

ГРУППА БАФЕРТИСИТА

Хейтманит Ba(Mn, Fe) ₂ Ti ×	Сингония	<i>a</i> ₀	<i>b</i> ₀	<i>c</i> ₀	β	У.д.в.
×[Si ₂ O ₇]O(OH, F) ₂	Монокл.	11,748	13,768	10,698	112,27°	4,02

Хейтманит Hejtmánekite

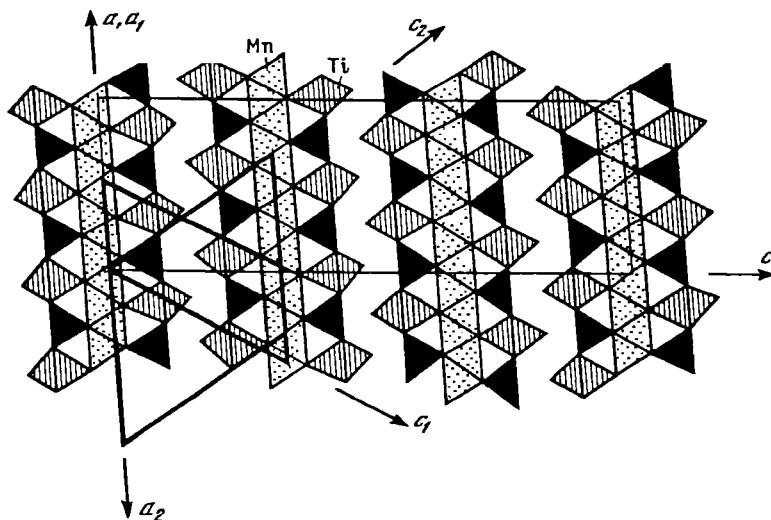


Назван по имени чешского петрографа Б. Хейтмана [1], относится к членам изоморфного ряда BaFe₂Ti[Si₂O₇]O(OH)₂ (бафертицит)–BaMn₂Ti[Si₂O₇]O(OH, F)₂ (хейтманит) с Mn²⁺ > Fe²⁺.

Синон. Гейтманит.

Характ. выдел. Пластинчатые выделения (до 5 мм).

Структ. и морф. крист. [1]. Монокл. с. $a_0 = 11,748$, $b_0 = 13,768$, $c_0 = 10,698$ Å, $\beta = 112,27^\circ$; $a_0:b_0:c_0 = 0,853:1:0,777$; $V = 1601,3$ Å³; $Z = 8$. Для подъячейки определены: пр. гр. $C_{2h}^2 - P2_1 / m$; $a'_0 = 11,748$, $b'_0 = 6,884$, $c'_0 = 5,349$ Å. Возможен другой выбор элементарной ячейки с параметрами, близкими бафертицитовым: $a_0 = 10,698$, $b_0 = 13,768$; $c_0 = 12,538$ Å; $\beta = 119,80^\circ$; $a_0:b_0:c_0 = 0,777:1:0,911$; для соответствующей подъячейки: пр. гр. $C_{2h}^2 - P2_1 / m$, $a'_0 = 11,909$, $b'_0 = 6,884$, $c'_0 = 5,349$; $\beta = 94,72^\circ$.



Фиг. 27. Взаимное расположение бафертиситовых трехслойных пакетов (по Расцветаевой и др.)
Выделены ячейки фазы I, фазы II и двойника ($c_0 = 33 \text{ \AA}$)

Повторное рентгеноструктурное исследование образца из Киргизии состава $\text{BaMn}_2\text{Ti}[\text{Si}_2\text{O}_7]\text{O(OH)}_2$, описанного в [2], показало, что он является закономерным сростком двух модификаций [3]. Фаза I: $P2/m$, $a_0 = 5,361$, $b_0 = 6,906$; $c_0 = 12,556$; $\beta = 119,8^\circ$; фаза II: Cm , $a_0 = 10,723$, $b_0 = 13,812$, $c_0 = 12,563$; $\beta = 119,9^\circ$. Параметры двойника: $a_0 = 10,723$, $b_0 = 13,812$, $c_0 = 32,783$; $\beta = 96,65^\circ$. Фаза I представляет собой новый структурный тип, а фаза II и изоструктурный ей бафертисит являются производной, полученной при понижении симметрии $P2/m$ до Cm и потери части трансляций.

Основой структурного мотива данной группы минералов являются трехслойные пакеты (фиг. 27) с различным заполнением октаэдров катионного слоя. В отличие от бафертисита средний слой пакета образован Mn^{2+} -октаэдрами. Структурные различия фаз I и II Mn-бафертисита связаны со смещениями атомов Ba, что приводит к изменению симметрии и параметров решетки.

Средние межатомные расстояния (в \AA) в структурах фаз I и II: $\text{Si}-\text{O} = 1,62$ и $1,57-1,66$ соответственно; $\text{Mn}-\text{O} = 2,14-2,27$; $\text{Ba}-\text{O} = 3,03-3,33$.

Кристаллы пластинчатые или призматические, удлиненные по оси c с преобладающим развитием грани (100) [1].

Физ. св. [1]. Сп. по (100) совершенная, по $(0kl)$ плохая. Уд.в. 4,02 (вычисл. +29). Хрупок. Изд. неправильный. Цв. коричневато-желтый до золотисто-желтого. Бл. стеклянный. Полупрозрачен. Не флюоресцирует. ИК-спектр близок таковому бафертисита, содержит полосы поглощения 432, 497, 562, 622, 662, 716, 867, 922, 135, 1000, 1055 cm^{-1} (неопубликованные данные Л.А. Паутова).

Микр. [1]. Плеохроизм: по N_p — светлый зеленовато-желтый, по N_m — темный золотисто-желтый, по N_g — светло-желтый; $N_m > N_g = N_p$. Двуосный (—). $N_p = b$, $N_m = 37,9^\circ$, $aN_p = 15,9^\circ$; $n_g = 1,867$, $n_m = 1,846$, $n_p = 1,814$; $n_g - n_p = 0,021$; $2V = 76,4^\circ$ (вычисл. 76,8°).

Хим. Хейтманит из Киргизии близок по составу конечному Mn-члену изоморфного ряда.

Анализы (микрозонд., 1 – среднее из 6):

	1	2		1	2
Na ₂ O	0,06	0,16	SnO ₂	–	2,23
K ₂ O	0,30	–	Nb ₂ O ₅	1,4	0,26
Cs ₂ O	–	0,07	Ta ₂ O ₅	–	0,07
CaO	–	0,10	H ₂ O ⁺	1,86 ^{2*}	0,89 ^{3*}
MgO	0,13	0,40	H ₂ O ⁻	–	0,14
BaO	30,2	29,35	F	3,3	–
MnO	14,12	23,98	SO ₂	–	0,04
FeO [*]	11,29	2,42	Сумма	99,82	99,22
Al ₂ O ₃	0,37	0,98	–O = F ₂	1,39	
SiO ₂	23,52	23,45	Сумма	98,43	
TiO ₂	13,27	14,68			

Общее. ^{2}Рассчитано по формуле. ^{3*}Метод Пенфильда.

1 – Мболве-Хилл, Замбия [1]; 2 – хр. Иныльчек (Киргизия), анал. Игнатенко (неопубликованные данные Л.А. Паутова).

Эмпирическая формула для ан. 2 : (Ba_{0,96}Na_{0,03}Ca_{0,01}Cs_{0,002})_{1,00}Mn_{1,70}Fe_{0,17} × xMg_{0,05}Al_{0,08}2,00(Ti_{0,93}Sn_{0,07}Nb_{0,015})_{1,01}(Si_{1,97}Al_{0,02})_{1,99}O₇(O_{2,09}) · 0,25 H₂O; формула в общем виде BaMn₂TiO[Si₂O₇](OH)₂ [2].

Нахожд. Найден [1] в арфведсоните содержащих пегматоидных жилах, секущих щелочные граниты и сиениты в Мболве-Хилл (бассейн р. Мкузе, Центральная пров., Замбия). Образует включения (до 1 мм) в кристаллах марганцевого арфведсонита. Ассоциирует с апатитом, альбитом, бастнезитом, чевкинитом, манганильмитом и эгирином.

Обнаружен также [2] в родонит-тефроит-спессартин-кварцевой ассоциации в Юго-Восточной Киргизии (хр. Иныльчек).

Отл. От бафертисита отличается оптической ориентировкой.

Межэлоосточные расстояния хайтманита из Замбия [1]

MoK_α-излучение. Дифрактометр

hkl	I	d(Å)	hkl	I	d(Å)	hkl	I	d(Å)
200	32	5,472	142	3	2,610	45 <bar>1</bar>	< 1	2,007
022	5	4,040	30 <bar>4</bar> ; 420	14	2,535	422	3	1,984
102	2	4,000	302	7	2,516	60 <bar>2</bar>	2	1,960
22 <bar>2</bar> ; 300	10	3,858	004	1	2,843	360	1	1,942
30 <bar>2</bar> ; 300	14	3,669	322; 50 <bar>2</bar>	2	2,351	17 <bar>1</bar>	< 1	1,927
30 <bar>2</bar> ; 300	14	3,639	40 <bar>4</bar> ; 242	2	2,321	224	1	1,911
11 <bar>3</bar>	17	3,455	104	7	2,243	144	1	1,881
140	7	3,294	52 <bar>2</bar> 44 <bar>2</bar>	5	2,218	540	1	1,840
32 <bar>2</bar> ; 320	21	3,241	42 <bar>4</bar>	< 1	2,202	600	2	1,817
32 <bar>2</bar> ; 320	21	3,215	500	16	2,180	46 <bar>2</bar>	1	1,800
202	4	3,130	440; 124	1	2,130	442	1	1,778
240	4	2,925	21 <bar>5</bar>	7	2,113	502; 620	1	1,761
14 <bar>2</bar> ; 402	7	2,895	14 <bar>4</bar>	2	2,094	502; 620	1	1,753
222	10	2,850	402	13	2,073	10 <bar>6</bar>	< 1	1,734
24 <bar>2</bar>	12	2,771	34 <bar>4</bar>	3	2,049	32 <bar>6</bar>	4	1,721
400	100	2,726	342	1	2,027	64 <bar>2</bar>	10	1,704
204; 42 <bar>2</bar>	3	2,671	044	1	2,015	42 <bar>6</bar>	6	1,677
10 <bar>4</bar>	10	2,646						

Л и т е р а т у р а

1. Vrána S., Rieder M., Gunter M.E. // Europ. J. Miner. 1992. Vol. 4, N 1. P. 35.
2. Соколова Е.В., Егоров-Тисменко Ю.К., Паутов Л.А., Белаковский Д.И. // Зап. ВМО. 1989. Ч. 118, вып. 4. С. 81.
3. Расцветаева Р.К., Тамазян Р.А., Соколова Е.В., Белаковский Д.И. // Кристаллография. 1991. Т. 36, № 2. С. 354.

ГРУППА ЛОМОНОСОВИТА

Ранее группа включала: ломоносовит, беталомоносовит*, мурманит, эпистолит (т. III, вып. 1, с. 660).

*Дискредитирован (Никель, Мандарино, 1989).

	Сингония	a_0	b_0	c_0	α	β	γ	Уд.в.
Вуоннемит $Na_{11}TiNb_2[Si_2O_7]_2 \times$ $\times (PO_4)_2O_3F$	Трикл.	5,53	7,16	14,55	94°	96°	90°	3,13
[Борнеманит] $Na_7BaTi_2Nb[Si_2O_7]_2 \times$ $\times (PO_4)_2O_3F$	Ромб.	5,48	7,10	48,2	90	90	90	3,50

Минералы группы, включая ранее описанные, имеют близкие химические составы и сходные кристаллохимические параметры; являются титаносиликатами, содержат фосфатную составляющую (или воду), по количеству Na в формуле превосходят другие силикаты. Борнеманит отнесен к группе условно по близости состава и свойств.

Относятся к гомологическому ряду (полисоматической серии), крайними членами которого приняты титаносиликат – сейдозерит $Na_4MnTi_3[Si_2O_7]_2O_2(F, OH)_2$ и Na, Ca-фосфат – накафит $Na_2Ca(PO_4)F$ [1, 2]. Ломоносовит $Na_5Ti[Si_2O_7](PO_4)O_2$, вуоннемит и борнеманит – диортосиликаты, содержащие ортофосфатные группы в качестве дополнительных анионов, являются промежуточными членами ряда сейдозерит–накафит. Основу их структур представляет сейдозеритовый трехслойный пакет, где центральная часть – стенки из M-октаэдров ($M = Ti, Zr, Mn, Nb, Fe$ и катионы щелочных и щелочноземельных металлов); к ней с обеих сторон примыкают слои из изолированных $[Si_2O_7]$ -групп и $Ti(Nb)$ -октаэдров. Минералы группы различаются по заполнению октаэдрических позиций и пространства между трехслойными пакетами, что сопровождается изменением одного из параметров элементарной ячейки.

Минералы группы обладают характерными свойствами: при обработке их водой в водную вытяжку переходит натрофосфатная часть, при этом промежуток между титаносиликатными пакетами сокращается и заполняется молекулами воды.

Являются типоморфными для ультраагпайтовых пегматитов, формирующихся на конечных стадиях дифференциации агпайтовых нефелиновых сиенитов.

Л и т е р а т у р а

1. Егоров-Тисменко Ю.К., Соколова Е.В. // Минерал. журн. 1990. Т. 12, № 4. С. 40.
2. Соколова Е.В., Егоров-Тисменко Ю.К., Хомяков А.П. // Тез. докл. VI Всесоюз. симпоз. по изоморфизму. Звенигород, 1988. С. 187.

Вуоннемит Wuonnemite
 $\text{Na}_1\text{TiNb}_2[\text{Si}_2\text{O}_7]_2(\text{PO}_4)_2\text{O}_3\text{F}$

Назван по месту находки в долине р. Вуоннемиок в Хибинском массиве [1].

Синон. Ниобиевый ломоносовит [2] – первоначальное упоминание.

Характ. выдел. Пластинки до $1,8 \times 1,5 \times 0,15$ см, пластинчатые кристаллы (ширины 1–5 см, толщиной до 0,5 мм), веерообразные и параллельные сростки [1, 3], отдельные кристаллы (до 6 мм) в пустотах [4].

Структ. и морф. крист. Трикл. с. $C_i^1-P\bar{1}$ (или C_1^1-P1 [1]). $Z=1$.

	$a_0(\text{\AA})$	b_0	c_0	α	β	γ	$a_0:b_0:c_0$	$V(\text{\AA}^3)$	Местонахождение	Ссылка
1	5,53	7,16	14,55	94°	96°	90°	0,772:1:2,032	571,5	Ловозеро	[3, 5]
2	5,501	7,162	14,440	92,63	95,33	90,57	0,768:1:2,016	565,81	Гренландия	[6]
3	7,02	14,15	5,38	93,7	89,5	87,5	0,496:1:0,380	530,80	Хибины	[1]

1, 2 – в установке ломоносовита.

Центральная часть сейдозеритового пакета в структуре состоит из правильных Ti- и Na-октаэдров (фиг. 28) [5]. С обеих сторон к ней примыкают сетки из диортогрупп $[\text{Si}_2\text{O}_7]$ и дискретных неправильных октаэдров Nb. Сетку уплотняют атомы Na. Атомы Ti и Nb, занимая различные структурные позиции, выполняют разные функции, не замещая друг друга. В направлении оси с трехслойные пакеты чередуются с двухэтажными слоями, содержащими ионы PO_4^{3-} и Na^+ . Атомы F частично (примерно 1:1) замещают O в одной из вершин Ti-октаэдра, не связанной с Si. Вуоннемит входит в структурный гомологический ряд сейдозерит–накафит [7].

Средние межатомные расстояния (в Å): $\text{Na}-\text{O} = 2,32-2,59$; $\text{Ti}-\text{O} = 2,01$; $\text{Nb}-\text{O} = 2,01$; $\text{Si}-\text{O} = 1,66$ и $1,64$; $\text{P}-\text{O} = 1,55$ [5].

Кристаллы [3, 8] сильно уплощены по (001) и вытянуты вдоль оси b . Неодинаковое развитие граней зон [100], $[\bar{1}\bar{1}0]$, [010], [110] обуславливает разнообразие внешнего облика кристаллов.

Установлены формы [3]:

	Φ	ρ		Φ	ρ		Φ	ρ
<i>c</i> 001	56°00'	7°00'		<i>t</i> 0\bar{1}2	173°30'	43°00'	<i>x</i> 116	53°00'
<i>b</i> 010	0 00	90 00		<i>s</i> 0\bar{1}1	177 00	63 00	<i>z</i> \bar{1}\bar{1}3	232 00
<i>a</i> 100	90 00	90 00		<i>d</i> 101	88 00	70 00	<i>h</i> \bar{1}\bar{1}1	232 00
<i>e</i> 011	3 00	64 00		<i>i</i> 102	87 00	56 00	<i>w</i> \bar{1}\bar{1}0	127 00
<i>f</i> 012	5 30	47 00		<i>n</i> \bar{1}02	273 00	50 30	<i>q</i> \bar{1}\bar{1}2	123 00
<i>k</i> 013	88 00	36 00		<i>g</i> \bar{1}01	271 00	68 00	<i>p</i> \bar{1}\bar{1}1	309 00
<i>v</i> 0\bar{1}3	170 30	31 00		<i>u</i> 114	52 30	44 00		

$$\begin{aligned}
 bc(010):(001) &= 86°30' & kc(013):(001) &= 32°00' \\
 ac(100):(001) &= 84 30 & vc(\bar{0}13):(001) &= 35 00 \\
 ab(100):(010) &= 90 00 & tc(\bar{0}12):(001) &= 47 00 \\
 ec(011):(001) &= 60 00 & sc(\bar{0}11):(001) &= 67 00 \\
 fc(012):(001) &= 43 00 & dc(101):(001) &= 64 00 \\
 ic(102):(001) &= 50 00 & zc(\bar{1}\bar{1}3):(001) &= 52 00 \\
 nc(\bar{1}02):(001) &= 56 30 & hc(\bar{1}\bar{1}1):(001) &= 80 00 \\
 gc(\bar{1}01):(001) &= 74 00 & wc(\bar{1}\bar{1}0):(001) &= 87 00 \\
 uc(\bar{1}\bar{1}4):(001) &= 37 00 & qc(\bar{1}\bar{1}2):(001) &= 55 00 \\
 xc(\bar{1}\bar{1}6):(001) &= 25 00 & pc(\bar{1}\bar{1}1):(001) &= 76 00
 \end{aligned}$$

Фиг. 28. Структура вуоннемита в проекции ab (по Дроздову и др.). Стенка из Na- и Ti-октаэдров

Часты двойники и тройники, срастающиеся по (001). Двойниковой осью служит нормаль к (001) или ось b . В двойниках характерно отсутствие входящих углов, благодаря чему некоторые из них имеют облик ромбических кристаллов. Отмечались параллельные сростки с одинаковой оптической ориентировкой.

Физ. св. Сп. совершенная по (001) и менее совершенная по (110) и (111) [3]. Изд. плоский, ступенчатый. Хрупок. Тв. 2–3. Микротвердость 334–367 кгс/мм² в сечениях || (001), 376–477 кгс/мм² – ⊥ (001). Уд. в. 3,11–3,15 (вычисл. 3,15). Цв. желтый, светло-желтый, бледно-розовый, зеленовато-желтый, серый. Бл. стеклянный до жирного или перламутрового на плоскостях спайности. Прозрачный, просвечивающий по краям пластинок, мутноватый [1, 3]. Иногда флюоресцирует интенсивным зеленовато-желтым в коротковолновом и светло-желтым в длинноволновом ультрафиолетовом излучении, сохраняя слабую голубовато-зеленую фосфоресценцию на короткий период [4, 6]. Обнаружены полосы желтой фотолюминесценции [9]. Предполагается, что она принадлежит электронному центру Ti^{3+} .

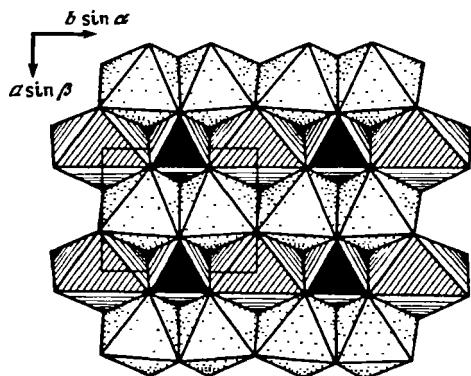
ИК-спектр характеризуется наличием хорошо разрешенных максимумов в полосах 1070–870 и 595–440 см⁻¹, отвечающих соответственно области валентных колебаний SiO_4 - и PO_4 -тетраэдров и деформационных колебаний связей Si–O и P–O. Общий характер спектра близок ломоносовитому, а спектр продукта обработки вуоннемита водой – эпистолитовому [3].

Микр. Желтовато-серый, без включений. Двусный (+). Для ловозерского вуоннемита пл. опт. осей близка к (012) и образует с пл. (001) угол 44°. $aNg = 3^\circ$, $bNm = 46^\circ$, $cNp' = 43^\circ$. Координаты φ и ρ осей опт. индикатрисы для $Ng = 27$ и 82° , для $Nm = 9$ и 94° , для $Np = 174$ и 43° . В иммерсии пластиинки по (001) имеют почти прямое погасание ($aNg' = 2^\circ$), по отношению к следам спайности по (110) и (111) соответственно 35 и 40° [3]. $n_g = 1,683$ и $1,681$, $n_m = 1,656$ и $1,651$, $n_p = 1,638$ и $1,639$ для ловозерского [3] и хибинского [1] образцов; $n_g - n_p = 0,042$. $2V = 80^\circ$ (вычисл. 78°) [3]; для гренландского: $n_g = 1,6795$, $n_m = 1,6544$, $n_p = 1,6360$; $n_g - n_p = 0,0435$; $2V = 86^\circ$ (вычисл. 82,3°) [6]. Дисперсия, $r > u$.

Хим. Теор. состав: $Na_2O = 31,6$; $TiO_2 = 7,4$; $Nb_2O_5 = 24,6$; $SiO_2 = 22,3$; $P_2O_5 = 13,1$; F – 1,8. Самый богатый Na представитель гр. ломоносовита. По составу может рассматриваться как фосфатоэпистолит (подобно ломоносовиту, являющемуся фосфатомурманитом) [1, 3].

Анализы:

	1	2	3	4	5	6
Na_2O	30,23	29,12	32,07	32,03	31,76	31,65
CaO	0,25	0,20	0,29	0,33	0,47	0,52
MnO	0,53	0,60	0,09	0,08	0,12	0,14
FeO	–	–	0,28	0,26	0,13	0,12
Al_2O_3	0,46	0,70	0,35	0,26	0,06	0,09
SiO_2	22,31	21,83	22,52	22,57	23,07	23,33



	1	2	3	4	5	6
TiO ₂	8,07	7,85	7,09	7,50	8,07	8,42
Nb ₂ O ₅	23,16	27,88	24,28	23,99	23,87	23,54
P ₂ O ₅	13,50	10,44	13,30	13,13	12,93	12,71
Сумма	99,68*	99,97 ^{2*}	100,27 ^{3*}	100,15 ^{3*}	100,48 ^{3*}	100,52 ^{3*}

* В том числе K₂O – 0,07, MgO – 0,14, п.п. – 0,96, Fe, Ta, Zr – не обн.

^{2*} В том числе Fe₂O₃ – 0,31, K и Mg – сл., F – 1,80 ($-O=F_2$ – 0,76), Zr – не обн.

^{3*} F – 1,5–2,5.

1 – Хибинский массив, анал. Забавникова [1]; 2 – Ловозерский массив, анал. Казакова [3]; 3–6 – массив Илимаусак (Гренландия): 3,4 – образец 1; 5,6 – образец 2, микрозонд. [6].

Спектральным анализом обнаружены сл. Ba, Sr, р.з.э. [1]. Некоторый дефицит Na и P при пересчете на формулу предположительно объясняется частичным выветриванием минерала [10].

Диаг. исп. При обработке водой в раствор легкото переходят практически весь P и больше половины Na, что составляет две молекулы Na₃PO₄ на одну силикатную часть. Остаточный продукт выщелачивания – серовато-белые тонкие пластинки эпистолита Na₅TiNb₂Si₄O₁₇F · n H₂O (подтверждено оптическими исследованиями, ИК-спектром и рентгенограммой) [1, 3]. Промежуточные члены между вуоннемитом и эпистолитом не установлены.

Повед. при нагр. На кривой нагревания проявлен небольшой экзотермический эффект при 350°, а также четкий эндотермический максимум при 870° [1] или 830° [3], связанный с плавлением минерала. При нагревании в азоте до 1000° потеря веса – 0,2% [3].

Нахожд. Первичный постмагматический минерал, характерный для ультращелочных пегматитов и гидротермальных. Обнаружен в Хибинском массиве (долина р. Вуоннемиок) в керне скважины в лягушорритах, приурочен к альбитизированному участку с рамзаитом, канкринитом, серандитом и виллиомитом [1]. В Ловозерском массиве [3] встречен на горе Карнасурт в ассоциации с породообразующими минералами фойяитов – микроклином, нефелином, эгирином, арфведсонитом и виллиомитом. Там же значительные скопления вуоннемита обнаружены в уссингит-натролитовых прожилках мощностью до 3 см, рассекающих луявриты верхней части дифференцированного комплекса. В ассоциации с нордитом, беловитом, клейофаном и др. образует в уссингите сростки и редкие пластинчатые кристаллы, ориентированные субперпендикулярно контактам прожилков. В небольших количествах обнаружен в тонком анальцимовом прожилке с виллиомитом, а также в натролитовой зоне пегматоидной залежи Юбилейная с ненадкевичитом.

Найден в щелочном массиве Илимаусак (Гренландия) в виде слоистых агрегатов в ассоциациях с микроклином и натролитом или с содалитом и виллиомитом [6]. На горе Сент-Илер, Квебек (Канада), встречен в содалитовых ксенолитах [4].

Наряду с другими минералами группы ломоносовита (ломоносовитом, β -ломоносовитом*, мурманитом, эпистолитом, борнеманитом) является типоморфным для наиболее поздних фаций агпайтовых нефелин-сиенитовых комплексов. Кристаллизуется из остаточных расплавов, предельно насыщенных щелочами, летучими и редкими элементами [10]. По величине K_{alk} (отношение Na, K к сумме катионов, принятой за 100%) вуоннемит (55%) превосходит остальные титаносиликаты [10, 11].

Изм. В гидротермальных и гипергенных условиях неустойчив, становится бурым или серым, приобретает перламутровый блеск [1]. Замещается гидратным

* Название дискредитировано (Никель, Мандарино, 1989).

аналогом – эпистолитом. При этом вынос двух молекул Na_3PO_4 компенсируется привносом четырех молекул H_2O , что приводит к сжатию элементарной ячейки по оси c на величину 2,6 Å [10]. Характерно образование неполных псевдоморфоз вторичного эпистолита по вуоннемиту [4, 11].

Межплоскостные расстояния вуоннемита из Ловозерского массива [3]*
Си-излучение, Ni-фильтр, $D = 114$ мм

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
002;010	6	7,10				038;145;242;	2	1,490
011	<1	6,46	032;124;124	2	2,290	241;241;240;119		
100	2	5,23	025;221;221;			315; 324;138	2,5	1,463
101	<1	4,96	220;220	2	2,176	324;052;228;129;	1,5	1,419
012	<1	4,74	007;133;222	2	2,061	129		
111;111	5	4,25	017	2	1,941	243;333;401;151;	2	1,382
013;103;112	1,5	3,82	117;205	3	1,886	150;152		
004;112;021	4	3,55	134;231;040;	5	1,789	401;410;237;11.10	2	1,354
113;022	2	3,28	230;127			326;153	1	1,320
014;113;022	3	3,13	226;141;028	1,5	1,659	155;247;238	1	1,287
121;121;114;	3	2,96	128;305;234;	4	1,631	245; 148;1.2.11	1	1,262
120;023			321;321;320;			156; 248; 1.3.10	2	1,220
005;122;121	5	2,87	320			405; 061; 060;	1,5	1,196
114;122;201;200	10	2,75	321;227;	1,5	1,596	0.1.12; 0.3.10;		
122;202	5	2,65	118;009			1.3.10		
123;123;211;210	1,5	2,56	044;324	3	1,551	426; 160; 0.1.12	1	1,171
211;203;115	2	2,48	322;128;	2,5	1,549	441;248;159;	1,5	1,094
006;115;212;031	2	2,385	128;019					

* Имеются также межплоскостные расстояния для вуоннемита из Хибинского массива [1] и Гренландии [6].

Л и т е р а т у р а

1. Буссен И.В., Денисов А.П., Забавникова Н.И., Козырева Л.В., Меньшиков Ю.П., Липатова Э.А. // Зап. ВМО. 1973. Ч. 102, вып. 4. С. 423.
2. Хомяков А.П., Семенов Е.И., Еськова Е.М., Быкова А.В., Катаева З.Т. // Тр. ИМГРЭ. 1973. Вып. 3. С. 121.
3. Хомяков А.П., Семенов Е.И., Еськова Е.М., Казакова М.Е., Шумяцкая Н.Г., Рудницкая Е.С. // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1975. № 8. С. 78.
4. Horvath L., Gault R.A. // Miner. Rec. 1990. Vol. 21, N 4. P. 321.
5. Дроzdov Ю.Н., Баталиева Н.Г., Воронков А.А., Кузьмин Э.А. // ДАН СССР. 1974. Т. 216, № 1. С. 78.
6. Rønsho J.G., Leonardsen E.S., Petersen O.V., Johnsen O. // Neues Jb. Miner. Monatsh. 1983. H. 10. S. 451.
7. Егоров-Тисменко Ю.К., Соколова Е.В. // Минерал. журн. 1990. Т. 12, № 4. С. 40.
8. Хомяков А.П. Минералогия ультраагпайтовых щелочных пород. М.: Наука, 1990. 200 с.
9. Гафт М.Л., Горобец Б.С., Хомяков А.П. // ДАН СССР. 1981. Т. 260, № 5. С. 1234.
10. Хомяков А.П. // Конституция и свойства минералов. Киев: Наук. думка, 1976. Вып. 10. С. 96.
11. Хомяков А.П. // Научные основы и практическое использование типоморфизма минералов. М.: Наука, 1980. С. 152.

Борнеманит Bor nemanite
 $\text{Na}_7\text{BaTi}_2\text{Nb}[\text{Si}_2\text{O}_7]_2(\text{PO}_4)\text{O}_3\text{F}$

Назван в честь И.Д. Борнеман-Старынкевич – известного исследователя минералов Хибинского и Ловозерского массивов [1].

Характ. выдел. Пластинчатые выделения до $10 \times 8 \times 0,2$ мм, реже скопления изогнутых пластинок, состоящих из мельчайших ($0,2 \times 0,1 \times 0,05$ мм) чешуек или субпараллельных волокон [1].

Структ. и морф. крист. Ромб. с. $D_{2h}^{28}-Ibm$ или $C_{2v}^{22}-Ibm2$. $a_0 = 5,48$, $b_0 = 7,10$, $c_0 = 48,2\text{\AA}$; $a_0:b_0:c_0 = 0,772:1:6,788$; $V = 1875,4\text{\AA}^3$; $Z = 4$ [1].

Волокна вытянуты вдоль оси a , кристаллы уплощены по (001).

Физ. св. [1]. Сп. весьма совершенная по (001). Пластиинки хрупкие, волокна гибкие. Тв. 3,5–4, микротвердость 257–283 кгс/мм². Уд.в. 3,47–3,50 (вычисл. 3,50). Цв. светло-желтый, тонкие чешуйки почти бесцветны. Бл. перламутровый. Просвечивает, по краям пластинок прозрачный. ИК-спектр с хорошо разрешенными максимумами поглощения. Полоса $1070-870 \text{ cm}^{-1}$ предположительно отвечает области валентных колебаний связей Si–O и P–O. Слабые максимумы в области 3600 и 1600 cm^{-1} указывают на присутствие OH-иона и молекулы H_2O .

Микр. [1]. Бледно-желтый. Слабо плеохроирует от буроватого до бесцветного. $Ng > Nm = Np$. Двуосный (+). Пл. оптических осей || (010). $Ng = a$, $Nm = b$, $Np = c$. Для разных образцов $n_g = 1,720$ и $1,718$, $n_m = 1,695$ и $1,687$, $n_p = 1,682$ и $1,683$; $2V = -40^\circ$ (вычисл. 66 и 40°).

Хим. Теор. состав: $\text{Na}_2\text{O} - 22,02$; $\text{BaO} - 15,56$; $\text{TiO}_2 - 16,22$; $\text{Nb}_2\text{O}_5 - 13,49$; $\text{SiO}_2 - 24,39$; $\text{P}_2\text{O}_5 - 7,20$; $\text{F} - 1,93$. Реальный состав очень сложен из-за большого количества изоморфных примесей и сложной структуры минерала. В сравнении с ломоносовитом и вуннэмитом натриево-фосфатная часть в борнеманите в 2 раза меньше. Спектральным анализом фиксируются Be, Ga, Cu. Формула, приведенная у М. Флейшера (1990): $\text{BaNa}_4\text{Ti}_2\text{NbSi}_4\text{O}_{17}(\text{F}, \text{OH}) \cdot \text{Na}_3\text{PO}_4$.

Анализы:

	1	2		1	2		1	2
Na_2O	19,62	20,00	Al_2O_3	0,55	Не обн.	H_2O^+	2,44	
K_2O	0,65	0,67	SiO_2	23,96	25,00	H_2O^-	0,30	0,70
MgO	0,04	0,06	TiO_2	18,72	18,00	F	1,52	1,64
CaO	0,33	0,77	ZrO_2	0,20	0,25	Сумма	100,11*	99,87**
SrO	0,70	0,68	Nb_2O_5	9,22	8,86	$-\text{O}=\text{F}_2$	0,64	0,69
BaO	12,05	13,00	P_2O_5	6,57	6,80	Сумма	99,47	99,18
MnO	2,97	2,48						

* В том числе $\text{FeO} - 0,17$, $\text{Li}_2\text{O} - 0,10$, $\text{Rb}_2\text{O} - 0,0025$, $\text{Cs}_2\text{O} - 0,002$.

** В том числе $\text{Ta}_2\text{O}_5 - 0,66$, $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 0,30$.

1,2 – Ловозерский массив: 1 – пластинки, развитые по ломоносовиту, анал. Забавникова, Каленчук [1]; 2 – изогнутые пластинки в натролите, анал. Быкова, Каленчук [1].

Диагн. исп. Разлагается на холода 5%-ной HCl и HNO_3 с выделением геля кремнезема, в H_2SO_4 – при нагревании. П.п.тр. легко сплавляется в прозрачное буроватое стекло. При кипячении в дистиллированной воде в течение 2 ч из минерала выщелачиваются Na_2O (4,30) и P_2O_5 (3,00%), что соответствует отношению $\text{Na:P} \approx 3:1$ [1, 2].

Повед. при нагр. Потеря веса образца (анализ 2), прокаленного в азоте до 1000°, составила 0,7% [1]. Плавится при 720°, что на термограмме выражается в резкой эндотермической остановке.

Нахожд. Обнаружен как первичный минерал в натролитовой зоне пегматоидной залежи Юбилейная в Ловозерском массиве на Кольском п-ове [1, 2]. Кристаллизуется из остаточных расплавов, предельно насыщенных щелочами, летучими и редкими элементами, но сохраняется лишь в специфических условиях низкой активности воды. По величине индекса щелочности ($K_{alk} = 50\%$, где K_{alk} – отношение Na, K, Sr, Ba в сумме катионов, принятой за 100%) борнеманит значительно превосходит другие титано-ниобосиликаты [3]. В пегматитовом теле горы Карнасурт борнеманит (хим. анализ 1) развивается по спайности и на поверхности крупных пластин ломоносовита, реже образует скопления (хим. анализ 2) изогнутых пластинок в натролите.

Изм. Неустойчив при гидротермальном и гипергенном изменении пород и пегматитов.

Межплоскостные расстояния борнеманита из Ловозерского массива [1]

FeK_α-излучение, D = 57,3 мм

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
002	10	24,1	2.1.17;1.1.23	1	1,894
004	1	12,0	232;233;040	7	1,781
006	10	8,04	216;239;048	3	1,704
0.0.10;105	3	4,82	0.0.30;149;324;323	8	1,610
112;019;107	1	4,26	328;0.3.23;3.1.14	1	1,570
0.0.12	3	4,02	3.2.10;2.3.16;2.1.25	1	1,538
116;109	5	3,80	0.0.32;1.1.30;2.2.23;1.3.23	4	1,507
118;022;0.1.12	1	3,52	242;241;240;2.3.18;1.2.28;3.2.13	2	1,491
0.0.14;1.0.11	10	3,44	1.3.25;332;333;2.2.25;331;330	1	1,442
1.1.11;1.0.13;0.1.13	2	3,08	0.0.34;051;052;050;1.1.32	5	1,420
0.0.16	10	3,02	339;2.4.12;056;2.1.29	1	1,396
1.1.13;125	1	2,832	411;412;1.1.34;3.2.20;3.1.13;157;	1	1,346
1.0.15;0.1.16;200	1	2,758	2.2.28;406;410		
0.0.18;1.1.14;128;204	8	2,682	4.1.21;068;0.1.41;2.1.37;1.1.40;	2	1,160
1.1.15;206	1	2,586	2.4.26;3.4.17		
0.0.20	6	2,413	0.0.44;359;1.0.43;1.6.14	3	1,0976
133;2.1.12;222	3	2,152	269;3.5.14;4.2.25;518	1	1,0653
139;229;0.0.24	5	2,012	0.0.48;1.0.47;1.2.45;5.2.13;3.5.21;	1	1,0077
1.3.10;2.2.10	3	1,970	0.6.25		

Л и т е р а т у р а

1. Меньшиков Ю.П., Буссен И.В., Гойко Е.А., Забавникова Н.И., Мерьков А.Н., Хомяков А.П. // Зап. ВМО. 1975. Ч. 104, вып. 3. С. 322.
2. Хомяков А.П. // Научные основы и практическое использование типоморфизма минералов. М.: Наука, 1980. С. 152.

СТРУКТУРА ТИПА ПЕРРЬЕРИТА

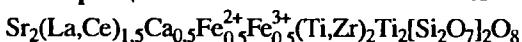
ГРУППА ПЕРРЬЕРИТА

Ранее (т. III, вып. 1, с. 776) группа включала перрьеит, чевкинит и условно орточевкинит*.

* Не числится среди минеральных видов (Флейшер, 1990).

	Сингония	a_0	b_0	c_0	β	Уд.в.
Стронцио-чевкинит Sr ₂ (La, Ce) _{1,5} ×	Монокл.	13,56	5,70	11,10	100,32°	5,44
$\times \text{Ca}_{0,5} \text{Fe}_{0,5}^{2+} \text{Fe}_{0,5}^{3+} (\text{Ti}, \text{Zr})_2 \text{Ti}_2 \times$						
$\times [\text{Si}_2\text{O}_7]_2\text{O}_8$						

Стронцио-чевкинит Strontiochevkinite



Название дано по высокому содержанию стронция и близости к чевкиниту [1].

Характ. выдел. Округлые зерна 1,5 мм в диаметре.

Структ. и морф. крист. Монокл. с. $C_{2h}^5-P2_1/a$. $a_0 = 13,56$, $b_0 = 5,70$, $c_0 = 11,10$ Å; $\beta = 100,32^\circ$; $a_0:b_0:c_0 = 2,379:1:1,947$; $V = 844,86$ Å³; $Z = 2$ [1].

Обычны двойники – полисинтетические и двойники прорастания [1]. Для структуры минералов этой группы характерно [2–4] наличие групп сдвоенных тетраэдров $[\text{Si}_2\text{O}_7]$ и цепочек из октаэдров разных типов – TiO_6 , FeO_6 и $(\text{Ti}, \text{Zr}, \text{Fe})\text{O}_6$. Атомы TR, Ca, Sr находятся между октаэдрами и кремнекислородными диортогруппами.

Физ.св. Тв. около 5. Уд.в. 5,44 (вычисл.). Бл. полуметаллический. Непрозрачный [1].

Микр. В отраженном свете серый с характерным розовым оттенком. Анизотропия слабая до средней. Показатели отражения на воздухе около 10%, в иммерсионном масле около 2%. Внутренние рефлексы (по краям зерен) темно-красные [1].

Хим. Анализы (микрозонд.) [1]:

	1	2		1	2		1	2
Na ₂ O	0,02	0,05	Al ₂ O ₃	0,11	0,11	TiO ₂	23,16	27,78
K ₂ O	<0,01	0,02	Cr ₂ O ₃	0,04	0,46	ZrO ₂	10,30	10,60
MgO	<0,01	<0,01	Y ₂ O ₃	0,05	<0,01	ThO ₂	<0,01	<0,01
CaO	2,05	1,78	Ce ₂ O ₃	9,35	8,33	UO ₂	<0,01	<0,01
SrO	19,60	20,48	La ₂ O ₃	9,18	8,79	Nb ₂ O ₅	<0,01	<0,01
BaO	0,38	0,31	TR ₂ O ₃	0,05	1,16	Проч.	0,06	–
PbO	<0,01	0,02	(проч.)			Сумма	100,90*	100,41
MnO	0,08	0,11	SiO ₂	20,45	19,71			
FeO	6,02	5,70						

* В оригинале сумма 100,85.

Приведенная выше формула получена при расчете хим. анализов на 22 атома O. Катионы распределены [1] согласно общей структурной формуле минералов группы перрьеита [5]: $A_4BC_2\text{Ti}_2\text{Si}_4\text{O}_{22}$, где A – TR, Sr, Ca, Ba; B – Fe²⁺, Mn; C – Ti, Zr, Fe³⁺, Al. Для компенсации валентности часть железа в положении B показана в виде Fe³⁺ (в анализе не определялось).

Формула стронциочевкинита по М.Ф. Флэйшеру (1990): $(\text{Sr}, \text{La}, \text{Ce}, \text{Ca})_4(\text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+})(\text{Ti}, \text{Zr})_4\text{Si}_4\text{O}_{22}$; принятая нами формула отражает две позиции, занимаемые в структуре титаном: в $(\text{Ti}, \text{Zr})\text{O}_6$ - и (TiO_6) -октаэдрах.

Нахожд. Обнаружен в Сарамби (Парагвай) в реоморфических санидин-эгирин-нефелиновых фенитах, связанных с карбонатитами; находится в ассоциации с лампрофиллитом и стронциолопаритом [1].

Отл. От чевкинита и перрьеерита отличается хим. составом: большим количеством SrO , ZrO_2 и меньшим $\text{Ce}_2\text{O}_3 + \text{La}_2\text{O}_3$.

Межплоскостные расстояния стронциочевкинита (Парагвай) [1]

FeK_α-излучение, $D = 114,5$ мм

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
301	5	3,88	414	1	2,15	134;532	<1	1,54
	5	3,63	422	1	2,10	524;616	1	1,50
310	5	3,46	314	1	2,03	135;416	3	1,44
311	10	3,21	024	75	1,97	334;526	5	1,42
401	100	3,01	415	2	1,90	435;142	3	1,37
020	25	2,85	131;505	2	1,87	434;617	2	1,36
004	30	2,73	230;703	3	1,83	534;417	<1	1,29
220	5	2,61	231;132	3	1,79	435;616	1	1,26
022	40	2,51	315;331	3	1,74	634;543	1	1,22
114	1	2,34	233	10	1,67	535;641	1	1,21
321	1	2,30	322;523	3	1,63	Кроме того, 15 линий до 0,875		
421	70	2,19	413;216	10	1,61			

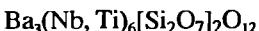
Литература

1. Haggerty S.E., Mariano A.N. // Contrib. Miner. and Petrol. 1983. Vol. 84, N 4. P. 365.
2. Gottardi G. // Amer. Miner. 1960. Vol. 45, N 1/2. P. 1.
3. Пэн Чжи-чжун, Пан Чжао-лу // Scientia Sinica. 1964. Vol. 13, N 9. P. 1539.
4. Galli E. // Miner. petrogr. acta. 1965. Vol. 11. P. 39.
5. Ito J. // Amer. Miner. 1967. Vol. 52, N 7/8. P. 1094.

СТРУКТУРА ТИПА БЕЛЬКОВИТА

Бельковит $\text{Ba}_3(\text{Nb}, \text{Ti})_6[\text{Si}_2\text{O}_7]_2\text{O}_{12}$	Сингония Гекс.	a_0 8,966	c_0 7,799	Уд.в. 4,16
---	-------------------	----------------	----------------	---------------

Бельковит Belkovite



Назван в память о российском минералоге И.В. Белькове [1].

Характ. выдел. Призматические кристаллы длиной до 1 мм.

Структ. и морф. крист. Гекс. с. $D_{3h}^2 - P\bar{6}2m$. $a_0 = 8,966$, $c_0 = 7,799\text{\AA}$; $V = 542,9\text{\AA}^3$;

$Z = 1$.

В структуре (Nb, Ti)-октаэдры и диортогруппы $[\text{Si}_2\text{O}_7]$ образуют смешанный каркас, в каналах пентагонального сечения которого располагаются атомы Ba . Угол $\text{Si}-\text{O}-\text{Si}$ в диортогруппах $[\text{Si}_2\text{O}_7]$ равен 180° . Установлено неполное заполнение дополнительной (не входящей в формирование каркаса) позиции кислорода со статистическим его распределением. По данным структурного исследования кристаллохимическая формула: $\text{Ba}_3(\text{Nb}_{4,8}\text{Ti}_{1,2})_6\text{Si}_4\text{O}_{25,4} = \text{Ba}_3(\text{Nb}_{4,8}\text{Ti}_{1,2})_{6,0} \times (\text{Si}_2\text{O}_7)_2\text{O}_{11,4}$.

Структурные аналоги – синтетические соединения: $\text{Ba}_3\text{Si}_4\text{Nb}_6\text{O}_{26}$, $\text{Ba}_3\text{Si}_4\text{Ta}_6\text{O}_{26}$ и $\text{Ba}_3\text{Si}_4\text{Ta}_6\text{O}_{23}$.

Преобладают формы {11 $\bar{2}0$ } и {0001}. Нередко морфология кристаллов более сложная. Характерна ступенчатая структура поверхностей граней.

Физ. св. Сп. и отдельность отсутствуют. Тв. 6–7. Микротвердость 900–1030 кгс/мм² при нагрузке 40 г. Уд.в. 4,16 (вычисл. 4,25). Цв. коричневый. Прозрачный. Бл. алмазный. Хрупкий. Изл. неровный. В ультрафиолетовом свете и катодных лучах не люминесцирует.

Микр. Плеохроизм отсутствует. Одноосный (+). $n_o = 1,928$, $n_e = 2,002$.

Хим. По содержанию основных компонентов кристаллы однородные. Распределение элементов-примесей часто зональное.

Эмпирическая формула (на 13 катионов): $(\text{Ba}_{2,74}\text{K}_{0,16}\text{Na}_{0,09}\text{Ca}_{0,01})_{3,00}(\text{Nb}_{4,41}\text{Ti}_{0,97}\times\text{Fe}_{0,31}\text{Zr}_{0,13}\text{Al}_{0,04}\text{Ta}_{0,01})_{5,87}\text{Si}_{4,12}\text{O}_{24,90}$ [1].

Анализы (микрозонд.):

	1	2	3	4	5	6
Na ₂ O	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20
K ₂ O	0,87	0,99	0,40	0,95	0,47	0,55
CaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05
SrO	0,00	0,00	0,61	0,67	0,28	0,00
BaO	29,22	30,24	30,34	28,66	30,69	30,30
Al ₂ O ₃	0,11	0,39	0,12	0,06	0,30	0,14
Fe ₂ O ₃	3,32	1,64	2,38	1,51	1,56	1,78
SiO ₂	18,76	17,74	17,89	19,19	17,85	17,80
TiO ₂	3,89	3,99	5,28	2,79	6,12	5,60
ZrO ₂	0,45	0,70	1,12	1,00	1,19	1,20
Nb ₂ O ₅	43,35	43,90	41,95	43,92	41,52	42,20
Ta ₂ O ₅	0,08	0,06	0,00	0,00	0,03	0,15
Сумма	100,26	99,65	100,09	98,75	100,01	99,97

1, 2 – кристаллы; 3–5 – зональный кристалл (3 – центральная зона, 4 – промежуточная зона, 5 – краевая зона); 6 – среднее из 3 анализов различных участков однородного кристалла.

Нахожд. Обнаружен в керне скважин в жилах доломит-кальцитовых карбонатитов, секущих пироксениты щелочно-ультраосновного массива Вуориярви, Кольский п-ов. Приурочен к полостям растворения в результате доломитизации пирохлорсодержащих кальцитовых карбонатитов. Встречается с магнетитом, пирохлором, пиритом, пирротином, минералами группы апатита, баритом, альстонитом, хлоритом и ненадкевичитом. Продукт гидротермального изменения пирохлора.

Межплоскостные расстояния белковита из Вуориярви, Кольский п-ов [1]

CuK_α-излучение. Дифрактометр

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
001;010	35	7,81	130;141	5	1,657
011	1	5,53	124	3	1,624
110	10	4,48	232	16	1,621
002;111;020	51	3,888	142;050	11	1,553
012;021	24	3,481	051	5	1,523
112;120	100	2,937	330	4	1,494
022;121	25	2,750	115;224	5	1,473
003	6	2,603	233;331;240	8	1,468
030	16	2,590	025;134	4	1,446
031	1	2,459	241	4	1,442

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
122	3	2,346	332;150	4	1,394
113	5	2,251	044;242;151	5	1,373
220	13	2,243	053	2	1,333
221;130	22	2,154	234;152	1	1,314
131	10	2,016	144;243	4	1,278
004	5	1,950	135	1	1,262
123;222;040	26	1,948	116	1	1,248
132	9	1,885	054;342	3	1,214
033	3	1,834	334;252;160	4	1,184
114	1	1,785	235;244	2	1,173
230	9	1,781	154;162	4	1,133
042;231	12	1,736	442;260	4	1,077
140	5	1,694			

Л и т е р а т у р а

1. Волошин А.В., Субботин В.В., Пахомовский Я.А., Бахчисарайцев А.Ю., Ямнова Н.А., Пущаровский Д.Ю. // ДАН СССР. 1990. Т. 315, № 5. С. 1218.

СТРУКТУРА ТИПА КУСПИДИНА

ГРУППА КУСПИДИНА

Ранее (т. III, вып. 1, с. 792) в группе описаны: вёлерит, ловенит, ниокалит, куспидин, тиллеит, йортдалит (и условно рустумит, дженнит, гарстигит и гратин).

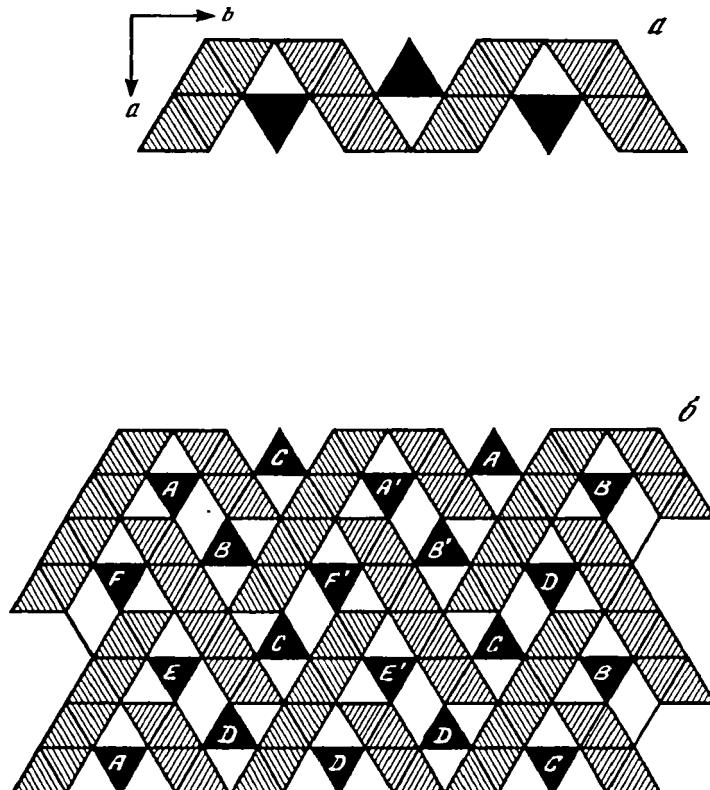
При последующем изучении уточнены структуры куспидина [1], вёлерита [2], ловенита [3], ниокалита [4] и расшифрована структура йортдалита с выделением двух его фаз, названных йортдалитом-I и йортдалитом-II [5, 6]. Кроме того, установлено, что минералы, условно отнесенные к группе куспидина, должны быть исключены из нее как имеющие другую структуру: гратин тождествен норбергиту (Никель, Мандарино, 1989), рустумит $\text{Ca}_{10}[\text{SiO}_4][\text{Si}_2\text{O}_7]_2\text{Cl}(\text{OH})_2$ и гарстигит $\text{Ca}_6\text{Mn}_6\text{Be}_4[\text{SiO}_4][\text{Si}_2\text{O}_7]_2$ принадлежат к силикатам с одновременным присутствием в структуре диортогрупп $[\text{Si}_2\text{O}_7]$ и ортотетраэдров $[\text{SiO}_4]$ [7, 8]; в составе дженнита отсутствует Na (новая формула $\text{Ca}_9[\text{Si}_6\text{O}_{16}(\text{OH})_2](\text{OH})_8 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), структура его предположительно состоит из кремнекислородных слоев, в пустых кольцах которых размещаются восемь атомов Ca. Слои в структуре дженнита || (001) и соединены между собой дополнительными атомами Ca и молекулами H_2O [9].

	Сингония	<i>a</i> ₀	<i>b</i> ₀	<i>c</i> ₀	β	Уд.в.
Багдадит $\text{Ca}_3\text{Zr}[\text{Si}_2\text{O}_7]\text{O}_2$	Монокл.	10,42	10,16	7,36	91,1°	3,48
Бурпалит $\text{Na}_2\text{CaZr}[\text{Si}_2\text{O}_7](\text{F}, \text{OH})_2$	"	10,117	10,446	7,255	90,03	3,27
Янхагит $(\text{Na}, \text{Ca})_3(\text{Mn}, \text{Fe})_3(\text{Ti}, \text{Zr}, \text{Nb})_2[\text{Si}_2\text{O}_7]_2(\text{O}, \text{OH}, \text{F})_4$	"	10,668	9,787	13,931	107,82	3,71
Йортдалит-I " $\text{Na}, \text{Ca})_4\text{Ca}_8\text{Zr}_2\text{M}_2[\text{Si}_2\text{O}_7]_4\text{O}_3\text{F}_5^*$	Трикл.	11,015	10,941	7,353	109,87 ^{2*}	3,256
Йортдалит-II " $\text{Na}, \text{Ca})_4\text{Ca}_8\text{Zr}_2\text{M}_2[\text{Si}_2\text{O}_7]_4\text{O}_3\text{F}_5^*$	"	11,012	10,342	7,359	109,21 ^{3*}	
Джаффеит $\text{Ca}_6[\text{Si}_2\text{O}_7](\text{OH})_6$	"	10,026	-	7,482	-	2,58

*M – Zr, Ti, TR, Y, Ca, Mn²⁺, Fe²⁺, Nb.

^{2*} $\alpha = 109,35^\circ$, $\gamma = 83,43^\circ$.

^{3*} $\alpha = 89,92^\circ$, $\gamma = 90,06^\circ$.



Фиг. 29. Структура минералов группы куприна

а – тиллеитовая лента (по Белову), среди колонок из Са-октаэдров зажаты призмы с группами $[Si_2O_7]$; б – схематическое изображение основного мотива структуры вдоль оси с (по Мерлино и Перчиации)

Минералы группы характеризуются общей кристаллохимической формулой $X_{16}[Si_2O_7]_4(O, OH, F)_8$, где X – разновалентные катионы преимущественно в октаэдрической координации: Na, Ca, Mg^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} , Y^{3+} , TR^{3+} , Zr^{4+} , Nb^{5+} .

Общим элементом структуры минералов являются так называемые "тиллеитовые ленты" (фиг. 29,а) (Белов, 1976). Тиллеитовые ленты представляют собой бесконечные вдоль оси с стенки из двух колонок, связанных боковыми ребрами октаэдров; октаэдрические стенки ориентированы под углом друг к другу и соединяются диортогруппами Si_2O_7 , атомами O и (F, OH), определяя общую направленность лент по оси b и их гофрировку. В структуре тиллеита и джаффеита тиллеитовые ленты соединены в направлении оси a слоями: у тиллеита из дополнительных CaO_6 -октаэдров и групп CO_3 , у джаффеита из $2Ca(OH)_2$ (Белов, 1976) [10]. В структуре других минералов группы соединительные слои между тиллеитовыми лентами отсутствуют, и они непосредственно примыкают друг к другу. Таким образом, октаэдрические стенки состоят не из двух, а из четырех колонок октаэдров. В общем мотиве структуры со стенками шириной в четыре колонки октаэдров теоретически выведено 10 возможных структурных типов с четырьмя типами элементарных ячеек [11]. В природных минералах реализуются

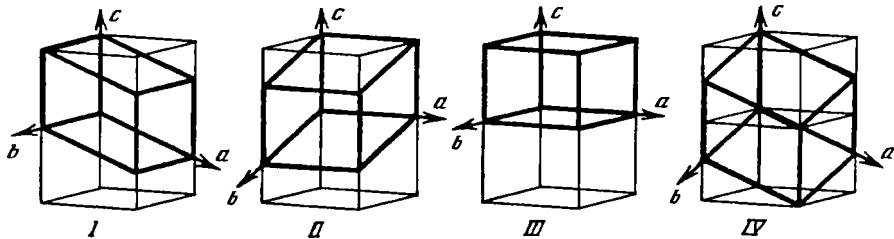
четыре структурных типа (1, 4, 6, 8) [11]:

Минерал	Пр.гр.	Тип структуры	Тип элем. яч.	Минерал	Пр.гр.	Тип структуры	Тип элем. яч.
Куспидин	$P2_1/a$			Вёлерит	$P2_1$	8	II
Ловенит	$P2_1/a$			Багдадит	$P2_1/b^*$	6	III
Ниокалит	Pa		I	Бурпалит	$P2_1/b^{**}$		
Янхагит	$P2_1/n$		I	Йортдаллит-I	$\bar{P}1$	4	IV
Йортдаллит-II	$\bar{P}1$						

* $P2_1/a$ по [12]. ** $P2_1/a$ по [13].

В таблицу не включены тиллеит и джаффеит – минералы с дискретными тиллеитовыми лентами.

Структурные типы различаются характером распределения катионов в колонках и способом сочленения стенок из октаэдрических колонок диортогруппами $[Si_2O_7]$ [11]. Сохранение общего структурного мотива объясняет близость межплоскостных расстояний у минералов группы и затрудняет их диагностику по порошковым рентгенограммам [14]. На фиг. 29,б приведено схематическое изображение основного мотива структуры. Изображение всех десяти типов см. в [11], а для



Фиг. 30. Четыре типа элементарных ячеек в минералах группы куспидина (по Мерлино и Перчиацци)

отдельных минералов – при их описании в соответствующих статьях. Четыре типа элементарных ячеек представлены на фиг. 30:

	I	II	III	IV
$a_0(\text{\AA})$	10,93	10,3	10,3	10,93
b_0	10,3	10,93	10,3	10,93
c_0	7,3	7,3	7,3	7,3
$\alpha, {}^\circ$	90	109,5	90	109,5
β	109,5	90	90	109,5
γ	90	90	90	83,6

Для минералов группы характерны различные типы двойникования, частичная разупорядоченность, доменные структуры [11].

Предполагается (Белов, 1976) [11] структурное сходство минералов группы куспидина и боратов. Связь между октаэдрическими элементами в структуре боратов осуществляется не через группы $[Si_2O_7]$, а посредством двух параллельных групп BO_3 , чем достигается эквивалентность анионов $[Si_2O_7]^{6-}$ и $[2BO_3]^{6-}$.

Л и т е р а т у р а

1. Saburi S., Kawahara A., Henmi C., Kusachi I., Kihara K. // Miner. J. Jap. 1977. Vol. 8, N 5. P. 286.
2. Mellini M., Merlino S. // Tschermaks miner. und petrogr. Mitt. 1979. Bd. 26, H. 1/2. S. 109.
3. Mellini M. // Ibid. 1981. Bd. 28, H. 2. S. 99.

4. Mellini M. // Ibid. 1982. Bd. 30, N. 3. S. 249.
5. Merlino S., Perchiazzi N. // Ibid. 1985. Bd. 34, N. 3/4. S. 297.
6. Merlino S., Perchiazzi N. // Miner. and Petrol. 1987. Vol. 37, N 1. P. 25.
7. Пущаровский Д.Ю. Структурная минералогия силикатов и их синтетических аналогов. М.: Недра, 1986. 160 с.
8. Поваренных А.С., Литвин Б.Н., Беднарх М. // Геол. журн. АН УССР. 1976. Т. 36, вып. 4. С. 76.
9. Gard J.A., Taylor H.F.W., Cliff G., Lormier G.W. // Amer. Miner. 1977. Vol. 62, N 3/4. P. 365.
10. Казак В.Ф., Блинов В.А., Илюхин В.В., Белов Н.В. // ДАН СССР. 1974. Т. 219, № 2. С. 340; Ямнова Н.А., Сарп Х., Егоров-Тисменко Ю.К., Пущаровский Д.Ю. // Кристаллография. 1993. Т. 38, № 4. С. 73.
11. Merlino S., Perchiazzi N. // Canad. Miner. 1988. Vol. 26, pt 4. P. 933.
12. Al-Hermezi H.M., McKie D., Hall A.J. // Miner. Mag. 1986. Vol. 50, N 1. P. 119.
13. Merlino S., Perchiazzi N., Kholmyakov A.P., Pushcharovskii D.Yu., Kulikova I.M., Kuzmin V.I. // Europ. J. Miner. 1990. Vol. 2, N 2. P. 177.
14. Хомяков А.П., Пущаровский Д.Ю., Куликова И.М., Кузьмин В.И. // Вестн. МГУ. Сер. 4, Геология. 1988. № 1. С. 181.

Багдадит Baghdadite
 $\text{Ca}_3\text{Zr}[\text{Si}_2\text{O}_7]\text{O}_2$

Назван по столице Ирака Багдаду [1].

Характ. выдел. Зерна и кристаллы (до 0,25 мм).

Структ. и морф. крист. Монокл. с. $C_{2h}^5-P2_1/c$. $a_0 = 10,42$, $b_0 = 10,16$, $c_0 = 7,36 \text{ \AA}$; $\beta = 91,1^\circ$; $a_0 : b_0 : c_0 = 1,026 : 1 : 0,724$; $V = 779,0 \text{ \AA}^3$; $Z = 4$ [1].

По [2], относится к 6 структурному типу, элементарная ячейка III типа (см. Введение к группе).

Кристаллы короткопризматические, ось двойникования – ось b .

Физ. св. [1]. Сп. отсутствует. Тв. около 6. Микротвердость 725–785 кгс/мм² при нагрузке 50 г. Уд. в. 3,48 (вычисл.). Бесцветный. Бл. стеклянный. Имеет тенденцию к раковистому излому. Обладает катодолюминесценцией в зеленоватых тонах.

Микр. [1]. Не плеохроирует. $Np = c$, $Nm \parallel b$, $Ng = a$. Двусный (+). $n_g = 1,670$, $n_m = 1,658$, $n_p = 1,652$; $2V = 72^\circ$.

Хим. Кальциевый аналог бурпалита; предполагается изоморфизм: $\text{Ca}^{2+} + \text{O}^{2-} \rightleftharpoons \text{Na}^+ + \text{F}^-$ [3].

Анализ (микрозонд., среднее из 4 [1]): $\text{Na}_2\text{O} - 0,02$; $\text{MgO} - 0,05$; $\text{CaO} - 41,44$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 0,03$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 0,11$; $\text{SiO}_2 - 29,26$; $\text{TiO}_2 - 2,11$; $\text{ZrO}_2 - 27,00$; сумма 100,02. Содержит около 0,16% HfO_2 .

Эмпирическая формула (на 9 атомов О): $\text{Ca}_{3,00}(\text{Zr}_{0,89}\text{Ti}_{0,11})(\text{Si}_{1,98}\text{Fe}_{0,01})\text{O}_9$.

От других минералов группы отличается отсутствием F и OH.

Диагн. исп. Слаборастворим в конц. HCl , нерастворим в конц. HNO_3 и H_2SO_4 [1].

Нахожд. Обнаружен [1] в районе Калзат-Диза (северо-восток Ирака) в мелилитовом скарне на контакте с диоритами в тесной ассоциации с кальцитом, пировскитом, волластонитом, мелилитом, бадделеитом, цирконием и шорломитом.

Искусств. Легко образуется при обжиге смесей Ca_2SiO_4 , CaSiO_3 , ZrO_2 или $\text{Ca}_3\text{Si}_2\text{O}_7$ и ZrO_2 . Наиболее полно синтез $\text{Ca}_3\text{ZrSi}_2\text{O}_9$ происходит из смеси $\text{Ca}_3\text{Si}_2\text{O}_7$ и ZrO_2 , хотя начало образования этого соединения микроскопически фиксируется уже при 1200° [4].

Межплоскостные расстояния багдадита из Калзат-Диза (Ирак) [1]

CoK_α-излучение, D = 114,6 мм

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
110	45	7,30	421; 241	5	2,20	5	1,4946
011	5	5,94	510; 332	5	2,04	5	1,4591
111	5	5,21	332	15	2,02	5	1,4430
021	10	4,20	150; 313	10	1,987	8	1,3485
121	10	3,88	250	5	1,895	8	1,3367
012	5	3,46	004	30	1,842	8	1,3227
221	5	3,29	432	15	1,819	8	1,2373
130	80	3,23	432	25	1,795	5	1,1169
202	75	3,04	052; 530; 512	5	1,778	5	1,0457
202	85	2,98	522	30	1,724	5	1,0096
212	5	2,90	522	40	1,702	8	0,9725
320; 212	70	2,88		8	1,6765	8	0,9670
230	100	2,84		5	1,6070	10	0,9096
032	20	2,50		5	1,5945	15	0,9025
132; 312; 330; 132	35	2,43		8	1,5617	15	0,8998
240; 322	10	2,29		8	1,5502		
322	10	2,25		8	1,5380		

Л и т е р а т у р а

1. Al-Hermeri H M., McKie D., Hall A.J. // Miner. Mag. 1986. Vol. 50, N 355, pt. 1. P. 119.
2. Merlino S., Perchiazzi N. // Canad. Miner. 1988. Vol. 26, pt 1. P. 933.
3. Merlino S., Perchiazzi N., Khotyakov A.P., Pushcharovskii D.Yu., Kulikova I.M., Kuzmin V.V. // Europ. J. Miner. 1990. Vol. 2, N 2. P. 177.
4. Кордюк Р.А., Гулько Н.В. // ДАН СССР. 1962. Т. 142, № 3. С. 639.

Бурпалит Burgpalite
 $\text{Na}_2\text{CaZr}[\text{Si}_2\text{O}_7](\text{F}, \text{OH})_2$

Назван по месту находки [1].

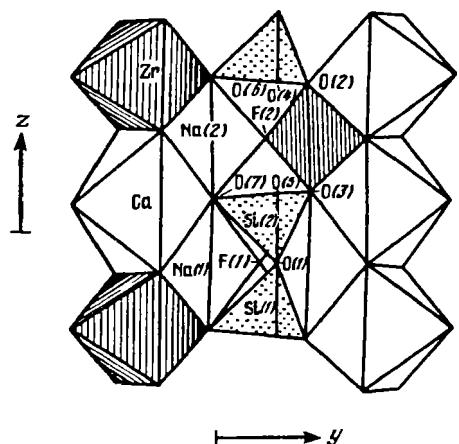
Первоначально описан как фаза "A" [2]. Полиморфный аналог ромбического ловенита [1].

Характ. выдел. Пластинчатые кристаллы (от субмикроскопических до 1×(3–5) мм), часто образующие веероподобные сростки.

Структ. и морф. крист. [1]. Монокл. с. (псевдоморфический). C_{2h}^5 -P2₁/a. $a_0 = 10,1173$, $b_0 = 10,4446$, $c_0 = 7,2555$ Å; $a_0 : b_0 : c_0 = 0,9686 : 1 : 0,6946$; $\beta = 90,039^\circ$; $Z = 4$.

Основу структуры составляют октаэдрические стенки-колонки, параллельные [001], и скрепляющие их диортогруппы $[\text{Si}_2\text{O}_7]$. Стенки содержат четыре независимые позиции, занятые атомами Zr, Ca и двумя сортами атомов Na, чередующихся с Zr (фиг. 31) вдоль оси с. Ca-октаэдры слагают внешние колонки стенок, Na₁- и Na₂-октаэдры – внутренние. $[\text{Si}_2\text{O}_7]$ опираются немостиковыми вершинами на ребра крупных Na- и Ca-полиэдров. Основное отличие от структуры ловенита – в ином пространственном положении диортогрупп $[\text{Si}_2\text{O}_7]$: в бурпалите они сосредоточены в слоях, субперпендикулярных оси с, что определяет псевдоромбическую метрику ячейки минерала, тогда как в ловените – подобные слои имеют наклон в сторону угла моноклинности ($108\text{--}110^\circ$) [1]. По [1], относится к б структурному типу, элементарная ячейка III типа (см. Введение к группе).

Средние межатомные расстояния (в Å): в диортогруппах Si(1)–O = 1,626,



Фиг. 31. Структура буралита в проекции вдоль [100] (по Мерлино и др.)

Эмпирическая формула (на основе $O + F = 9$): $(Na_{1,69}Mn^{2+}_{0,03}Fe^{2+}_{0,02}Y_{0,01})Ca_{0,98} \times (Zr_{0,96}Ti^{4+}_{0,05}Nb^{5+}_{0,01})Si_{2,00}O_7F_{1,61}(OH)_{0,26} \cdot 0,13H_2O$ или $Na_2CaZrSi_2O_7(F, OH)_2$ [1].

Нахожд. Обнаружен в фенитизированных песчаниках в контактовой зоне западной части Бурзалинского щелочного массива (Северное Прибайкалье) в ассоциации с альбитом, нефелином, эгирином, щелочными амфиболами, биотитом, катаплеитом, астрофиллитом, флюоритом и лопаритом [1, 3].

Изм. Легко разлагается 10%-ным раствором HCl при комнатной температуре [1].

Межплоскостные расстояния буралита из Бурзалинского массива [1]

FeK α -излучение. Дифрактометр

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
110	Слаб.	7,3	400	Оч. слаб.	2,531	520	Ср.	1,886
020	Ср. слаб.	5,241	132;	Оч. слаб.	2,438	233	Оч. слаб.	1,849
210	Слаб.	4,552	132			432;	Сильн.	1,787
201	Ср. слаб.	4,153	013	Оч. слаб.	2,372	432		
211;	Слаб.	3,862	113	Оч. слаб.	2,291	530	Оч. слаб.	1,754
211			322;	Ср. слаб.	2,244	160	Слаб.	1,723
130	Ср.	3,306	322			243	Ср.	1,678
131	Ср.	3,035	150	Слаб.	2,052	352;	Оч. слаб.	1,602
202	Оч. сильн.	2,962	332	Ср. слаб.	2,020	352		
230	Ср. слаб.	2,881	313	Оч. слаб.	1,936	360	Ср.	1,556
212	Слаб.	2,839						

Л и т е р а т у р а

1. Merlino S., Perchiazzi N., Khomyakov A.P., Pushcharovskii D.Yu., Kulikova I.M., Kuzmin V.I. // Europ. J. Miner. 1990. Vol. 2, N 2. P. 177.
2. Хомяков А.П., Пущаровский Д.Ю., Куликова И.М., Кузьмин В.И. // Вестн. МГУ. Сер. 4, Геология. 1988. № 1. С. 87.
3. Жидков А.Я. // ДАН СССР. 1961. Т. 140, № 1. С. 181.

Янхаугит Janhaugite
 $(\text{Na}, \text{Ca})_3(\text{Mn}, \text{Fe})_3(\text{Ti}, \text{Zr}, \text{Nb})_2[\text{Si}_2\text{O}_7]_2(\text{O}, \text{OH}, \text{F})_4$

Назван по имени любителя-минералога Яна Хауга, впервые обнаружившего минерал [1].

Характ. выдел. Пластинчатые агрегаты до 1,5 см, гипидиоморфные зерна, реже одиночные кристаллы до 4 мм длиной [1].

Структ. и морф. крист. Монокл. с. $C_{2h}^5-P2_1/n$. $a_0 = 10,668$, $b_0 = 9,787$, $c_0 = 13,931$ Å; $\beta = 107,82^\circ$; $a_0 : b_0 : c_0 = 1,0900 : 1 : 1,4234$; $V = 1384,7$ Å³; $Z = 2$ [1].

По параметрам элементарной ячейки, дебаеграмме и химическому составу наиболее близок ловениту, особенно титаноловениту, хотя параметр c_0 в янхаугите удвоен, что указывает на более высокую степень упорядоченности катионов [2, 3]. По [3], относится к 1 структурному типу, I тип элементарной ячейки (см. Введение к группе).

В структуре [2, 3] различаются ленты (стенки), параллельные (210) и (2̄10), образованные октаэдрическими колонками, идущими вдоль оси с. Колонки состоят из полизэдротов Na (Ca), Mn (Fe) и Ti (Zr, Nb) (по четыре полизэдра в колонке на элементарную ячейку). В центральных колонках чередуются Na- и Mn-полизэдры, во внешних располагаются последовательно Na-Ti-Mn-Ti-Na... с периодом повторяемости каждые четыре полизэдра (фиг. 32). Ленты соединяются группами [Si₂O₇], ориентированными также вдоль оси с. Непрочностью связей между стенками и группами [Si₂O₇] объясняется отчетливая спайность минерала. Катионы Mn, Ti и Na (1 и 2) находятся в шестерной, Na(3) – в восьмерной координации: Na(3)O₇F – искаженная гексагональная бипирамида, включающая мостиковые атомы O из диортосиликатных групп.

Средние межатомные расстояния (в Å): Si(1)-O = 1,620; Si(2)-O = 1,623; Si(3)-O = 1,622; Si(4)-O = 1,621; Ti(1)-O = 2,013; Ti(2)-O = 2,010; Mn(1)-O, F = 2,206; Mn(2)-O, F = 2,173; Mn(3)-O, F = 2,199; Na(1)-O, F = 2,399; Na(2)-O, F = 2,374; Na(3)-O, F = 2,534.

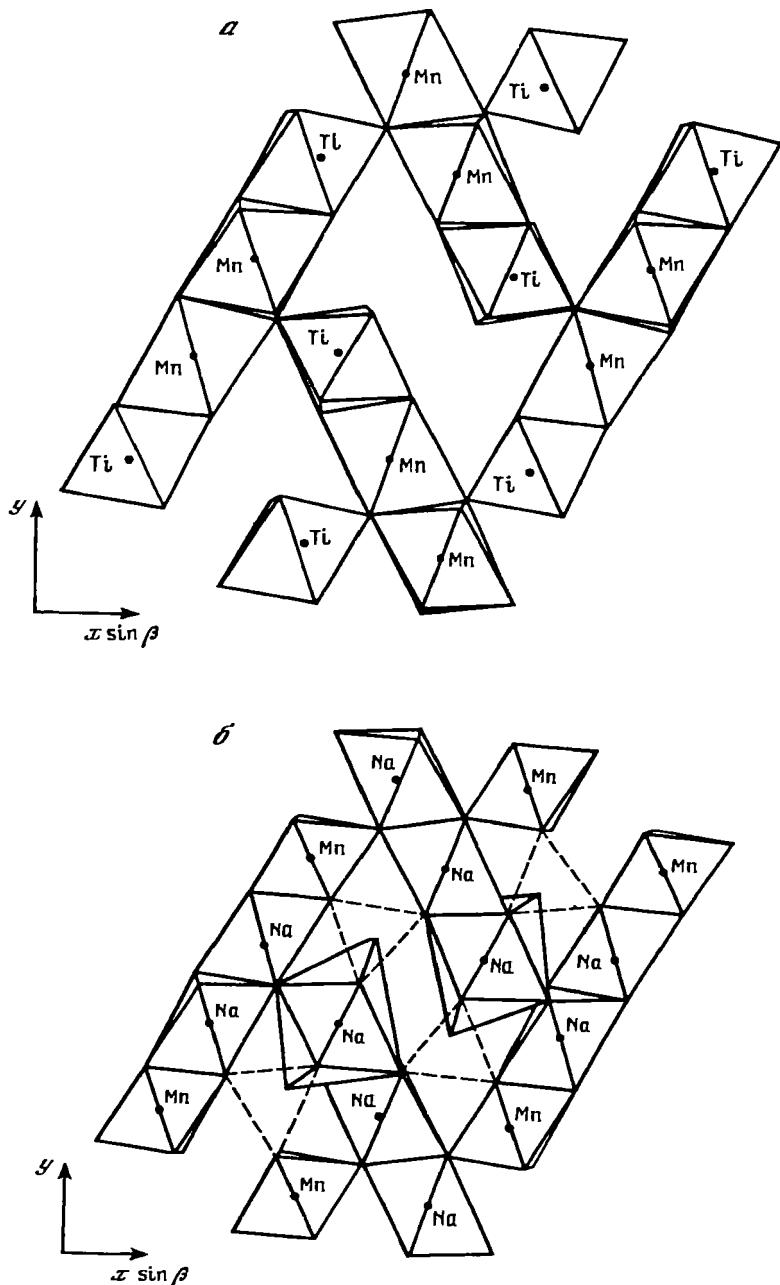
Установлены формы: *c*(001), *b*(010), *m*(110), *n*(120) и *l*(130), а также две неидентифицированные (*hkl*). Кристаллы призматические, удлиненные по [001], уплощенные по (010), часто слегка искривлены. На гранях наблюдается вертикальная штриховка [1].

Физ. св. Сп. по (010) отчетливая. Очень хрупок. Тв. около 5. Уд. в. 3,60 (вычисл. 3,71). Цв. красновато-бурый. Чертка светло-бурая. Бл. стеклянный. В ультрафиолетовых лучах не флюoresцирует. На ИК-спектре сильное поглощение в области 1080–870 см⁻¹ обусловлено валентными колебаниями связей в Si-O-тетраэдрах. Отчетливо проявленные максимумы поглощения при 3550, 3510 и 3460 см⁻¹ относятся к колебаниям OH-ионов. Очень слабые полосы в области 1640–1620 см⁻¹ указывают на присутствие H₂O [1].

Микр. Слабо плеохроирует от почти бесцветного по *Np* до бежевого по *Nm*. *cNp* = 15, *b* = *Ng*. Удлинение (-). Двусный (+). $n_g = 1,910$ (вычисл.), $n_m = 1,828$, $n_p = 1,770$; $n_g - n_p = 0,140$; $2V = 80^\circ$. Наблюдались двойники, вероятно, по (100) [1].

Хим. Анализ (микрозонд., среднее для 3 зерен): Na₂O – 11,02; K₂O – 0,19; CaO – 1,45; MnO – 22,26; FeO – 5,52; SiO₂ – 29,79; TiO₂ – 15,18; ZrO₂ – 5,98; Nb₂O₅ – 5,00; Ta₂O₅ – 0,26; H₂O – 1,63; F – 2,69; –O=F₂ – 1,13; сумма 99,84. H₂O рассчитана из (O + OH + F) = 18.

Эмпирическая формула: (Na_{2,75}Ca_{0,20}K_{0,03})_{2,98}(Mn_{2,43}Fe_{0,60})_{3,03}(Ti_{1,32}Zr_{0,38} × Nb_{0,29}Ta_{0,01})_{2,00}(Si_{3,84}Ti_{0,15})_{3,99}O_{15,50}OH_{1,40}F_{1,10}; в более общем виде: (Na, Ca)₃ × (Mn, Fe)₃(Ti, Zr, Nb)₂Si₄(O, OH, F)₁₈.



Фиг. 32. Элементы структуры янхаугита (по Аннейду и др.)

а – слой Mn–Ti-октаэдров, параллельный (001); *б* – слой Na–Мп-октаэдров и Na(3)-полиэдров, параллельный (001); пунктиром показаны проекции [Si₂O₇]-групп

Дополнительно для различных образцов определены: H₂O – 0,32, 1,6 и 1,3 (элементный анализатор [1]) и F – 4,4 и 5,1% [2].

Нахожд. [1]. Обнаружен в миароловых пустотах пермских сиенитов и гранитов Южной Норвегии, севернее Осло, в р-не оз. Гьердингер. Там же найден в экерите – полевошпатовом щелочном граните, богатом натрием. Характерные элементы флюидов поздней стадии экеритовой магмы – F, Mn, Ti и Zr. Местами является пордообразующим минералом. Встречается с эгирином, арфведсонитом, эльпидитом и минералами астрофиллитовой группы, главным образом куплетскитом. Часто ассоциирует с пирофанитом, иногда включен в тонкозернистый эльпидит. Наблюдался в контакте с делиитом, монацитом и глиноподобной смесью монтмориллонита и каолинита.

Межплоскостные расстояния янхагита из Норвегии [1]

FeK_α-излучение

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
011	5	7,89	031	5	3,169	234	5	2,309
002	30	6,65	130	20	3,108	333	5	2,287
112	5	5,462	123	5	2,935	420	20	2,253
200	5	5,087	124	100	2,839	134	10	2,165
120	< 5	4,412	322	90	2,833	334	10	2,145
122	40	3,920	320	90	2,782	126	5	2,091
202	20	3,546	024	40	2,742	510	10	1,988
220	20	3,529	224	40	2,717	416	20	1,956
122	5	3,466	204	30	2,454	434	10	1,933
123	20	3,348	041	30	2,404	144	5	1,870
212	20	3,330	134	10	2,379	613	50	1,744
114	20	3,280	225	20	2,374	208	30	1,740
312	20	3,276	330	5	2,349	244	30	1,732
303	60	3,202	421	20	2,327	226	30	1,715
						614	30	1,712

Литература

1. Raade G., Mladeck M.H. // Amer. Miner. 1983. Vol. 68, N 11/12. P. 1216.
2. Annehed H., Fälth L., Raade G. // Neues Jb. Miner. Monatsh. 1985. N. 1. S. 7.
3. Merlino S., Perchiazzi N. // Canad. Miner. 1988. Vol. 26, pt 4. P. 933.

Йортдалит Hiortdalite

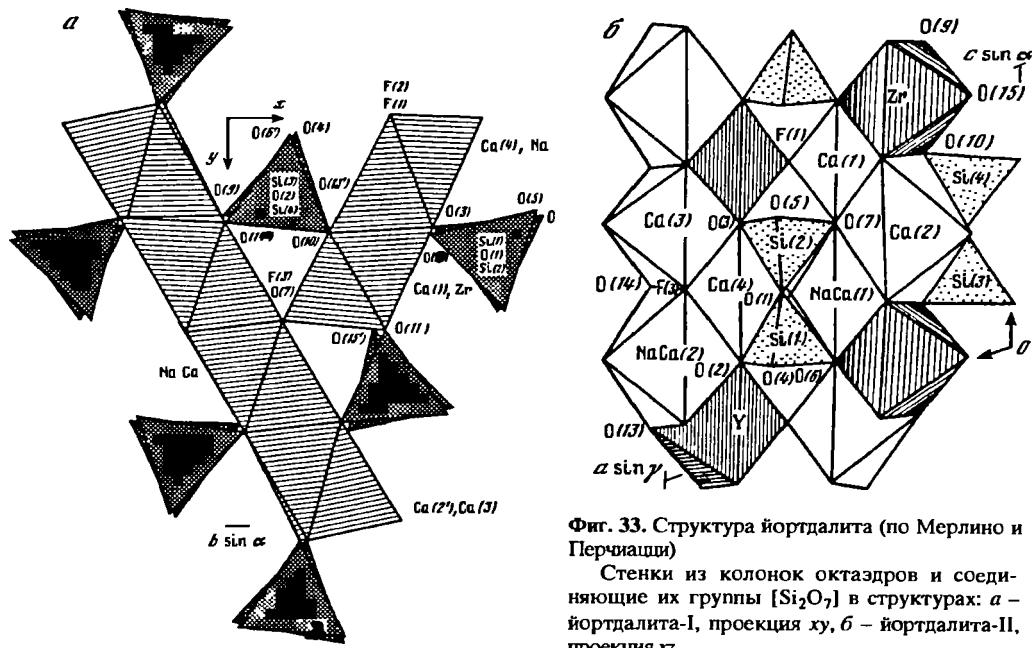
(Na, Ca)₄Ca₈Zr₂M₂[Si₂O₇]₄O₃F₅; где M – Zr, Ti, TR, Y, Ca, Mn²⁺, Fe²⁺, Nb

Ранее описанный (т. III, вып. 1, с. 815) "гиортдалит" (другая транскрипция названия) не был охарактеризован структурно. Последующее изучение структуры минерала показало наличие двух фаз – I и II [1, 2].

Структ. и морф. крист. Трикл. с. C¹-P¹. $a_0 = 11,015$, $b_0 = 10,941$, $c_0 = 7,353\text{ \AA}$; $a_0 : b_0 : c_0 = 1,007 : 1 : 0,672$; $\alpha = 109,35^\circ$, $\beta = 109,87^\circ$, $\gamma = 83,43^\circ$ (йортдалит из Лангензундфьорда (Норвегия) [1]); $a_0 = 11,012$, $b_0 = 10,342$, $c_0 = 7,359$; $a_0 : b_0 : c_0 = 1,065 : 1 : 0,712$; $\alpha = 89,92$, $\beta = 109,21$, $\gamma = 90,06^\circ$ (йортдалит из Кипава-Ривер (Канада) [2]).

Описание структуры см. во Введении к группе куспицина.

По классификации С. Мерлино и Н. Перчиаци [3], йортдалит-I относится к 4 структурному типу, элементарная ячейка IV типа, йортдалит-II (вместе с куспицином и ловенитом) – к 1 структурному типу, элементарная ячейка I типа. В йортдалите-II каждая октаэдрическая стенка сохраняет центр инверсии, подобно куспи-



Фиг. 33. Структура йортдалита (по Мерлино и Перчиацци)

Стенки из колонок октаэдров и соединяющие их группы $[Si_2O_7]$ в структурах: *a* – йортдалита-І, проекция *xy*, *b* – йортдалита-ІІ, проекция *xz*

дину и ловениту, однако стенки неэквивалентны друг другу, что приводит к понижению симметрии от $P2/a$ до $P\bar{1}$. Во внешних колонках одной стенки чередуются $\text{Ca}(1)$ - и Zr -октаэдры, а в другой – $\text{Ca}(2)$ - и $\text{Ca}(3)$ -октаэдры; у йортдалита-II происходит чередование $\text{Ca}(2)$ -, Zr - и $\text{Ca}(4)$ -, Y -октаэдров. Внутренние колонки построены неодинаково (фиг. 33).

Из восьми независимых октаэдрических позиций в йортдалите-І Са занимает четыре – Ca(1), Ca(2), Ca(3) и Ca(4), по одной позиции приходится на Na и Zr, две позиции заняты смешанными катионами NaCa и M ($M = 1/3Zr, 1/6Ti, 1/6Ca, 1/6Mn^{2+}, 1/6Fe^{2+}$). Для ряда катионов октаэдрическая координация дополнена до 7 и 8. Zr находится в разупорядоченной октаэдрической координации (пять коротких расстояний Zr–O от 2,04 до 2,09 Å и одно длинное 2,21 Å).

В йортдалите-II три позиции заняты $\text{Ca} - \text{Ca}(1), \text{Ca}(2), \text{Ca}(4)$, одна позиция – Zr , четыре – смешанные: $\text{NaCa}(1), \text{NaCa}(2), \text{Ca}(3)$ (с Y), Y (с Na).

Средние межатомные расстояния йортдалита-I, II [1,2] (в Å):

Si(1)-O	1,621	1,612
Si(2)-O	1,612	1,599
Si(3)-O	1,612	1,614
Si(4)-O	1,614	1,595
Ca-O(F)	2,524; 2,380; 2,346; 2,418	2,352; 2,516; 2,288; 2,375
Zr-O	2,090	2,149
Y-O(F)	-	2,296
Na, Ca - O(F)	2,569	2,432; 2,468
M-O(F)	2,235	-

Л и т е р а т у р а

1. Merlino S., Perchiazz N. // Tschermaks miner. und petrogr. Mitt. 1985. Bd. 34, H. 3/4. S. 297.
 2. Merlino S., Perchiazz N. // Miner. and Petrol. 1987. Vol. 37, N 1. P. 25.
 3. Merlino S., Perchiazz N. // Canad. Miner. 1988. Vol. 26, pt 4. P. 933

Джаффеит Jaffeite
 $\text{Ca}_6[\text{Si}_2\text{O}_7](\text{OH})_6$

Назван по фамилии американского минералога и петрографа, профессора Х. Джаффе. Аналог цементного гидрата трехкальциевого силиката (TSH, C_3CH) [1].

Характ. выдел. Кристаллы (до 0,4 мм в длину) с гексагональным поперечным сечением (до 0,25 мм) [1].

Искусственный – игольчатые кристаллы до 10 мм, волокнистые кристаллы и их сростки [2, 3].

Структ. и морф. крист. Триг. с. (псевдогексаг.). C_3^1-P3 [4]; гексаг. $C_{6h}^2 - P6_3/m$ [3]. Параметры гексагональной ячейки (в Å):

a_h	10,026	10,035	10,024	10,09
c_h	7,482	7,499	7,520	7,7
$a_h : c_h$	1 : 0,7462	1 : 0,7472	1 : 0,7501	1 : 0,7532
Местонахождение	Рудник Комбат (Намибия)		Искусств.	Искусств.
Ссылка	[1]	[4]	[2]	[3]

$Z = 2$. Параметры ромбической ячейки: $a_0 = 17,2$, $b_0 = 10,5$, $c_0 = 7,5$ Å; $a_0 : b_0 : c_0 = 1,6380 : 1 : 0,7142$ [2].

Основу структуры искусственного [2] и природного [4] джаффеита составляют $\text{Ca}_4[\text{Si}_2\text{O}_7](\text{OH})_2$, представляющие собой вытянутые вдоль оси *c* колонки из сдвоенных Са-октаэдров, скрепленных диортогруппами $[\text{Si}_2\text{O}_7]$. Ленты соединяются добавочными слоями ("лентами") из отдельных спаренных Са-октаэдров в окружении дополнительных групп ОН (фиг. 34). Структурная формула (Белов, 1976) приведена выше. Установлено структурное подобие джаффеита с боратами: флюоборитом, еремеевитом и пайнитом [5].

Межатомные расстояния (пр. группа $P3$) (в Å): в Са-октаэдрах $\text{Ca}(1)-\text{O} = 2,27-2,48$, $\text{Ca}(2)-\text{O} = 2,34-2,67$, $\text{Ca}(3)-\text{O} = 2,31-2,61$, $\text{Ca}(4)-\text{O} = 2,29-2,49$; в Si-тетраэдрах $\text{Si}(1)-\text{O} = 1,54$ и $1,60$, $\text{Si}(2)-\text{O} = 1,714$ и $1,60$, $\text{Si}(3)-\text{O} = 1,67$ и $1,60$, $\text{Si}(4)-\text{O} = 1,53$ и $1,66$ [2]. Кристаллы вытянуты по оси *c* с простыми формами (001) и (100) [1].

Физ. св. Сп. по (001) несовершенная. Изл. раковистый. Хрупкий. Уд.в. 2,65 (вычисл. 2,58). Бесцветный. Бл. стеклянный. Прозрачный.

Микр. Удлинение (+). Одноосный (+).

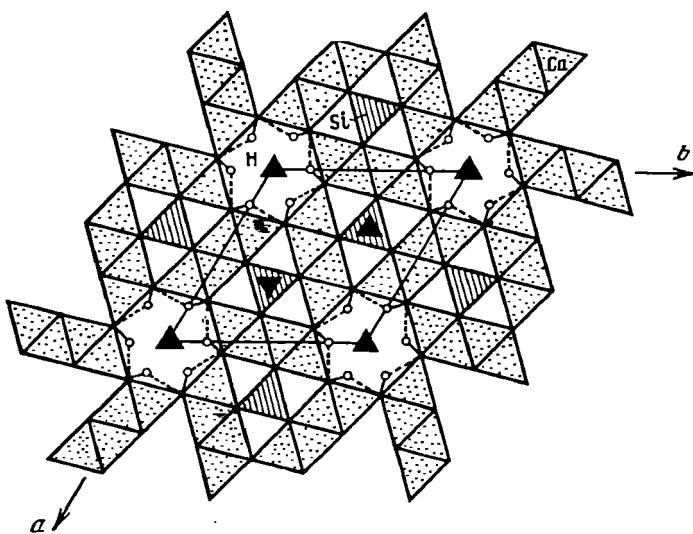
n_e	1,604	1,608	1,602
n_o	1,596	1,594	1,590
$n_e - n_o$	0,008	0,014	0,012
Местонахождение	Рудник Комбат (Намибия)	Искусств.	Искусств.
Ссылка	[1]	[3]	[2]

Хим. [1]. Теор. состав $\text{Ca}_6[\text{Si}_2\text{O}_7](\text{OH})_6$: $\text{CaO} = 65,88$; $\text{SiO}_2 = 23,53$; $\text{H}_2\text{O} = 10,59$.

Анализ (микрозонд., среднее из 3): $\text{CaO} = 64,98$; $\text{SiO}_2 = 23,96$; $\text{H}_2\text{O} = 11,06$ (по разности); сумма 100,00.

Диаги. исп. Растворяется в HCl .

Нахожд. [1]. Найден в слабо метаморфизованных породах вместе с дефернитом, гаусманнитом, гиллебрандитом, апатитом, галенитом и самородной медью на



Фиг. 34. Идеализированная проекция ab структуры джаффеита (по Ямновой и др.)

руднике Комбат (Намибия). Предположительно кристаллизовался в гидротермальных условиях при температуре менее 350° и низкой активности кремния.

Искусство. Один из главных компонентов цементного камня с широким диапазоном условий получения [1, 2]. В системе CaO-SiO₂-Na(OH) в гидротермальных условиях кристаллизуется в виде игл до 10 мм, волокнистых кристаллов и их сростков [2]. Бесцветные, прозрачные игольчатые кристаллы джаффеита образуются в автоклаве при 450° и давлении 500–2000 бар при обработке щелочным раствором (LiOH) хибинского титанита [3].

Межплоскостные расстояния джаффеита из Намибии [1]
CuK_α-излучение, D = 114,6 мм

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
010	100	8,66	212	30	2,466	014	5	1,820
110	5	4,995	131	5	2,292	232	30	1,757
012	5	3,417	040	10	2,174	142	25	1,691
210	50	3,279	222	30	2,083	330	5	1,675
112	90	2,996	132	5	2,028	240	5	1,641
030	70	2,887	320	10	1,994	214	5	1,627
022	90	2,883	042	25	1,872	034	25	1,572

Л и т е р а т у р а

1. Sarp H., Peacor D.R. // Amer. Miner. 1989. Vol. 74, N 9/10. P. 1203.
2. Казак В.Ф., Блинов В.А., Илюхин В.В., Белов Н.В. // ДАН СССР. 1974. Т. 219, № 2. С. 340.
3. Блинов В.А., Мельников О.К., Дорфман М.Д., Илюхин В.В., Белов Н.В. // Минерал. сб. Львов. 1974. № 28, вып. 2. С. 4.
4. Ямнова Н.А., Сарп Х., Егоров-Тисменко Ю.К., Пущаровский Ю.Д. // Кристаллография. 1993. Т. 38, № 4. С. 73.
5. Пущаровский Ю.Д // Вестн. МГУ. Сер. 4, Геология. 1994, № 5. С. 71.

ГРУППА СЕЙДОЗЕРИТА

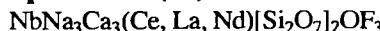
В составе группы описаны: ринкит*, кальциевый ринкит^{2*}, сейдозерит, розенбушит (т. III, вып. 1, с. 819).

* = мозандриту (Флейшер, 1990).

^{2*} = гетцениту (Clark, 1993).

	Сингония	a_0	b_0	c_0	β	Уд.в.
Накарениобсит-(Ce) $\text{NbNa}_3\text{Ca}_3(\text{Ce}, \text{La}, \text{Nd})[\text{Si}_2\text{O}_7]_2\text{OF}_3$	Монокл.	18,901	5,683	7,462	101,29°	3,45

Накарениобсит-(Ce) Nacareniobsite-(Ce)



Назван по составу (по символам элементов Na, Ca, REE, Nb, Si) и преобладанию Ce среди редких земель [1]. Впервые описан [2] как Nd-ринкит с формулой $\text{Na}_5\text{Ca}_6\text{Ce}_2\text{Ne}_2\text{Si}_8\text{O}_{30}\text{F}_6$. Образует изоморфный ряд с ринкитом $\text{TiNa}_2\text{Ca}_4\text{TR}[\text{Si}_2\text{O}_7]_2\text{OF}_3 - \text{NbNa}_3\text{Ca}_3\text{TR}[\text{Si}_2\text{O}_7]_2\text{OF}_3$ с замещением $\text{Ti}^{4+}\text{Ca}^{2+} \leftrightarrow \text{Nd}^{5+}\text{Na}^+$ [1].

Характ. выдел. Кристаллы (до $3,0 \times 0,4 \times 0,04$ мм) и их агрегаты.

Структ. и морф. крист. Монокл. с. $C_{2h}^5-P2_1/a$. $a_0 = 18,901$, $b_0 = 5,683$, $c_0 = 7,462$ Å; $\beta = 101,29^\circ$; $a_0 : b_0 : c_0 = 3,3259 : 1 : 1,3130$; $V = 786,0$ Å³; $Z = 2$ [1].

Структура ринкита.

Кристаллы уплощенные по (100) и удлиненные по [001] с простыми формами (100), (410) и (310).

Физ. св. [1, 2]. Сп. совершенная по (011). Тв. 5. Уд.в. 3,45 (вычисл. 3,43). Цв. желтый, бесцветный. Бл. стеклянный. Прозрачен.

Микр. Двусочный (+). $Np = b$, $Nm = c$, $aNg = 11^\circ$ в тупом углу β ; $n_g = 1,6924$, $n_m = 1,6706$, $n_p = 1,6681$ (при $\lambda = 589$ ммк); $2V = 66^\circ$ [1].

Хим. Анализ (микрозонд., среднее из 10) [1]: $\text{Na}_2\text{O} = 10,01$; $\text{CaO} = 19,92$; $\text{SrO} = 0,27$; $\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,05$; $\text{Y}_2\text{O}_3 = 0,78$; $\text{La}_2\text{O}_3 = 4,09$; $\text{Ce}_2\text{O}_3 = 10,32$; $\text{Pr}_2\text{O}_3 = 1,42$; $\text{Nd}_2\text{O}_3 = 4,19$; $\text{Sm}_2\text{O}_3 = 0,81$; $\text{Dy}_2\text{O}_3 = 0,05$; $\text{SiO}_2 = 29,63$; $\text{TiO}_2 = 2,79$; $\text{ZrO} = 0,10$; $\text{Nd}_2\text{O}_5 = 11,61$; $\text{Ta}_2\text{O}_5 = 0,34$; $\text{F} = 6,87$; сумма (при $-\text{O}=\text{F}_2$) 100,36 (см. также хим. анализ 3 в т. III, вып. 1, с. 825).

Нахожд. Найден в щелочном комплексе Илимаусак (Южная Гренландия) в науяитах на горе Наколак близ контакта с гидротермальной анальцимовой жилой, в пустотах выщелачивания в луявитах вместе с арфведсонитом и содалитом, а также в массивных луявратах в ассоциации с арфведсонитом, микроклином, альбитом, нефелином, содалитом, эвдиалитом и виллиомитом.

Изм. В поверхностных условиях неустойчив. Легко выщелачивается Na и Ca (см. также т. III, вып. 1, с. 829).

Отд. От ринкита отличается повышенным содержанием ниobia.

Межплоскостные расстояния накарениобсита-(Ce) из Илимаусака (Южная Гренландия) [1]
CuK_α-излучение

hkl	I	d (Å)	hkl	I	d (Å)	hkl	I	d (Å)
200	1	9,31	220;610	3	2,715	812	2	2,018
110	1	5,442	400;602	2	2,629	204;712	4	1,865
310	1	4,192	512	2	2,589	912	2	1,859
410	2	3,591	—	1	2,541	522;722	2	1,823
311;411	1	3,421	420	1	2,422	822	1	1,718
112	1	3,122	800	1	2,318	132;530	4	1,687

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
510	1	3,107	512;322	2	2,196	214;614	1	1,655
600	5	3,089	802	1	2,157	804;912	3	1,595
212	10	3,077	222;422	1	2,123	10.20	5	1,551
112;312	5	2,955	522	5	2,031	10.02	2	1,536
120	3	2,809						

Л и т е р а т у р а

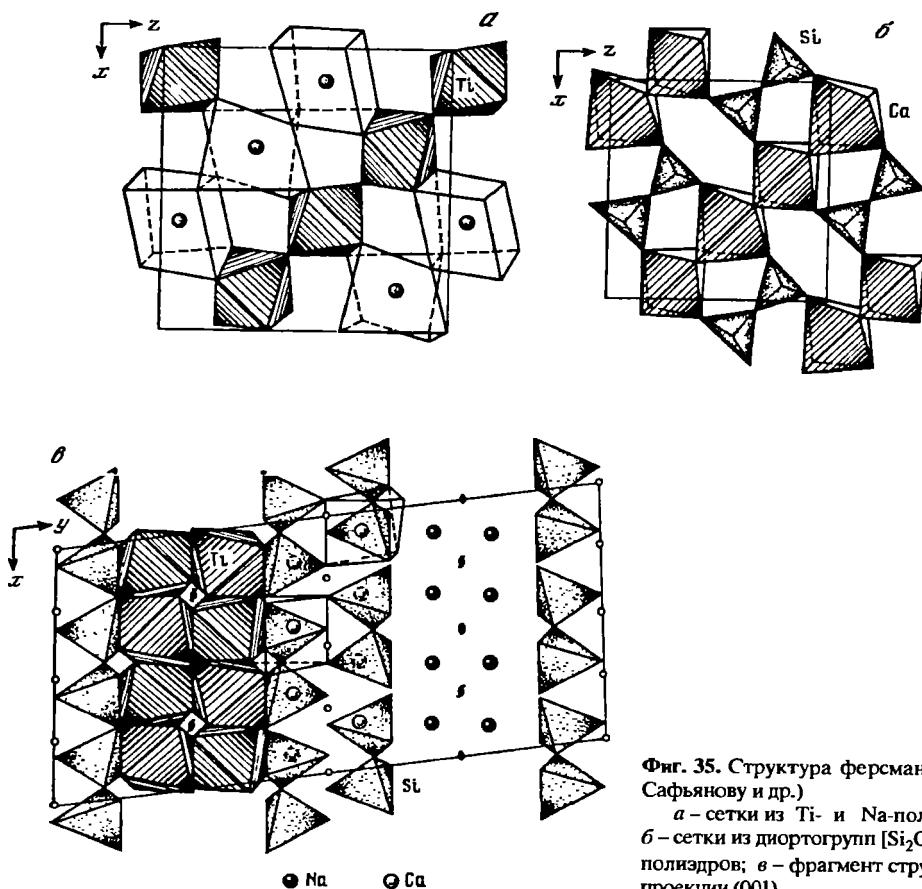
1. Petersen O.V., Rønsbo J., Leonardsen E. // Neues Jb. Miner. Monatsh. 1989. N. 2. S. 84.

2. Семенов Е.И. Минералогия щелочного массива Илимаусак. М.: Наука, 1969. 165 с.

С Т Р У К Т У Р А Т И ПА Ф Е Р С М А Н И Т А

	Сингония	Пр. гр.	<i>a</i> ₀	<i>b</i> ₀	<i>c</i> ₀	γ
Ферсманит* Fersmanite $\text{Ca}_5\text{Na}_3\text{Ti}_3\text{Nb}[\text{Si}_2\text{O}_7]\text{O}_8\text{F}_2$	Тригон.	C_{2h}^6-R2/b	10,212	20,450	10,198	97,22°

Без структурных данных с формулой $(\text{Ca}, \text{Na})_2(\text{Ti}, \text{Nb})\text{SiO}_5(\text{O}, \text{F})$ условно был включен в группу титанита (т. III, вып. 1, с. 353).



Фиг. 35. Структура ферсманита (по Сафьянову и др.)

a – сетки из Ti- и Na-полиэдров;
b – сетки из диортогрупп [Si₂O₇] и Ca-полиэдров; *c* – фрагмент структуры в проекции (001)

В основе структуры [1] лежат сетки двух сортов – CaSi и NaTi (фиг. 35, а–в). Сетки имеют пустоты, расположенные в шахматном порядке.

Кремнекислородный анион представлен диортогруппами $[Si_2O_7]$, образующими совместно с цепочками из Ca-шестивершинников сетки (см. фиг. 35, б). Другой строительный элемент – сетки из цепочек $(Ti_{0,80}Nb_{0,20})$ -октаэдров, сочлененных через общие ребра с Na-полиэдрами (деформированный куб). На фиг. 35, в показан механизм формирования из этих сеток посредством элементов симметрии двухслойной структуры. Na, Ti-пакеты переложены Ca, Si-пакетами параллельно (010). Сетки накладываются друг на друга так, что на заселенные "клетки" приходятся пустые и наоборот. Уточненная кристаллохимическая формула: $Ca_{4,72}Na_{3,28}Ti_{3,20}Nb_{0,80} \times [Si_2O_7]_2O_8F_3$.

Межатомные расстояния (в Å): Si–O = 1,56–1,66; Ca–O = 2,52–2,77; Na–O = 2,16–2,70; Ti–O = 1,92–2,07.

Литерапия

1. Сафьянов Ю.Н., Бочкова Р.И., Илюхин В.В. // Кристаллография. 1984. Т. 29, № 1. С. 56.

СТРУКТУРА ТИПА КИЛЛАЛАИТА

	Сингония	a_0	b_0	c_0	β	Уд.в.
Киллалаит $Ca_{3+x}H_{1-x}[Si_2O_7](OH)$	Монокл.	6,807	15,459	6,811	97,46°	2,94

Киллалаит Killalaite



Назван по месту находки [1].

Характ. выдел. Мелкие кристаллы (до 2 мм) [1].

Структура и морф. крист. Монокл. с. $C_{2h}^2-P2_1/m$. Псевдоячейка с параметрами: $a_0 = 6,807$, $b_0 = 15,459$, $c_0 = 6,811$ Å; $\beta = 97^\circ 46'$; $V = 710,2$ Å³; $Z = 4$. Очень слабые рефлексы указывают на существование истинной В-центрированной ячейки с удвоенными параметрами a и c [2].

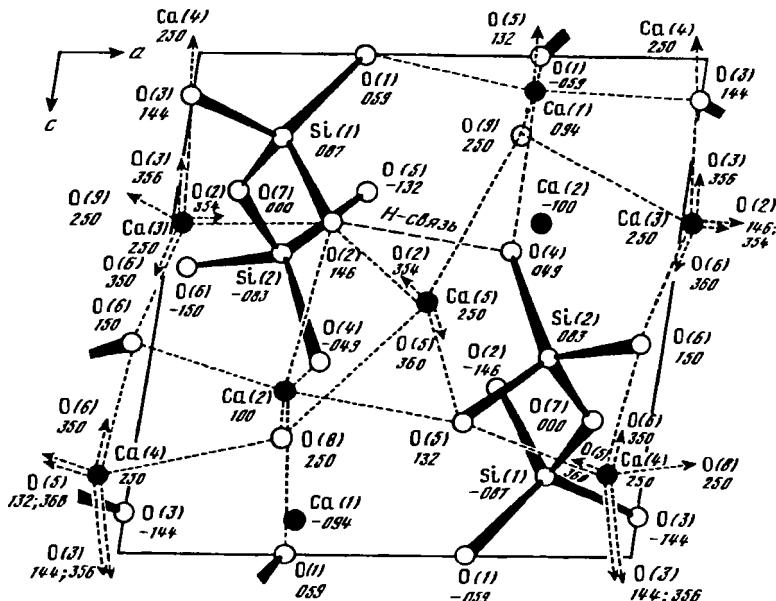
В структуре [2] кремнекислородный радикал представлен группами $[Si_2O_7]$. Параллельно (010) чередуются слои состава $Ca_2(HSi_2O_7)^-$ и $Ca(OH)^+$ (фиг. 36). Атомы Ca(1) и Ca(2) слоев $Ca_2(HSi_2O_7)^-$ находятся в искаженных октаэдрах. Ca–(O, OH) = 2,303–2,484; Ca(3) и Ca(4) слоев $Ca(OH)^+$ имеют к. ч. = 7; Ca–(O, OH) = 2,305–2,746 Å. Имеют вакантные октаэдрические позиции, в которые входят дополнительные ионы Ca(5)²⁺; в исследованном кристалле их число составляет 0,2. Избыток положительных зарядов компенсируется удалением части протонов, которые локализованы между атомами O(2) и O(4) соседних диортогрупп с образованием сильной водородной связи.

Кристаллы до 2 мм, хорошо образованы, удлинены по оси b .

Физ. св. Сп. совершенная по (001) и несовершенная по (010) и (100). Уд.в. 2,94 (вычисл. при $x = 0,2$). Бесцветный [2].

Микр. $Nm = b$, $aNg = 16$, $n_g = 1,642$, $n_p = 1,635$ (Na); $2V_\alpha = 26^\circ$. Характерны ромбические сечения с двойниками в виде "галстука-бабочки" [1].

Хим. Теор. состав $Ca_3H[Si_2O_7](OH)$: CaO – 54,90; SiO₂ – 39,22; H₂O – 5,88; для состава с $x = 0,2$: CaO – 57,14; SiO₂ – 38,27; H₂O – 4,59.



Фиг. 36. Структура киллалаита в проекции вдоль оси b (по Тейлору). Цифры – высота атомов ($\times 100$)

Анализ киллалаита из Инишкроне (микрозонд.): $\text{CaO} = 57,0$; $\text{SiO}_2 = 39,8$; MgO , Fe_2O_3 , $\text{Al}_2\text{O}_3 < 0,1$; H_2O – не опр. Микрохимическим анализом CO_2 и F не обн. [1].

Нахожд. Образуется на поздних стадиях гидротермального изменения kontaktово-метаморфических пород, обогащенных кальцием, при $t = 350\text{--}550^\circ$, $P = 500\text{--}3500$ бар, в условиях дефицита CO_2 [1].

Близ Инишкроне, на восточном берегу зал. Киллала, графство Слайго (Ирландия), обнаружен в контактной зоне известняков и базальт-долеритовых даек в спиррит-волластонитовых породах, которые подверглись гидротермальному изменению и частичному замещению скоутитом, куспидином и тиллеитом. Кристаллы киллалаита включены в кальцит, выполняющий пустоты и трещины [1]. Ассоциирует с афвиллитом, иногда развивается по тиллеиту, замещается ксонотлитом [1].

Близ Карнел, в графстве Антрим (Северная Ирландия), встречен в продуктах гидротермального изменения ларнитовых пород, содержащих магнетит, первовскит, шпинель и спиррит. Наряду с афвиллитом, иногда также портландитом или кальцитом приурочен к центральным частям прожилков и округлых выделений пломбьеита, размер которых не превышает 2 мм в поперечнике [3].

Отл. В шлифах легко узнается по ромбическим сечениям кристаллов и характерным двойникам.

Межплоскостные расстояния киллалаита из Инишкроне (Ирландия) [2]
 CuK_{α} -излучение, Ni-фильтр, $D = 114,88$ мм

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
020	3	7,40	060	30	2,560	272	35	1,673
100	10	6,75	240	30	2,540	333	30*	1,620
120	25	5,10	142;052	45*	2,275	224	3	1,566
111	3	4,97	300	10	2,250	124;421;	3	1,550
101	5	4,50	310;301	45	2,224	144;441		
040	30*	3,86	023;123;242	3	2,150	432;431	30*	1,520

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
200	30	3,38	260	10	2,055	303	1	1,493
012	10	3,30	252	15	1,975	291;144	8	1,469
201	25	3,19	080;143	30*	1,920	461;164	40*	1,413
220	25	3,09	072	2	1,849	164	5	1,357
221	2	2,97	252	10	1,815	471;0.12.0;	5	1,285
201	2	2,85	203	5	1,766	404;511		
032	100	2,824	172;271	15	1,748	136;1.10.4	10	1,108
132	60	2,724	322	5	1,720	633	20*	1,044
151	5	2,650	104;004;361	35	1,688			

* Интенсивность изменена из-за примеси кальцита, которая использовалась как внутренний стандарт.

Л и т е р а т у р а

1. Nawaz R. // Miner. Mag. 1974. Vol. 39, N 305. P. 544.
2. Taylor H.F.W. // Ibid. 1977. Vol. 41, N 319. P. 363.
3. Nawaz R. // Ibid. N 320. P. 546.

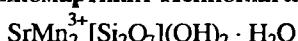
С Т Р У К Т У Р А Т И ПА И ЛЬВАИТА

ГРУППА ИЛЬВАИТА

В группе описаны ильвайт и лавсонит (т. III, вып. 1, с. 680).

	Сингония	<i>a</i> ₀	<i>b</i> ₀	<i>c</i> ₀	Уд.в.
Хенномартинит SrMn ₂ ³⁺ [Si ₂ O ₇](OH) ₂ · H ₂ O	Ромб.	6,245	9,031	13,404	3,68

Хенномартинит Hennomartinite



Назван в честь немецкого геолога Хенно Мартина, исследователя марганцевых месторождений пустыни Намиб в Африке [1].

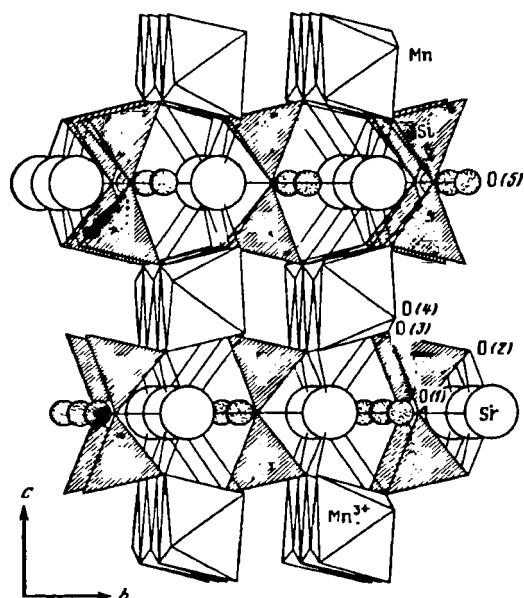
Характ. выдел. [1]. Ксеноморфные пойкилобласти (до 1 мм в диаметре), реже воллокоподобные агрегаты.

Структ. и морф. крист. [1]. Ромб. с. $D_{2h}^{17} - Cm\bar{3}m$. $a_0 = 6,245$, $b_0 = 9,031$, $c_0 = 13,404$ Å; $a_0 : b_0 : c_0 = 0,691 : 1 : 1,484$; $V = 756,0$ Å³; $Z = 4$.

Структура хенномартинита [2] близка структуре лавсонита, где Al полностью замещен на Mn³⁺, а Ca – на Sr. Основной элемент структуры – [Mn³⁺O₆]-октаэдры, соединенные ребрами и образующие бесконечные цепи, параллельные *a* (фиг. 37). Октаэдры искажены и имеют четыре короткие (1,909–1,972) и две длинные (2,170 Å) Mn³⁺–O-связи. Цепочки октаэдров соединены друг с другом группами Si₂O₇⁶⁻, вытянутыми вдоль оси *c*.

Межатомные расстояния (в Å): Si–O = 1,614–1,646; O–O = 2,53–2,73 (в Si–O-тетраэдрах); угол Si–O–Si = 146,6°.

Атомы Sr и молекулы H₂O расположены беспорядочно в каналах структуры. Координационное число атомов Sr равно 8: шесть коротких расстояний Sr–O (2,587–2,691) и два длинных (2,892).



Фиг. 37. Структура хенномартинита (по Армбрустера и др.)
O(5) – молекулы H_2O ; O(4) – группы OH

Физ. св. Тв. 4. Микротвердость 200–400 кгс/мм² при нагрузке 100 г. Уд.в. 3,68 (вычисл.). Цв. желто-коричневый. Бл. стеклянный. Полупрозрачный [1]. Для ИК-спектра характерны полосы при 3555 и 1650 см⁻¹ (H_2O и/или OH) и в интервалах от 1200 до 850 и от 600 до 350 см⁻¹ (колебания $[\text{Si}_2\text{O}_7]$ -групп). ИК-спектр схож с таковым лавсонита и ильваита.

Микр. Плеохроизм сильный от желтовато-коричневого до темного красно-коричневого. Двусный. $n > 1,82$; $2V = 63^\circ$.

Хим. Анализ (микрозонд.) [1]:
 SiO_2 – 28,22; CaO – 0,02; Mn_2O_3 – 37,82; Fe_2O_3 – 0,53; SrO – 24,32; BaO – 0,46; H_2O^{**} – 8,62; сумма 99,99.

* Валентность Mn определена из стехиометрии и Mn–O-расстояний, полученных при анализе структуры [2].

** H_2O вычислена по разности.

Эмпирическая формула (на 10 атомов O): $(\text{Sr}_{0,98}\text{Ba}_{0,01})(\text{Mn}_{2,01}^{3+}\text{Fe}_{0,03}^{3+}) \times [\text{Si}_{1,97}\text{O}_7](\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

Нахожд. В метаморфизованных и гидротермально измененных стратифицированных рудных залежах марганцевой области Калахари в Южной Африке, где найден на руднике Весселс вместе с корнитом, сугилитом (70%), серандит-пектолитом (25%) в рудах, обогащенных В и Li и содержащих, кроме перечисленных минералов, стурманит и godeffroyit. Обрастает идиоморфные кристаллы сугилита и игольчатые выделения серандит-пектолита. Наблюдаются взаимные срастания с сугилитом и корнитом [1]; последний обычно окаймляет хенномартинит.

Отл. От лавсонита отличается более высоким показателем преломления.

Межплоскостные расстояния хенномартинита из рудника Весселс (Южная Африка) [1]
FeK_α-излучение. Камера Гинье

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
110	30	5,149	114	82	2,807	223	54	2,231
111	86	4,804	130	58	2,715	134	20	2,113
020	42*		024	98	2,695	043	20	2,018
021	56	4,287	131	24	2,666	311	20	2,009
022	26	3,752	220	26*		206	40	1,819
113	66	3,373	132	48	2,518	117	14	1,795
004	22	3,347	222	68	2,401	226	38	1,687
202	100	2,833	115	26	2,379			

* Линии сугилита.

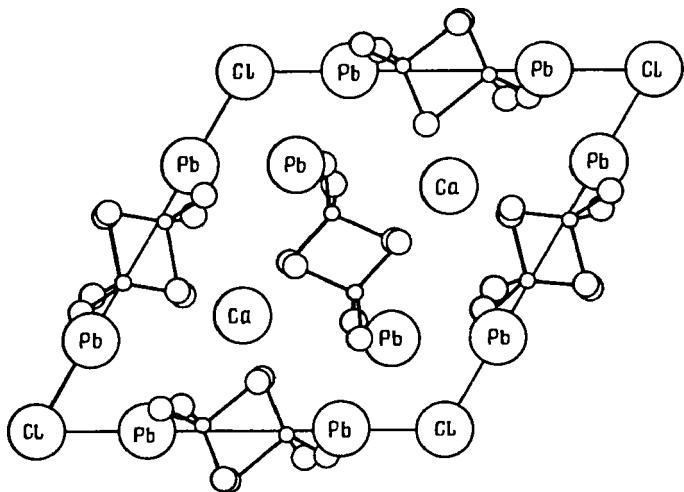
Л и т е р а т у р а

1. Armbruster T., Oberhänsli R., Bermanec V., Dixon R. // Schweiz. miner. und petrogr. Mitt. 1993. Bd. 73, H. 3. S. 349.
2. Armbruster T., Oberhänsli R., Bermanec V. // Europ. J. Miner. 1992. Vol. 4, N 1. P. 17.

С Т Р У К Т У Р А Т И ПА Н А З О Н И ТА

	Сингония	Пр.гр.	a_0	c_0
Назонит* Nasonite $Pb_6Ca_4[Si_2O_7]_3Cl_2$	Гексаг.	$P6_3/m-C_{6h}^2$	10,08	13,27

Описан ранее как минерал с невыясненной структурой (т. III, вып. 1, с. 841).



Фиг. 38. Структура назонита в проекции вдоль оси c (по Джузепетти и др.)

Структура [1] характеризуется наличием изолированных диортогрупп $[Si_2O_7]$, между которыми находятся катионы Pb и Ca (фиг. 38). Вокруг атомов Pb атомы O образуют неправильный координационный полиэдр. Атомы Ca лежат на тройных осях и находятся внутри правильных треугольных призм из атомов O . В Si -тетраэдрах $Si-O = 1,55-1,68 \text{ \AA}$; угол $O-Si-O$ от 106 до 129° .

Л и т е р а т у р а

- 1 Giuseppetti G., Rossi G., Tadini C. // Amer. Miner. 1971. Vol. 56, N 7/8. P. 1174.

С Т Р У К Т У Р А Т И ПА Г А Н О М А Л И ТА

	Сингония	Пр. гр.	a_0	c_0
Ганомалит* Ganomalite $Pb_9Ca_3MnX \times [Si_2O_7]_3[SiO_4]_3$	Тригон.	$P3-C_3^1$	9,82	10,13

Описан ранее с формулой $Pb_6Ca_4[Si_2O_7]_3(OH)_2$ как минерал с невыясненной структурой (т. III, вып. 1, с. 843).

В структуре выделяются одиночные тетраэдры $[SiO_4]$ и сдвоенные группы $[Si_2O_7]$ [1, 2]. Катионы Pb находятся в тройной и пятерной координации; Ca и Mn

располагаются в октаэдрах [3]. Как показал анализ межатомных расстояний, заселение октаэдров Ca и Mp упорядоченное. Изоморфизм Ca и Mp не наблюдается.

Л и т е р а т у р а

1. Engel G. // Naturwissenschaften. 1972. Bd. 59, N. 3. S. 121.
2. Newnham R.E., Wolfe R.W., Darlington C.N. // J. Solid. State Phys. 1973. Vol. 6. P. 378.
3. Dunn P.J., Peacor D.R., Valley J.W., Randall C.A. // Miner. Mag. 1985. Vol. 49, N 353. P. 579.

СТРУКТУРА ТИПА ЭПИДОТА

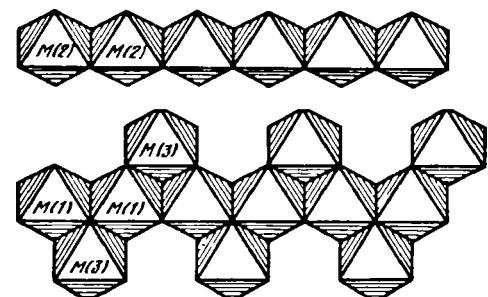
ГРУППА ЭПИДОТА

Ранее (т. III, вып. 1, с. 720) в группе описаны: клиноцизит, эпидот, пьемонтит, ханкокит, ортиг*, ломбардит, сурсассит.

* = алланиту-(Ce) (Никель, Мандарино, 1989).

	Сингония	a_0	b_0	c_0	β	Уд.в.
Стронциопьемонтит CaSr(Al, Mn ³⁺ , Fe ³⁺) ₃ [Si ₂ O ₇][SiO ₄]O(OH)	Монокл.	8,849	5,671	10,203	114,63°	3,7
Диссакисит-(Ce) CaCeMgAl ₂ [Si ₂ O ₇][SiO ₄]O(OH)	"	8,916	5,700	10,140	114,72	3,75
Долласеит-(Ce) CaCeMg ₂ Al[Si ₂ O ₇][SiO ₄]F(OH)	"	8,934	5,721	10,176	114,31	3,9
Христовигит-(Ce) CaCeMgMnAl[Si ₂ O ₇][SiO ₄]F(OH)	"	8,903	5,748	10,107	113,41	4,05
Макфаллит Ca ₂ Mn ₃ ³⁺ [Si ₂ O ₇][SiO ₄](OH) ₃	"	10,235	6,086	8,970	110,75	3,43

Отнесены к группе эпидота на основании структурного сходства [1]. Характерная черта структуры – наличие двух типов октаэдрических колонок: одинарной – из октаэдров M(2), объединенных общими ребрами, и более сложной, в которой октаэдры M(1) и M(3) имеют четыре и два общих ребра (фиг. 39). Колонки соединяются группами [SiO₄] и [Si₂O₇], образуя каркас с пустотами A(1) (к.ч. = 6–9) и более крупными A(2) (к.ч. = 8–12). Это определяет общую формулу минералов группы – A₂M₃[Si₂O₇][SiO₄]×xO(OH). Октаэдрические позиции чаще всего заполняют: Mg, Fe, Mp – M(1) и M(3); Al, как правило, M(2); Ca находится в полиэдрах A(1); Sr или TR – в A(2).



Фиг. 39. Два типа колонок из октаэдров в структуре минералов группы эпидота (по Долесу)

В стронциопьемонтите позиция A(2) заполнена в основном Sr. В диссакисите-(Ce) и долласеите-(Ce), принимавшихся ранее за ортиг, TR занимают позицию A(2), Mg (Mg > Fe²⁺) располагается в позициях M(3) и M(1,3). В христовигите-(Ce) позицию M(3) заполняет Mp²⁺. В долласеите-(Ce) и христовигите-(Ce) атом O, не связанный с Si, замещается на F, (OH). Предполагается наличие водородной связи типа O–H...F.

Л и т е р а т у р а

1. Dollase W.A. // Amer. Miner. 1968. Vol. 53, N 11/12. P. 1882; 1969. Vol. 54, N 5/6. P. 710.

Стронциопьемонтит Strontiopiermontite
 $\text{CaSr}(\text{Al}, \text{Mn}^{3+}, \text{Fe}^{3+})_3[\text{Si}_2\text{O}_7]\text{[SiO}_4\text{]O(OH)}$

Назван по составу и сходству с пьемонтитом [1].

Характ. выдел. Мелкие призматические кристаллы (до 0,5 мм), удлиненные по [010].

Структ. и морф. крист. [1]. Монокл. с. $C_{2h}^2-P2_1/m$. Для двух образцов (с участков Молинелло и Кассанья): $a_0 = 8,849$ и $8,870$, $b_0 = 5,671$ и $5,681$, $c_0 = 10,203$ и $10,209$ Å; $\beta = 114,63$ и $114,88^\circ$; $a_0 : b_0 : c_0 = 1,560 : 1 : 1,799$ и $1,561 : 1 : 1,797$; $V = 465,4$ и $466,7$ Å³. $a_0 = 8,862$, $b_0 = 5,682$, $c_0 = 10,191$ Å; $\beta = 114,70^\circ$ (по порошкограмме); $Z = 2$.

Средние октаэдрические M–O-расстояния соответствуют катионному распределению в позициях M(1), M(2) и M(3). Позиция A(2) занята главным образом Sr (до 70%). Размещение Sr в десятикоординированном положении A(2) вызывает увеличение среднего расстояния A(2)–O и соответственно величины полиэдра. За счет этого несколько уменьшается A(1)–O.

Кристаллохимические формулы двух структурно изученных образцов: $(\text{Ca}_{0,78} \times \text{Mn}_{0,22})(\text{Sr}_{0,73}\text{Ca}_{0,27})(\text{Al}_{0,78}\text{Mn}_{0,22})\text{Al}(\text{Mn}_{0,98}\text{Al}_{0,02})\text{Si}_3\text{O}_{13}\text{H}$ и $(\text{Ca}_{0,97}\text{Sr}_{0,03})(\text{Sr}_{0,59}\text{Ca}_{0,41}) \times (\text{Al}_{0,72}\text{Mn}_{0,28})\text{Al}(\text{Mn}_{0,98}\text{Al}_{0,02})\text{Si}_3\text{O}_{13}\text{H}$, где M – Mn³⁺ + Fe³⁺.

Средние межатомные расстояния (в Å) в тех же образцах соответственно: A(1)–O = 2,578 и 2,588; A(2)–O = 2,712 и 2,706; M(1)–O = 1,929 и 1,934; M(2)–O = 1,885 и 1,890; M(3)–O = 2,061 и 2,058; Si(1)–O = 1,615 и 1,615; Si(2)–O = 1,620 и 1,624; Si(3)–O = 1,629 и 1,629.

Встречаются двойники по (100) и (010).

Физ. св. [1]. Сп. совершенная по (001). Тв. 6. Уд.в. от 3,65 до 3,73 (вычисл. 3,73). Цв. темно-красный. Черта пурпурно-бурая. Бл. стеклянный. Прозрачен.

Микр. Сильный плеохроизм: по Ng – красновато-фиолетовый, по Nm – фиолетовый, по Rp – желто-оранжевый. Nm = b. Двусосный (+). n (вычисл.) = 1,763 [1] соответствует величине n = 1,763 для пьемонтита) [2].

Хим. [1]. Анализ стронциопьемонтита из рудного участка Молинелло (микрозонд., несколько кристаллов):

	Среднее	Пределы колебаний
CaO	11,69	10,47–13,21
SrO	13,45	12,20–14,62
MgO	< 0,10	–
MnO	2,87*	
Mn ₂ O ₃	12,93	12,32–13,32
Fe ₂ O ₃	4,89	4,29–5,66
Al ₂ O ₃	17,56	17,00–18,05
TiO ₂	< 0,10	–
SiO ₂	34,27	33,97–34,48
H ₂ O	1,72**	
Сумма	99,38	

* MnO/Mn₂O₃ рассчитано по балансу валентностей и распределению по позициям.

** H₂O рассчитана на основе 1 атома H в форм. ед.

Эмпирическая формула (на 13 атомов O): $(\text{Ca}_{0,79}\text{Mn}_{0,21}^{2+})(\text{Sr}_{0,68}\text{Ca}_{0,31})(\text{Al}_{1,81} \times \text{Mn}_{0,86}^{3+}\text{Fe}_{0,32}^{3+})\text{Si}_3\text{O}_{12}\text{OH}$; идеализированная для конечного Sr-члена: CaSr × (Al, Mn, Fe³⁺)₃Si₃O₁₂(OH).

Нахожд. Встречен в прожилках 3–4 мм толщиной, секущих черную марганцеворудную залежь, сложенную кварцем и браунитом, в рудных участках Молинелло и Кассанья месторождения Валь-Гравелия (Лигурия, Италия). Кроме стронциопьемонтита, прожилки содержат кальцит, родонит, рodoхрозит и ганофиллит. Минеральные ассоциации предположительно относятся к низкотемпературным метаморфизованным комплексам [1, 2].

Отл. От сходного пьемонтита отличается наличием Sr.

Межплоскостные расстояния стронциопьемонтита из Италии [1]

CuK_α-излучение

<i>hkl</i>	<i>l</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>l</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>l</i>	<i>d</i> (Å)
102	20	5,031	202	10	2,553	222	10	1,899
200	10	4,019	122	5	2,470	224	30	1,881
202	10	3,971	022	25	2,421	415	10	1,702
211	50	3,493	313	20	2,399	133	15	1,654
113	100	2,916	222	10	2,308	424	30	1,626
020	50	2,836	401	30	2,165	331	50	1,590
013	10	2,713	221	20	2,132	412	10	1,554
120	40	2,678	223	40	2,117	040	30	1,421
311	50	2,601	023	10	2,092			

Л и т е р а т у р а

1. Bonazzi P., Menchetti S., Palenzona A. // Europ. J. Miner. 1990. Vol. 2, N 4. P.519.

2. Cortesogno L., Lucchetti G., Penco A.M. // Rend. Soc. Ital. miner. e petrol. 1979. Vol. 35, N 1. P. 151.

Диссакисит-(Ce) Dissakisite-(Ce)
CaCeMgAl₂[Si₂O₇][SiO₄]O(OH)

Название от греч. δισσάκις (диссакис) – повторно, дважды, и по составу р.з.э. [1]. Mg-аналог алланита-(Ce), за который первоначально принимался долласеит-(Ce).

Синон. Магнезиальный ортит, магнезиоортит [2], аллаит, Mg-алланит [3, 4].

Разнов. Субалюминиевый железистый диссакисит-(Ce) [1, 2], хромовый диссакисит-(Ce) [5].

Характ. выдел. Неправильные зерна 0,05–0,6 мм в диаметре, каймы [1], таблитчатые кристаллы (15×2×3 мм) [4].

Структ. и морф. крист. [1]. Монокл. с. $C_{2h}^2-P2_1/m$ или $P2_1-C_2^2$. $a_0 = 8,916$, $b_0 = 5,700$, $c_0 = 10,140$ Å; $\beta = 114,72^\circ$; $a_0 : b_0 : c_0 = 1,564 : 1 : 1,780$; $V = 468,10$ Å³; $Z = 2$ [1]. $a_0 = 8,905$, $b_0 = 5,684$, $c_0 = 10,113$ Å; $\beta = 114,62^\circ$ [6].

Структура сходна с таковой долласеита-(Ce) [6]. Распределение атомов по позициям: в октаэдрах M(1) – Al, Ti, в M(2) – Al, в M(3) – Mg, Fe. Положения A(1) и A(2) упорядоченно заняты Ca и элементами TR. OH и F занимают позицию O(10).

Бруттоформула: CaTR(Al_{0,83}Ti_{0,17})Al(Mg_{0,85}Fe_{0,15})Si₃O₁₂(O_{0,25}OH_{0,69}F_{0,06}).

Средние межатомные расстояния (в Å): A(1)–O = 2,463; A(2)–O = 2,599; M(1)–O = 1,941; M(2)–O = 1,890; M(3)–O = 2,110; Si(1)–O = 1,625; Si(2)–O = 1,616; Si(3)–O = 1,633; H–O(10) = 0,768; H–O(4) = 2,134.

Физ. св. Сп. не наблюдалась. Уд.в. 3,75 (вычисл. 3,79–4,02) [1]. Цв. бледно-коричневый [3]. Бл. стеклянный. Прозрачный в тоиких сколах. Катодолюминесценция в электронных лучах не наблюдалась [1].

Микр. [1]. Светлый желтовато-коричневый. Слабо плеохроирует от бледно-коричневого по Np до бледно-желто-коричневого по Nm и Ng . $Np < Nm = Ng$. Двусный (+). $Nm = b$, $aNg = 23,7^\circ$ (в тупом углу β). $n_g = 1,758$, $n_m = 1,741$, $n_p = 1,735$; $n_g - n_p = 0,023$; $2V = 64,2^\circ$ (вычисл. 62°). Дисперсия средняя, $r > u$.

Хим. Теор. состав (сумма TR_2O_3 рассчитана как Ce_2O_3): $CaO - 10,16$; $MgO - 7,31$; $Ce_2O_3 - 29,75$; $Al_2O_3 - 18,48$; $SiO_2 - 32,67$; $H_2O - 1,63$.

Образует изоморфный ряд с алланитом-(Ce). Описание промежуточных членов этого ряда см. [5, 7].

Анализы (1–3 – микрозонд.):

	1	2а	2б	3	4
CaO	10,64	10,75	11,00	11,0	12,80
MgO	6,73	6,84	6,71	6,20	4,00
MnO	0,03	Не обн.	0,02	0,06	0,09
FeO	1,96*	1,80*	2,04*	1,39*	4,26
CdO	0,11	0,10	0,08	—	—
La_2O_3	9,92	9,80	9,58	9,49	—
Ce_2O_3	17,64	16,94	17,01	12,3	22,48*
Pr_2O_3	0,93	0,86	0,83	2,83	—
Nd_2O_3	2,44	2,08	2,25	1,95	—
Sm_2O_3	0,13	0,13	0,10	0,11	—
Eu_2O_3	< 0,10	< 0,10	< 0,10	—	—
Gd_2O_3	< 0,10	< 0,10	< 0,10	—	—
Dy_2O_3	< 0,05	< 0,05	< 0,05	—	—
Er_2O_3	< 0,05	< 0,05	< 0,05	—	—
Y_2O_3	0,03	0,04	0,02	—	—
Al_2O_3	17,02	17,67	17,78	19,0	19,00
TiO_2	0,89	0,89	1,22	0,02	0,20
ThO_2	0,09	0,08	0,04	—	1,32
SiO_2	31,73	32,09	32,19	32,9	31,60
P_2O_5	0,02	0,02	0,04	—	—
H_2O	1,493*	1,543*	1,573*	—	1,87
F	0,27	0,21	0,18	—	—
Сумма	102,07	101,84	102,66	98,64*	99,995*
$-O = F_2$	0,11	0,09	0,08	—	—
Сумма	101,96	101,75	102,58	—	—

* Все железо рассчитано на Fe^{2+} .

** Сумма TR_2O_3 .

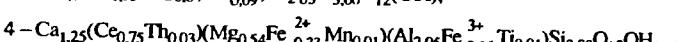
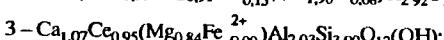
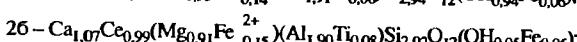
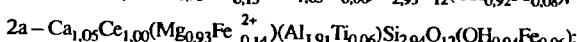
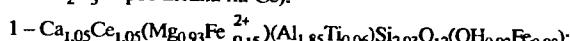
*** H_2O рассчитана при $O + (OH, F) = 12$.

**** В том числе 1,36 Ge_2O_3 .

***** В том числе 2,37 Fe_2O_3 .

1, 2 – Антарктида (2а – центральная часть зерна, 2б – краевая) [1]; 3 – Китай [3]; 4 – Южная Якутия, anal. Быкова [7].

Эмпирические формулы (пересчет на $O + (OH, F) = 12$, анализ 4 – на 12 атомов O; сумма TR_2O_3 пересчитана на Ce):



Помимо изовалентного изоморфизма в позиции M(3), отмечаются гетерова-

лентные замещения в позициях A и M(1,2): $\text{Ca} + \text{Al} \rightarrow \text{Ce} + \text{Mg}$, $\text{Ca} + 2(\text{Al}, \text{Fe}^{3+}) \rightarrow \text{Th} + 2(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})$. Предполагается значительная роль замещения $\text{Al} + \text{O} \rightarrow \text{Mg} + \text{F}$. Содержание F увеличивается с увеличением его количества в ассоциирующих минералах гр. гумита: F = 0,18–0,27% в диссакисите с клиногумитом [1] 0,87 – в Fe^{3+} -диссакисите-(Се) с хондродитом [2] и 3,00–3,31 – в долласеите-(Се) – норбергитом [2, 8].

Элементы-примеси – Be, Ge, Ga [1, 7].

Иногда кристаллы зональны по составу [3]: внутренние зоны обогащены TR внешние – Ca. Содержание CaO и TR_2O_3 10,9 и 28,0% в ядре кристалла и 12,5 и 24,5% в краевой части соответственно.

Нахожд. Встречается в различных парагенезисах: на Алдане (Южная Якутия Федоровское и Эмельджакское месторождения) [7] в диопсид-флогопитовых и магнезиальных скарнах; во Франции (деп. Арьеж) [4] – в тальковых породах, в жеодах доломита с множеством редкоземельных минералов.

Обнаружен в Восточной Антарктиде на горе Белчен [1] в мраморах, в ассоциации с кальцитом, доломитом, клиногумитом, флогопитом, хлоритом, ильменит-гейкилитом, шпинелью, пирротином и др. В Восточном Китае (пров. Джихансу) [3] наблюдался с Mg-ставролитом, паргаситом, хлоритом и клиноцизитом, в гранат-корундовых породах с флогопитом, цоизитом и апатитом. В обоих месторождениях образовался при высоких температуре и давлении: 600 [1] и 800° [3], 7 и 11 кбар соответственно.

Общие признаки месторождений диссакисита-(Се) – породы обогащены Mg по отношению к Fe, недонасыщены Si и относительно богаты Ca.

Разнов. По составу.

Субалюминиевый железистый диссакисит-(Се)
subaluminous ferruginous dissakisite-(Ce).

Синон. Ортит.

Из месторождения Останмосса (район Норберг, Швеция) [1, 2], промежуточного состава между диссакисит-алланитом-(Се) и долласеитом-(Се): $\text{CaCe}_{0,97} \times (\text{Mg}_{1,08}\text{Fe}_{0,43}\text{Mn}_{0,02})(\text{Al}_{1,16}\text{Fe}_{0,43})^{\text{3+}}\text{Si}_{3,10}\text{O}_{11,57}(\text{OH})_{1,16}\text{F}_{0,27}$. См. хим. анализ 32 в т. III вып. 1, с. 757. Встречен в tremolитовых скарнах с кальцитом и хондродитом и в магнетитовой руде с церитом-Се и актинолитом.

Хромовый диссакисит-(Се) – chromian dissakisite-(Ce) [1, 5].

Синон. Хромовый алланит.

Наблюдался в Финляндии в слюдистых сланцах, перемежающихся с кварц-полевошпатовыми слоями, в ассоциации с Cr-флогопитом и Zn- и Cr-шпинелью. Наиболее обогащенный Mg имеет формулу $\text{Ca}_{1,06}\text{Ce}_{0,87}\text{Mg}_{0,64}\text{Fe}_{0,11}\text{Cr}_{0,29}\text{Al}_{1,95} \times \text{Si}_{3}\text{O}_{12}\text{OH}$.

Межплоскостные расстояния диссакисита-(Се) из Антарктиды [1]

CuK α -излучение, D = 114,6 мм

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (\AA)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (\AA)	<i>I</i>	<i>d</i> (\AA)
001	40	9,1	301	20	2,368	40	1,636
100	20	8,1	12̄3	40	2,177	30	1,590
101	5	5,12	221	40	2,137	30	1,560
011	2	4,85	31̄4	5	2,120	10	1,531
11̄1	10	4,59	023	5	2,081	5	1,460

<i>hkl</i>	<i>l</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>l</i>	<i>d</i> (Å)	<i>l</i>	<i>d</i> (Å)
112	5	3,77	203	2	2,070	20	1,423
211	50	3,50	411	2	2,032	2	1,412
212	30	3,25		20	1,879	5	1,379
302	90	2,910		5	1,846	10	1,298
020	50	2,842		2	1,820	10	1,280
013	100	2,698		5	1,782	5	1,258
311	60	2,622		5	1,750	5	1,194
202	20	2,559		5	1,698	5	1,158
104	10	2,495		2	1,689		
313	10	2,398		30	1,651		

L i m e p a t u r a

1. Grew E.S., Essene E.J., Peacor D.R., Su Shu-Chun, Asami M. // Amer. Miner. 1991. Vol. 76, N 11/12. P. 1990.
 2. Geijer P. // Sver. geol. unders. C. 1926–1927. N 343, bd. 20, N 4. S. 1.
 3. Enami M., Zang Q. // Amer. Miner. 1988. Vol. 73, N 1/2. P. 48.
 4. Moëlo Y., Choutier J.-P., Gilles C. // Bull. Soc. franç. miner. et cristallogr. 1974. Vol. 97, N 6. P. 521.
 5. Treloar P.J., Charnley N.R. // Canad. Miner. 1987. Vol. 25, pt 3. P. 413.
 6. Rouse R.C., Peacor D.R. // Ibid. 1993. Vol. 31, N 1. P. 153.
 7. Хвостова В.А., Быкова А.В. // Тр. ИМГРЭ. 1961. Вып. 7. С. 130.
 8. Peacor D.R., Dunn P.J. // Amer. Miner. 1988. Vol. 73, N 7/8. P. 838.

Долласеит-(Ce) Dollaseite-(Ce)
CaCeMg₂Al[Si₂O₇][SiO₄]F(OH)

Назван в честь д-ра У. Долласа и по составу р.з.э. [1].

Синои. Магнезиальный ортит, магнезиоортит [2] (см. т. III, вып. 1, с. 763), доласит (Семенов, 1991).

Характ. видел. Массивные скопления, субдиоморфные кристаллы до 0,3 мм в диаметре [1]; радиально-лучистые агрегаты [2].

Структ. и морф. крист. [1]. Монокл. с. $C_{2h}^2-P2_1/m$. $a_0 = 8,934$, $b_0 = 5,721$, $c_0 = 10,176$ Å; $\beta = 114,31^\circ$ (по порошкограмме); $a_0 : b_0 : c_0 = 1,562 : 1 : 1,778$; $Z = 2$.

В структуре [3] три октаэдрические позиции заняты: M(1) – Mg, M(2) – Al + Fe³⁺ (сл.), M(3) – Mg + Fe²⁺. В полиэдре A(1) размещается Ca, в большем по размеру A(2) – TR. F и OH распределяются упорядоченно в положениях O(4) и O(10) соответственно. H-атом находится между O(4) и O(10) на расстояниях 1,88 и 0,96 Å соответственно, что указывает на наличие водородной связи типа J–H...F.

Средние межатомные расстояния (в Å): A(1)–O = 2,375; A(2)–O = 2,523; M(1)–O = 2,028; M(2)–O = 1,902; M(3)–O = 2,131; Si(1)–O = 1,627; Si(2)–O = 1,623; Si(3)–O = 1,639.

Физ. св. [1]. Уд.в. 3,9. Цв. коричневый.

Микр. [2]. Плеохроизм в розовато-коричневых тонах. Двусный (+). $n_g = 1,720-1,733$, $n_m = 1,715-1,717$, $n_p = 1,710-1,715$; $n_g - n_p = 0,010-0,018$; $2V = 50^\circ$. Цвета интерференции голубые.

Хим. Теор. состав: CaO – 10,16; MgO – 14,61; Ce₂O₃ – 29,73; Al₂O₃ – 9,23; SiO₂ – 32,65; H₂O – 1,63; F – 3,44.

Анализ (микрозонд.) [1]: CaO – 9,2; MgO – 13,1; FeO – 3,3; Al₂O₃ – 8,9; Ce₂O₃ – 3,2; La₂O₃ – 6,0; Pr₂O₃ – 2,6; Nd₂O₃ – 6,0; Sm₂O₃ – 2,4; Gd₂O₃ – 2,1; SiO₂ – 32,4; F – 3,0; H₂O – 2,02*; –O = F₂ – 1,3; сумма 102,9.

*H₂O – по хим. анализу [2].

Эмпирическая формула (при пересчете на 3 Si): $(\text{Ca}_{0,91}\text{Ce}_{0,45}\text{La}_{0,20}\text{Nd}_{0,20} \times \text{Pr}_{0,09}\text{Sm}_{0,08}\text{Gd}_{0,06})_{1,99}(\text{Mg}_{1,81}\text{Fe}_{0,25})_{2,06}\text{Al}_{0,97}\text{Si}_{3,00}(\text{OH})_{1,25}\text{F}_{0,88}\text{O}_{10,99}$; упрощенная: $\text{CaCeMg}_3\text{AlSi}_3\text{O}_{11}(\text{OH})\text{F}$.

См. также хим. анализ 33 в т. III, вып. 1, с. 757.

Нахожд. Встречен в контактово-метасоматических месторождениях Останмосса (район Норберг, Швеция) в ассоциации с церитом, tremолитом, норбергитом, хондродитом, бастнезитом, кальцитом и магнетитом. На контакте с кальцитом образует субидиоморфные кристаллы [1, 2].

Межплоскостные расстояния долласита-(Ce) из Швеции [1]
CuK α -излучение, Ni-фильтр, D = 114,6 мм

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	I	$d(\text{\AA})$
001	20	9,29	221	2	2,403	5	1,567
100	10	8,25	222	2	2,323	1	1,483
101	10	5,13	123	10	2,185	2	1,465
011	5	4,87	403	20	2,150	5	1,430
110	10	4,65	314	5	2,124	2	1,418
112	5	3,77	023	2	2,089	2	1,404
211	20	3,52	321	1	2,046	2	1,386
201	15	3,26		5	1,887	5	1,302
113	100	2,915		2	1,756	1	1,283
020	30	2,852		1	1,730	2	1,229
300	70	2,709		2	1,702	2	1,200
202	5	2,576		5	1,659	2	1,164
204	2	2,503		10	1,601	2	1,130

Л и т е р а т у р а

1. Peacor D R., Dunn P J. // Amer. Miner. 1988. Vol. 73, N 7/8. P. 838.
2. Geijer P. // Sver. geol. unders. C. 1926–1927. N 343, bd. 20, N 4. S. 1.
3. Соколова Е.В., Надежина Т.Н., Паутов Л.А. // Кристаллография. 1991. Т. 36, № 2. С. 330.

Христовит-(Ce) Khristovite-(Ce) $\text{CaCeMgMnAl}[\text{Si}_2\text{O}_7][\text{SiO}_4]\text{F(OH)}$

Назван в честь Е.В. Христова – геолога, исследователя Тянь-Шаня, и по главному редкоземельному элементу [1].

Характ. выдел. Удлиненные зерна ромбовидного сечения (до 1,5 мм длиной) [1]; кристаллы до 0,3 мм в длину [2].

Структ. и морф. крист. [1, 2]. Монокл.с. (в [2] ошибочно указана гексаг.с. $P2_1/m-C2$). $a_0 = 8,903$, $b_0 = 5,748$, $c_0 = 10,107 \text{ \AA}$; $\beta = 113,41^\circ$; $V = 477,6 \text{ \AA}^3$; $a_0 : b : c_0 = 1,549 : 1 : 1,754$; $Z = 2$.

Структура сходна с таковой долласита-(Ce) [3]. A(1)-позиция статистически заполнена Ca и La, A(2) – Ce и другими TR, M(1) – Mg, Fe, Cr, Ti, M(2) – Al, M(3) – Mp (фиг. 40). O(4)-позиция занята F и O. Атом H, располагаясь между O(4) и O(10), образует водородную связь типа O–H...F [2].

Кристаллохимическая формула с учетом данных микрозондового анализа: $(\text{Ca}_{0,60}\text{La}_{0,20})_{0,80}(\text{Ce}_{0,50}\text{La}_{0,12}\text{Nd}_{0,15}\text{Dy}_{0,10}\text{Pr}_{0,05}\text{Sm}_{0,02})_{0,94}(\text{Mg}_{0,40}\text{Fe}_{0,15}\text{Cr}_{0,12}\text{Ti}_{0,12}\text{Al}_{0,12} \times \text{V}_{0,09})_{1,00}\text{MnAlSi}_3\text{O}_{11}(\text{OH})(\text{F}_{0,63}\text{O}_{0,37})_{1,00}$.

Фиг. 40. Структура христовита-(Ce) в проекции на плоскость (010) (по Соколовой и др.)

Средние межатомные расстояния (в Å): в полиэдрах $A(1)-O = 2,33$ (к.ч. = 6) и $2,59$ (к.ч. = 9), $A(2)-O = 2,70$ (к.ч. = 10) и $2,75$ (к.ч. = 12); в октаэдрах $M(1)-O = 2,01$, $M(2)-O = 1,91$, $M(3)-O = 2,20$; в тетраэдрах $Si(1)-O = 1,63$, $Si(2)-O = 1,65$, $Si(3)-O = 1,65$; водородная связь: $O(10)-H = 0,90$, $O(4)-F = H = 1,98$.

Кристаллы призматические, плохо ограниченные. Наблюдались формы: (001), (102), (101) и (100).

Физ. св. [1]. Сп. не наблюдалась. Тв. 5. Уд.в. 4,05 (вычисл. 4,11). Цв. бурый, в толстых зернах темно-бурый. Бл. стеклянный, сильный. Прозрачен. Спектры пропускания в видимой области выявили сильную абсорбцию в интервале 400–500 нм, предположительно обусловленную наличием Mn^{2+} .

Микр. [1]. Бурый. Плеохроизм сильный: по Ng – бурый, по Nm – темный, красно-бурый, по Np – очень светлый, желтый.

$Nm > Ng \gg Np$. Двухосный (–). Пл. опт. осей ориентирована поперек удлинения кристалла. На разрезах, перпендикулярных острой биссектрисе, Nm образует угол с направлением удлинения $1,5\text{--}3^\circ$. На разрезах, перпендикулярных тупой биссектрисе, угасание минерала прямое. $n_g = 1,803$, $n_m = 1,790$, $n_p = 1,773$; $n_g - n_p = 0,030$; $2V = 83^\circ$. Дисперсия средняя, $r < v$.

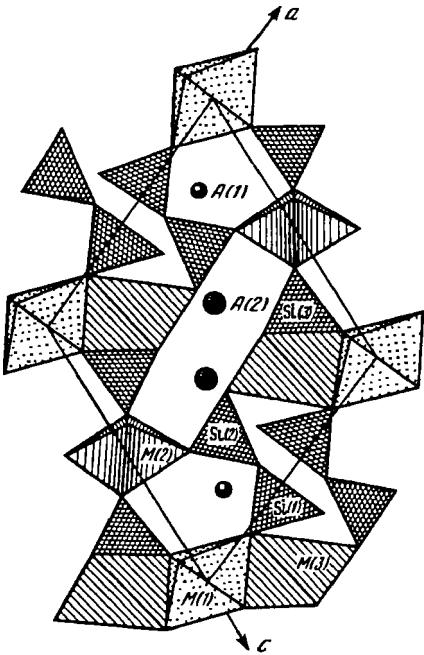
Хим. [1]. Анализ (микрозонд.):

	Среднее	Пределы колебаний		Среднее	Пределы колебаний
CaO	5,6	4,1–6,0	Dy_2O_3	3,1	2,5–3,2
MgO	2,7	2,1–3,4	Pr_2O_3	1,4	0,8–1,5
FeO	1,8	1,7–3,5	SiO_2	29,9	28,0–33,7
MnO	11,8	11,6–16,8	TiO_2	1,6	1,5–1,8
Al_2O_3	9,5	8,6–10,5	F	2,0	1,5–2,5
V_2O_3	1,1	1,0–1,7	H_2O (вычисл.)	1,5	
Cr_2O_3	1,5	1,3–2,1			
Ce_2O_3	13,6	11,4–14,0	Сумма	100,6	
La_2O_3	8,7	8,6–8,8	$-O = F_2$	0,8	
Nd_2O_3	4,2	2,2–4,3	Сумма	99,8	
Sm_2O_3	0,6	0,2–0,6			

Упрощенная эмпирическая формула: $(Ca, La)Ce(Mg, Fe)MnAlSi_3O_{11}(OH)(F, O)$.

По составу и формуле минерал близок долласеиту-(Ce) [3], отличаясь от него содержанием Mn.

Найдено. [1]. Обнаружен в Юго-Восточном Тянь-Шане (Киргизия) в хр. Иныльчик, в гранат-биотит-кварцевых роговиках экзоконтакта массива субщелочных гранитов, несущих олово-вольфрамовое оруденение. Встречен в единичных образцах в родонитовом проявлении с преобладанием кварца, родонита, спессартина



и алабандина. Менее распространены родохрозит, барит, сонолит, аллеганит, фриделит, гибнерит и гиалофан. В непосредственной ассоциации с христовитом-(Ce) находятся родонит, тефроит, родохрозит, гиалофан, барит, гейтманит, гибнерит и хлорсодержащий силикат марганца.

Отл. От сходных пьемонтита и долласеита-(Ce) отличается химическим составом и распределением атомов по позициям, а также по показателям преломления.

Межплоскостные расстояния христовита-(Ce) из Киргизии [1]

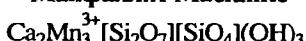
Fe-излучение, $D = 57,3$ мм

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
001	2	9,32	201	1	3,28	311	1	2,19
101	2	5,23	$\bar{3}02;\bar{1}13$	10	2,91	$\bar{2}23$	1	2,11
$\bar{1}10;110$	2	4,67	$\bar{3}00;013;300$	7	2,73		1	1,603
111	1	3,83	$\bar{3}03$	8	2,63		1	1,437
$\bar{2}11$	4	3,52	$\bar{1}04$	1	2,50		1	1,218

Л и т е р а т у р а

- Паутов Л.А., Хворов П.В., Игнатенко К.И., Соколова Е.В., Надежина Т.Н. // Зап. ВМО. 1993. Ч. 122, вып. 3. С. 103.
- Соколова Е.В., Надежина Т.Н., Паутов Л.А. // Кристаллография. 1991. Т. 36, № 2. С. 330.
- Peacor D.R., Dunn P.J. // Amer. Miner. 1988. Vol. 73, N 7/8. P. 838.

Макфаллит Macfallite



Назван в честь Макфалла – бывшего издателя "Чикаго трибюн", любителя-минералога, автора популярных книг о минералах, породах и полезных ископаемых [1].

Характ. выдел. Плотные массы, тонкозернистые и волокнистые агрегаты. Кристаллы редки, игольчатой формы (длиной до 10 мм) [1, 2].

Структ. и морф. крист. Монокл. с. $C_{2h}^2 - \bar{P}1/m$. $a_0 = 10,235$, $b_0 = 6,086$, $c_0 = 8,970$ Å; $\beta = 110,75^\circ$; $a_0 : b_0 : c_0 = 1,682 : 1 : 1,474$.

В структуре [3] присутствуют одиночные тетраэдры SiO_4 и диортогруппы $[\text{Si}_2\text{O}_7]$ (фиг. 41), которые соединяются через общие вершины с вытянутыми в направлении оси с цепочками $\text{MnO}_4(\text{OH})_2$ -октаэдров, связанных друг с другом общими ребрами. Кремнекислородные группы и цепочки октаэдров образуют слои, между которыми имеются Ca - и Mn -полиэдры (катионы находятся в семерной координации), также соединенные друг с другом общими ребрами.

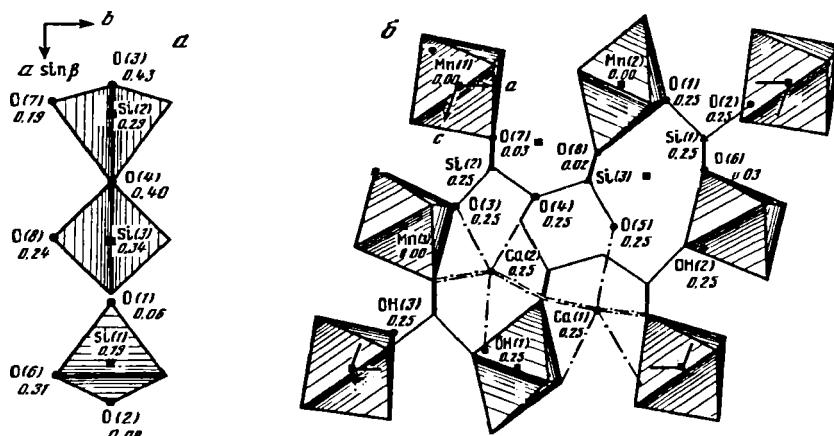
Структурно близок сурсасситу (Флейшер, 1990).

Сходные структурные элементы – колонки соединенных по ребрам Mn -октаэдров – имеют руицит (с. 196) и ориентит (с. 192). У руицита они соединяются с группой $[\text{Si}_4\text{O}_{11}(\text{OH})_2]$, состоящей из четырех $[\text{SiO}_4]$ -тетраэдров, у ориентита – с группой $[\text{Si}_3\text{O}_{10}]$, состоящей из трех $[\text{SiO}_4]$ -тетраэдров.

Средние межатомные расстояния (в Å) [3]: $\text{Mn}(1)-\text{O} = 1,97$; $\text{Mn}(3)-\text{O} = 2,03$; $\text{Mn}(2)-\text{O} = 2,07$; $\text{Ca}(1)-\text{O} = 2,44$; $\text{Ca}(2)-\text{O} = 2,41$; $\text{Si}(1)-\text{O} = 1,64$; $\text{Si}(2)-\text{O} = 1,63$; $\text{Si}(3)-\text{O} = 1,65$.

Характерно двойникование по (100), часто полисинтетическое [1].

Физ. св. Сп. по (001) совершенная. Тв. 5. Уд.в. 3,43. Цв. каштановый (игольчатые кристаллы), красно-коричневый (волокнистые агрегаты), розовый (тонкозернистые агрегаты) и шоколадно-коричневый (плотные массы). Черта коричневая с красноватым оттенком. Бл. шелковистый до алмазного [1].



Фиг. 41. Структура макфаллита (по Муру и др.)

a – расположение тетраэдров вдоль [001]; *б* – проекция вдоль [010].
Цифры – высота атомов; штрих-пунктирные линии – связи Ca–O

Микр. Плеохроизм: по Ng – темно-коричневый, по Nm – светло-коричневый, по ∇p – желтый. $Ng \parallel b$. Двусный (–). $n_g = 1,815$, $n_m = 1,795$, $n_p = 1,773$; $n_g - n_p = 0,042$ [1]; $2V$ – оч. большой.

Хим. Предполагается [1], что V^{5+} и S^{6+} замещают Si^{4+} , а Cu^{2+} – Mn^{3+} (анализы 1 и 2).

Анализы (1 – химический, 2, 3 – микрозонд.):

	1	2	3		1	2	3
Na_2O	0,03	–	–	Cr_2O_3	0,03	–	–
K_2O	0,12	0,08	–	Mn_2O_3	35,96	27,48	41,47
CaO	19,75	20,04	20,40	Fe_2O_3	0,18	Не обн.	–
MgO	0,39	Не обн.	0,73	SiO_2	32,04	31,83	33,88
MnO	0,69	–	–	TiO_2	Сл.	–	–
CuO	1,13	1,54	–	SO_3^+	–	0,47	–
Al_2O_3	3,95	7,93	1,03	H_2O	5,39	5,39*	–
V_2O_5	0,28	0,73	–	Сумма	99,94	95,49	97,51

* Методы определения не указаны.

1 – из района Коппер Харбор, шт. Мичиган (США), анал. Ито [1]; 2 – из района Коппер Харбор, шт. Мичиган (США), анал. Хервиг (среднее из 6 анализов) [1]; 3 – Восточная Лигурия (Италия) (среднее из 8 анализов) [2].

Диагн. исп. Слабо растворяется в 1 : 1 HCl при комнатной температуре.

Нахожд. Обнаружен в окисных марганцевых рудах в районе Коппер Харбор, округ Кивино, шт. Мичиган (США) [1]. Находится в тесной ассоциации с кальцитом, браунитом, пиролюзитом, манганитом, ориентитом. Вместе с другими марганцевыми минералами образовался в результате воздействия растворов (вероятно, фумарольного происхождения) на жильный кальцит в условиях высокой активности кислорода при сравнительно низкой температуре и при недостатке алюминия.

В Восточной Лигурии (Италия) встречен [3] вместе с ориентитом в кварцевых и карбонатных жилах, секущих марганценосные (браунитовые) слои метасланцев

офиолитовой серии. Образовался в результате низкотемпературной метаморфической перекристаллизации.

Отл. От пьемонтита отличается цветом, от ориентита – более интенсивным плеохроизмом, более высоким удельным весом [1].

**Межплоскостные расстояния макфаллита из района Коппер Харбор,
шт. Мичиган (США) [1]**

CuK_α-излучение

<i>hkl</i>	<i>l</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>l</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>l</i>	<i>d</i> (Å)
001	50	9,499*	312	20	2,667	502	10	1,754
101	20	8,346	122	10	2,633	033	10	1,701
100	25	7,803	022	10	2,556	116	10	1,663
102	30	5,398	202	10	2,485	420	10	1,641
101	10	4,961	222	15	2,449	214	10	1,636
002	90	4,763*	114	15	2,443	006	85	1,588*
201	55	4,457	310	45	2,381		10	1,560
202	10	4,175	314	5	2,269		15	1,556
200	80	3,904	402	30	2,227		5	1,540
103	15	3,616	014	20	2,214		5	1,515
203	70	3,400	205	70	2,181		10	1,483
210	5	3,269	105	10	2,102		5	1,449
201	25	3,116	321	30	2,091		5	1,394
112	70	2,971	302	5	1,922		15	1,352
301	25	2,895	005	30	1,905*		5	1,336
303	15	2,787	024	5	1,870		10	1,271
204	100	2,699	415	5	1,812			

* Интенсивности усиливаются за счет сп. по (001).

Л и т е р а т у р а

1. Moore P.B., Ito J., Steele I.M. // Miner. Mag. 1979. Vol. 43, N 327. P. 326.
2. Basso R., Lucchetti G., Palenzon A. // Neues Jb. Miner. Monatsh. 1989. H. 10. S. 455.
3. Moore P.B., Shen J., Araki T. // Amer. Miner. 1985. Vol. 70, N 1/2. P. 171.

С Т Р У К Т У Р А Т И П А П У М П Е Л Л И Т А

ГРУППА ПУМПЕЛЛИТА

Минералы, известные ранее под названиями "пумпеллиит" и "джулголдит" (т. III, вып. 1, с. 769), оказались смешанными по составу; каждое из этих названий объединяет несколько самостоятельных минеральных видов [1]. Их номенклатура (при сохранении группового названия "пумпеллиит") разработана Е. Пассаглиа и Дж. Готтарди [1], утверждена КНМ ММА и принята М. Флейшером (1990). Она базируется на анализе многочисленных образцов, состав которых определяется распределением катионов по структурным позициям согласно формуле $W_8X_4Y_8Z_{12}O_{56-n}(OH)_6$ (на элементарную ячейку), где W – Ca, Na, K в семерной координации; X и Y – октаэдрические позиции: X – Mg, Fe²⁺, Mn, Al, Y – Fe³⁺, Al, Cr, Ti; Z – тетраэдрическая позиция – Si, Al [1].

Так же как и в ранее предложенной схеме П. Мура [2], основное название ("пумпеллиит" или

"джулголдит") определяется преобладанием Al или Fe^{3+} в позиции Y (Al – в пумпеллиитах, Fe^{3+} – в джулголдитах), но к этому основному названию присоединяется в виде суффикса символ катиона, преобладающего в позиции X.

Номенклатура минералов группы пумпеллиита, по Е. Пассаглии и Дж. Готтарди [1], с дополнением новых минералов (отмечены звездочкой):

	X	Y		X	Y
Пумпеллиит-(Mg)	Mg	Al	Джулголдит-(Fe^{2+})	Fe^{2+}	Fe^{3+}
Пумпеллиит-(Fe^{2+})	Fe^{2+}	Al	Джулголдит-(Fe^{3+})	Fe^{3+}	Fe^{3+}
Пумпеллиит-(Fe^{3+})	Fe^{3+}	Al	Охотскит*	Mn^{2+}	Mn^{3+}
Пумпеллиит-(Mn^{2+})*	Mn^{2+}	Al	Шуйскит*	Mg	Cr
Джулголдит-(Mg)	Mg	Fe^{3+}			

Минералы, выделенные Е. Пассаглии и Дж. Готтарди, в отдельности не описаны. Их надо рассматривать (учитывая переменный состав пумпеллиитов и джулголдитов) как члены изоморфных рядов, ограниченных не только пределами пумпеллиитов и джулголдитов, но и между этими основными минералами. По М. Флейшеру (1990), такими изоморфными рядами являются: пумпеллиит-(Mg)–пумпеллиит-(Fe^{2+}); пумпеллиит-(Mg)–джулголдит-(Fe^{2+}); пумпеллиит-(Fe^{2+})–джулголдит-(Fe^{2+}).

Пумпеллиит-(Mn^{2+}) [3], охотскит [4] и шуйскит [5] хорошо индивидуализированы и достаточно детально изучены.

	Сингония	a_0	b_0	c_0	β	Уд.в.
Пумпеллиит-(Mn^{2+}) $\text{Ca}_2(\text{Mn}^{2+}, \text{Mg}) \times$ $\times (\text{Al}, \text{Mn}^{3+}, \text{Fe}^{3+})_2[\text{Si}_2\text{O}_7] \times$ $\times [\text{SiO}_4](\text{OH})_2 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$	Монокл.	8,923	5,995	19,156	97°08'	3,34
Охотскит $\text{Ca}_2(\text{Mn}^{2+}, \text{Mg}) \times$ $\times (\text{Mn}^{3+}, \text{Al}, \text{Fe}^{3+})_2[\text{Si}_2\text{O}_7] \times$ $\times [\text{SiO}_4](\text{OH})_2; \text{Mn}^{3+} > \text{Mn}^{2+}$	"	8,887	6,000	19,53	97 08	3,40
Шуйскит $\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Al}) \times$ $\times (\text{Cr}, \text{Al})_2[\text{Si}_2\text{O}_7][\text{SiO}_4] \times$ $\times (\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}; \text{Cr} > \text{Al}$	"	8,897	5,843	19,41	98 00	3,24

В пумпеллиите-(Mn^{2+}) в позиции X преобладает Mn^{2+} , в охотските в позиции Y – Mn^{3+} , в шуйските в позиции Y – Cr. Между пумпеллиитом-(Mn^{2+}) и охотскитом наблюдается непрерывная серия составов с переменным содержанием Mn^{2+} и Mn^{3+} [6].

Описан [7], но не выделен как новый минерал пумпеллиит, у которого в обеих позициях (X и Y) преобладает V^{3+} ; содержание в нем V_2O_3 достигает 25,7%.

Л и т е р а т у р а

1. Passaglia E., Gottardi G. // Canad. Miner. 1973. Vol. 12, pt 3. P. 219.
2. Moore P.B. // Lithos. 1971. Vol. 4, N 2. P. 93.
3. Kato A., Matsubara S., Yamamoto R. // Bull. minér. 1981. Vol. 104, N 4. P. 396.
4. Togari K., Akasaka M. // Miner. Mag. 1987. Vol. 51, N 362. P. 611.
5. Иванов О.К., Архангельская В.А., Мирошникова Л.Д., Шилова Т.А. // Зап. ВМО. 1981. Ч. 110, вып. 4. С. 508.
6. Dasgupta S., Chakraborti S., Sengupta P., Bhattacharya P.K., Banerjee H., Roy S. // Amer. Miner. 1991. Vol. 76, N 1/2. P. 241.
7. Pun Y., Fleet M.E. // Canad. Miner. 1992. Vol. 30, pt 1. P. 153.

Пумпеллиит-(Mn²⁺) Pumpellyite-(Mn²⁺)
Ca₂(Mn²⁺, Mg)(Al, Mn³⁺, Fe³⁺)₂[Si₂O₇][SiO₄](OH)₂ · 0,5 H₂O

Назван по составу в соответствии с принятой номенклатурой [1].

Характ. выдел. Мелкие чешуйки, пластинки, волокнистые и радиально-лучистые агрегаты; очень мелкие (до 0,1 мм) зерна [1].

Структ. и морф. крист. Монокл. с. C_{2h}^3 -A2/m. $Z = 4$.

a_0	b_0	c_0	β	$a_0 : b_0 : c_0$	Местонахождение	Ссылка
8,923	5,995	19,156	97°08'	1,488 : 1 : 3,195	Япония	[1]
8,856	5,915	19,105	97,35°	1,497 : 1 : 3,230	Италия	[2]
8,98	6,00	19,19	98,1°	1,497 : 1 : 3,198	Индия	[3]

Чешуйки удлинены по оси b , пластинки – по оси c .

Физ. св. Сп. по (001) совершенная. Тв. 5 (агрегатов). Уд.в. 3,34 (вычисл.). Цв. светло-серовато-розовый до коричневато-розового. Бл. стеклянный.

Микр. [1]. Плеохроизм: по $Ng = Nm$ – буровато-желтый, по Np – светло-розовый. Np почти \perp (001). Удлинение (+). Двуосный (–). $n_g = 1,800$, $n_m = 1,795$, $n_p = 1,752$; $2V = 40^\circ$. Дисперсия незаметна [1]. Для минерала из Италии [2]: $n_g = 1,710$, $n_m = 1,700$ –1,705, $n_p = 1,695$ –1,700.

Хим. Анализы (микрозонд.):

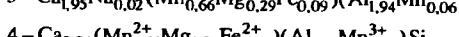
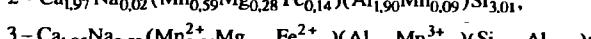
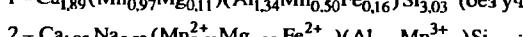
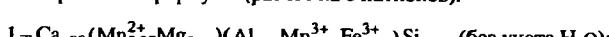
	1	2	3	4
Na ₂ O	0,01	0,12	0,10	Не обн.
MgO	0,89	2,12	1,99	1,94
CaO	20,69	21,18	21,20	21,71
FeO _{общ}	–	1,85	1,28	0,93
MnO	13,41*	9,22 ^{3*}	9,79 ^{3*}	10,16 ^{3*}
Mn ₂ O ₃	7,74*	–	–	–
Al ₂ O ₃	13,40	18,56	19,49	17,99
Fe ₂ O ₃	2,43*	–	–	–
SiO ₂	35,66	34,62	33,90	34,57
TiO ₂	0,02	Не обн.	Не обн.	Не обн.
H ₂ O ^{2*}	5,75	–	–	–
Сумма	100,00	87,67	87,75	87,30

* Способ определения валентности Fe, соотношения Mn²⁺ и Mn³⁺ не указан.

^{2*} Определена по разности.

^{3*} Общий.

1 – из браунитовой руды, месторождение Охиаи, преф. Яманаси (Япония) [1]; 2–4 – из габбродной брекчии, Восточная Лигурия (Италия) [2]
 Эмпирические формулы (расчет на 8 катионов):



См. также микрозондовые анализы пумпеллиита-(Mn²⁺) из метаморфизованных марганцевых руд Говари Вадхона (Индия) [3].

Нахожд. Обнаружен на марганцевом месторождении Охиаи, преф. Яманаси (Япония) [1], в виде агрегатов очень мелких зерен и чешуек в массивных браунитовых рудах, сингенетичных метаморфизованным (ломонтит-пренит-пумпеллитовая фация) пирокластическим породам миоценового возраста. Наблюдается вдоль границ зерен браунита. Находится в тесной ассоциации с пьемонтитом и клиноцизитом.

В Восточной Лигурии (Италия) встречен [2] в габброидной метаморфизованной брекчии (пренит-пумпеллитовая фация). Образует волокнистые, радиально-лучистые и мелкозернистые агрегаты; сопутствующие минералы – пренит, альбит, хлорит, кварц, гематит.

В Говари Вадхона, шт. Мадхья-Прадеш (Индия), найден [3] в метаморфизованных марганцевых рудах докембрийского возраста. Вместе с охотскитом, тиродитом, богатым марганцем пироксеном и пьемонтитом развит на контакте марганцевой руды с пегматитовыми дайками и кальцитовыми жилами; образует узкие каймы вокруг браунита и небольшие прожилки в нем.

Отл. От охотскита отличается характером плеохроизма и показателями преломления.

Межплоскостные расстояния пумпеллината-(Mn²⁺) из месторождения Охиаи (Япония) [1]

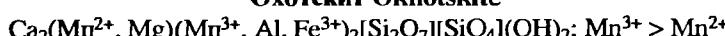
Условия съемки не указаны

<i>hkl</i>	<i>l</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>l</i>	<i>d</i> (Å)
004;111	65	4,75	224	15	2,142
200	35	4,427	402	20	2,095
113	8	4,033	404	5	1,916
202	65	3,844	028	10	1,862
204;211	35ш	3,445	422	10	1,720
204	5	3,056	135	10	1,714
300;115;302;	100	2,930	2.0.10;1.1.11	25	1,669
302	90	2,725	424;235;037	30ш	1,613
304	55	2,654	0.0.12	20	1,584
024	50	2,533	335;2.0.12	25ш	1,555
0,17;117	30ш	2,460	426;515	35	1,490
222;313	35	2,356	240;433	10ш	1,420;1,419
208	45	2,205			

Литература

1. Kato A., Matsubara S., Yamamoto R. // Bull. minér. 1981. Vol. 104, N 4. P. 396.
2. Lucchetti G. // Neues Jb. Miner. Monatsh. 1983. H. 12. S. 563.
3. Dasgupta S., Chakraborti S., Sengupta P., Bhattacharya P.K., Banerjee H., Roy S. // Amer. Miner. 1991. Vol. 76, N 1/2. P. 241.

Охотскит Okhotskite



Назван по местонахождению – рудник, где обнаружен минерал, находится вблизи Охотского моря [1].

Характ. выдел. Агрегаты призматических кристаллов длиной до 0,2 мм.

Структ. и морф. крист. Монокл. с. C_{2h}^3 -A2/m. $a_0 = 8,887$, $b_0 = 6,000$, $c_0 = 19,53\text{\AA}$; $\beta = 97,08^\circ$; $a_0 : b_0 : c_0 = 1,481 : 1 : 3,255$; $Z = 4$ [1].

Физ. св. Тв.б. Уд.в. 3,40 (вычисл.). Цв. темно-оранжевый. Чертка светло-оран-

жевая. Бл. стеклянный. Прозрачный. Не флюоресцирует. Приведен мессбауэровский спектр [1].

Микр. Сильный плеохроизм: по Ng – желтый, по $Nm = Np$ – темно-оранжевый. Двуосный (–). $Nm = b$, $cNg = 9\text{--}14^\circ$ в остром углу β . $n_g = 1,827$, $n_m = 1,820$, $n_p = 1,782$; $2V = 46^\circ$ [1].

Хим. Анализы (микрозонд.):

	1	2	3	4
Na ₂ O	0,25	–	0,01	0,04
K ₂ O	0,03	Не опр.	Не опр.	Не опр.
MgO	2,08	1,64	0,26	0,38
CaO	20,11	21,19	21,08	19,77
MnO [*]	9,18	9,69	11,92	11,95
Al ₂ O ₃	4,49	6,14	2,15	1,60
Mn ₂ O ₃ [*]	16,69	18,32	20,96	25,93
Fe ₂ O ₃ ^{**}	6,03	0,90	4,48	–
SiO ₂	34,25	33,65	33,09	31,90
TiO ₂	0,09	0,03	0,19	0,01
H ₂ O ^{***}	6,89	6,67	6,61	6,60
Сумма	100,00	98,23	100,75	98,18

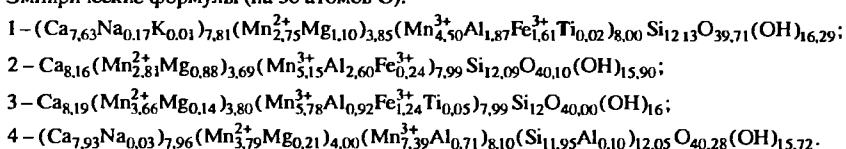
* Способ определения соотношения Mn²⁺ и Mn³⁺ для анализа 1 не указан, для анализов 2–4 применен метод Е. Пассаглиа и Дж. Готтарди (ссылка [1] во Введении к группе пумпеллиита).

** Для анализа 1 валентность определена по мессбауэровскому спектру, для анализов 2–4 – общее.

*** Определена по ТГА.

1 – месторождение Кокурики, Хоккайдо, Япония [1]; 2–4 – месторождение Говари Вадхона, шт. Мадхья-Прадеш, Индия [2].

Эмпирические формулы (на 56 атомов O):



Нахожд. Установлен на месторождении Кокурики, Хоккайдо (Япония), в стратифицированных марганецсодержащих гематитовых рудах, претерпевших зеленосланцевую стадию метаморфизма. Находится в прожилках, секущих гематитовые руды, в ассоциации с кварцем, пьемонтитом, неотокитом, бементитом, фторапатитом [1].

На месторождении Говари Вадхона, шт. Мадхья-Прадеш (Индия), присутствует в марганцевых рудах, прошедших амфиболитовую стадию метаморфизма, на контакте с пегматитовыми дайками и кальцитовыми жилами. Тесно ассоциирует с браунитом, калиевым полевым шпатом, кальцитом, биксбитом, флогопитом, диопсидом, пумпеллиитом-(Mn²⁺) [2].

Межплоскостные расстояния охотского из месторождения Кокурики (Япония) [1]

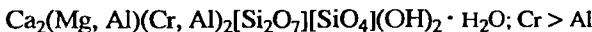
CuK_α-излучение

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
004	60	4,76	024	45	2,553	028	20	1,873
104	30	4,43	017	10	2,511	317	45	1,815
104	15	3,96	215	20	2,500	233	10	1,724
202	70	3,87	117	10	2,491	228	25	1,669

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
113	15	3,84	304	45	2,384	331	30	1,636
211	25	3,43	222	30	2,376	333	20	1,627
204	20	3,093	402	30	2,214	419	15	1,588
020	15	3,025	026	40	2,197	335	20	1,561
115	100	2,961	126	25	2,164	328	15	1,514
022	25	2,879	320	30	2,096	040	15	1,512
302	70	2,720	404; 415	20	1,915	426	25	1,492
304	45	2,665	413	10	1,906			

Литература

1. Togari K., Akasaka M. // Miner. Mag. 1987. Vol. 51, N 362. P. 611.
2. Dasgupta S., Chakraborti S., Sengupta P., Bhattacharya P.K., Banerjee H., Roy S. // Amer. Miner. 1991. Vol. 76, N 1/2. P. 241.

Шуйскит Shuiskite

Назван по имени литолога В.П. Шуйского [1].

Синои. Хромовый пумпеллийт – chromian pumpellyite [2].

Характ. видел. Призматически-зернистые, радиально-лучистые, параллельно-тистовые агрегаты. Кристаллы и зерна до 6 мм.

Структ. и морф. крист. Монокл. с. C_{2h}^3-A2/m . $a_0 = 8,897$, $b_0 = 5,843$, $c_0 = 19,41\text{\AA}$; $\beta = 98^\circ$; $a_0 : b_0 : c_0 = 1,523 : 1 : 3,322$; $Z = 4$ [1].

Кристаллы длиннопризматические, игольчатые. Границы часто искривлены и исщтрихованы. На измеренных кристаллах грани не индексированы [2].

N грани	Φ	ρ	N грани	Φ	ρ
1	0°04'	89°58'	4	134°55'	89°56'
2	81 44	89 57	5	24	38 17
3	29 47	90 01	6	172	38 30

Отмечаются двойники [3].

Физ. св. Сп. по (001) совершенная. Тв. около 6. Уд.в. 3,24. Цв. в агрегате темно-коричневый с фиолетовым оттенком; под бинокуляром в направлении удлинения – черный, черно-фиолетовый, поперек удлинения – светло-фиолетовый, грязно-фиолетовый с коричневым оттенком. Черта светло-коричневая с зеленым оттенком. В мелких зернах прозрачен. Бл. стеклянный. От немагнитного до среднемагнитного.

Микр. Сильный плеохроизм: по Ng – темно-фиолетовый, по Nm – желтовато-зеленый, по Np – фиолетово-синий. Двойосный (–). В разрезах $\parallel NgNp$ $cNg = 0^\circ$; в разрезах $\perp Np$ $cNg = 3,5\text{--}9,5^\circ$. Удлинение (+). $n_g = 1,769\text{--}1,775$, $n_m = 1,762\text{--}1,772$, $n_p = 1,725\text{--}1,733$; $n_g - n_p = 0,040\text{--}0,044$. В густо- и черно-фиолетовых зернах $n_g = 1,759$, $n_p = 1,733$ до 1,720; $2V = 40\text{--}50^\circ$. Дисперсия сильная, $r < v$.

Хим. В массиве Рош Нуар (Франция) описаны хромовые пумпеллииты с переменным содержанием $\text{Cr}_2\text{O}_3 = 9,32\text{--}26,48\%$ [2]. Очевидно, часть их, с высоким содержанием Cr_2O_3 , относится к шуйскиту, а с низким содержанием Cr_2O_3 является промежуточными членами изоморфного ряда шуйскит–пумпеллиит-(Mg). Сюда же относится хромовый пумпеллиит из района Фускальдо, Калабрия (Италия), с 4,5% Cr_2O_3 [4].

Описана маловодная разновидность шуйскита из Сарановского рудника [3] – H_2O почти в 2 раза меньше, чем у минерала из Бисерского месторождения.

Анализы (1,2 – химические, 3 – микрозонд.):

	1	2	3		1	2	3
Na_2O	0,19	0,21	Не опр.	Cr_2O_3	19,34	28,64	26,48
K_2O	0,22	0,06	"	Fe_2O_3	1,65	1,57	–
MgO	5,07	5,10	2,99	SiO_2	31,42	33,57	34,60
CaO	21,00	18,25	18,25	TiO_2	0,65	0,42	Не опр.
MnO	Сл.	Сл.	0,66	H_2O^+	7,03	3,77	"
FeO	–	–	1,69*	H_2O^-	0,50	–	"
Al_2O_3	12,75	8,19	9,05	Сумма	99,82	99,78	93,72**

* Общее.

** В оригинале сумма 92,71.

1 – шуйскит, Бисерское месторождение, Урал, анал. Архангельская [1]; 2 – маловодный шуйскит, Сарановское месторождение, Урал, анал. Архангельская [3]; 3 – хромовый пумпеллиит, массив Рош Нуар (Франция) [2].

Эмпирические формулы для шуйскита (для ан. 1 – на 16 катионов, для ан. 2 – 56 атомов О):

1 – $(\text{Ca}_{3,82}\text{K}_{0,05}\text{Na}_{0,06})_{3,93}(\text{Mg}_{1,28}\text{Fe}^{3+}_{0,21}\text{Al}_{0,51})_{2,00}(\text{Cr}_{2,60}\text{Ti}_{0,08}\text{Al}_{1,39})_{4,07}(\text{Si}_{5,34}\text{Al}_{0,6})_{6,00}\text{O}_{22,00}(\text{OH})_{4,00} \times 1,97 \text{ H}_2\text{O}$;

2 – $(\text{Ca}_{6,95}\text{Na}_{0,15}\text{K}_{0,03})_{7,13}(\text{Mg}_{2,70}\text{Al}_{3,36}\text{Fe}^{3+}_{0,47})_{6,53}(\text{Cr}_{8,05}\text{Ti}_{0,11})_{8,16}(\text{Si}_{11,93}\text{Al}_{0,07})_{12,00}\text{O}_{47,06}(\text{OH})_{8,94}$.

Повед. при нагр. На кривой нагревания имеются два экзотермических (при 390 и 1000°) и один эндотермический (при 830°) эффекты [1]. У маловодного шуйскита присутствует слабый эндотермический эффект при 275° и четкий экзотермический пик при 900° [3].

Нахожд. Обнаружен на Урале [1, 3] в хромитовых рудах Бисерского месторождения и Сарановского рудника. Выполняет трещины в руде. Тесно ассоциирует с уваровитом, а также с ярко-розовым хлоритом, редко – с хромсодержащим титанитом. Образуется в гидротермальных, сравнительно высокотемпературных (500–600°) условиях [1].

В офиолитовом массиве Рош Нуар (Франция) [2] описан хромовый пумпеллиит. Офиолиты вместе с включенными в них габбровыми брекчиями претерпели метаморфизм фации голубых сланцев (высокое давление и низкая температура). Находится в ассоциации с хромсодержащим жадеитом, фенгигитом и лавсонитом.

Межплоскостные расстояния шуйскита из Бисерского месторождения, Урал [1]

FeK α -излучение, D = 57,3 мм

hkl	l	$d(\text{\AA})$	hkl	l	$d(\text{\AA})$	l	$d(\text{\AA})$
004	1	4,75		1,5	1,881	2	1,261
202	1	4,18	028	1,5	1,857	2	1,248
202	2	3,83		1,5	1,719	2	1,236
115;300	9	2,90	0.0.12	10	1,593	2	1,220
206	7	2,73		1,5	1,577	2	1,105
311	5	2,64	2.2.10	3	1,560	4	1,090
024	5ш	2,52		2	1,539	3	1,076
117;2.0.10	5	2,46	408	3	1,506	3	1,059
222	3	2,34		8	1,487	2	1,048
208	4	2,22		4ш	1,462	2	1,035

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
402	1	2,17	1,5	1,409	2	1,024
	4	2,12		1,371		1,010
402	3	2,07	1	1,350	1	1,005
	1	2,007	1	1,320	1	0,998
	1	1,929	4	1,304		

Л и т е р а т у р а

- Иванов О.К., Архангельская В.А., Мирошникова Л.Д., Шилова Т.А. // Зап. ВМО. 1981. Ч. 110, вып. 4. С. 508.
 2. Mevel C., Kienast J.B. // Miner. Mag. 1980. Vol. 43, N 332. P. 979.
 3. Иванов О.К., Кайнов В.И., Малиновский Ю.А. // Зап. ВМО. 1985. Ч. 114, вып. 1. С. 49.
 4. Roever E.W.F.de // Proc. konkl. nederl. Acad. wetensch. B. 1970. Vol. 73, N 5. P. 585.

СТРУКТУРА ТИПА КВЕЙТИТА

	Сингония	<i>a</i> ₀	<i>b</i> ₀	<i>c</i> ₀	β	Уд. в.
Квейтит Pb ₄ Zn ₂ [Si ₂ O ₇] [SiO ₄] (SO ₄)	Монокл.	11,362	5,266	12,655	108,16°	6,07

Квейтит Queitite
Pb₄Zn₂[Si₂O₇] [SiO₄] (SO₄)

Назван в честь К. Квейта, исследователя вторичных руд месторождения Цумеб, Юго-Западная Африка [1].

Характ. выдел. Радиально-лучистые агрегаты таблитчатых кристаллов размером 10 × 3 × 0,5 мм.

Структ. и морф. крист. Монокл. с. *P2*₁ [2] (возможна *P2*₁/*m* [1]). *a*₀ = 11,362, *b*₀ = 5,266, *c*₀ = 12,655 Å; *a*₀ : *b*₀ : *c*₀ = 2,1576 : 1 : 2,4031; β = 108,16°; *V* = 719,3 Å³; *Z* = 2 [1, 2].

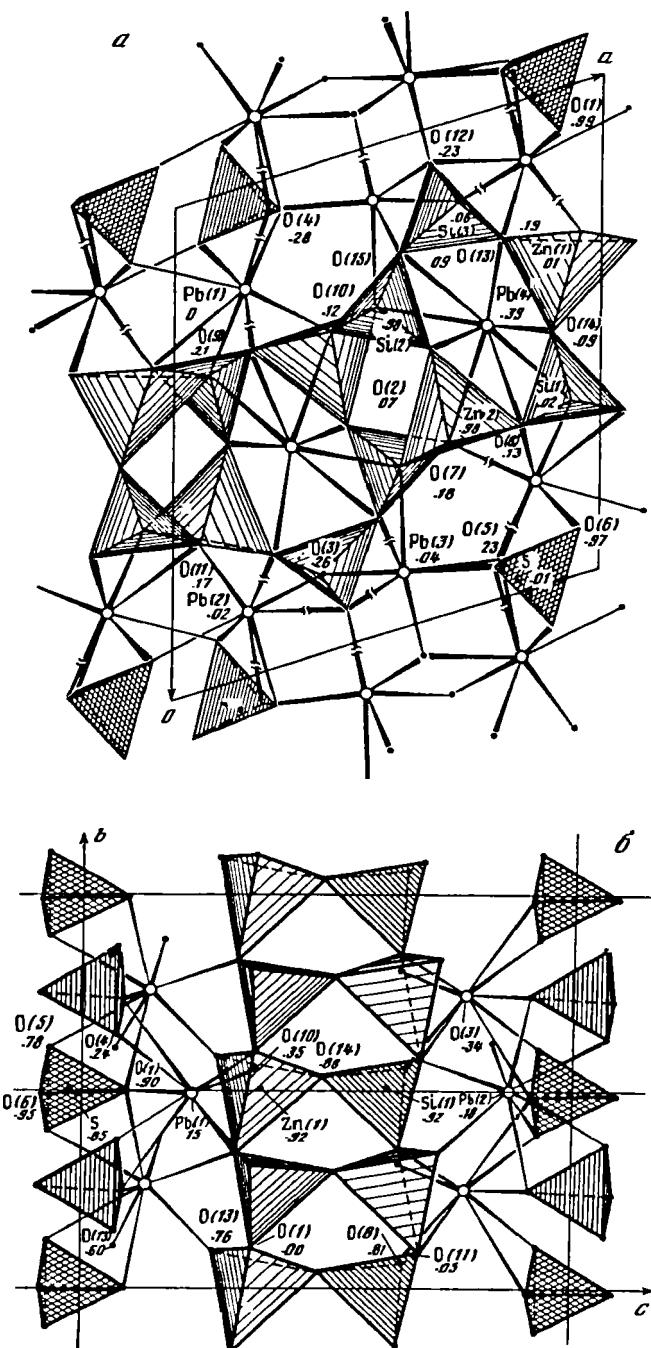
В структуре [2] участвуют деформированные XO₄-тетраэдры с X – Si, S, Zn, полизидры Pb с к.ч. = 8 и 9.

Основу структуры составляют неправильные пятичленные кольца из двух тетраэдров ZnO, имеющих по одной общей вершине с одиночным тетраэдром [SiO₄] с одной стороны и сдвоенными тетраэдрами группы [Si₂O₇] – с другой. Свободные вершины тетраэдров соединяют кольца в направлении оси *b* в слои, параллельные плоскости (010) (фиг. 42, *a*), а по оси *c* – в пакеты слоев (см. фиг. 42, *b*) состава Zn₂Si₃O₁₁. Слои из пятичленных колец связаны вдоль оси *c* полизидрами ионов Pb²⁺.

Межатомные расстояния (в Å): в тетраэдрах Si–O = 1,60–1,66, S–O = 1,47–1,50 (по данным ИК-спектров 1,48) [3], Zn–O = 1,96; в координационных полизидрах Pb–O = 2,71–2,92.

Кристаллы таблитчатые по (001), удлинены по оси *b*. Наиболее развитые формы (001), (101), (112) и (110). Двойники по (100), реже по (001).

Физ. св. Сп. очень слабая по (010) и (001). Тв. 4. Уд. в. 6,07 (вычисл.). Бесцветный или бледно-желтый. Прозрачный. В ИК-спектре [3] проявлены полосы поглощения 1077, 1062 и 1038 см⁻¹, отвечающие валентным колебаниям связей Z–Si–O; 956, 928, 874 и 828 см⁻¹ – колебаниям связей SiO-тетраэдра. Деформационным колебаниям связей Si–O₄ отвечает дублет 656 и 620 см⁻¹, мостиковых



Фиг. 42. Структура квейтита (по Хессу и Келлеру)

a – проекция на (010); прерывистые линии – связи Pb с атомами O, лежащими выше и ниже плоскости рисунка; *б* – проекция на (100); фрагмент структуры при *x* = 0; цифры – высота атомов

связей O–Si–O–полоса поглощения 592 см⁻¹, длинной связи Si–O₄ – интенсивные полосы поглощения 512 и 486 см⁻¹. Валентным колебаниям самой слабой связи в структуре (Zn–O₄) соответствует полоса 446 см⁻¹. Полосы, отражающие колебания связей Pb–O в интервале частот 4000–400 см⁻¹, отсутствуют из-за высокой координации ионов Pb²⁺ (к.ч.=8 и 9). Полоса поглощения 1168 см⁻¹ отвечает валентным колебаниям связей S–O₄.

Микр. [1]. Двуосный (–). $Ng = a$, $Np = b$, $n_g = 1,903$, $n_m = 1,901$, $n_p = 1,899$; $n_g - n_p = 0,004$. Цвета интерференции аномальные. $2V = 90^\circ$. В плоскости (010) $aNg = 0-40^\circ$ в зависимости от длины волны.

Хим. Теор. состав: ZnO – 12,37; PbO – 67,84; SiO₂ – 13,70; SO₃ – 6,09. Анализы (микрозонд, 2 кристалла) [1]: ZnO – 12,37 и 12,97; PbO – 67, 10 и 66,71; SiO₂ – 14,33 и 14,52; SO₃ – 6,06 и 6,04; CaO, MgO, FeO – следы; сумма 99,86–100,24 (анал. Хесс).

Эмпирическая формула (на 15 атомов О): Pb_{3,87}Zn_{2,01}Si_{3,10}S_{0,98}O₁₅ или Pb₄Zn₂Si₉SO₁₅.

Нахожд. Вторичный минерал частично измененных галенитовых руд со сфalerитом и теннантитом зоны окисления рудника Цумеб, развитой по контакту с вмещающими породами. Находится в ассоциации с аламозитом, ларсенитом, меланотекитом II генерации и более ранними кварцем, меланотекитом I генерации, виллемитом, ледлихитом.

Межплоскостные расстояния квейтита из месторождения Цумеб, Юго-Западная Африка [1]
FeK_α-излучение, $D = 57,3$ мм

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
102	1/2	6,06	310	3	2,97	160	4	1,892
201	1	5,60	212	3	2,93	511;420;314	5	1,884
200	2	5,39	113	1/2	2,186	016;016	5	1,873
110	4	4,73	203	5	2,82	106	4	1,866
111	1	4,61	313	1	2,74	502	2	1,854
103	4	4,19	020	5	2,63	125	1	1,818
112	4	3,99	021; 021	2	2,57	416;421	1/2	1,805
012;012	2	3,95	412	4	2,482	424	1/2	1,783
211	1	3,83	410,005	2	2,405	611	1/2	1,760
210	5	3,77	220	2	2,363	131;610	1	1,704
203	1	3,62	500	3	2,156	117	1	1,691
300	5	3,59	322	1	2,133	032;032	2	1,684

Л и т е р а т у р а

1. Keller P., Dunn P.J., Hess H. // Neues Jb. Miner. Monatsh. 1979. H. 5. S. 203.
2. Hess H., Keller P. // Ztschr. Kristallogr. 1980. Bd. 151, H. 3/4. S. 287.
3. Povarennykh A.S., Keller P., Kristiansen R. // Canad. Miner. 1982. Vol. 20, N 4. P. 601.

С Т Р У К Т У Р А Т И П А Д Е Л Л А И Т А

	Сингония	a_0^*	b_0	c_0	α	β	γ	Уд.в.
Деллайт	Трикл.	6,825	6,931	12,907	90,68°	97,57°	98,18°	2,94
		<chem>Ca6[Si2O7][SiO4](OH)2</chem>						

* Для синтетической фазы.

Деллайт Dellaite
 $\text{Ca}_6[\text{Si}_2\text{O}_7][\text{SiO}_4](\text{OH})_2$

Назван по имени Делла М. Роя, синтезировавшего фазу Y цементного клинкера – предположительно структурного аналога деллайта [1].

Характ. выдел. Неправильные зерна и уплощенные кристаллы, размером до 1–2 мм (Килхан, Шотландия) [1].

Структур. и морф. крист. Трикл. с. $C_1^1-P\bar{1}$. $a_0 = 6,80$, $b_0 = 6,91$, $c_0 = 12,85 \text{ \AA}$; $\alpha = 88,42^\circ$; $a_0 : b_0 : c_0 = 0,984 : 1 : 1,860$ [1]; $Z = 2$. $a_0 = 6,825$, $b_0 = 6,931$, $c_0 = 12,907 \text{ \AA}$; $\alpha = 90,68^\circ$, $\beta = 97,57^\circ$, $\gamma = 98,18^\circ$; $a_0 : b_0 : c_0 = 0,956 : 1 : 1,826$ – для синтетической фазы Y [2].

В кристаллической структуре, расшифрованной для синтетической фазы Y [2, 3], четверки и пары Са-октаэдров соединены в непрерывные ленты через OH-группы. Пары Са-октаэдров связаны двумя ортогруппами $[\text{SiO}_4]$, четверки Са-октаэдров – двумя диортогруппами $[\text{Si}_2\text{O}_7]$. Расстояния O–H в группах OH равны 0,813 и 0,887. Однако ионы OH⁻ не образуют водородных связей, так как кратчайшее расстояние от них до соседних атомов O слишком велико: H...O = 2,557 и 2,737 Å. Слой Са-полиэдров рассматривают как портландитоподобный с ориентацией протонов навстречу друг другу.

Кристаллы синтетической фазы Y пластинчатые и призматические [4–6].

Физ. св. Микротвердость 30–400 кгс/мм². Уд.в. 2,94 [6]. ИК-спектр фазы Y обнаруживает в структуре присутствие OH–H₂O: 3559 и 3436 см⁻¹. Полоса поглощения 1449 см⁻¹ обусловлена ионами CO₃, примесь кальцита [5].

Микр. Двуосный (–). Удлинение (+) [1]. $n_g = 1,660$, $n_p = 1,650$; $2V = 65^\circ$ (деллайт) [1]; для фазы Y $n_g = 1,664$ [5], $n_m = 1,661$ [5], $n_p = 1,650$. Двупреломление низкое [5]. $2V = 30$ – 60° [5, 6]. Двойники по (010) [6].

Хим. Теор. состав: CaO – 62,92; SiO₂ – 33,71; H₂O – 3,37.

Повед. при нагр. [6]. Дегидратация протекает постепенно, потеря веса отмечена при 550° и более значительная – при 650°. Продукт полной дегидратации при 810° – β-C₂S. Температура дегидратации близка таковой ксонотлита.

Найдж. [1]. Найден в небольших количествах в поздних кальцитовых прожилках среди спёrrитовых мраморов и грессуляр-волластонитовых пород района Килхан (Шотландия). Образуется в позднюю ретроградную стадию метаморфизма при высоком отношении CO₂/H₂O в тесной ассоциации с кальцитом, рустумитом, килханитом.

Искусств. Синтезирован [1, 5] из смеси SiO₂ (гель) и Ca(OH)₂ при $t > 800^\circ$ и умеренном давлении. Начальный материал – ранкинит и гель трикальциевого силиката.

Образуется при отвердении силикатных минералов цементного клинкера [5].

Устойчив в широком интервале температур (350–790°), давления (175–2500 атм) и концентраций NaOH (от 0 до 60%) [4].

Межплоскостные расстояния фазы Y [6]

CuK_α-излучение

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
010	25	6,90	022	50	3,067	220	2	2,594
100			022	40	2,986	005	25	2,556
012	10	4,61	120	25	2,890	204	2	2,488
020	70	3,435	211; 122	15	2,860	222	2	2,473
201; 200	25	3,349	203; 202	35	2,823	105; 030	100	2,290
021	20	3,293	212	10	2,736	214; 130	5	2,270
120	25	3,258	023; 213	20	2,718	301	2	2,243
210	5	3,209	023; 123; 114	15	2,634	301; 032	5	2,135

Л и т е р а т у р а

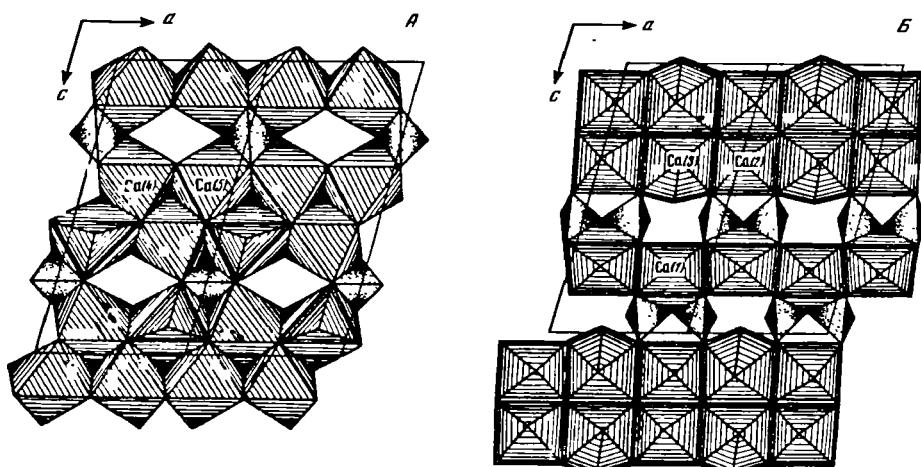
- Agrell S.O. // Miner. Mag. 1965. Vol. 34, N 268. P. 1.
- Сафронов А.Н., Невский Н.Н., Илюхин В.В., Белов Н.В. // ДАН СССР. 1981. Т. 256. № 6. С. 1387.
- Ганиев Р. М., Илюхин В.В., Белов Н.В. // Там же. 1970. Т. 190, № 4. С. 831.
- Бакиутов В.С., Ганиев Р.М., Кузнецов В.А., Илюхин В.В., Белов Н.В. // Изв. АН СССР. Неорганические материалы. 1968. Т. 4, № 12. С. 2146.
- Roy Della M. // Amer. Miner. 1958. Vol. 43, N 11/12. P. 1009.
- Glasser L.D., Roy D.M. // Ibid. 1959. Vol. 44, N 3/4. P. 447.

СТРУКТУРА ТИПА РУСТУМИТА

Рустумит* Rustumite Ca ₁₀ [Si ₂ O ₇] ₂ [SiO ₄](OH) ₂ Cl ₂	Сингония Монокл.	Пр. гр. C2/c-C _{2h} ⁶	<i>a</i> ₀ 7,62	<i>b</i> ₀ 18,55	<i>c</i> ₀ 15,51	β 104°20'
---	---------------------	--	-------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	--------------------

Ранее с формулой Ca₄[Si₂O₇](OH)₂ без структурных данных был условно включен в группу куспидина (т. III, вып. 1, с. 807).

В отличие от куспидина, в структуре которого имеется лишь [Si₂O₇]-группа, содержит два типа изолированных кремнекислородных анионов – [Si₂O₇] и [SiO₄]. Характерны бесконечные одиночные колонки и сдвоенные ленты из Ca-полиэдров [1], подобные таким же элементам в структурах тиллеита и куспидина. Однако в



Фиг. 43. Структура рустумита (по Бакакину и Белову). Проекция слоев *A* и *B* на плоскость (010)

данной структуре они объединены в слои двух типов – *А* и *Б*, перпендикулярные оси *b* (фиг. 43). Слои *А* состоят из спаренных лент Ca-полиэдров тиллелитового типа, которые соединяются друг с другом выступающими вершинами полиэдров, между которыми располагаются одиночные тетраэдры $[\text{SiO}_4]$. Слои *Б* представлены лентами из Ca-полиэдров и Ca-колонок, связанных через диортогруппы $[\text{Si}_2\text{O}_7]$. Межатомные расстояния (в Å): Si–O = 1,576–1,671; Ca–O = 2,258–3,008.

Л и т е р а т у р а

1. Бакакин В.В., Белов Н.В. // ДАН СССР. 1979. Т. 248, № 6. С. 1332.

СТРУКТУРА ТИПА САМФОУЛЕРИТА

	Сингония Монокл.	a_0	b_0	c_0	β	Уд.в.
Самфоулерит $\text{Ca}_{14}\text{Mn}_3\text{Zn}_2(\text{Zn}, \text{Be})_2\text{Be}_6 \times$ $\times [\text{Si}_2\text{O}_7]_4[\text{SiO}_4]_6(\text{OH}, \text{F})_6$		9,086	17,992	14,586	104,86°	3,28

Самфоулерит Samfowlerite



Назван в честь М.Д. Самуэля Фоулера (1779–1844), сыгравшего большую роль в освоении месторождения Франклин, шт. Нью-Джерси, США [1].

Характ. выдел. Кристаллы (до 0,05 мм в диаметре) и их агрегаты (0,5 мм).

Структ. и морф. крист. Монокл. с. $C_{2h}^5-P2_1/c$. $a_0 = 9,086$, $b_0 = 17,992$, $c_0 = 14,586$ Å; $\beta = 104,86^\circ$; $Z = 2$.

Новый структурный тип среди силикатов со смешанными изолированными Si–O-анионами $[\text{Si}_2\text{O}_7]$ и $[\text{SiO}_4]$. Катионы Be^{2+} и Zn^{2+} расположены в тетраэдрах, Mn^{2+} – в октаэдрах, Ca^{2+} – в двухшапочных тригональных призмах. Тетраэдры Si, Be и Zn связаны друг с другом общими вершинами, образуя слой, параллельный плоскости (102) (фиг. 44, *a*). Анионы $[\text{Si}_2\text{O}_7]$ и $[\text{SiO}_4]$ смешанного тетраэдрического слоя разделены катионами Be^{2+} и Zn^{2+} . Между слоями тетраэдров Si, Be и Zn расположены слои из полиэдров MnO_6 и CaO_8 , сочлененные вершинами или ребрами (см. фиг. 44, *b*). Содержание элементарной ячейки – $\text{Ca}_{28}\text{Mn}_6^{2+}\text{Zn}_4(\text{Zn}_{1,5}\text{Be}_{2,5})\times$
 $\times\text{Be}_{12}[\text{Si}_2\text{O}_7]_8[\text{SiO}_4]_{12}(\text{OH}, \text{F})_{12}$.

Средние межатомные расстояния (в Å): Si–O = 1,619–1,630; Be–O = 1,62–1,64; Zn–O = 1,758 и 1,936; Mn–O = 2,200 и 2,239; Ca–O = 2,498–2,555.

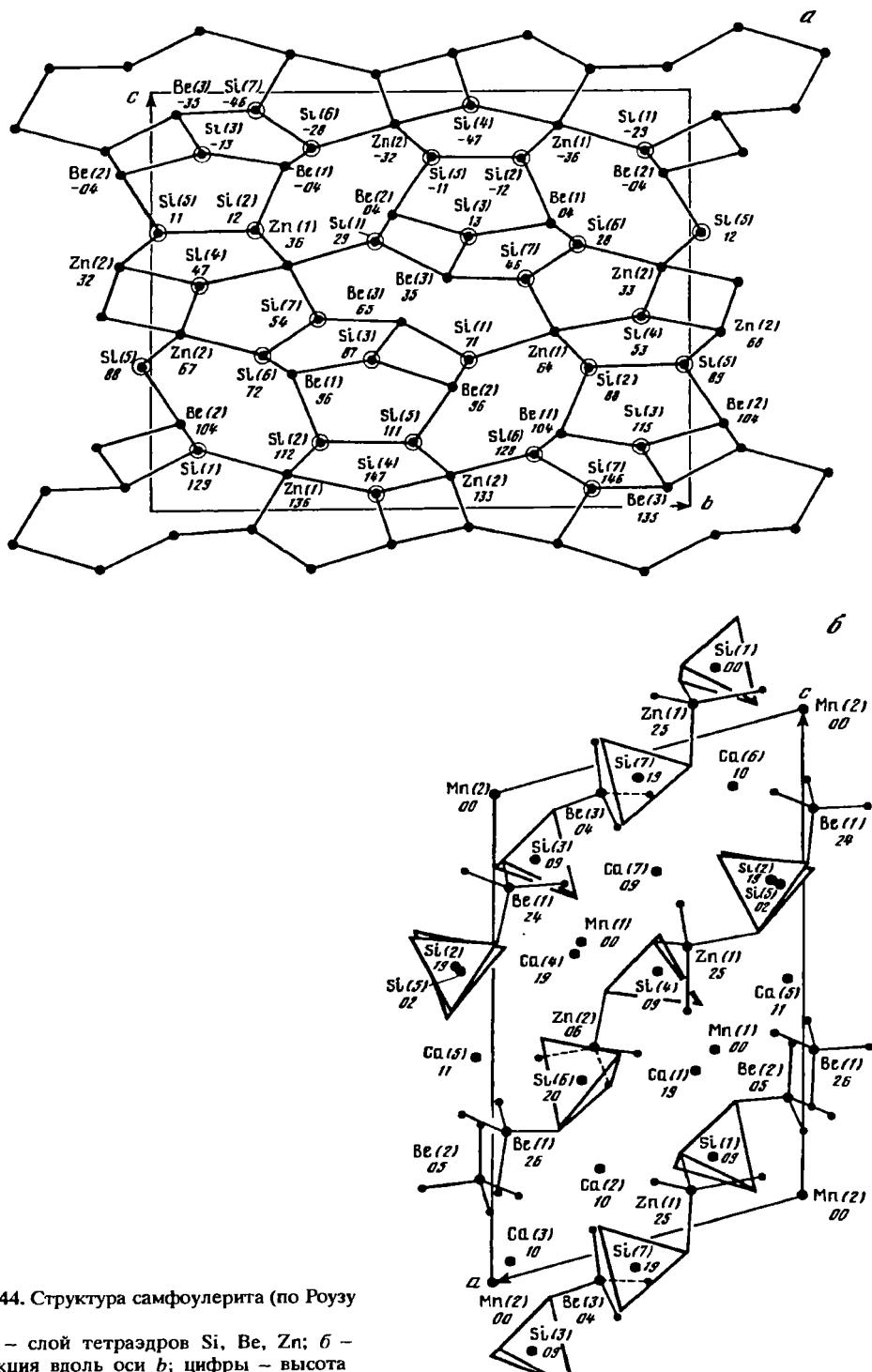
Физ. св. Сп. не наблюдалась. Очень мягкий. Тв. около 3. Уд.в. 3,28 (вычисл. 3,31). Бесцветный (в кристаллах), белый (в агрегатах). Черта белая. Бл. стеклянный.

Флюоресцирует очень слабо красным цветом в ультрафиолетовом свете (в длинно- и коротковолновой областях).

Микр. Двусосный (–). $Nm = b$, $cNg = 29^\circ$, $aNp = 44^\circ$, $n_g = 1,681$, $n_m = 1,680$, $n_p = 1,674$; $n_g - n_p = 0,007$; $2V = 29^\circ$. Дисперсия не наблюдалась.

Хим. Анализ (электронный и ионный микрозонд): $\text{CaO} - 34,1$; $\text{MnO} - 9,3$; $\text{ZnO} - 9,5$; $\text{BeO} - 5,6$; $\text{SiO}_2 - 36,9$; $\text{F} - 1,0$, $\text{H}_2\text{O} - 3,8$ (по разности); $-\text{O} = \text{F}_2 - 0,4$; сумма 100,0.

Эмпирическая формула (расчет по параметрам элементарной ячейки и удельному весу): $\text{Ca}_{27,8}\text{Mg}_{0,2}\text{Mn}_{6,0}\text{Zn}_{5,3}\text{Be}_{10,2}\text{Si}_{28,0}\text{O}_{113,0}\text{F}_{2,4}\text{H}_{19,3}$.



Нахожд. Встречен на месторождении Франклайн (шт. Нью-Джерси, США) в выстиланных андрадитом пустотах в франклини-виллемитовой руде вместе с баритом.

Межплоскостные расстояния самбоулерита из месторождения Франклайн, шт. Нью-Джерси (США) [1]

CuK_α-излучение, D = 114,6 мм. Камера Гандольфи

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
111	2	7,735	351;323	2	2,184
102;131	3	4,923	106;420;164	2	2,132
113;040	2	4,515	246;155	2	2,064
202	5	4,228	421	2	2,036
222;132	2	3,827	027;174	2	1,959
104;221;230;004	10 ш	3,570	327;406;066	20	1,860
202;142	2	3,336	374	30	1,832
143	2	3,239	381;0.10.0; 382	20	1,803
034	2	3,054	138	5	1,744
321;053	100	2,863	446	5	1,721
125	40	2,771	1.10.2;038;328;530	20	1,689
251	50	2,653	551;502; 119;1.11.1	5	1,613
253;314	10	2,582	564;257	10	1,526
342;302	5	2,492	208;0.12.0;523	2	1,504
204;340;262	10	2,459		5	1,458
334;172	50	2,388		5	1,432
206;315;341;351	20	2,329		2	1,403
172;234;402;155	30	2,272		2	1,384
				5	1,303

L i t e r a t u r a

1. Rouse R.C., Peacor D.R., Dunn P.J., Su Shu-Chun, Chi P.H., Yeates H. // Canad. Miner. 1994. Vol. 32, pt 1. P. 43.

СИЛИКАТЫ С ИЗОЛИРОВАННЫМИ НЕКОЛЬЦЕВЫМИ ГРУППАМИ КРЕМНЕКИСЛОРОДНЫХ ТЕТРАЭДРОВ (ОЛИГОСИЛИКАТЫ)

Ранее (т. III, вып. 2) выделялся раздел "Силикаты с линейными трехчленными группами кремнекислородных тетраэдров", который включал лишь два минерала: аминовит $\text{Ca}_3(\text{BeOH})_2[\text{Si}_3\text{O}_{10}]$ и киноит $\text{Cu}_2\text{Ca}_2[\text{Si}_3\text{O}_{10}]$. Другие минералы, содержащие наряду с линейными Si—O-группами радикалы $[\text{SiO}_4]$ и $[\text{Si}_2\text{O}_7]$, относились по более простому радикалу соответственно к орто- и диортосиликатам (т. III, вып. 1). Среди первых описаны: арденнит $\text{Mn}_5\text{Al}_5(\text{As}, \text{V})\text{O}_4[\text{SiO}_4][\text{Si}_2\text{O}_7]_2(\text{OH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, зуниит $\text{Al}_{12}(\text{OH}, \text{F})_{18}[\text{SiO}_4][\text{Al}(\text{SiO}_4)_4]\text{Cl}$, лейкофёницит $\text{Mn}_7[\text{SiO}_4]_2[\text{SiO}_4(\text{OH})_2]$; к диортосиликатам был отнесен корнерупин $\text{Mg}_3\text{Al}_6[\text{Si}_2\text{O}_7][(\text{Al}, \text{Si})_2(\text{Si}, \text{B})\text{O}_{10}]$. Все эти минералы объединяет наличие в их структурах изолированных некольцевых групп Si—O-тетраэдров (помечены двумя звездочками).

В настоящее время открыт ряд новых минералов с группировками из трех и более тетраэдров, что позволяет выделить самостоятельный подкласс – олигосиликаты.

СИЛИКАТЫ С ТРЕХЧЛЕННЫМИ ГРУППАМИ КРЕМНЕКИСЛОРОДНЫХ ТЕТРАЭДРОВ

Структура типа килхоанита

Килхоанит* $\text{Ca}_6[\text{Si}_3\text{O}_{10}][\text{SiO}_4]$

Структура типа арденнита

Арденнит** $\text{Mn}_4(\text{Al}, \text{Mg})_6[\text{Si}_3\text{O}_{10}][\text{SiO}_4]_2(\text{As}, \text{V})\text{O}_4(\text{OH})_6$

Структура типа суринамита

Суринамит* $\text{Mg}_3\text{Al}_4\text{Be}[\text{Si}_2\text{AlO}_{10}][\text{SiO}_4]\text{O}_4$

Структура типа корнерупина

Корнерупин** $\text{Mg}_3\text{Al}_6[\text{Si}_3\text{O}_{10}][\text{Si}_2\text{O}_7]\text{O}_3$

Структура типа тирагаллоита

Тирагаллоит $\text{Mn}_4[\text{Si}_3\text{O}_9(\text{OH})]\text{AsO}_3$

Структура типа ориентита

Ориентит* $\text{Ca}_2\text{Mn}^{2+}\text{Mn}_2^{3+}[\text{Si}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_4$

Структура типа таленита

Таленит-(Y)* $\text{Y}_3[\text{Si}_3\text{O}_{10}]F$

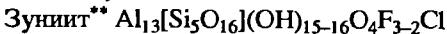
СИЛИКАТЫ С ЧЕТЫРЕХЧЛЕННЫМИ ГРУППАМИ КРЕМНЕКИСЛОРОДНЫХ ТЕТРАЭДРОВ

Структура типа акатореита

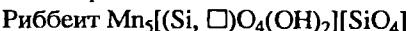
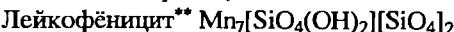
Акатореит $\text{Mn}_9^{2+}\text{Al}_2[\text{Si}_4\text{O}_{12}(\text{OH})]_2(\text{OH})_6$

Структура типа руицита

**СИЛИКАТЫ С ПЯТИЧЛЕННЫМИ ГРУППАМИ
КРЕМНЕКИСЛОРОДНЫХ ТЕТРАЭДРОВ**

Структура типа медаита*Структура типа зуниита*

**СИЛИКАТЫ С ДЕФЕКТНЫМИ МОТИВАМИ
ИЗ ДВУХ СВЯЗАННЫХ ПО РЕБРУ
КРЕМНЕКИСЛОРОДНЫХ ТЕТРАЭДРОВ**

Структура типа риббеита*Структура типа лейкофёницита**Структура типа вюнцпахкита*

**СИЛИКАТЫ С ТРЕХЧЛЕННЫМИ ГРУППАМИ
КРЕМНЕКИСЛОРОДНЫХ ТЕТРАЭДРОВ**

С Т Р У К Т У Р А Т И П А К И Л Х О А Н И Т А

	Сингония	Пр.гр.	a_0	b_0	c_0
Килхоанит [*] Kilchoanite $\text{Ca}_6[\text{Si}_3\text{O}_{10}]_2[\text{SiO}_4]$	Ромб. <i>Imam</i> <i>(Imcm, Ima2, I2cm)</i>		11,42	5,09	21,95

Без структурных данных с формулой $\text{Ca}_3[\text{Si}_2\text{O}_7]$ был условно включен в группу астрофиллита (т. III, вып. 1, с. 658).

В структуре [1] выделяются оливиноподобные $\gamma\text{-Ca}_2[\text{SiO}_4]$ фрагменты (фиг. 45, область q) и области, где наблюдаются трехчленные группы тетраэдров $[\text{Si}_3\text{O}_{10}]$, между которыми находятся катионы Ca. Предполагается существование структуры с более высокой концентрацией оливиноподобной составляющей и кристаллохимической формулой $\text{Ca}_8[\text{Si}_3\text{O}_{10}]_2[\text{SiO}_4]_2$. Межатомные расстояния Si-O = 1,57–1,71 Å.

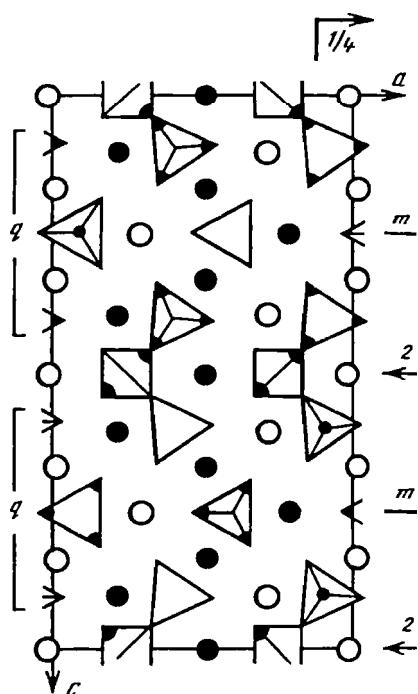
Л и т е р а т у р а

1. Taylor H.F.W. // Miner. Mag. 1971. Vol. 38, N 293. P. 26.

С Т Р У К Т У Р А Т И П А С У Р И Н А М И Т А

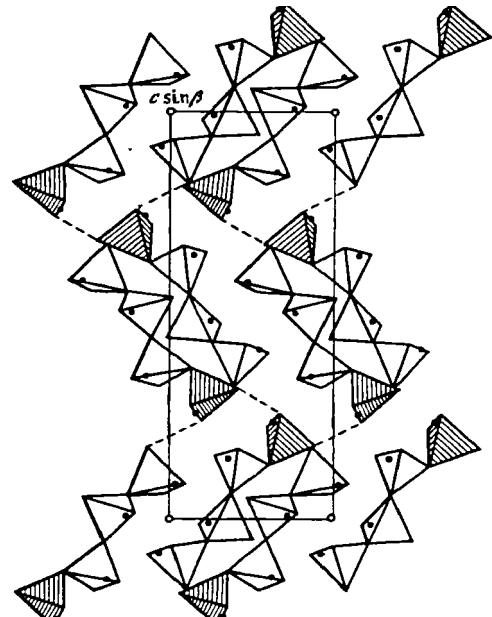
	Сингония	Пр. гр.	a_0	b_0	c_0	β
Суринамит [*] Surinamite $\text{Mg}_3\text{Al}_4\text{Be}[\text{Si}_2\text{AlO}_{10}]_2[\text{SiO}_4]\text{O}_4$	Монокл. <i>P2/n</i>		9,916	11,384	9,631	109°30'

Без структурных данных с формулой $(\text{Al, Mg, Fe})_3(\text{Si, Al})_2(\text{O, OH})_8$ был условно включен в группу энгматита (т. III, вып. 2, с. 584). Основу структуры составляют



Фиг. 45. Структура килхоанита в проекции *ac* (по Тейлору)

Фиг. 46. Структура суринамита в проекции на плоскость (001) (по Муру и Араки)



Фиг. 47. Структура тирагаллоита (по Грамадиоли и др.). Упаковки фрагментов арсеносиликатной цепи в проекции вдоль оси *a*

параллельные (001) ленты из Mg- и Al-октаэдров, связанных общими ребрами. Ширина ленты в направлении оси *a* изменяется следующим образом: 3 октаэдра—3 октаэдра—2 октаэдра (фиг. 46). Вдоль оси *b* ленты соединяются открыто разветвленными тетраэдрическими цепочками $[T_5O_{15}]$, где T — Si, Al, Be. Характер заселения тетраэдров приводит к выделению изолированного Si-тетраэдра и группы из трех тетраэдров состава $[Si_2AlO_{10}]$, в связи с чем структура суринамита попадает в подкласс островных некольцевых силикатов с $n = 3$. Ленты Mg, Al-октаэдров彼此 с связаны через дополнительный октаэдр состава $(Mg, Be)O_6$.

Межатомные расстояния (в Å): в тетраэдрах Si—O = 1,612–1,678, Be—O = 1,640–1,656, Al—O = 1,747–1,766; в октаэдрах Al—O = 1,871–2,101, (Mg, Be) —O = 2,065–2,347, (Mg, Al) —O = 1,865–2,097.

Литерапия

1. Moore P.B., Araki T. // Amer. Miner. 1983. Vol. 68, N 7/8, P. 804.

СТРУКТУРА ТИПА ТИРАГАЛЛОИТА

	Сингония	a_0	b_0	c_0	β	Уд.в.
Тирагаллоит $Mn_4[Si_3O_9(OH)]AsO_3$	Монокл	6,66	19,92	7,67	95,7°	3,84

Тирагаллоит *Tiragalloite* $Mn_4[Si_3O_9(OH)]AsO_3$

Назван в честь Паоло Тирагалло, любителя-минералога [1].

Характ. выдел. [1]. Зерна до 1,5 мм (обычно 0,2–0,4 мм), их агрегаты до 4–6 мм в диаметре.

Структ. и морф. крист. Монокл. с. $C_{2h}^5-P2_1/n$. $a_0 = 6,66$, $b_0 = 19,92$, $c_0 = 7,67$ Å; $\beta = 95,7^\circ$; $a_0 : b_0 : c_0 = 0,334 : 1 : 0,385$; $V = 1012,6$ Å³; $Z = 4$ [1,2]; $a_0 = 6,671$, $b_0 = 19,915$, $c_0 = 7,581$ Å; $\beta = 95,6^\circ$ [3].

Кремнекислородный радикал представлен трехчленной группой $[Si_3O_{10}]$. К ее крайнему тетраэдру присоединен анион AsO_4 (фиг. 47). По [2], такая четырехчленная группировка из трех SiO_4 - и одного AsO_4 -тетраэдров может рассматриваться как структурная единица — арсеносиликатный анион $[Si_3AsO_{12}OH]$. Между анионами размещаются катионы Mn (к.ч. = 6 и 7); дополнительное взаимодействие — за счет H-связи между атомами O из AsO_4 и OH-группой, локализованной на одной из вершин SiO_4 -тетраэдра соседней четырехчленной тетраэдрической группировкой.

Средние межатомные расстояния (в Å): Si—O = 1,627; Si—OH = 1,650; As—O = 1,693; Mn (к.ч. = 6)—O = 2,220–2,225; Mn (к.ч. = 7)—O = 2,370; O—H = 0,98.

Физ. св. Сп. совершенная по (100). Отдельность отчетливая \perp удлинению. Уд.в. 3,84 (возможны включения медаита) (вычисл. 3,829 [1], 3,86 [2]). Цв. оранжевый, иногда коричневый. Бл. полуалмазный. Просвечивает в тонких сколах, прозрачен в мелких осколках.

Микр. [1]. Цв. оранжевый до желтого. Плеохроизм отсутствует. Двусный (+). $N_p = a$, $N_m = b$, $N_g = c$. Угол N_p с полюсом сп. = 5–6°. Удлинение (+). $n_g = 1,760$, $n_m = 1,751$, $n_p = 1,745$; $n_g - n_p = 0,015$; $2V = 38–46^\circ$. Дисперсия осей наклонная. Наблюдались двойники с двойниковой плоскостью, совпадающей с плоскостью спайности.

Хим. [1]. Теор. состав: MnO – 48,27; SiO₂ – 30,66, As₂O₅ – 19,54; H₂O – 1,53.
Анализы (микрозонд., среднее из 29 анализов на 9 зернах):

MnO	48,34	As ₂ O ₅	16,07
FeO	0,17	V ₂ O ₅	1,67
CaO	0,75	Сумма	99,38
SiO ₂	32,38		

Эмпирическая формула (на сумму катионов = 8): (Mn_{3,91}Ca_{0,07}Fe_{0,01})_{4,00} × × [(As_{0,80}V_{0,11})_{0,91}Si_{3,09}O₁₂(OH)_{0,91}].

Диагн. исп. [1]. Слабо растворим в HNO₃ с образованием бледно-розового раствора. Нерастворим в HCl и H₂SO₄.

Нахожд. Встречен в мелких прожилках (около 1 мм толщиной), секущих марганцевые руды месторождения Молинелло (Лигурия, Италия). Прожилки состоят в основном из кварца, браунита и следов серпентина [1, 3, 4]. Ассоциирует с кварцем, Mn-кальцитом, парсептенситом, медаитом и другими силикатами.

Изм. На контакте с Mn-кальцитом у зерен тирагаллоита наблюдается изменение в виде тонкого пористого ободка.

Межплоскостные расстояния тирагаллоита из Лигурии (Италия) [1]

CuK_α-излучение

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
110	14	6,298	071; 241	25	2,657	272; 361; 312	10	1,822
231; 040	18	4,979	212; 202; 152	65	2,608	0.11.1; 044	28	1,756
101; 130	21	4,779	241; 222	29	2,529	144; 124; 1.11.0	11	1,742
351; 022	34	3,514	0,62; 171; 013	{ 45	2,499	342; 323; 253	10	1,718
210; 032; 122	100	3,258		{ 58	2,489	273; 1.11.1;	18	1,691
220	73	3,151	023; 103; 171	29	2,440	183; 2.10.1		
211	25	3,118	222; 242; 072;	17	2,296	400; 0.12.0; 263	40	1,659
161; 151	72	3,034	113; 103			410; 343	27	1,654
221; 042; 122	72	3,003	301; 310	21	2,189	0.12.1; 244;	21	1,605
211	31	2,889	320; 270	22	2,157	292; 193; 381		
32; 231	30	2,846	143; 082	21	2,062	135; 442; 392	18	1,408
161	40	2,782	280; 312	10	1,993			
52	54	2,736	153	8	1,975			
231	31	2,695	342; 024; 192	16	1,853			

Литература

- [1] Gramaccioli C.M., Griffin W.L., Mottana A. // Amer. Miner. 1980. Vol. 65, N 9/10. P. 947.
- [2] Gramaccioli C.M., Pilati T., Liborio G. // Acta crystallogr. B. 1979. Vol. 35, pt 10. P. 2287.
- [3] Gramaccioli C.M., Griffin W.L., Mottana A. // Rend. Soc. ital. miner. e petrol. 1979. Vol. 35, fasc. 1. P. 145.
- [4] Cortesogno L., Lucchetti G., Penco A.M. // Ibid. P. 151.

С Т Р У К Т У Р А Т И П А О Р И Е Н Т И Т А

	Сингония	a_0	b_0	c_0
Ориентит* Orientite $\text{Ca}_2\text{Mn}^{2+}\text{Mn}^{3+}_2[\text{Si}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_4$	Ромб.	9,074	19,130	6,121

Ранее относился к силикатам с одиночными кремнекислородными тетраэдрами и был условно помещен в группу монтичеллита (т. III, вып. 1, с. 222).

Согласно последним исследованиям [1], структура ориентита характеризуется наличием кремнекислородной группы $[\text{Si}_3\text{O}_{10}]$, состоящей из трех SiO_4 -тетраэдров (фиг. 48,а), которая через общие вершины соединена с вытянутыми в направления оси с цепочками $\text{MnO}_4(\text{OH})_2$ -октаэдров, связанных общими ребрами (см. фиг. 48,б). Кремнекислородные группы и цепочки октаэдров образуют слои, между которыми располагаются Ca - и Mn -полиэдры (катионы находятся в семерной координации).

Средние межатомные расстояния (в Å) [1]: $\text{Si}(1)-\text{O} = 1,68$; $\text{Si}(2)-\text{O} = 1,63$; $\text{Mn}(1)-\text{O} = 2,02$; $\text{Mn}(2)-\text{O} = 2,13$; $\text{Ca}-\text{O} = 2,45$.

Л и т е р а т у р а

1. Moore P.B., Shen J., Araki T. // Amer. Miner. 1985. Vol. 70, N 1/2. P. 171.

С Т Р У К Т У Р А Т И П А Т А Л Е Н И Т А

	Сингония	Пр.гр.	a_0	b_0	c_0	β
Талениит-(Y)* Thalenite $\text{Y}_1[\text{Si}_3\text{O}_{10}]F$	Монокл.	$C_{2h}^5-P2_1/n$	7,218	11,134	10,379	94,24°

Описан без структурных данных с формулой $\text{Y}_2[\text{Si}_2\text{O}_7]$ в группе тортьейтита (т. III, вып. 1, с. 581).

В структуре [1] чередуются параллельные (100) слои из Y-полиэдров и слоев смешанного состава. Последние построены из изолированных группировок $[\text{Si}_3\text{O}_{10}]$, которые совместно с Y-полиэдром образуют четырехчленные кольца. Между слоями в плоскости ac выделяются шестичленные кольца из четырех $\text{Si}-\text{O}$ -тетраэдров и двух Y-полиэдров в следующей последовательности в кольце: $2\text{Si}-\text{Y}-2\text{Si}-\text{Y}$ (фиг. 49,а-в).

Межатомные расстояния (в Å): $\text{Si}-\text{O} = 1,61-1,66$; $\text{Y}-\text{O} = 2,33-2,59$ – в семивершиннике, $2,22-2,94$ – в восьмивершиннике.

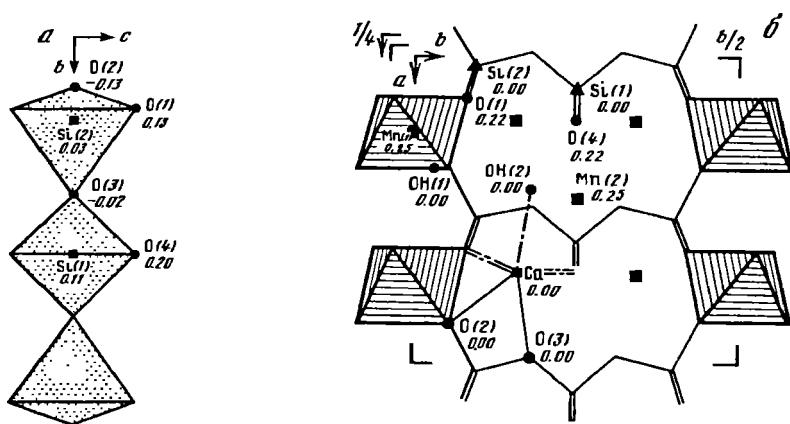
Л и т е р а т у р а

1. Корнева А.Н., Баталиев Н.Г., Максимов Б.А., Илюхин В.В., Белов Н.В. // ДАН СССР. 1972. Т. 202. № 6. С. 1324.

СИЛИКАТЫ С ЧЕТЫРЕХЧЛЕННЫМИ ГРУППАМИ КРЕМНЕКИСЛОРОДНЫХ ТЕТРАЭДРОВ

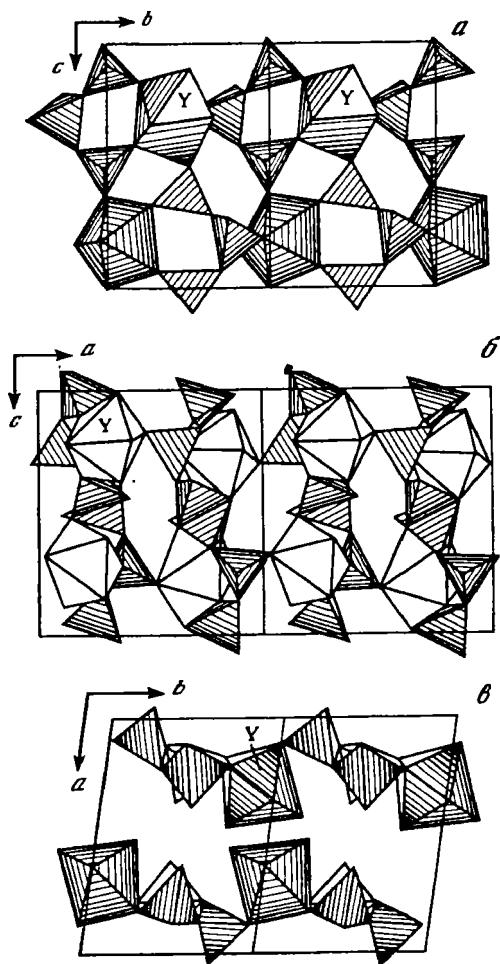
С Т Р У К Т У Р А Т И П А А К А Т О Р Е И Т А

	Сингония	a_0	b_0	c_0	α	β	γ	Уд.в.
Акатореит $\text{Mn}^{2+}_9\text{Al}_2\times \times[\text{Si}_4\text{O}_{12}(\text{OH})_2(\text{OH})_6$	Трикл.	8,337	10,367	7,629	104,46°	93,81°	104,18°	3,48



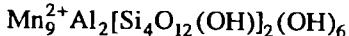
Фиг. 48. Структура ориентита (по Муру и др.)

а – расположение тетраэдров вдоль [100]; б – проекция вдоль [001]



Фиг. 49. Структура таленита-(Y) (по Корневой и др.)

Сетки из $[Si_3O_{10}]$ -групп и Y-семивершинников в трех проекциях (а–е); выделены цепочки, параллельные [010]

Акатореит Akatoreite

Назван по месту находки близ горы Акаторе-Крик на о-ве Южный, Новая Зеландия [1].

Характ. выдел. Призматические кристаллы длиной до 1 см, радиальные агрегаты [1].

Структ. и морф. крист. Трикл. с. $C'_1 - P\bar{1}$. $a_0 = 8,337$, $b_0 = 10,367$, $c_0 = 7,629 \text{ \AA}$; $\alpha = 104,46^\circ$, $\beta = 93,81^\circ$, $\gamma = 104,18^\circ$; $a_0 : b_0 : c_0 = 0,804 : 1 : 0,736$; $V = 613,2 \text{ \AA}^3$; $Z = 1$ [2]. По [1]: $a_0 = 8,344$, $b_0 = 10,358$, $c_0 = 7,627 \text{ \AA}$; $\alpha = 104^\circ 29'$, $\beta = 93^\circ 38'$, $\gamma = 103^\circ 57'$; $a_0 : b_0 : c_0 = 0,8056 : 1 : 0,7363$; $V = 614,03 \text{ \AA}^3$; $Z = 1$.

Кристаллическая структура [2] состоит из слоев Mn-, Al-октаэдров и Mn-тетраэдров, соединенных в трехмерную систему через Si-тетраэдры. Последние образуют изолированные линейные группировки состава $[\text{Si}_4\text{O}_{12}(\text{OH})]$ (фиг. 50). Mn- и Al-октаэдры образуют полосы шириной в 3 октаэдра, объединенные в слои парами Mn-тетраэдров $[\text{Mn}_2\text{O}_6]$ (Mn-тетраэдры в парах связаны через общее ребро тетраэдров). Анализ межатомных связей показывает, что Mn и в октаэдрах и в тетраэдрах находится в двухвалентном состоянии.

Средние межатомные расстояния (в \AA) [2]: Mn(1)–O = 2,199; Mn(2)–O = 2,192; Mn(3)–O = 2,209; Mn(4)–O = 2,222; Mn(5)–O = 2,057; Al–O = 1,917; Si(1)–O = 1,635; Si(2)–O = 1,618; Si(3)–O = 1,624; Si(4)–O = 1,622.

Кристаллы призматические, удлиненные вдоль оси a , со штриховкой параллельно a . Простые формы: (010), (011), (043), (031), (111), (133); преобладают грани в зоне $(0kl)$.

Двойники с плоскостью двойникования $(0\bar{2}1)$ и двойниковой осью $\perp (0\bar{2}1)$ [1].

Физ. св. [1]. Сп. по (010) совершенная, по (012) несовершенная. Тв. б. Уд.в. 3,48 (вычисл. 3,47). Цв. желто-оранжевый, оранжево-бурый. Бл. стеклянный.

Микр. [1]. Плеохроизм: по Ng – светло-канареечно-желтый, по Nm – светло-желтый, по Np – бесцветный. Двусный (+). $Np : (010) = 58^\circ$, $Nm : (010) = 30^\circ$, $Ng : (010) = 13^\circ$. $n_g = 1,720$, $n_m = 1,704$, $n_p = 1,698$; $n_g - n_p = 0,022$; $2V = 65,5^\circ$.

Хим. Теор. состав: MnO – 49,39; Al_2O_3 – 7,89; SiO_2 – 37,15; H_2O = 5,57.

Анализ (микрозонд.): MgO – 0,3; CaO – 0,2; MnO – 47,7; FeO* – 1,0; Al_2O_3 – 8,3; SiO_2 – 36,4; TiO_2 – 0,03; H_2O^{**} – 6,21; сумма 100,14.

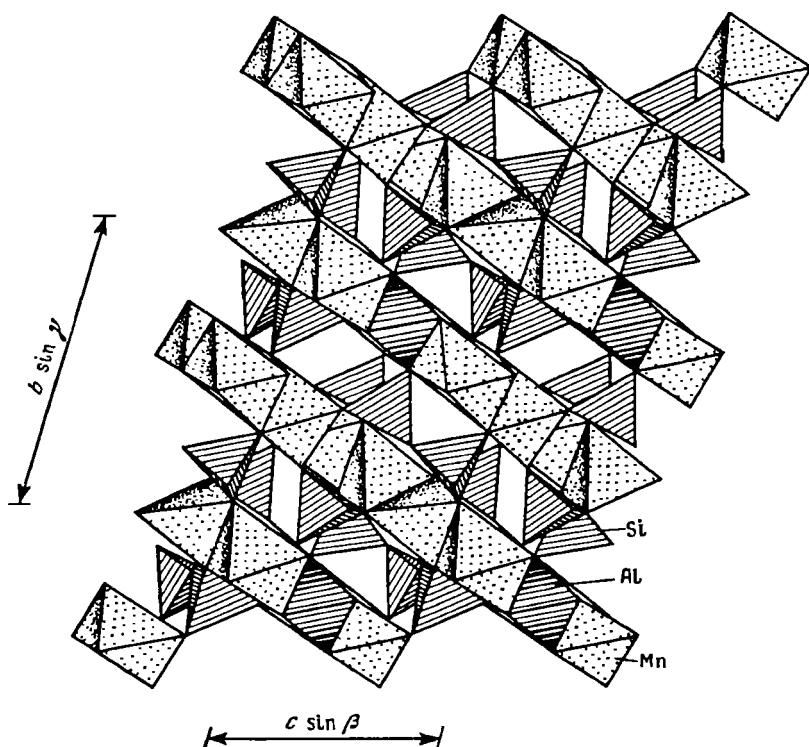
* Железо определялось как FeO.

** Определено элементным анализатором "Перкин-Эльмер" на C, H, N после плавления образца при 900°.

Эмпирическая формула (по параметрам элементарной ячейки и уд. весу): $(\text{Mn}_{8,61}\text{Fe}_{0,19}\text{Mg}_{0,09}\text{Ca}_{0,05})\text{Al}_{2,09}\text{Si}_{7,75}\text{O}_{23,17}(\text{OH})_{8,83}$.

Найден в марганцевом рудопроявлении в 3 км к югу от горы Акаторе-Крик на о-ве Южный, Новая Зеландия [1]. В марганцовистом метароговике и карбонатных линзах вместе с родохрозитом образует тонкозернистые светло-бурые участки (до 2 см). В крупнокристаллическом родохрозите и пироксмангите встречается в виде радиально-лучистых скоплений оранжево-бурых призматических кристаллов длиной до 1 см; сопровождается небольшим количеством родонита, спессартина, кварца, гюбнерита и алабандина, а также вторичными минералами – вадом, псиломеланом, пиролюзитом и тодорокитом.

Образовался во время сложных деформаций на низкой ступени регионального метаморфизма пумпеллиит-актинолитовых фаций.



Фиг. 50. Структура акаторита в проекции вдоль оси a (по Барнсу и Хоуторну)

Межплоскостные расстояния акаторита из Новой Зеландии [1]

Fe-излучение, Mn-фильтр, $D = 114,59$ мм

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
010	60	9,681	113; 103	5	2,253	501	5	1,5270
011	20	6,792	130	20	2,237	242	20	1,5019
111	30	5,027	141	80	2,214	341	5	1,4806
21	100	4,665	232	10	2,184	433	20	1,4558
002	20	3,662	241	10	2,135	521; 352	10	1,4424
021	40	3,603	332; 341	10	2,089	170	10	1,4260
112	50	3,466	233	30	2,030	145; 115	30	1,4105
211	40	3,363	400	20	2,008	252; 364	10	1,3276
130	90	3,310	023; 421; 203	10	1,9728	173; 255	10	1,3139
30	30	3,224	050	5	1,9324	552	10	1,3008
012	10	3,143	313	10	1,8854	074; 282	10	1,2846
122	50	3,063	402; 142	10	1,8664	026	20	1,2679
230	10	2,917	332	10	1,8296	524	20	1,2568
231	50	2,866	323; 213	5	1,8108	216; 226	5	1,2333
131	50	2,844	214	20	1,7728	454; 623	5	1,1747
131	30	2,791	421	5	1,7365	474	10	1,1669
212	50	2,704	044	5	1,7015	435; 245	5	1,1504
122	20	2,660	333	20	1,6776	163	5	1,1455

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
301	20	2,626	160; 142	40	1,6683	256;	10	1,1291
022	20	2,599	234; 251	20	1,6449	473	10	1,0797
141	20	2,573	114	20	1,6205	634	20	1,0676
202	5	2,543	133	20	1,6139	291; 217	20	1,0633
023; 113	30	2,468	500	5	1,6046	176; 446	10	1,0493
113	10	2,373	252	20	1,5904	625	10	1,0378
240; 131	10	2,366	531	20	1,5819	194	30	1,0283
312	5	2,278	243	30	1,5570	292	20	0,9993

Л и т е р а т у р а

1. Read P.B., Reay A. // Amer. Miner. 1971. Vol. 56, N 3/4. P. 416.
 2. Burns P.C., Hawthorne F.C. // Canad. Miner. 1993. Vol. 31, pt 2. P. 321.

С Т Р У К Т У Р А Т И ПА РУИЦИТА

	Сингония	<i>a</i> ₀	<i>b</i> ₀	<i>c</i> ₀	β	Уд.в.
Руицит $\text{Ca}_2\text{Mn}_2^{3+}[\text{Si}_4\text{O}_{11}(\text{OH})_2](\text{OH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Монокл.	9,064	6,171	11,976	91,38°	2,9

Руицит Ruizite
 $\text{Ca}_2\text{Mn}_2^{3+}[\text{Si}_4\text{O}_{11}(\text{OH})_2](\text{OH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Назван в честь первооткрывательницы минерала Джо-Аны Руиц – коллекционера из Маммата, шт Аризона (США) [1].

Характ. выдел. Кристаллы (длиной до 0,2 мм), сферолиты (диаметром до 0,5 мм).

Структ. и морф. крист. Монокл. с. *C2/m*. *a*₀ = 9,064, *b*₀ = 6,171, *c*₀ = 11,976 Å; β = 91,38°; *a*₀ : *b*₀ : *c*₀ = 1,469 : 1 : 1,941; *Z* = 2 [2].

Структура [2] характеризуется наличием кремнекислородных групп $[\text{Si}_4\text{O}_{11}(\text{OH})_2]$, состоящих из четырех $[\text{SiO}_4]$ -тетраэдров (фиг. 51,а). Группы через общие вершины соединены с вытянутыми в направлении оси *b* цепочками $\text{MnO}_4(\text{OH})_2$ -октаэдров, связанных друг с другом общими ребрами (см. фиг. 51,б). Кремнекислородные группы и цепочки октаэдров образуют слои, между которыми имеются изолированные Ca-полиэдры с катионами, находящимися в семерной координации.

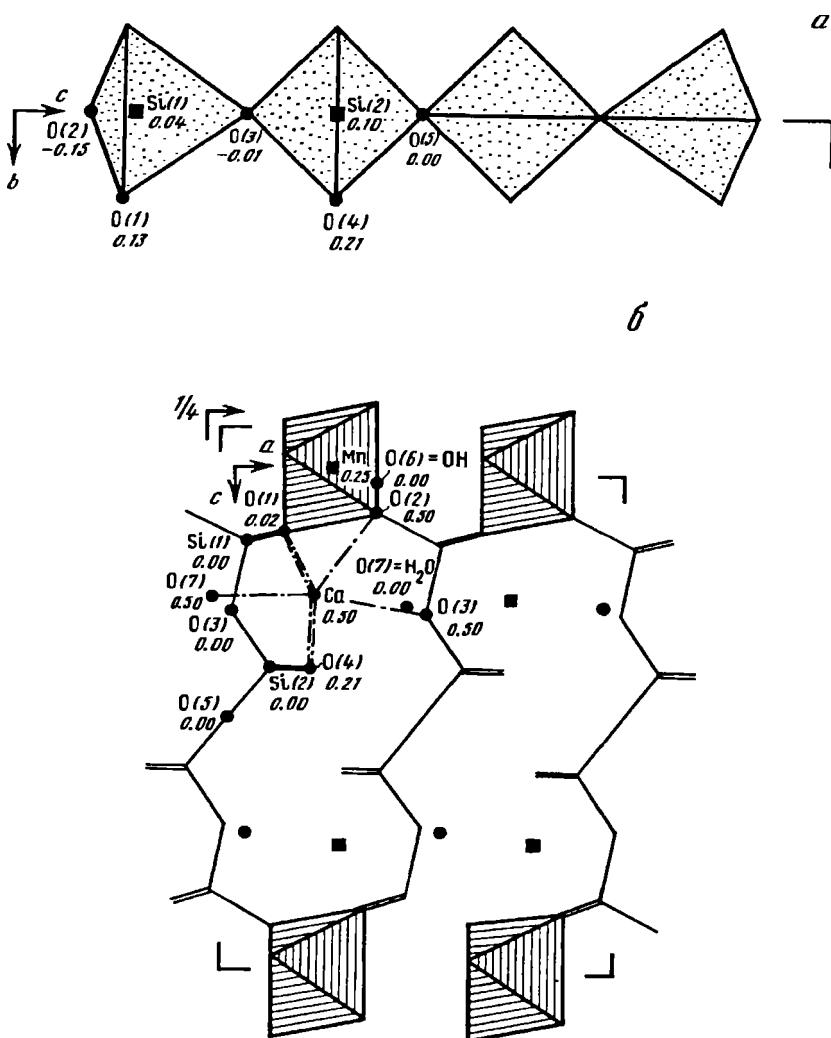
Средние межатомные расстояния (в Å) [2]: Mn–O = 2,02; Ca–O = 2,46; Si(1)–O = 1,630; Si(2)–O = 1,612.

Кристаллы призматические (до игольчатых) по [010], иногда уплощенные по (100). Простые формы: *a*(100), *d*(011), *q*(102), *s*(102̄), *p*(111). Двойникование по (100) [1].

Физ. св. Тв. около 5. Уд.в. 2,9 (вычисл. 2,997). Цв. оранжевый до бурого. Черта светло-абрикосовая.

Микр. Плеохроизм в красных и желтых тонах. *Nm* > *Ng* ≈ *Np*. *Nm||b*, *cNg* = 44° (в тупом углу β). Двусный (–). *n_g* = 1,734, *n_m* = 1,715, *n_p* = 1,663; *n_g*–*n_p* = 0,071. $2V$ = 60,2° (вычисл. 60,7°). Дисперсия *r* > *v*, сильная [1].

Хим. Теор. состав: CaO – 18,68; Mn₂O₃ – 26,29; SiO₂ – 40,03; H₂O – 15,00.



Фиг. 51. Структура руицита (по Муру и др.)

а – расположение тетраэдров вдоль [100]; *б* – общий вид структуры в проекции вдоль [010]

Анализ (микрохимический) [1]: CaO – 20,57; Mn₂O₃ – 23,42; SiO₂ – 39,14; H₂O – 6,0; сумма 99,13.

Эмпирическая формула Ca_{1,06}Mn_{0,86}³⁺Si_{1,89}O_{5,64}(OH)_{1,03} · 2,06H₂O.

Диагн. исп. Быстро растворяется при нагревании в 1 : 1 HCl, 1 : 1 HNO₃ и 40%-ной KOH.

Нахожд. Встречен в прожилках и на поверхности трещинок в известково-ситниковых породах, образовавшихся за счет известняков в процессе kontaktового метаморфизма, на месторождении Кристмас, округ Гила, шт. Аризона (США). Найдется вместе с киноитом, апофиллитом, смектитом, джунитоитом. Продукт ретроградного метаморфизма в условиях высокого кислородного потенциала.

Межплоскостные расстояния руинита из месторождения Кристмас (США) [1]

Сг-излучение, $D = 114$ мм

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	I	$d(\text{\AA})$
100	10	11,951	013	1	2,704	1	2,092
200	1	5,974	113	3	2,649	1	2,027
011	5	5,092	113	2	2,624	3	1,982
111	1	4,704	411	4	2,591	0,5	1,928
002	3	4,513	022	3ш	2,547	0,5	1,911
102	7	4,189	402	4	2,519	1	1,891
300	3	3,982	122; 213	2	2,486	0,5ш	1,868
211	1	3,851	213	1	2,445	1	1,823
012; 202	4	3,644	500	0,5	2,392	2	1,782
202	1	3,563	222; 412	3	2,331	2	1,755
311	6	3,116	104	0,5	2,08	2	1,735
020; 212	1	3,084	511	0,5	2,175	2	1,708
120; 400	1	2,986	0,23; 511; 322	0,5	2,154	2	1,674
302	4	2,951		4	2,132	5	1,646
220	3	2,740					

Л и т е р а т у р а

1. Williams S A., Duggan M. // Miner. Mag. 1977. Vol. 41, N 320. P. 429.

2. Moore P.B., Shen J., Araki T. // Amer. Miner. 1985. Vol. 70, N 1/2. P. 171.

СИЛИКАТЫ С ПЯТИЧЛЕННЫМИ ГРУППАМИ КРЕМНЕКИСЛОРОДНЫХ ТЕТРАЭДРОВ

С Т Р У К Т У Р А Т И П А М Е Д А И Т А

	Сингония	a_0	b_0	c_0	β	Уд.в.
Медаит $Mn_6V[Si_5O_{15}(OH)]O_3$	Монокл.	6,712	28,948	7,578	95,4°	3,70

Медаит Medaite $Mn_6V[Si_5O_{15}(OH)]O_3$

Назван в память о любителе-минералоге из Туриня (Италия) докторе Ф. Меда [1].

Характ. выдел. [1]. Зерна до 1,5, обычно 0,2–0,4 мм или их агрегаты до 10 мм в диаметре. Иногда пластинки.

Структ. и морф. крист. Монокл. с. $C_{2h}^5-P2_1/n$. $a_0 = 6,712$, $b_0 = 28,948$, $c_0 = 7,578 \text{ \AA}$; $\beta = 95,4^\circ$; $a_0 : b_0 : c_0 = 0,232 : 1 : 0,262$; $V = 1465,9 \text{ \AA}^3$; $Z = 4$ [1–3].

Основу структуры представляют пятичленные группы $[Si_5O_{15}]$; к крайним тетраэдрам $[SiO_4]$ присоединены тетраэдрические ионы VO_4 (фиг. 52). По [2], все шестичленные цепочки из пяти SiO_4 - и одного VO_4 -тетраэдра рассматриваются как ванадосиликатный анион $[Si_5VO_{18}OH]$. Между соседними анионными группировками размещены катионы Mn (к.ч. = 6 и 7). Дополнительное взаимодействие между ними осуществляется за счет H-связи между атомом O группы VO_4 и атомом H гидроксильной группы, локализованной на одной из свободных вершин $[SiO_4]$ -тетраэдра. Согласно [2], общий мотив упаковки структурных единиц в медаите сходен:

Фиг. 52. Структура медаита (по Грамацциоли и др.). Упаковка фрагментов ванадосиликатной цепи вдоль оси a

таковым в тирагаллоите (несмотря на различие в составе кремнекислородного радикала), что находит отражение в симметрии и размерах элементарных ячеек этих минералов.

Межатомные расстояния (в Å): Si–O = 1,625–1,636; V–O = 1,702; Mn (к.ч. = 6)–O = 2,191–2,222; Mn (к.ч. = 7)–O = 2,340 и 2,399; O–H = 0,98.

Физ. св. Сп. совершенная по (100). Отдельность отчетливая \perp удлинению кристаллов. Уд.в. 3,70 (вычисл. 3,750 [1], 3,727 [2]). Цв. коричневато-красный [1], оранжево-желтый [2]. Бл. полуалмазный. В тонких сколах прозрачен, просвечивает в мелких зернах.

Микр. [1]. Плеохроизм слабый от темно- до светло-оранжевого. Двуосчный (+). $N_p = a$, $N_m = b$, $N_g = c$. Угол ψ_p с полюсом сп. 3° . Удлинение (+). $n_g = 1,80$, $n_m = 1,78$, $n_p = 1,77$; $n_g - n_p = 0,03$; $2V = 71^\circ$ (вычисл.). Отмечено двойникование с двойниковой плоскостью, совпадающей со спайностью.

Хим. Теор. состав: MnO – 51,54; SiO₂ – 36,36; V₂O₅ – 11,01; H₂O – 1,09.

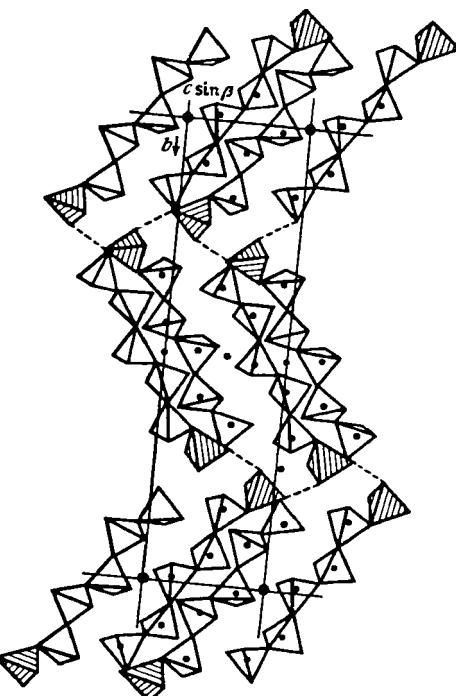
Анализы (микрозонд., несколько зерен) [1]:

	Пределы колебаний	Среднее
MnO	49,13–51,13	49,94
FeO	0,05–0,64	0,31
CaO	1,13–1,46	1,30
SiO ₂	37,25–39,01	38,09
As ₂ O ₅	2,01–2,32	2,11
V ₂ O ₅	7,09–7,90	7,44
Сумма		99,19

Эмпирическая формула (на сумму катионов = 12): $(\text{Mn}_{5,77}\text{Ca}_{0,19}\text{Fe}_{0,03})_{5,99} \times \times (\text{V}_{0,67}\text{As}_{0,15})_{0,82} \text{Si}_{5,19}\text{O}_{18}(\text{OH})_{0,82}$.

Диагн. исп. [1]. Нерастворим в воде, HCl и HNO₃.

Найд. Встречен как редкий спутник тирагаллоита в марганцевом месторождении Молинелло (Лигурия, Италия) в прожилках (несколько мм толщиной), сущих черную руду, состоящих из кварца, браунита и следов серпентина [1, 4]. Обычно включен в кварц. Ассоциирует с Mn-содержащим кальцитом. Часто обрашает одинаково ориентированные пластинки в тирагаллонте.



Межплоскостные расстояния меданта из Лигурии (Италия) [1]
MoK_α-излучение. Дифрактометр

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
110	23	6,510	11̄3; 092; 271	11	2,423	2.10.3; 224	22	1,703
120	8	6,070	182; 281; 043	10	2,381	410; 2.15.0;	15	1,667
041	12	5,221	290; 232	27	2,317	420		
101; 111	39	4,778	0.10.2; 290	18	2,298	420; 1.12.3;	29	1,660
061	7	4,064	063; 301	7	2,227	0.17.1		
210; 122; 042	27	3,321	301; 2.10.0;	43	2,192	3.11.1	9	1,634
081; 220	100	3,259	311			1.17.1; 0.18.0;	11	1,605
052; 230	83	3,159	330; 301;	11	2,173	450		
221	70	3,097	0.11.2			333; 383;	25	1,575
231; 132	47	3,009	1.10.2; 340;	13	2,133	3.12.1		
211; 091	68	2,941	2.10.1			3.10.3; 264	7	1,499
142; 211	34	2,902	2.11.1; 1.13.1;	26	2,066	3.11.3; 3.15.0;	8	1,458
231; 072	11	2,822	1.11.2			432		
072; 251	47	2,785	173; 312; 361	15	1,999	165; 2.18.1;	8	1,434
191; 072	27	2,747	034; 362;	16	1,851	452		
0.10.1	13	2,703	2.10.2			135; 2.17.2;	8	1,427
082; 202; 212	69	2,613	372; 381;	7	1,804	393		
1.10.1; 261;	29	2,533	1.15.1			462; 145;	17	1,413
232			154; 2.11.2;	7	1,770	2.18.1		
013; 271; 261	32	2,509	2.12.2			4.10.1; 155	8	1,401
023; 182;	15	2,485	0.16.1; 352;	15	1,759	2.18.2; 4.11.1;	7	1,372
0.11.1			124			2.16.3		
092	21	2,447	144; 362; 333	8	1,720			

Л и т е р а т у р а

1. Gramaccioni C.M., Griffin W.L., Mottana A. // Amer. Miner. 1982. Vol. 67, N 1/2. P. 85.
2. Gramaccioni C.M., Liborio G., Pilati T. // Acta crystallogr. B. 1981. Vol. 37, pt 11. P. 1972.
3. Gramaccioni C.M., Griffin W.L., Liborio G., Mottana A. // Rend. Soc. ital. Miner. e petrol. 1980. Vol. 36 fasc. 1. P. 159.
4. Cortesogno L., Lucchetti G., Penco A.M. // Ibid. 1979. Vol. 35, fasc. 1. P. 151.

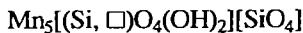
СИЛИКАТЫ С ДЕФЕКТНЫМИ МОТИВАМИ ИЗ ДВУХ СВЯЗАННЫХ ПО РЕБРУ КРЕМНЕКИСЛОРОДНЫХ ТЕТРАЭДРОВ

Ранее дефектный мотив из сдвоенных по ребру тетраэдров был обнаружен лишь в лейкофёнице, описанном в т. III, вып. 1, с. 324.

Появление новых примеров их структур (риббенит и вюнцпахкит) дает основание выделить эти минералы в отдельный отряд, завершающий подкласс олигосиликатов.

СТРУКТУРА ТИПА РИББЕИТА

Риббеит Ribbeite



Назван в честь американского минералога Пола Х. Риббе [1].

Характ. выдел. Зерна размером до 0,5 мм в диаметре, тонкозернистые агрегаты.

Структ. и морф. крист. Ромб. с. D_{2h}^{16} -*Pnma*. $a_0 = 10,732$, $b_0 = 15,672$, $c_0 = 4,811$ Å; $V = 809,2$ Å³; $Z = 4$ [2]. По данным [1] в иной установке: $a_0 = 4,799$, $b_0 = 10,742$, $c_0 = 15,70$ Å; $Z = 4$.

В структуре [2] имеются два типа Si–O-анионов (фиг. 53,а): 1) атомы Si(1) заполняют изолированные тетраэдры [SiO₄]; 2) атомы Si(2) статистически располагаются в сдвоенных по ребру тетраэдрах – один тетраэдр занят, другой пустой. Для сбалансирования зарядов 2 атома О в паре тетраэдров замещены OH-группами. Формула аниона [Si□O₄(OH)₂]. Катионы Mn²⁺ находятся на двух уровнях ($z = 1,0$ и $0,5$) в центрах октаэдров MnO₆. Объединенные по ребрам октаэдры 'MnO₆' образуют зубчатые цепи, аналогичные тем, которые составляют основу структуры лейкофёницита [3].

Межатомные расстояния в изолированном Si(1)-тетраэдре и MnO₆-октаэдре (в Å): Si(1)–O = 1,603–1,649 (среднее 1,625); Mn–O = 2,157–2,321 (среднее 2,231).

Геометрия сдвоенных тетраэдров и положения атомов Н в них показаны на фиг. 53,б (цифры под обозначением атомов указывают их z-координаты). Два тетраэдра в каждой паре связаны центром инверсии, расположенным в середине общего ребра O(1)...O(1)'. В случае, когда Si(2) ($z = 0,58$) отсутствует, позиции O(5) и O(6) заняты атомами кислорода OH-групп, атомы водорода которых образуют H-связи с O(1): H(1)–O(1) = 2,19; H(2)–O(1) = 2,04.

Межатомные расстояния Si(2)–O(1) и Si(2)–O(1)' вследствие статистической неупорядоченности атомов Si неравноценны: первое резко укорочено (1,522 Å), второе увеличено до 1,761 Å.

Диморфен с моноклинным аллеганитом. Неупорядоченность сдвоенных по ребру тетраэдров риббеита – следствие статистических операций скольжения ячейки аллеганита [4].

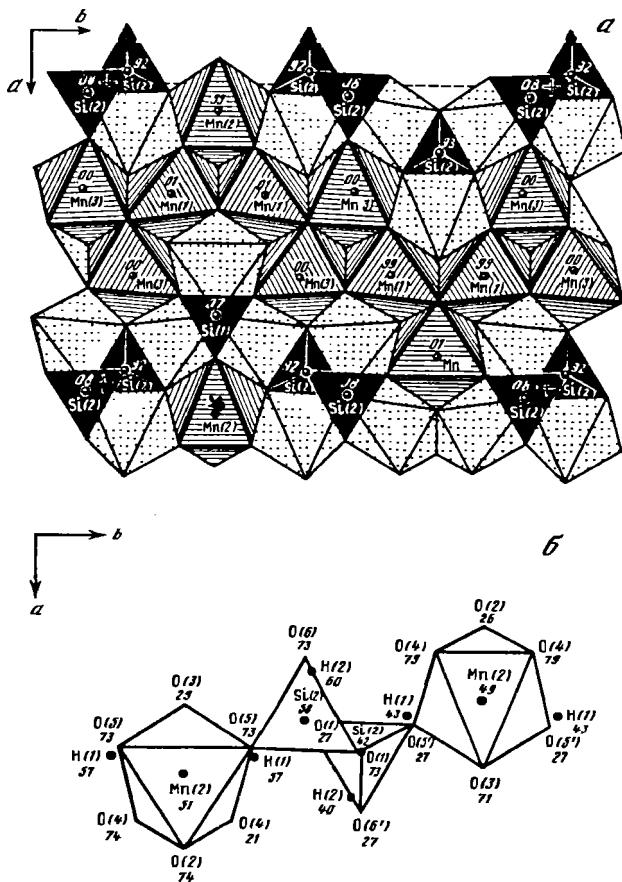
Физ. св. Сп. нет. Тв. около 5. Уд.в. 3,90 (вычисл. 3,84). Цв. розовый. Прозрачный. Черта светло-розовая. Бл. стеклянный.

Микр. Плеохроизм слабый: по *Np* и *Nm* – бесцветный, по *Ng* – светло-розовый; $\nabla g > Np = Nm$. Двуосный (+). *Np* = *b*, *Nm* = *a*, *Ng* = *c*. $n_g = 1,808$, $n_m = 1,792$; $n_p = 1,780$; $n_g - n_p = 0,028$; $2V = 80,1^\circ$ при 486 нм, $81,3^\circ$ при 589 нм, $81,8^\circ$ при 656 нм (вычисл. $82,5^\circ$). Дисперсия средняя, $r > v$.

Хим. Теор. состав: MnO – 71,90; SiO₂ – 24,45; H₂O – 3,65. Анализ (микрозонд.): MgO – 5,2; CaO – 0,2; MnO – 65,1; FeO – 0,3; SiO₂ – 24,3; H₂O (по разности) – 4,9; сумма 100,00.

Эмпирическая формула: (Mn_{4,30}Mg_{0,60}Fe_{0,02}Ca_{0,02})_{4,94}Si_{1,90}H_{2,54}O₁₀. Идеальная формула Mn₅(SiO₄)₂(OH)₂ аналогична формуле аллеганита.

Нахожд. Встречен на месторождении Комбат (49 км южнее Цумеба, Намибия), залегающем в богатой Mn силикатно-карбонатной толще. Скопления риббеита приурочены к линзам (до 5×20 см) марганцевых оксидных руд. Тесно ассоциирует с аллеганитом, пирохроитом, шпинелями (якоситом и галакситом), хлоритом, макгозернитоподобным минералом и кальцитом.



Фиг. 53. Структура риббента (по Фриду и др.)

a – проекция вдоль оси *c*; *б* – фрагмент структуры вдоль оси *c*; показаны позиции атомов Н групп OH; цифры – высота атомов ($\times 100$)

Отл. От сходного аллеганита отличается отсутствием двойникования в шлифах.

Межплоскостные расстояния риббента из Комбат (Намибия) [1]

FeK α -излучение, Mn-фильтр, $D = 114,6$ мм

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
021	5	5,08	2	1,587
022; 110	30	4,41	5	1,569
111	2	4,23	30	1,554
004	1	3,93	10	1,490
112	30	3,83	20	1,460
103	5	3,53	1	1,441
121	5	3,49	5	1,415
113	10	3,362	20	1,378
122	5	3,256	20	1,304
114	70	2,925	1	1,277
130	80	2,873	2	1,2262
131	70	2,821	5	1,2034

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
132	60	2,695	5	1,1894
115	80	2,552	10	1,1810
133	40	2,515	10	1,1728
200	2	2,398	1	1,1599
125; 026	40	2,356	1	1,1529
141; 134; 211	5	2,315	2	1,1437
116; 142; 212	10	2,246	2	1,1210
044	2	2,216	5	1,0996
135	5	2,117	20	1,0861
214; 117; 230	1	1,996	10	1,0695
153	1	1,834		
225; 118; 060; 240	100	1,796		
	10	1,769		
	20	1,744		
	10	1,720		
	10	1,695		
	20	1,661		
	5	1,618		

Л и т е р а т у р а

1. Peacor D.R., Dunn P.J., Su Shu-Chun, Innes J. // Amer. Miner. 1987. Vol. 72, N 1/2. P. 213.
2. Freed R.L., Rouse R.C., Peacor D.R. // Ibid. 1993. Vol. 78, N 1/2. P. 190.
3. Moore P.B. // Ibid. 1970. Vol. 55, N 7/8. P. 1146.
4. Rentzepcris P.J. // Ztschr. Kristallogr. 1970. Bd. 132, H. 1/2. S. 1.

С Т Р У К Т У Р А Т И ПА ВЮНЦПАХКИТА

Вюнцпахкит-(Y) Vyuntspakhkite-(Y) (Y, TR)₈(Al₅□₃)₂[Si₁₀Al□₅O₃₄(OH)₁₄]

Назван по названию горы Вюнцпахк на Кольском п-ове [1].

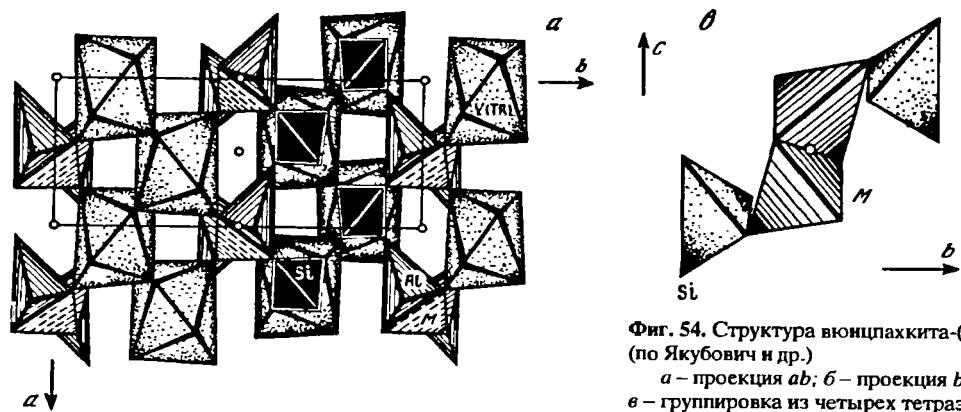
Характ. выдел. Кристаллы (0,5–0,7)×(0,05–0,2) мм.

Структ. и морф. крист. Монокл. с. $C_{2h}^5 \cdot a_0 = 5,830$, $b_0 = 14,763$, $c_0 = 6,221$ Å; $\beta = 123,05^\circ$; $Z = 1$ [2]; $c = 2c_0 = 12,442$ Å; $Z = 2$ [3].

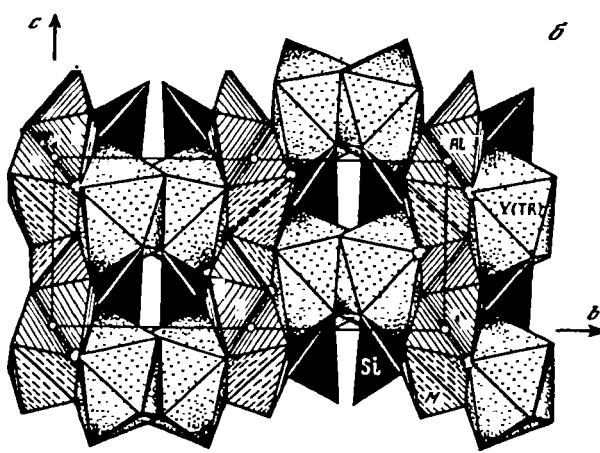
Основу структуры [2] составляют слои из Y(TR)-восьмивершинников и орто-анионов [SiO₄], параллельные плоскости *ac* (фиг. 54,*a,b*), сходные со слоями в структурном типе гипса. В слое Y(TR)-полиэдры объединены через общие ребра в цепочки, связанные посредством [SiO₄]-групп в направлении оси *c*. Связь между соседними слоями вдоль оси *b* осуществляется за счет цепочек, построенных из чередующихся полиэдров Al и Si, сочлененных по общему ребру тетраэдров [(Al, Si)O₄], аналогичным образом спаренных Al-тригональных призм. В полиэдрах цепочек из-за чрезмерного сближения катионов возникают дефекты, что влечет за собой частичную замену атомов кислорода на OH-группы. Катионы распределены статистически: пятивершинники заняты на 62,5%, тетраэдры – на 37,5%.

Кристаллохимическая формула: (Y, TR)₄(Al_{2,5}□_{1,5})(Al_{0,33}Si_{0,67})□_{2,5}][SiO₄]₄ × [O_{0,5}(OH)_{3,5}]₂; идеализированная: (Y, TR)₄Al₂(Al, Si)₅O₁₈(OH)₅ ($Z = 1$). Тетраэдры [SiO₄] и [(Al, Si)O₄] объединены в четверки (см. фиг. 54,*e*).

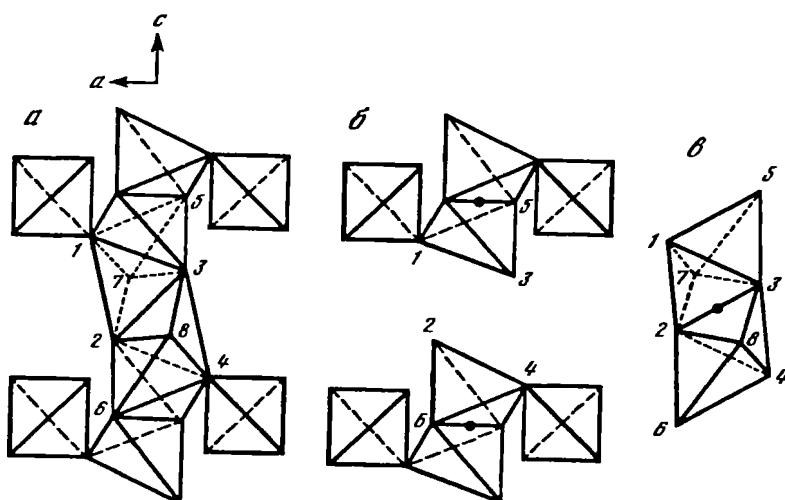
Межатомные расстояния (в Å): Si–O = 1,604–1,640; в пятивершинниках Al–O = 1,755–2,07, Y–O = 2,208–2,519.



Фиг. 54. Структура вионцхахита-(Y)
(по Якубович и др.)
а – проекция ab ; б – проекция bc ;
в – группировка из четырех тетраэдров $[SiO_4]$ и $[AlSiO_4]$



Фиг. 55. Фрагменты структуры вионцхахита-(Y) (по Бокию)
а – цепочка из групп $[T_4X_{12}]$;
б – кремнекислородный мотив со сдвоенными тетраэдрами;
в – спаренные пятивершинники алюминия



По другой трактовке [3] результатов [2], вюнцпахкит не является ортосиликатом: основной кремнекислородный мотив – изолированная группировка из четырех тетраэдров $[T_4X_{12}]O$, где два внутренних $[(Al, Si)O_4]$ -тетраэдра объединены по ребру и к каждому из них присоединено по одному внешнему $[SiO_4]$ через общую вершину (фиг. 55). В [2] наружные тетраэдры рассматриваются в отрыве от всей группировки как ортоанионы, что неправомерно. Найденный Si–O-мотив является предельным в ряду радикалов подкласса некольцевых островных силикатов. При этой интерпретации кристаллохимическая формула: $(Y, TR)_8(Al_5\Box_3)[Si_{10}Al\Box_5O_{34}(OH)_{14}]$. Учитывая период повторяемости $[T_4X_{12}]$ вдоль оси c , соответствующий параметр следует удвоить: $c = 2c_0 = 12,442 \text{ \AA}$ и $Z = 2$.

Кристаллы тонкопризматические, зональные, двух генераций, различающихся соотношением содержаний Y и TR [1].

Физ. св. Сп. отсутствует. Уд.в. 4,02 (вычисл. 4,4). Тв. 6–7. Бесцветный, прозрачный. Бл. алмазный. Хрупкий. Не люминесцирует в ультрафиолетовых лучах. В катодных лучах слабое желто-зеленое свечение.

В ИК-спектре выделяются шесть близких по природе совокупностей полос поглощения, пределы которых составляют: 1) 3530–3375 (валентные колебания групп OH, связанных с катионами Y^{3+} и Al^{3+}); 2) 1030–910 (валентные колебания $Si-O_4$); 3) 800–750 (валентные колебания тетраэдров $Si-O_4$); 4) 800–750 (валентные колебания связей $Al-O_4$); 5) 700–580 (валентные колебания связей $Al-O_5$); 6) 540–490 (деформационные колебания связей $Al-O_4$). Предполагается, что полоса поглощения 1430 cm^{-1} обусловлена деформационными колебаниями OH-групп, находящихся в вершине кремнекислородного и алюминиево-кислородного тетраэдра [1].

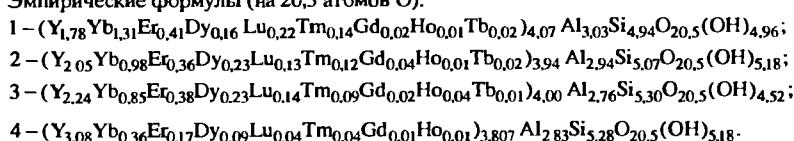
Микр. Двусный (+). Пл. опт. осей 010. $cNp = 40^\circ$, $aNg = 68^\circ$. $n_g = 1,720$, $n_m = 1,692$, $n_p = 1,680$; $n_g - n_p = 0,040$; $2V = 68^\circ$ [1].

Хим. Анализы (микрозонд.):

	1	2	3	4
Y_2O_3	17,76	21,18	23,13	34,66
Yb_2O_3	22,80	17,65	15,35	7,03
Er_2O_3	6,86	6,31	6,58	3,22
Dy_2O_3	2,67	3,93	3,84	1,65
Lu_2O_3	3,40	2,10	2,49	0,89
Tm_2O_3	2,05	1,92	1,61	0,70
Gd_2O_3	0,28	0,61	0,32	0,24
Ho_2O_3	0,22	0,23	0,67	0,32
Tb_2O_3	0,37	0,31	0,27	0,00
Al_2O_3	13,64	13,69	12,85	14,39
SiO_2	26,15	27,84	29,14	31,64
H_2O^*	3,90	4,23	3,75	5,26
Сумма	100,00	100,00	100,00	100,00

* По разности.

Эмпирические формулы (на 20,5 атомов O):



Согласно [1], идеальная формула: $Y_4Al_3Si_5O_{18}(OH)_5$; с учетом анализов ИК-спектров, $Y_4Al_2[AlSi_5O_{18}(OH)_5](OH)_4$.

Сумма редких земель цериевой группы минерала не превышает 0,1%. По данным количественного микроанализа, фтор и углерод отсутствуют.

Диаг. исп. В HCl не растворяется.

Повед. при нагр. Все характеристические полосы на ИК-спектрах у вюнцпахкита не изменяются с температурой.

Найдж. Обнаружен в амазонитовых пегматитах Кольского п-ова в ассоциации с флюоритом, ксенотитом и бастнезитом, а также с селективно иттербийевыми (кейвийит-(Yb), хинганит-(Yb)) и новыми иттербийевыми силикатами [1].

Межплоскостные расстояния вюнцпахкита, Кольский п-ов [1]

FeK_α-излучение, D = 114,6 мм

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
020	6	0,740	033	1	0,1543
100	1	0,519	42̄; 26̄	1	0,1521
11̄	6	0,498	16̄; 04̄	3	0,1493
110	6	0,492	291; 20̄	4	0,1452
011	2	0,465	202	3	0,1435
12̄	3	0,429	172; 292; 23̄	1	0,1394
021	4	0,409	44̄	4	0,1370
040	1	0,370	28̄; 123; 34̄	3	0,1336
13̄	3	0,360	45̄; 40̄	3	0,1320
03̄	10	0,347	1.10.1	3	0,1313
140	1	0,302	1.11.0; 424	4	0,1300
041	5	0,295	383; 39̄; 35̄	1	0,1274
22̄	6	0,287	29̄	4	0,1252
12̄	1	0,2707	004; 083	1	0,1222
200; 21̄2	8	0,2604	47̄; 1.11.1	1	0,1216
150; 210	2	0,2570	47̄	1	0,1209
051	2	0,2535	37̄; 272; 034	1	0,1186
060	1	0,2468	54̄	1	0,1172
002	1	0,2437	46̄	2	0,1163
012	3	0,2413	51̄; 48̄; 460	1	0,1153
24̄	4	0,2382	52̄; 173	1	0,1142
23̄	2	0,2330	33̄	2	0,1135
141	5	0,2267	3.10.3; 1.12.1	1	0,1131
240	2	0,2128	2.12.2	1	0,1115
30̄	3	0,2033	470	1	0,1110
31̄	4	0,2003	54̄; 421; 43̄	3	0,1104
252	4	0,1969	49̄	1	0,1096
17̄; 170; 250	5	0,1957	35̄; 44̄	3	0,1084
26̄	1	0,1932	243	2	0,1082
21̄3	1	0,1912	48̄	1	0,1074
052	4	0,1885	480	1	0,1064
22̄; 33̄	5	0,1871	45̄	1	0,1059
112	2	0,1844	56̄	1	0,1054
262	3	0,1800	451; 52̄	1	0,1045
34̄; 231	5	0,1781	362; 500; 4.10.1	1	0,1043
262	1	0,1734	1.12.1	1	0,1034

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
24̄3	4	0,1716	14̄5	1	0,1031
320	1	0,1691	574	1	0,1022
013; 25̄3	1	0,1619	61̄4; 63̄3; 54̄5	4	0,1015
251	4	0,1602	60̄2	1	0,1012
34̄3; 023; 02̄3	4	0,1590	372	1	0,1010
36̄2	3	0,1569	64̄3; 475	2	0,0998
18̄2; 091; 40̄2	1	0,1557			

Л и т е р а т у р а

1. Волошин А.В., Пахомовский Я.А., Меньшиков Ю.П., Поваренных А.С., Рогачев Д.Л. // Минерал. журн. 1983. Т. 5, № 4. С. 89.
2. Якубович О.В., Симонов М.А., Волошин А.В., Пахомовский Я.А. // Кристаллография. 1984. Т. 29, № 2. С. 238.
3. Бокий Г.Б. // Там же. 1995. Т. 40, № 4. С. 763.

СИЛИКАТЫ С КОЛЬЦАМИ КРЕМНЕКИСЛОРОДНЫХ ТЕТРАЭДРОВ

СИЛИКАТЫ С ЧЕТЫРЕХЧЛЕННЫМИ КОЛЬЦАМИ КРЕМНЕКИСЛОРОДНЫХ ТЕТРАЭДРОВ

Структура типа тарамеллита

Группа тарамеллита

Тарамеллит $\text{Ba}_4(\text{Fe}^{3+}, \text{Fe}^{2+}, \text{Ti})_4[\text{Si}_4\text{O}_{12}]_2\text{B}_2\text{O}_5\text{Cl}_x$

Титантарамеллит $\text{Ba}_4(\text{Ti}, \text{Fe}^{3+}\text{Fe}^{2+}\text{Mg})_4[\text{Si}_4\text{O}_{12}]_2\text{B}_2\text{O}_5\text{Cl}_x$

Нагасималит $\text{Ba}_4(\text{V}^{3+}, \text{Ti})_4[\text{Si}_4\text{O}_{12}]_2\text{B}_2\text{O}_3(\text{O}, \text{OH})_2\text{Cl}$

Структура типа страховита

Страховит $\text{NaBa}_3\text{Mn}_{2,3}^{2+}\text{Mn}_{1,7}^{3+}[\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2][\text{Si}_2\text{O}_7]\text{O}_2(\text{OH}) \cdot \text{H}_2\text{O}$

Структура типа фосинаита

Фосинайт $\text{Na}_{11}(\text{Na}, \text{Ca})_2\text{Ce}_{0,67}[\text{Si}_4\text{O}_{12}](\text{PO}_4)_4$

Клинофосинайт $\text{Na}_{12}\text{Ca}_4[\text{Si}_4\text{O}_{12}](\text{PO}_4)_4$

Структура типа джоакинита

Группа джоакинита

Стронциоджоакинит $\text{Sr}_2\text{Ba}_2(\text{Na}, \text{Fe}^{2+})_2\text{Ti}_2[\text{Si}_4\text{O}_{12}]_2(\text{O}, \text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$

Барииортоджоакинит $(\text{Ba}, \text{Sr})_4\text{Fe}_2^{2+}\text{Ti}_2[\text{Si}_4\text{O}_{12}]_2\text{O}_2(\text{OH}, \text{F}) \cdot \text{H}_2\text{O}$

Белоруссит-(Се) $\text{NaMnBa}_2\text{Ce}_2\text{Ti}_2[\text{Si}_4\text{O}_{12}]_2\text{O}_2(\text{F}, \text{OH}) \cdot \text{H}_2\text{O}$

Структура типа гиалотекита

Гиалотекит $\text{Ca}_2\text{Ba}_2\text{Pb}_2[(\text{Si}_{1,5}\text{Be}_{0,5})_2\text{Si}_8\text{O}_{28}]\text{B}_2\text{F}$

Структура типа стиссита

Стиссит $\text{Th}(\text{Na}, \text{Ca})_2(\text{K}_{1-z}\square_z)[\text{Si}_8\text{O}_{20}]$; $z = 0,20-0,40$

СИЛИКАТЫ С ШЕСТИЧЛЕННЫМИ КОЛЬЦАМИ КРЕМНЕКИСЛОРОДНЫХ ТЕТРАЭДРОВ

Структура типа миларита

Группа миларита

Эйфелит $\text{KNa}_3\text{Mg}_4[\text{Si}_{12}\text{O}_{30}]$

Пурдредтит $\text{KNa}_2[\text{Si}_{12}\text{O}_{30}]\text{B}_3$

Чейесит $\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_4\text{Fe}^{3+}[\text{Si}_{12}\text{O}_{30}]$

Структура типа турмалина

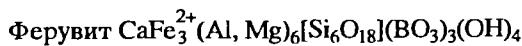
Группа турмалинов

Фойтит $\square[\text{Fe}_2^{2+}(\text{Al}, \text{Fe}^{3+})]\text{Al}_6[\text{Si}_6\text{O}_{18}](\text{BO}_3)_3(\text{OH})_4$

Хромдравит $\text{Na}(\text{Cr}, \text{Fe}^{3+}, \text{Mg})_3(\text{Cr}, \text{Mg}, \text{Al})_6[\text{Si}_6\text{O}_{18}](\text{BO}_3)_3(\text{OH})_4$

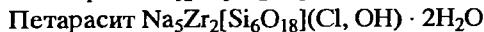
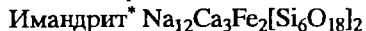
Повоидрайт $(\text{Na}, \text{K})(\text{Fe}^{3+}, \text{Fe}^{2+}, \text{Mg})_3(\text{Fe}^{3+}, \text{Mg}, \text{Al})_6[\text{Si}_6\text{O}_{18}](\text{BO}_3)_3(\text{O}, \text{OH})_4$

Оленит $\text{NaAl}_3\text{Al}_6[\text{Si}_6\text{O}_{18}](\text{BO}_3)_3(\text{O}, \text{OH})_4$



Структура типа ловозерита

Группа ловозерита

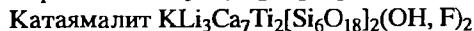


Структура типа костылевита



Структура типа баратовита

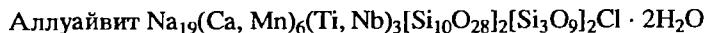
Группа баратовита



СИЛИКАТЫ С ДЕВЯТИЧЛЕННЫМИ КОЛЬЦАМИ КРЕМНЕКИСЛОРОДНЫХ ТЕТРАЭДРОВ

Структура типа эвдиалиита

Группа эвдиалиита



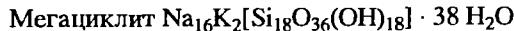
СИЛИКАТЫ С ДВЕНАДЦАТИЧЛЕННЫМИ КОЛЬЦАМИ КРЕМНЕКИСЛОРОДНЫХ ТЕТРАЭДРОВ

Структура типа траскита



СИЛИКАТЫ С ВОСЕМНАДЦАТИЧЛЕННЫМИ КОЛЬЦАМИ КРЕМНЕКИСЛОРОДНЫХ ТЕТРАЭДРОВ

Структура типа мегациклиита



СИЛИКАТЫ С ЧЕТЫРЕХЧЛЕННЫМИ КОЛЬЦАМИ КРЕМНЕКИСЛОРОДНЫХ ТЕТРАЭДРОВ

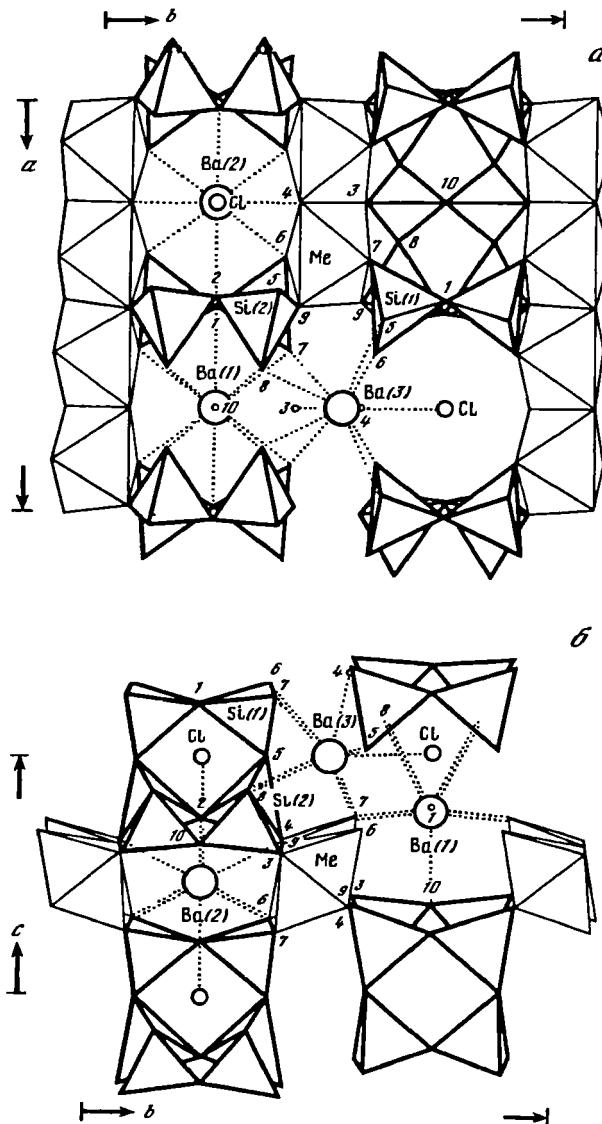
С Т Р У К Т У Р А Т И ПА Т А Р А М Е Л Л И Т А

ГРУППА ТАРАМЕЛЛИТА

Первоначальное описание структуры и соответствующая ей формула тарамеллита, $\text{Ba}_2(\text{Fe}^{3+}, \text{Ti, Fe}^{2+}, \text{Mg})_2[(\text{Si}_4\text{O}_{12})\text{O}] \cdot \text{H}_2\text{O}$ (т. III, вып. 2, с. 52), основывались на анализах, не включавших В и Cl [1]. Позже, после открытия нагасималита – Ba-V-боросиликата, содержащего Cl и имеющего структуру, близкую к тарамеллитовой [2], в составе тарамеллита также обнаружены В и Cl.

	Сингония	a_0	b_0	c_0	Уд.в.
Тарамеллит $\text{Ba}_4(\text{Fe}^{3+}, \text{Fe}^{2+}, \text{Ti})_4[\text{Si}_4\text{O}_{12}]_2\text{B}_2\text{O}_5\text{Cl}_x$	Ромб.	12,150	13,946	7,129	3,92
Титантарамеллит $\text{Ba}_4(\text{Ti, Fe}^{3+}, \text{Fe}^{2+}, \text{Mg})_4 \times [\text{Si}_4\text{O}_{12}]_2\text{B}_2\text{O}_5\text{Cl}_x$	"	12,200	13,952	7,128	4,05
Нагасималит $\text{Ba}_4(\text{V}^{3+}, \text{Ti})_4[\text{Si}_4\text{O}_{12}]_2\text{B}_2\text{O}_3 \times (\text{O, OH})_2\text{Cl}^*$	"	13,937	12,122	7,116	4,04

* Для нагасималита в оригинале [2] принята иная установка: в нагасималите a и $b = b = a$ в тарамеллите.



Фиг. 56. Структура тарамеллита (по Мацци и Росси)
а – проекция вдоль [001]; б – проекция вдоль [100]

Минералы объединены в группу на основании их изоструктурности [3]. Титан-тарамеллит образует изоморфный ряд с тарамеллитом (taramellite*) [4].

Главная особенность структуры – боросиликатный радикал $[B_2Si_8O_{27}]^{16-}$, образованный двумя четверьми кольцами Si-тетраэдров, соединенными B_2O_7 -группами посредством 2 общих атомов О с каждым из колец. Анионные группы располагаются вдоль оси a , плоскость колец $\parallel (100)$. Колонки (цепочки) (фиг. 56), образованные $M(Fe, Ti, V)$ -октаэдрами, соединенными между собой парами атомов О протягиваются также вдоль оси a и соединяют Si-кольца. Атомы Ba и Cl разме-

щаются в полостях структуры. Согласно [4], Cl не является существенным компонентом и входит для компенсации валентности. Один атом O не участвует в координации B-Si-радикала и, возможно, замещается на OH.

С учетом баланса валентностей наиболее вероятная общая формула: $\text{Ba}_4(\text{Fe}^{3+}, \text{Ti}, \text{Fe}^{2+}, \text{Mg}, \text{V}^{3+})_4[\text{B}_2\text{Si}_8\text{O}_{27}]_{\text{O}_2}\text{Cl}_x$, где $0 \leq x \leq 1$; $Z = 2$. Основное различие минералов – в составе октаэдрической группы Me: при $\text{Fe}^{3+} > \text{Ti}$ – тарамеллит (Кандоглия, Италия), при преобладании Ti – титантарамеллит (Калифорния, США) и V^{3+} – нагасималит (Япония).

Литература

1. Mazzi F., Rossi G. // Ztschr. Kristallogr. 1965. Bd. 121, N 2/4. S. 243.
2. Matsubara S., Kato A. // Miner. J. Jap. 1980. Vol. 10, N 3. P. 131.
3. Mazzi F., Rossi G. // Amer. Miner. 1980. Vol. 65, N 1/2. P. 123.
4. Alfors J.T., Pabst A. // Ibid. 1984. Vol. 69, N 3/4. P. 358.

Титантарамеллит Titanaramellite $\text{Ba}_4(\text{Ti}, \text{Fe}^{3+}, \text{Fe}^{2+}, \text{Mg})_4[\text{Si}_4\text{O}_{12}]_2\text{B}_2\text{O}_5\text{Cl}_x$

Назван по химическому составу и сходству с тарамеллитом [1].

Синон. Титантарамеллит (Семенов, 1991).

Характ. выдел. [1]. Кристаллы длиной до 7 мм и их скопления, зерна (0,1–0,3 мм).

Структ. и морф. крист. Ромб. с. D_{2h}^{13} -Pmmn. $Z = 2$.

№ ан.	a_0	b_0	c_0	$a_0 : b_0 : c_0$	Ссылка
1	12,053	13,93	7,138	0,865:1:0,512	[1]
2	12,199	13,962	7,140	0,874:1:0,511	[1]
3	12,149	13,904	7,12	0,874:1:0,512	[1]
4	12,184	13,938	7,127	0,874:1:0,511	[1]
	12,200	13,952	7,128	0,874:1:0,511	[2]
5	12,220	14,005	7,141	0,873:1:0,510	[1]
6	12,202	13,962	7,140	0,874:1:0,511	[1]

Структура аналогична тарамеллитовой и нагасималитовой с тем отличием, что октаэдрические позиции M в значительной степени заполнены Ti [2].

Средние межатомные расстояния (в Å): Si–O = 1,62 и 1,63; B–O = 1,48 и 1,49; V–O = 2,02; Ba–O = 2,82–2,84; Ba–Cl = 3,14–3,74.

Кристаллы неровные, шероховатые [1], таблитчатые || (100), до изометричных. Наблюдались формы: (100), (001), реже (010), (110), (011); менее обычны (101), (310), (012) и (021).

Физ. св. [1]. Цв. коричневый. Тв. 6. Уд.в. 4,00–4,05.

Микр. [1]. Плеохроизм сильный: по Ng – темный непрозрачный, по $Nm = Ng$ – желто-коричневый. Двусосный (+). $Ng \parallel a$, $Nm \parallel b$, $Ng \parallel c$. $n_g = 1,770$ – $1,782$, $n_m = 1,757$ – $1,761$, $n_p = 1,747$ – $1,753$; $2V = 45$ – 59° .

Хим. Отношение $\text{Ti}/\text{Fe} > 1$.

Анализы (1–6 – микрозонд.) [1]:

	1	2	3	4	5	6	7	8
FeO	7,58	3,04	3,59	6,47	5,97	3,38	4,0	3,60
MgO	0,14	2,19	1,50	1,27	1,43	3,34	1,7	0,55
MnO	–	1,20	–	0,30	0,06	0,08	0,21	0,09
BaO	39,21	40,36	40,48	40,73	40,43	40,84	40,8	40,45
Al_2O_3	0,14	0,25	0,46	0,26	0,24	0,17	–	–
V_2O_3	0,09	0,81	3,24	0,37	0,32	0,49	1,0	–

	1	2	3	4	5	6	7	8
Cr ₂ O ₃	—	—	0,08	0,02	0,12	0,12	—	—
Fe ₂ O ₃	—	—	—	—	—	—	1,2	6,79
B ₂ O ₃	—	—	—	—	—	—	4,3	3,64
TiO ₂	12,53	11,22	11,10	10,76	10,49	10,36	10,4	10,63
SiO ₂	32,75	33,64	33,86	32,80	33,38	34,57	34,1	33,03
Cl	0,04	2,11	2,17	2,10	2,08	1,77	1,9	1,83
Сумма	92,48	94,82	96,48	95,08	94,51	95,12	100,16*	100,61
-O=(Cl,F) ₂	0,01	0,47	0,49	0,47	0,47	0,40	0,48	0,41
Сумма	92,47	94,35	95,99	94,61	94,04	94,72	99,68	100,20

* В том числе CaO – 0,23, F – 0,12, H₂O – 0,2.

1–8 – Калифорния (Северная Америка): 8 – анал. Хердсман; повторно определено Fe₂O₃ – 2,03, FeO – 4,73%, анал. Кармхазель.

Пересчет анализов на Si + Al = 16:

	1	2	3	4	5	6	7	8
Si	15,92	15,86	15,75	15,85	Si	15,87	15,91	16,00
Al	0,08	0,14	0,25	0,15	Al	0,13	0,09	—
Ti	4,58	3,98	3,88	3,91	Ti	3,75	3,58	3,67
Fe	3,08	1,20	1,40	2,61	Fe	2,37	1,30	2,02
Mg	0,10	1,54	1,04	0,91	Mg	1,00	2,29	1,19
Mn	—	Σ3,21	0,48	Σ3,53	Mn	0,02	Σ3,56	0,03
V	0,03	—	0,31	1,21	V	0,12	0,18	—
Cr	—	—	0,03	0,01	Cr	0,05	0,04	—
Ba	7,47	7,45	7,37	7,71	Ba	7,52	7,36	7,50
Cl	0,03	1,68	1,71	1,72	Cl	1,68	1,38	1,51
Ti+Σ	7,79	7,51	7,56	7,70	Ti+Σ	7,31	7,42	6,97
Ti/Σ	1,43	1,13	1,05	1,03	Ti/Σ	1,05	0,93	1,11
								1,25

Спектральным анализом отмечались следы Sn, Cu, Ag, Pb, Zn, Na. По Е.И. Семенову (1991), формула титантарамеллита: Ba₄Ti₄B₂Si₈O₃₀Cl₂ или Ba₄Fe₂₊²⁺Ti₂×B₂Si₈O₂₈Cl₂.

Повед. при нагр. [1]. При нагревании на воздухе до 920° не теряет в весе. После 765° грани кристаллов тускнеют и первоначально прозрачные кристаллы темнеют, что, вероятно, объясняется началом образования фресноита. При 960° фресноит образуется в изобилии как в неизмененном минерале, так и в образовавшемся при плавлении стекле ($n = 1,694$). Начало плавления 920°, но полностью не расплывается даже после 27 ч нагревания при 965°.

Найдж. [1]. Обнаружен в Калифорнии (Северная Америка), в нескольких местах, обычно на контактах крупных гранитных plutонов с метаморфическими породами (анализы 2, 4–6). Приурочен к линзам (протяженностью до нескольких метров при толщине около 1 м), сложенным санборнитом, джиллеспитом, иногда гранулированным цельзианом и кварцем и имеющим резкие контакты с вмещающими кварцитами. Часто встречается в виде мелких кристаллов, включенных в кварц или санборнит. С ним ассоциируют цельзиан, пеллит, фресноит; могут присутствовать макдональдит, верпланкит, мюирит, траскит, барит, иногда хлорит, лепидолит, витерит и др.

Реже отмечался в метаморфизованных известняках (анализ 1) и сложных жилах внутри больших ультрамафических тел (анализ 3) с редкими Ba-силикатами: бенитоитом, джоакинитом-(Ce), джонеситом; отмечены цельзиан и витерит, а также станнин, франкейт, касситерит и пабстит.

Литература

1. Alfors J., Pabst A. // Amer. Miner. 1984. Vol. 69, N 3/4. P. 358.
2. Mazzi F., Rossi G. // Ibid. 1980. Vol. 65, N 1/2. P. 123.

Нагасималит Nagashimalite
 $\text{Ba}_4(\text{V}^{3+}, \text{Ti})_4[\text{Si}_4\text{O}_{12}]_2\text{B}_2\text{O}_3(\text{O}, \text{OH})_2\text{Cl}$

Назван в память об О. Нагасиме, первом минералоге-любителе в Японии [1].

Характ. выдел. Призматические кристаллы до 15 мм длиной, образующие субпараллельные агрегаты [1].

Структ. и морф. крист. Ромб. с. $D_{2h}^{13}-Pmnn$. $a_0 = 13,937$, $b_0 = 12,222$, $c_0 = 7,116\text{\AA}$; $a_0 : b_0 : c_0 = 1,150 : 1,0587$; $Z = 2$ [1, 2].

Четырехчленные Si–O-кольца образованы двумя неэквивалентными Si_2O_7 -группами и расположены почти параллельно (010). Колонки VO_6 -октаэдров сходны с $(\text{Ti}, \text{Fe})\text{O}_6$ -колонками в тарамеллите и титантарамеллите; вытянуты вдоль оси b , что согласуется с призматическим габитусом кристаллов. Из расчета баланса валентностей предполагается, что OH занимает одну из позиций O в координации V. Атомные координаты Ba почти эквивалентны таковым в тарамеллите. Ba(1) координирован 13 атомами O, OH, Ba(2) и Ba(3) – 10 атомами O, OH и одним Cl. Атомы Cl размещаются в каналах Si_4O_{12} -колец вдоль оси b .

Средние межатомные расстояния (в Å): Si–O = 1,631 и 1,617; В–O = 1,479; V–(O, OH) = 2,012; Ba–(O, OH) = 3,094; Ba–(O, OH), Cl = 3,121 и 2,925.

Кристаллы таблитчатые по (001), удлиненные вдоль оси b . На (001) полосчатость, параллельная оси b [1].

Физ. св. [1]. Сп. отсутствует. Микротвердость 606–681 кгс/мм² (при нагрузке 100 г). Уд.в. 4,08 (вычисл. 4,14). Цв. зеленовато-черный. Черта зеленая. Бл. полуметаллический до стеклянного.

Микр. [1]. Плеохроизм сильный: по Ng – зеленовато-бурый, по Nm – зеленый, по Np – зеленовато-желтый. Двусный (+). $a = Np$, $b = Ng$, $c = Nm$. $Np < Nm < Ng$, $n_g = 1,780$, $n_m = 1,753$, $n_p = 1,750$; $2V = 30^\circ$. Дисперсия сильная, $r > v$.

Хим. [1]. Анализ (микрозонд.): $\text{BaO} - 41,36$; $\text{MnO} - 0,48$; $\text{V}_2\text{O}_3 - 16,65$; $\text{B}_2\text{O}_3 - 4,00$; $\text{SiO}_2 - 32,37$; $\text{TiO}_2 - 2,75$; $\text{Cl} - 1,73$; $\text{H}_2\text{O} - 0,77$ (вычисл.); сумма 100,11; $-\text{O}=\text{Cl}_2 - 0,39-99,72$.

Спектральным анализом обнаружены следы Mg, Al, Pb, Fe, Sb и Cu.

Эмпирическая формула (при Si = 8): $\text{Ba}_{4,00}(\text{V}_{3,30}^{3+}\text{Ti}_{0,51}\text{Mn}_{0,10})_{3,91}\text{B}_{1,71}\text{Si}_8\text{O}_{27,64} \times (\text{Cl}_{0,72}\text{OH}_{1,28})_2$. По Е.И. Семенову (1991) формула: $\text{Ba}_2\text{V}_2\text{BSi}_4\text{O}_{14}\text{Cl}$; по М. Флейшеру (1990): $\text{Ba}_4(\text{V}^{3+}, \text{Ti})_4\text{Si}_8\text{B}_2\text{O}_{27}\text{Cl}(\text{O}, \text{OH})_2$.

Нахожд. [1]. Обнаружен в массивной тонкозернистой родонитовой руде из пластовых марганцевых отложений месторождения Могуразава (преф. Гумма, Япония). Собственно рудные минералы: родохрозит, родонит, тефроит, гаусманнит и мanganозит. Сопровождается малыми количествами пирохроита, якосита, аллегонита, спессартина и гельвина, а также баритом, кварцем, Ba-роскоэлитом, алабандином, дигенитом, борнитом и тетраэдритом. Все названные минералы встречаются вдоль трещин, рассекающих родонитовую породу, и рассматриваются как гидротермальные минералы более позднего, чем родонит, формирования.

Межплоскостные расстояния нагасималита из Японии [1]

CuK α -излучение. Дифрактометр

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
110	3	9,22	332	5	2,318	071	2	1,682
200	10	6,98	530	6	2,294	603	2	1,659
101	2	6,32	440	8	2,288	253	5	1,647
020	12	6,09	601	6	2,209	271	3	1,636

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
111	2	5,63	441	12	2,178	651	3	1,633
021	3	4,61	512	8	2,159	034	2	1,628
121	4	4,384	223	2	2,107	623	2	1,601
310	5	4,345	313	2	2,080	063	2	1,538
221	25	3,854	621	6	2,074	424	8	1,533
311	8	3,708	351	8	2,059	144	3	1,525
002	2	3,559	060	3	2,022	080	10	1,516
400	10	3,487	152	5	1,984	751	3	1,504
112	15	3,319	710	2	1,963	841;372	8	1,477
321	6	3,273	061	5	1,943	344	2	1,457
202	15	3,173	161	10	1,925	912	5	1,410
231	6	3,136	711	5	1,893	842	8	1,390
022	8	3,066	333	8	1,873	823	8	1,368
040;411	60	3,030	640	5	1,845	305;10.1.1	8	1,360
420	100	3,020	550	2	1,830	941	5	1,355
041	20	2,791	503;243	8	1,805	190	8	1,340
510	8	2,717	641	15	1,785	390	8	1,294
132	6	2,621	460	12	1,748	425	15	1,287
501;241	28	2,592	800	10	1,743	771	12	1,285
511	3	2,538	731	8	1,732	10.4.0	12	1,266
402	10	2,490	214;262	5	1,705	491	5	1,237
341	12	2,393	461	2	1,698			

Литература

1. Matsubara S., Kato A. // Miner. J. Jap. 1980. Vol. 10, N 3. P. 122.
 2. Matsubara S. // Ibid. P. 131.

СТРУКТУРА ТИПА СТРАХОВИТА

Страховит $\text{NaBa}_3\text{Mn}_{2,3}^{2+}\text{Mn}_{1,7}^{3+}[\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2][\text{Si}_2\text{O}_7] \times$ $\times \text{O}_2(\text{OH}) \cdot \text{H}_2\text{O}$	Сингония	a_0	b_0	c_0	У.д.в.
	Ромб.	23,42	12,266	7,181	3,86

Страховит Strakhovite
 $\text{NaBa}_3\text{Mn}_{2,3}^{2+}\text{Mn}_{1,7}^{3+}[\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2][\text{Si}_2\text{O}_7]\text{O}_2(\text{OH}) \cdot \text{H}_2\text{O}$

Назван в память об академике Н.М. Страхове (1900–1978), внесшем большой вклад в разработку теории марганцевого рудообразования [1].

Характ. выдел. Зерна изометричной или слабоудлиненной формы (0,2–0,4 мм, изредка 0,7 мм).

Структ. и морф. крист. Ромб. с. D_{2h}^7-Pnma . $a_0 = 23,42$, $b_0 = 12,266$, $c_0 = 7,181\text{ \AA}$; $a_0:b_0:c_0 = 1,9093:1:0,5854$; $V = 2062,88 \text{ \AA}^3$ [1, 2].

Структура характеризуется присутствием двух разнородных кремнекислородных комплексов – четверных колец $[\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2]$ и диортогрупп $[\text{Si}_2\text{O}_7]$. Вместе с Mn-полиэдрами (октаэдрами и полуоктаэдрами) они формируют смешанный псевдокаркас (фиг. 57). Баланс валентностей у концевых O-вершин достигается их одновременным участием в Ba- и Na-полиэдрах. OH-группы расположены в концевых вершинах SiO_4 -тетраэдра, участвующего в четверном кольце. Несмотря

Фиг. 57. Структура страховита (по Ямновой и др.)

Фрагмент смешанного Mn–Si–O каркаса; цифры – координаты атомов по оси z ($\times 100$); $1/4$ и $3/4$ – высота над плоскостью чертежа

на то что F не обнаружен химическим анализом (из-за малого количества материала), структурные исследования позволили предположить его участие в кристаллической решетке.

Средние межатомные расстояния (в Å): Ba(1)–O = 2,86; Ba(2)–O = 2,85; Na–O = 2,39; Mn(1)–O = 2,07; Mn(2)–O = 2,01; Si(1)–O = 1,67; Si(2)–O = 1,65; Si(3)–O = 1,66; Si(4)–O = 1,66; углы Si(2)–O(1)–Si(3) = 116; Si(1)–O(3)–Si(4) = 139; Si(1)–O(8)–Si(4) = 137° [2].

Физ. св. [1]. Сп. несовершенная. Изл. раковистый. Хрупок. Микротвердость 683 кгс/мм² (нагрузка 100 г). Уд.в. 3,86 (вычисл. 3,84). Цв. черный со слабо-зеленоватым оттенком, в тонких сколах – темный, оливково-зеленый, черта зеленая. Бл. стеклянный до жирного [1].

На КР-спектре максимумы 3599 и 3521 см⁻¹ связаны с присутствием H₂O и (OH)⁻-групп; максимум 1018 см⁻¹ отвечает кольцевым силикатам; полоса при 898 см⁻¹ соответствует диортогруппам [Si₂O₇] [2].

Микр. [1]. Плеохроизм сильный: по Ng – темный оливково-зеленый до коричневого, по Nm – зеленый, по Np – светло-зеленый. Двусный (+). Np = a , Nm = b , Ng = c . $n_g = 1,871$, n_m (расч.) = 1,793, $n_p = 1,767$; $n_g - n_p = 0,104$; $2V = 60\text{--}65^\circ$. Дисперсия сильная, $r > v$.

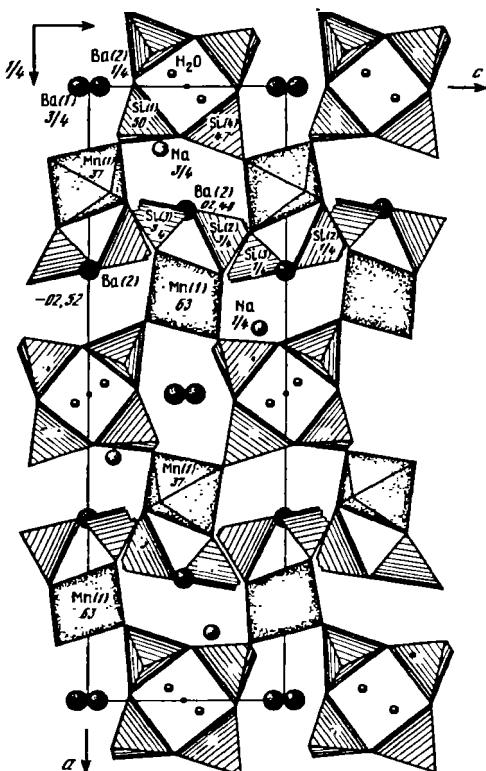
Хим. Анализ (микрозонд., среднее из 4 зерен, анал. Борисовский): Na₂O – 2,85; CaO – 0,03; MnO* – 14,16; BaO – 39,20; Al₂O₃ – 0,23; Mn₂O₃ – 11,65; Fe₂O₃ – 0,03; SiO₂ – 30,03; H₂O⁺ – 2,40; H₂O⁻ – 0,30; сумма 100,88.

* Метод рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии.

Спектральным анализом установлены: B, Sr – десятые, V, Ti – сотые, Be – первые тысячные доли %.

Эмпирическая формула (на 6 атомов Si): Na_{1,09}Ba_{3,04}Mn_{2,37}²⁺Mn_{1,75}³⁺[Si_{5,95}Al_{0,05}]×xO₁₉(OH)_{3,11}.

Найд. Установлен в прожилках со щелочноземельной минерализацией в браунитовых рудах вблизи контактов с интрузивными дайками и в зонах тектонических нарушений на марганцевом месторождении Ир-Ними (Дальний Восток) в тесной ассоциации с браунитом, тайканитом, намансилитом, пектолитом, марганцовистыми амфиболами.



Межплоскостные расстояния страховита из месторождения Ир-Ними, Дальний Восток [1]
FeK_α-излучение, D = 57,3 мм

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
101	3	7,000	921	1	2,271	080	1	1,533
011	1	6,200	123	3	2,218	13.3.2	1	1,495
211	2	5,480	741	4	2,156	225	2	1,412
121	5	4,580	822	1	2,115	425	1	1,357
420	1	4,180	613	2	2,011	11.7.1	2	1,329
002	1	3,601	703	1	1,943	045	1	1,311
202	1	3,431	751	1	1,909	16.5.0	2	1,257
521	9	3,303	803	3	1,854	973	2	1,243
022	1	3,093	343	3	1,833	193	1	1,182
222	10	2,999	652	1	1,800	084	1	1,161
141	1	2,805	262	1	1,753	855	1	1,143
440	5	2,715	253	1	1,693	12.6.4	3	1,108
341	10	2,655	14.0.0	1	1,668	4.10.3	3	1,073
731	1	2,439	10.4.2	5	1,648			

Л и т е р а т у р а

- Калинин В.В., Пущаровский Д.Ю., Ямнова Н.А., Диков Ю.П., Борисовский С.Е. // Зап. ВМО. 1994. Ч. 123, вып. 4. С. 94.
- Ямнова Н.А., Пущаровский Д.Ю., Мернаф Т., Калинин В.В., Калачева Л.В. // Кристаллография. 1992. Т. 37, № 2. С. 345.

С Т Р У К Т У Р А Т И П А Ф О С И Н А И Т А

ГРУППА ФОСИНАИТА

	Сингония	<i>a</i> ₀	<i>b</i> ₀	<i>c</i> ₀	<i>β</i>	Уд.в.
Фосинайт <chem>Na_{11}(Na,Ca)_2Ce_{0,67}[Si_4O_{12}](PO_4)_4</chem>	Ромб.	7,234	14.670	12,231	—	3,62
Клинофосинайт <chem>Na_{12}Ca_4[Si_4O_{12}](PO_4)_4</chem>	Монокл.	7,303	12,201	14,715	91,93°	2,88

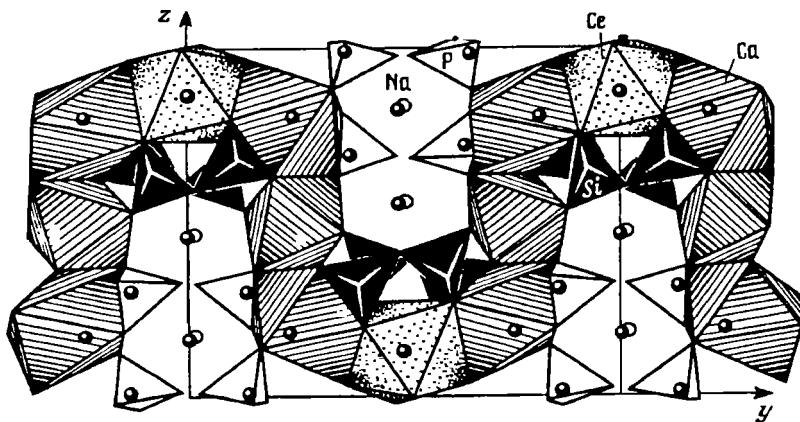
Фосинайт и его моноклинный аналог – клинофосинайт – имеют сходный принцип строения кристаллической структуры. Ее основу составляют четырехчленные кольца $[Si_4O_{12}]$, которые в сочетании с тетраэдрическими анионами PO_4^- и частью Na-полиэдров образуют ажурный каркас из трубчатых колонок, вытянутых вдоль оси *у*. Катионы Ca, Na и Ce сосредоточены в геометрически подобных стенках, перпендикулярных (100). Стенки этажей на уровнях *x* = 0 и *x* = 0,5 образованы волнистыми цепочками смешанного состава из Ca-, Na- и Ce-полиэдров, которые “стягиваются” двумя различными по геометрии парами Na-полиэдров.

Фосинайт Phosinaite Na_{11}(Na,Ca)_2Ce_{0,67}[Si_4O_{12}](PO_4)_4

Назван по главным химическим компонентам минерала [1].

Характ. выдел. Шестоватые кристаллы размером до 5×1 мм, лучистые сростки и удлиненные зерна, скопления неправильной формы (до 5 мм) [1].

Структ. и морф. крист. Ромб. с. $D_2^3-P2_12_12$. $a_0 = 7,234$, $b_0 = 14,670$, $c_0 = 12,231$ Å; $a_0:b_0:c_0 = 0,493:1:0,834$ (ан. 3); $Z = 2$ [2]. $P22_12$ или $P22_12_1$. $a_0 = 12,23$ и



Фиг. 58. Структура фосинанта в проекции уз (по Крутику и др.)

$a = 12,24$, $b_0 = 14,62$ и $14,59$, $c_0 = 7,21$ и $7,20 \text{ \AA}$; $V = 1290$ и 1286 \AA^3 (соответственно для ан. 1 и 5) [1].

Общий мотив структуры – см. во Введении к группе [3]. Катионные стенки образованы волнистыми цепочками Ce-семивершинников, между которыми находятся Ca-октаэдры и (Ca, Na)-семивершинники. Цепочки скреплены двумя различными парами полиэдров Na разной конфигурации: октаэдрами (правильными и искаженными), пяти- и восьмивершинниками. Состав полиэдров на этажах $x = 0$ и $x = 0,5$ одинаков (фиг. 58). Имеется некоторый дефицит атомов Ce – коэффициент заполнения соответствующий позиции 0,33 вместо идеального 0,5.

Средние межатомные расстояния (в \AA): Si–O = 1,627 и 1,601; O–O = 2,654 и 2,612; P–O = 1,542 и 1,514; O–O = 1,518 и 2,468; Ce–O = 2,468; в Ca-октаэдре Ca–O = 2,397; в (Ca, Na)-полиэдре (Ca, Na)–O = 2,565; в Na-полиэдрах Na–O = 2,546.

Наблюдались формы: грани призмы (110) преобладают, (100), (010), (001) [1].

Физ. св. Сп. совершенная по (100) и несовершенная по (010) и (110). Хрупок. Тв. около 3,5. Микротвердость 207–340 кгс/мм². Уд.в. 2,62 и 3,00. Цв. коричневато-розовый, бесцветный, белый, в скоплениях светло-розовый. Прозрачный. Бл. стеклянный. ИК-спектр поглощения индивидуален [1].

Микр. Двусный (–). $a = Ng$, $b = Np$, $c = Nm$. У шестоватых кристаллов погасание прямое. $n_g = 1,570$ и $1,573$, $n_m = 1,569$ и $1,572$, $n_p = 1,567$ и $1,570$; $2V = 68$ и 70° соответственно для анализов 1 и 5 [1].

Хим. Анализы отвечают эмпирической формуле $\text{Na}_3(\text{Ca}, \text{Ce})\text{SiPO}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$ [1]. С учетом более поздних данных Флейшером указана $\text{Na}_3(\text{Ca}, \text{Ce})\text{SiPO}_7(?)$, с дефицитом группы Ca–(Ca, Ce)_{1-x} – Хомяковым [4].

Анализы:

	1	2	3	4	5
K ₂ O	0,74	0,70	0,50	–	0,47
Na ₂ O	28,10	28,00	29,76	27,0–28,5	28,78
CaO	12,20	12,00	8,90	9,6–9,9	5,39
MnO	Сл.	Не обн.	0,16	–	1,90
ΣTR	13,44	13,00	11,67	–	13,80
Fe ₂ O ₃	Не обн.	Не обн.	0,45	–	0,49
SiO ₂	18,30	18,81	20,00	20,6–21,3	23,78

	1	2	3	4	5
P ₂ O ₅	21,30	21,60	25,50	24,2–25,0	20,50
H ₂ O	6,07	5,67	2,38	—	4,41
Сумма	100,15	99,78	99,90*		99,76**

* В том числе MgO – 0,28 и SrO – 0,30.

** В том числе Li₂O – 0,24.

1–4 – Хибинны (1,2 – белый, анал. Быкова [1], 3 – бесцветный, прозрачный, анал. Казакова, 4 – микрозонд, анал. Ронсбо [2]); 5 – Ловозеро, розовый [1].

Состав редких земель (в % к сумме оксидов) [1]:

	1	2	3		1	2	3
La ₂ O ₃	30,7	29	16,8	Tb ₂ O ₃	—	—	0,3
CeO ₂	50,5	50	53,9	Dy ₂ O ₃	—	0,2	—
Pr ₆ O ₁₁	4,1	4	4,4	Ho ₂ O ₃	—	0,1	—
Nd ₂ O ₃	12,2	13	19,5	Er ₂ O ₃	—	0,2	0,3
Sm ₂ O ₃	1,4	1	3,0	Yb ₂ O ₃	—	0,1	—
Eu ₂ O ₃	—	0,1	0,5	Y ₂ O ₃	—	0,6	0,6
Gd ₂ O ₃	1,1	0,8	0,7				

1, 2 – Хибинский массив, 3 – Ловозерский массив (1 – хроматографический, анал. Любомилова, 2, 3 – спектральный, анал. Логинова).

Спектральным анализом установлены Pb, Sn, Al и Cu. Содержание TR довольно постоянно, что дает основание предполагать их упорядоченное распределение. Состав их существенно цериевый, хибинский фосинант в сравнении с ловозерским обогащен La за счет Nd. Авторы структурного исследования [2] считают фосинант безводным минералом, наличие H₂O в анализах объясняют гидратацией.

Диагн. исп. Медленно растворяется в конц. кислотах [1].

Повед. при нагр. На кривой нагревания отмечается эндотермическая остановка около 250°, сопровождающаяся потерей веса (6% для хибинского и 1,9% для ловозерского образцов) [1]. По данным термогравиметрического анализа нерастертых зерен хибинского фосинанта, потеря веса при прокаливании до 1000° составляет 1,23% [2]. На термических кривых ловозерского минерала, полученных в атмосфере азота, обнаруживают эндотермический эффект при 600°. Минерал плавится около 860° [1].

Найден. Обнаружен в Хибинском массиве на горе Коашва в пегматитовых жилах мощностью до 40 см, секущих рисчорриты и сложенных крупнозернистым агрегатом зеленого аортоклаза, нефелина, эгирина, ломоносовита и Ва-лампрофиллита. Фосинант, пронизанный игольчатым эгирином, выполняет промежутки между кристаллами аортоклаза. Измененный фосинант встречен в пустотах внутренних частей жил с друзами поздних минералов: катаплеита, ловозерита, щербаковита, цеолита, виллиомита и натрофосфата [1]. Установлен также в крутопадающей пегматитовой жиле в грубозернистых уртитах Апатитового цирка [5].

В Ловозерском массиве, на горе Карнасурт, найден в уссингитовых прожилках мощностью до 3 см, секущих малиньиты и фойяиты. Кристаллы фосинанта располагаются перпендикулярно стенкам прожилков и сопровождаются нордитом, беловитом, нептуниитом и вуоннемитом.

Ассоциации фосинанта характеризуются исключительно высоким содержанием щелочей (Na), летучих и редких элементов.

Изм. Измененный фосинант розовый, замутнен, обладает отдельностью, по которой развиты тонкочешуйчатые вторичные продукты с высоким двупреломлением. Конечный продукт изменения – розовое непрозрачное рентгеноаморфное, оптически изотропное вещество с $n = 1,510\text{--}1,514$. Спектральным анализом в нем обнаружены Ca, р.з.э., Si, P (> 1 мас.%) и Na (значительно меньше, чем в первичном фосинанте) [1].

Межплоскостные расстояния фосинанта из Хибинского массива [1]
Cu-излучение, Ni-фильтр, $D = 114$ мм

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
120;011	11	6,41	462;443;353	8	1,686
210;111	11	5,78	163;561	4	1,669
201;121	11	4,73	552;632	4	1,652
	8	4,48	533	4	1,634
031;300	9	4,14	642	19	1,600
221	29	3,95		6	1,565
311	8	3,47		6	1,541
231	15	3,38		14	1,518
141;202	14	3,14	382	14	1,507
212;410	22	3,05	572;742;083	6	1,443
032	14	2,907		6	1,424
420;401	14	3,819		3	1,405
340	100	2,716	680;590	9	1,354
	9	2,638	770;1.10.2;920;681	8	1,320
042	76	2,571	3.10.2	6	1,288
	6	2,446		5	1,276
	6	2,400		3	1,254
	5	2,338		3	1,240
412	8	2,307		3	1,231
	5	2,268		3	1,210
	11	2,225		3	1,192
530;342;261	26	2,176	5.11.0;791;6.10.1;593;773	6	1,172
	8	2,133	3.12.0;881;10.1.2	8	1,158
600;170;451;313;233	32	2,040		5	1,147
143;323	9	1,988	693;882;7.10.0	6	1,118
	9	1,958		5	1,090
243;333;460	11	1,914		5	1,067
	6	1,873		5	1,049
080;423;153	19	1,830		3	1,017
004;343	19	1,807		3	0,9826
	5	1,795			
	5	1,770			
	5	1,739			
	8	1,704			

Л и т е р а т у р а

1. Капустин Ю.Л., Хомяков А.П., Семенов Е.И., Еськова Е.М., Быкова А.В., Пудовкина З.В. // Зап. ВМО. 1974. Ч. 103, вып. 5. С. 567.
2. Крутник В.М., Пущаровский Д.Ю., Хомяков А.П., Победимская Е.А., Белов Н.В. // Кристаллография. 1981. Т. 26, № 6. С. 1197.
3. Победимская Е.А., Белов Н.В. // Там же. 1980. Т. 25, № 2. С. 240.
4. Хомяков А.П., Пущаровский Д.Ю., Ронсбо Дж.Г. // Зап. ВМО. 1981. Ч. 110, вып. 3. С. 351.
5. Соколова М.Н. Типоморфизм минералов ультраагпайтовых ассоциаций. М.: Наука, 1986. 118 с.

Клинофосинайт Klinophosinaite
 $\text{Na}_2\text{Ca}_4[\text{Si}_4\text{O}_{12}](\text{PO}_4)_4$

Назван по моноклинной сингонии безредкоземельного фосинайта [1, 2].
Синон. Моноклинный фосинайт [3].

Характ. выдел. Зерна неправильной формы (1–2 мм).

Структ. и морф. крист. Монокл. с. C_{2h}^4-P2/c . $a_0 = 7,303$, $b_0 = 12,201$, $c_0 = 14,715 \text{ \AA}$; $\beta = 91,93^\circ$; $a_0:b_0:c_0 = 0,599:1:1,206$, $Z = 2$ (анализ 1) [1–3]; $a_0 = 7,30$, $b_0 = 12,21$, $c_0 = 14,81 \text{ \AA}$; $\beta \approx 92^\circ$ (анализ 2) [2]. В отличие от структуры фосинайта, клинофосинайт [3] не содержит атомов р.з.э. и соответственно имеет иное заполнение катионных стенок. На этаже $x \approx 0$ волнистые цепочки, составляющие стенки, образованы полиздрами Ca трех типов и стянуты парами разных Na-полиздров (фиг. 59, a); этаж на уровне $x \approx 0,5$ образован только Na-полиздрами с неодинаковой конфигурацией (см. фиг. 59, б). Стенки соседних этажей объединены в ажурный каркас из трубчатых колонок, вытянутых вдоль оси у (см. фиг. 59, в). Колонки образованы четверьми кольцами двух типов: из кремнекислородных тетраэдров $[\text{Si}_4\text{O}_{12}]$ и смешанными кольцами, состоящими из PO_4 -тетраэдров и Na-полиздров (к.ч. Na = 5 и 6).

Средние межатомные расстояния (в \AA): Si–O = 1,624 и 1,620; P–O = 1,533, 1,510 и 1,549; Ca–O = 2,323, 2,523 и 2,503; Na–O = 2,354–2,725.

Физ. св. Изд. раковистый. Тв. 4. Уд.в. 2,88 (ан. 1) и 2,85 (ан. 2). Цв. бледно-сиреневый. Прозрачный. Бл. стеклянный [1, 2].

Микр. Двуосный (+). $n_g = 1,567$ и 1,563, $n_m = 1,561$ и 1,559, $n_p = 1,557$ и 1,556; $2V = 80$ и 75° (анализы 1 и 2 [2]).

Хим. Теор. состав: $\text{Na}_2\text{O} - 33,19$; $\text{CaO} - 20,02$; $\text{P}_2\text{O}_5 - 25,34$; $\text{SiO}_2 - 21,45$.

Анализы (микрозонд., каждый – среднее из анализов 2 зерен, анал. Ренсбо):

	1	2		1	2
K_2O	0,09	0,05	MnO	0,60	0,54
Na_2O	32,55	32,7	SiO_2	20,1	20,1
SrO	3,08	1,91	P_2O_5	25,35	25,5
CaO	15,65	16,45	Сумма	97,60	97,69
Ce_2O_3	0,18	0,44			

1 – гора Коашва; 2 – гора Юкспор.

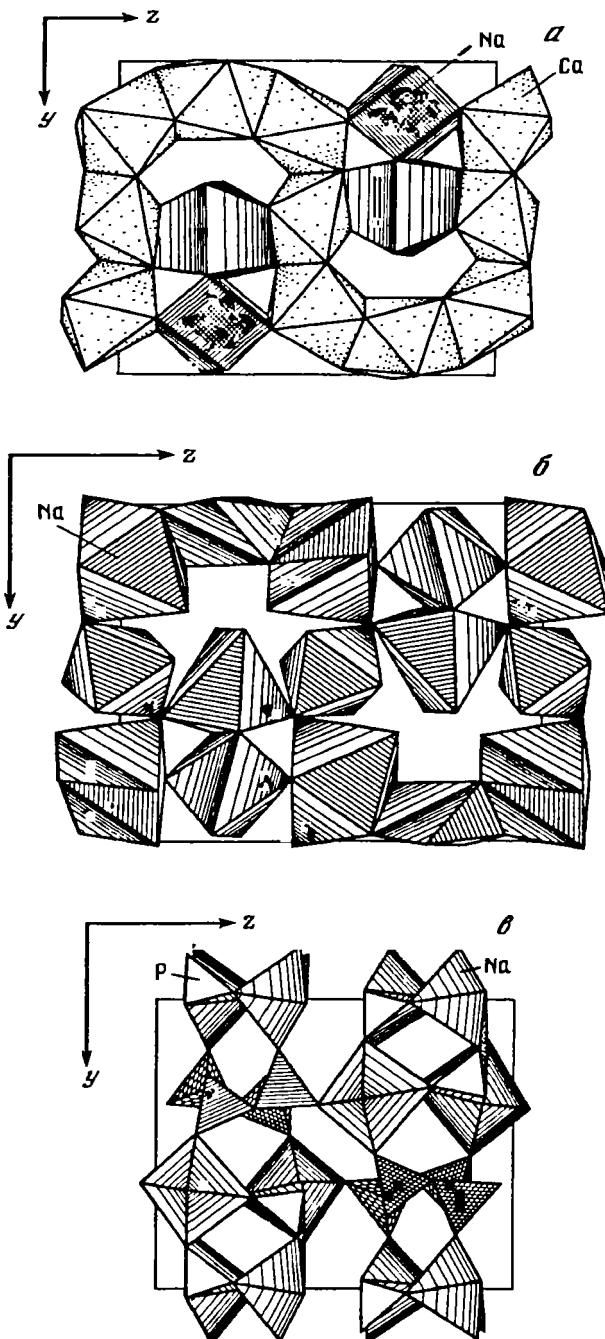
Лазерным спектральным анализом отмечены незначительные примеси Fe, Mg, Al, Zr, Ti и Ba. Возможно присутствие небольшого количества H_2O [2].

Диагн. исп. Легко разлагается на холода 10%-ной HCl.

Повед при нагр. При нагревании зерен до 1000° потеря веса образца с горы Коашва 1,08, с горы Юкспор – 2,55%.

Нахожд. Встречен в пегматитах Хибинского массива [2] в отвалах штольни Материальная на горе Юкспор и в керне буровой скважины в районе горы Коашва в замещенных пегматитах, сложенных калиевым полевым шпатом, энгматитом, пектолитом, лампирофильтом, эвдиалитом и высокощелочными минералами (дельхайелитом, щербаковитом, ломоносовитом, фосинайтом, цирсиналитом и др.). Находится в тесных срастаниях с цирсиналитом – продуктом изменения эвдиалита под влиянием ультращелочных расплавов–растворов.

Отл. От фосинайта отличается понижением симметрии кристаллов и отсутствием р.з.э.



Фиг. 59. Структура клинофоссинаита в проекциях уг (по Крутику и др.)

a – стеки из Ca-, Na- полиэдров на уровне $x \approx 0$; b – стеки из Na-полиэдров на уровне $x \approx 0,5$; c – бчатые колонки из четверных колец $[Si_4O_{12}]$

Межплоскостные расстояния клинофоссита из Хибинского массива [2]
Fe-излучение, $D = 114,6$ мм

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
122	12	3,97	234	12	2,156
122	9	3,90	206	4	2,070
200	6	3,66	304	3	2,063
032;130	10	3,56	060	50	2,031
123	5	3,37	008	35	1,838
202	10	3,24	400	47	1,823
221	6	3,02	264	12	1,608
042;140	5	2,819	264	11	1,588
034;230	100	2,724	247	3	1,582
204	57	2,639	434	12	1,533
204	50	2,550	238	10	1,504
241	6	2,320	149;076	5	1,418
241	3	2,303	522;281	3	1,404
234	10	2,215	20.10;357	3	1,349

Л и т е р а т у р а

- Хомяков А.П. // Геохимия. Минералогия: XXVI Междунар. геол. конгр.: Докл. сов. геологов. М. Наука, 1980. С. 164.
- Хомяков А.П., Пущаровский Д.Ю., Ронсбо Дж.Г. // Зап. ВМО. 1981. Ч. 110, вып. 3. С. 351.
- Крутник В.М., Пущаровский Д.Ю., Хомяков А.П., Победимская Е.А., Белов Н.В. // Кристаллография. 1980. Т. 25, № 2. С. 240.

СТРУКТУРА ТИПА ДЖОАКИНИТА

ГРУППА ДЖОАКИНИТА

Ранее со структурой такого типа был известен лишь джоакинит (т. III, вып. – с. 59), который в соответствии с правилами КНМ ММА для редкоземельных минералов теперь имеет название джоакинит-(Ce). Джоакинит остается групповым названием (Fleischer, Mandarino, 1995).

Группа объединяет ромбические или моноклинные титаносиликаты с общей формулой $A_6(Ti, Nb)_2Si_8(O, OH)_{26} \cdot H_2O$, где A – Ba, Ce, Fe^{2+} , Na, Sr.

	Сингония	a_0	b_0	c_0	β	Уд.в
Джоакинит-(Ce) $Ba_2NaCe_2Fe^{2+}(Ti,Nb)_2[Si_4x\times O_{12}]_2O_2(OH, F) \cdot H_2O$	Монокл.	10,516	9,686	11,833	109,67°	3,89–4
Ортоджоакинит-(Ce) $Ba_2NaCe_2Fe^{2+}(Ti,Nb)_2[Si_4O_{12}]_2O_2(OH, F) \cdot H_2O$	Ромб.	10,48	9,66	22,26	–	–
Стронциоджоакинит $Sr_2Ba_2x\times(Na, Fe^{2+})_2Ti_2[Si_4O_{12}]_2(O, OH)_2 \cdot H_2O$	Монокл.	10,516	9,764	11,871	109,17	3,68
Бариоортоджоакинит $(Ba, Sr)_4Fe^{2+}_2Ti_2[Si_4O_{12}]_2O_2(OH, F) \cdot H_2O$	Ромб.	10,477	9,599	22,591	–	3,959
Белоруссит-(Ce) $NaMnBa_2Ce_2Ti_2[Si_4O_{12}]_2x\times O_2(F, OH) \cdot H_2O$	Ромб.	10,609	9,618	22,39	–	3,92

Стронциоортоджоакинит, указанный в группе в качестве самостоятельного вида (Флейшер, 1990–Clark, 1993), очевидно, выделен Вайсом [1] ошибочно, поскольку в анализе при первом описании минерала [2] в позиции X существенно преобладает Ba.

Основой структуры джоакинита-(Се) являются четырехчленные кольца $[Si_4O_{12}]$, соединенные атомами Ti в слои, параллельные (001). Два таких слоя связаны атомами Ba и молекулами H_2O . Двойные слои, в свою очередь, связаны атомами TR, Na и Fe^{2+} [3, 4].

Ромбическая форма – ортоджоакинит-(Се) (orthojoaquinite-(Се)*) обнаружена в процессе структурных исследований [4], но недостаточно изучена. Предполагается [4], что она является результатом двойникования моноклинных индивидуумов (на уровне ячеек) по псевдоизеркальной плоскости (001).

Л и т е р а т у р а

1. Wise W.S. // Amer. Miner. 1982. Vol. 67, N 7/8. P. 809.
2. Chihara K., Komatsu M., Mizota T. // Miner. J. Jap. 1974. Vol. 7, N 4. P. 395.
3. Canillo E., Mazzi F., Rossi G. // Tschermaks miner. und petrogr. Mitt. 1972. Bd. 17, H. 3. S. 233.
4. Dowty E. // Amer. Miner. 1975. Vol. 60, N 9/10. P. 872.

Стронциоджоакинит Strontiojoaquinite $Sr_2Ba_2(Na, Fe^{2+})_2Ti_2[Si_4O_{12}]_2(O, OH)_2 \cdot H_2O$

Назван по составу и близости к джоакиниту [1].

Характ. выдел. Мелкие кристаллы (до 0,5 мм).

Структ. и морф. крист. Монокл. с. Псевдоромбический. C_s^1-Pm , C_2^1-P2 или C_{2h}^1-P2/m . $a_0 = 10,516$, $b_0 = 9,764$, $c_0 = 11,871$ Å; $\beta = 109^\circ 17'$; $a_0:b_0:c_0 = 1,077:1:1,216$; $Z = 2$.

Основу структуры, как и в структуре джоакинита-(Се) [2], составляют кольца $[Si_4O_{12}]$. Позиции TR заняты атомами Sr. Имеется также различие в положении атомов Na и Fe и в распределении водорода [1].

Кристаллы псевдотетрагональные, бипирамидальные; формы: (001), (110) и (111). На пирамидальных гранях штриховка. Кристаллы зональные, центральная их часть (ядро) имеет состав джоакинита (см. хим. анализы). Наблюдалось субмикроскопическое двойникование [1].

Физ. св. Сп. хорошая по (001). Тв. 5,5. Уд.в. 3,68 (вычисл.). Цв. зеленый, желтовато-зеленый, реже желтовато-бурый. Джоакинитовое ядро кристаллов обычно темно-бурое [1].

Микр. Плеохроизм слабый: по $N_p = N_m$ – бесцветный, по N_g – желтый. Пл. опт. осей $\parallel (010)$. $c = Ng$, $b = Nm$, $aNp = 19^\circ$. Двусосный (+). $n_g = 1,780$, $n_m = 1,78$, $n_p = 1,710$. $2V = 35-45^\circ$. Дисперсия сильная, $r > v$ [1].

Хим. Стронциевый аналог джоакинита-(Се).

Анализы (микрозонд.) [1]:

	1	2	3	4
Li_2O	0,03	0,12	Не опр.	Не опр.
Na_2O	2,76	2,01	2,60	1,99
CaO	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.
SiO	16,23	8,37	12,45	4,07
BaO	24,52	23,22	26,39	22,51
MnO	Не опр.	0,14	Не обн.	0,09
FeO	4,03	3,91	5,04	3,96
Al_2O_3	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.
Y_2O_3	"	"	"	"
La_2O_3	0,14	1,43	"	4,89
Ce_2O_3	0,003	4,56	0,27	7,99

	1	2	3	4
Pr ₂ O ₃	0,003	0,82	Не опр.	1,03
Nd ₂ O ₃	0,05	2,88	"	1,91
Sm ₂ O ₃	Не опр.	Не опр.	"	0,29
Gd ₂ O ₃	"	0,65	"	1,14
Dy ₂ O ₃	"	0,45	"	0,39
SiO ₂	37,54	35,87	37,57	34,99
TiO ₂	12,48	12,86	12,45	12,01
H ₂ O	2,10	Не опр.	Не опр.	Не опр.
Сумма	99,863*	97,29	96,76 ^{2*}	97,26
Сумма	99,886 ^{2*}	97,29	96,77 ^{3*}	97,26

* Определялись на ионном микронализаторе.

^{2*} В оригинале сумма 99,85.

^{3*} В оригинале сумма 98,05.

1–4 – кристаллы (1, 2 – из метабазальта, 3, 4 – из жилы, секущей метаграувакки), Сан-Бенито, шт. Калифорния (США): 1, 3 – стронциоджоакинит (наружная часть кристаллов), 2, 4 – джоакинит-(Ce) (ядро кристаллов).

Эмпирическая формула [1]: (Na_{2,28}Li_{0,11}Fe_{1,44}²⁺□_{0,17})□₂Ba_{4,09}Ti_{4,00}[O_{1,27}(OH)₂]₇₃·Sr_{4,01}TR_{0,01}[Si₄O₁₂]₄ · 1,62H₂O при Z = 1.

Нахожд. В виде мелких кристаллов найден в небольших пустотах метабазального блока и в жилах, пересекающих тектонический блок граувакков в окрестностях гор Сан-Бенито, шт. Калифорния (США). В первом случае находится в ассоциации с бенитоитом, нептуниитом, альбитом, кросситом, во втором – с альбитом, актинолитом, бенитоитом, нептуниитом, анальцимом и натролитом [1].

Межплоскостные расстояния строициоджоакинита из Сан-Бенито (США) [1]

CuK_α-излучение

hkl	I	d(Å)	hkl	I	d(Å)	hkl	I	d(Å)
001	15	11,3	311	33	3,301	320	20	2,736
002	20	5,61	122	35	3,232	401;402	42	2,611
020	4	4,87	202	35	3,220	314	5	2,518
021	40	4,47	123	24	3,079	224;403	12	2,475
121	35	4,30	113	48	3,011	312	40	2,432
201	7	4,06	023	72	2,967	041	15	2,386
022	10	3,68	301	45	2,923	401	28	2,268
221	7	3,55	004;311	100	2,801	042	25	2,238

Литература

- Wise W.S. // Amer. Miner. 1982. Vol. 67, N 7/8. P. 809.
- Canillo E., Mazzi F., Rossi G. // Tschermaks miner. und petrogr. Mitt. 1972. Bd. 17, H. 3. S. 233.

Барииортоджоакинит Bario-orthojoquinite



Назван по составу и орторомбической сингонии [1].

Синон. Джоакинитоподобный минерал – joaquinite-like mineral [2]; нанекевеит – nankeveite [3, 4].

Характ. выдел. Кристаллы (2–8 мм).

Структ. и морф. крист. Ромб. с. D_{2h}¹⁷–C_{cmm}, C_{2v}¹²–C_{cm2}₁ или C_{2v}¹⁶–C_{c2m}. a₀ = 10,477, b₀ = 9,599, c₀ = 22,591 Å; a₀:b₀:c₀ = 1,091:1:2,353; Z = 2 [1].

В отличие от изоструктурного джоакинита-(Ce) в структуре бариоортоджоакинита атомы TR полностью замещены атомами Ba и Sr.

Кристаллы дипирамидальные, с формами (001) и (111). Пирамидальные грани исщтрихованы и изогнуты.

Физ. св. Сп. хорошая по (001). Тв. 5,5. Уд.в. 3,959 (вычисл. 3,962). Цв. желтовато-бурый. Бл. стеклянный. Черта светло-желтая.

Микр. Плеохроизм отчетливый: по Ng – желтый, по Nm – светло-желтый, по Np – очень светло-желтый. $Np < Nm \ll Ng$. Пл. опт. осей \parallel (010). $c = Ng$, $a = Np$. Двуосный (+). $n_g = 1,801$, $n_m = 1,737$, $n_p = 1,735$; $2V = 10\text{--}15^\circ$. Дисперсия сильная, $r > v$.

Хим. Анализ (микрозонд.) [1]: Li_2O – не обн.; Na_2O – 0,12; CaO – 0,17; SrO – 3,34; BaO – 38,56; MnO – 0,62; FeO – 9,47; Al_2O_3 – 0,57; TR_2O_3 – не обн.; SiO_2 – 35,15; TiO_2 – 11,33; H_2O – 1,30; сумма 100,63 (см. также анализ джоакинитоподобного минерала – т. III, вып. 2, с. 63).

Эмпирическая формула $(\text{Na}_{0,10}\text{Fe}_{3,61}\text{Mn}_{0,24}\square_{0,05})\square_2\text{Ba}_4(\text{Ti}_{3,88}\text{Al}_{0,12})(\text{Ba}_{2,88}\text{Sr}_{0,88x}\times\text{Ca}_{0,08}\text{Al}_{0,19})\text{O}_4[\text{Si}_4\text{O}_{12}]_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ($Z = 1$).

Характерно почти полное отсутствие Na.

Нахожд. Найден [1] в виде кристаллов в одном из блоков метабазальта на месторождении драгоценных камней Бенитоит, округ Сан-Бенито, шт. Калифорния (США), в секущих натролитовых прожилках в ассоциации с бенитоитом, частично замещенным баотитом и фресноитом. В Оми, преф. Ниигата (Япония) [2], минерал образует агрегаты и линзочки (до 3 см) в амфибол-кварц-альбитовой дайке, секущей серпентиниты; находится в ассоциации с бенитоитом и лейкосфеном.

Межплоскостные расстояния бариоортоджоакинита из Сан-Бенито (США) [1]

CuK $_{\alpha}$ -излучение

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
110	5	7,14	312	12	3,153	333	9	2,311
111	11	6,76	130	28	3,063	405	32	2,264
112	5	6,02	131	45	3,028	422	26	2,254
004	70	5,64	224	100	2,997	044	18	2,211
201	12	5,11	132	95	2,953	423	15	2,201
202	14	4,74	117	70	2,935	242	18	2,144
022	38	4,418	008	90	2,824	0.2.10	22	2,045
203	62	4,303	225	23	2,78	1.1.11;245	16	1,969
204	17	3,834	207	38	2,750	2.0.11	25	1,913
024	8	3,66	400	15	2,62	151	17	1,882
220	11	3,56	401	50	2,602	427	15	1,870
221	14	3,52	402	12	2,551	048	9	1,828
205	12	3,424	316	14	2,48	409	18	1,812
310	37	3,286		18	2,455	Кроме того, 9 линий до 1,54		
311	23	3,25	028	15	2,424			
223	50	3,203	136	15	2,373			

Литература

1. Wise W.S. // Amer. Miner. 1982. Vol. 67, N 7/8. P. 809.
2. Chihara K., Komatsu M., Mizota T. // Miner J. Jap. 1974. Vol. 7, N 4. P. 395.
3. Чихара К., Коматсу М., Мизота Т. // Тез. докл. XI съезда ММА. Новосибирск: ИГиГ, 1978. Т. 1. С. 62.
4. Dunn P.J., Ferraiolo A., Fleischer M., Gobel F., Grice J.D., Langley R.H., Shigley J.E., Vanko D.A., Zilzcer J.A. // Amer. Miner. 1985. Vol. 70, N 11/12. P. 1329.

Белоруссит-(Ce) Belorussite-(Ce)
 $\text{NaMnBa}_2\text{Ce}_2\text{Ti}_2[\text{Si}_4\text{O}_{12}]_2\text{O}_2(\text{F}, \text{OH}) \cdot \text{H}_2\text{O}$

Назван по месту находки в Белоруссии [1].

Характ. выдел. Кристаллы до 20×20×4 мм.

Структ. и морф. крист. Ромб. с. $D_2^4-P_{21}2_12_1$. $a_0 = 10,609$, $b_0 = 9,618$, $c_0 = 22,39 \text{ \AA}$; $a_0:b_0:c_0 = 1,1030:1:2,327$; $Z = 4$. Установлены сверхструктурные отражения, отвечающие $a' = 3a$ и $c' = 2c$, что предположительно связано с упорядоченным распределением катионов.

Кристаллы таблитчатого и уплощенно-таблитчатого габитуса. Отчетливо проявлены только грани (001).

Физ. св. Сп. по (001) совершенная, по (100) несовершенная и по (010) весьма несовершенная. Тв. 5,5–6,0. Очень хрупкий. Уд.в. 3,92 (вычисл. 4,09). Цв. от светло-желтого до светло-коричневого. Чертка бесцветная. Бл. стеклянный. Удельная магнитная восприимчивость (χ) $0,628 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3/\text{кг}$. В ультрафиолетовом свете не люминесцирует. В ИК-спектре обнаружены полосы поглощения: 3510, 3480, 1610, 1450, 1200, 1085, 1040, 1015; 985, 920, 900, 800, 785, 720, 690, 655, 590, 545, 495, 470, 445 и 410 cm^{-1} .

Микр. Плеохроизм отсутствует или очень слабый в желтоватых тонах. $Ng > Nm \approx Np$. Пл. опт. осей (010). $Np = a$, $Nm = b$, $Ng = c$. Удлинение (–). Двусный (+). $n_g = 1,820$, $n_m = 1,760$, $n_p = 1,743$; $n_g - n_p = 0,077$; $2V = 58\text{--}62^\circ$.

Хим. Анализ (микрозонд., среднее для 4 зерен): $\text{Na}_2\text{O} - 2,08$; $\text{K}_2\text{O} - 0,40$; $\text{MgO} - 0,15$; $\text{ZnO} - 1,58$; $\text{SrO} - 0,43$; $\text{BaO} - 20,58$; $\text{MnO} - 2,58$; $\text{FeO} - 0,82$; $\text{Ce}_2\text{O}_3 - 12,13$; $\text{La}_2\text{O}_3 - 8,33$; $\text{Pr}_2\text{O}_3 - 0,58$; $\text{Nd}_2\text{O}_3 - 2,2$; $\text{Sm}_2\text{O}_3 - 0,1$; $\text{Gd}_2\text{O}_3 - 0,15$; ($\Sigma \text{TR}_2\text{O}_3 - 23,59$), $\text{SiO}_2 - 33,98$; $\text{TiO}_2 - 11,35$; $\text{F} - 0,98$; H_2O (вычисл.) – 1,45; $-\text{O}=\text{F}_2 - 0,41$; сумма 99,56. Спектральным анализом обнаружены: $\text{Nb} - 0,06$; $\text{Ta} - 0,03$; $\text{Be} - 0,1$; $\text{Pb} - 0,03$; $\text{Cd} - 0,001$; $\text{Sn} - 0,001$; $\text{Ge} - 0,0006$; $\text{Y} - 0,07$; $\text{Yb} - 0,0009$.

Эмпирическая формула (на 8 атомов Si): $(\text{Na}_{0,95}\text{K}_{0,12})_{1,07}(\text{Mn}_{0,51}\text{Zn}_{0,27}\text{Fe}_{0,16} \times \text{Mg}_{0,05})_{0,99}(\text{Ba}_{1,89}\text{Sr}_{0,06})_{1,95}(\text{Ce}_{1,04}\text{La}_{0,72}\text{Nd}_{0,19}\text{Pr}_{0,05}\text{Gd}_{0,01}\text{Sm}_{0,01}\text{Y}_{0,01})_{2,03}\text{Ti}_{2,0}\text{Nb}_{0,01}\text{Si}_{7,97} \times \text{O}_{26,0}[\text{F}_{0,73}\text{OH}_{0,27}]_{1,00} \cdot \text{H}_2\text{O}$.

Нахожд. Найден в пределах Житковичского горста (Гомельская обл., Беларусь) в зальбандовой части кварцевой жилы, пересекающей микроклинизированные альбитизированные и окварцованные граносиениты нижнего протерозоя. Кроме кварца, ассоциирует с магнезиорибекитом, эгирином, микроклин-пертитом, альбитом, лейкофаном и титанитом.

Изм. Отдельные кристаллы почти целиком замещаются тонкодисперсной смесью брукита, бастнезита и монтмориллонита.

Отл. От дюоакинита-(Ce) отличается малым содержанием FeO и по ИК-спектру – меньшей интенсивностью полос 3510–3480 cm^{-1} (колебания OH) и 1610 cm^{-1} (колебания молекул H_2O); разным разрешением полос в области 1040–985 cm^{-1} ; небольшим смещением некоторых полос, а также изменением интенсивности ряда полос.

Межплоскостные расстояния белоруссита-(Ce) из Белоруссии [1]

CuK α -излучение

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
002	6	11,22	220	15	3,56	035	52	2,606
110	9	7,13	221	12	3,51	316;208	22	2,462
111	12	6,77	310;116	45ш	3,30	040;028;041	26	2,414

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
112;013	6	5,97	223	27	3,20	330;136	15	2,370
	10	5,72	312	19	3,16	420	8	2,316
004	50	5,58	308	12	3,08	333	27	2,263
020;014	12	4,83	206;131	21ш	3,04	423	32	2,210
202	35	4,76	313	68	3,00	334;241	16ш	2,186
022;114	59ш	4,42	224;026	63	2,95	242	17	2,151
121;203	37ш	4,29	117	52	2,91	318;045	15	2,127
115	23	3,77	133;314	21	2,84	510;2.0.10;425;	13ш	2,051
						244		
006	7	3,71	008;225	100	2,783	Кроме того, 25 слабых линий до 1,435		
024	8	3,64	207;134	17ш	2,724			

Л и т е р а т у р а

1. Шпанов Е.П., Нечелюстов Г.Н., Батурина С.В., Солнцева Л.С. // Зап. ВМО. 1989. Ч. 118, вып. 5. С. 100.

С Т Р У К Т У Р А Т И ПА ГИАЛОТЕКИТА

	Сингония	<i>a</i> ₀	<i>b</i> ₀	<i>c</i> ₀	α	β	γ	Уд.в.
Гиалотекит Ca ₂ Ba ₂ Pb ₂ [(Si _{1,5} Be _{0,5}) ₂ × ×Si ₈ O ₂₈]B ₂ F	Трикл.	11,310	10,955	10,317	90,43°	90,02°	90,16°	3,82

Гиалотекит Hyalotekite
Ca₂Ba₂Pb₂[(Si_{1,5}Be_{0,5})₂Si₈O₂₈]B₂F

Назван Норденшельдом в 1877 г. от греч. χιαλος (хиалос) – стекло и τέκτον (тектос) – плавиться, но до 1982 г. [1] не были известны структурные данные, включая пространственную группу и параметры элементарной ячейки.

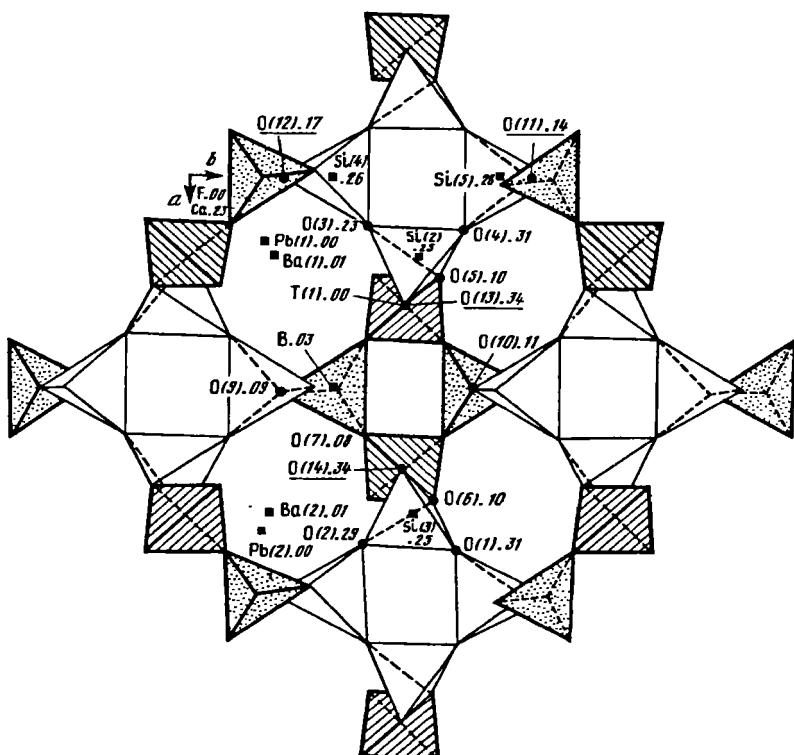
Характ. выдел. Ксеноморфные, иногда идиоморфные зерна (до 2 см), грубозернистые агрегаты [1, 2].

Структ. и морф. крист. Трикл. с. $C_1^1-P\bar{1}$. $V = 1267 \text{ \AA}^3$; $Z = 2$ [1].

<i>a</i> ₀ (Å)	<i>b</i> ₀	<i>c</i> ₀	α	β	γ	<i>a</i> ₀ : <i>b</i> ₀ : <i>c</i> ₀	Местонахождение	Ссылка
11,310	10,955	10,317	90,43°	90,02°	90,16°	1,0324:1:0,9417	Лонгбан (Швеция)	[2]
11,284	10,930	10,272	90,35	90,11	89,98	1,0322:1:0,9397	Дараи-Пиез (Таджикистан)	[1]

Основой структуры [2] являются сложные группировки состава [T₁₀O₂₈], представляющие собой два четырехчленных кольца [Si₄O₁₂], соединенные двумя тетраэдрами состава [(Si_{1,5}Be_{0,5})O₄]. Поскольку каждый тетраэдр в общий мотив добавляет только по 2 атома О, вся группировка имеет состав [(Si_{1,5}Be_{0,5})₂Si₈O₂₈]. Эти дополнительные тетраэдры [Si_{1,5}Be_{0,5}] образуют с тетраэдрами бора четырехчленные кольца (B₂Si_{1,5}Be_{0,5}O₁₂) (фиг. 60), все атомы кислорода которых были уже учтены в рассмотренной выше группировке.

Катионы Ca, Ba и Pb имеют координационные многогранники с восемью вершинами, семь из которых заняты атомами кислорода из уже рассмотренных выше анионных мотивов, а восьмая вершина – атомами фтора.



Фиг. 60. Схема структуры гиалотекита в проекции вдоль [001] (по Муру и др.). Цифры – высота атомов

Межатомные расстояния (в Å): Ca–O = 2,344–2,557; Pb–O = 2,356–3,470; Pb–F = 2,553–2,585; Ba–O = 2,657–3,360; Ba–F = 2,971, 3,039.

Физ. св. Сп. в двух направлениях под углом 90°. Тв. 5–5,5. Уд.в. 3,82 (вычисл. 3,82 и 3,99 – на основе эмпирической и идеальной формул соответственно [2]). Цв. бесцветный, белый, светло-серый. Бл. стеклянный, слабо масляный. В тонких пластинах полупрозрачный. Флюоресцирует в ультрафиолетовых лучах ($\lambda = 254$ нм): коричнево-оранжевым и желтым – в образце из Лонгбана [1, 2], голубым – из Дараи-Пиеза [1]; в катодных лучах – только голубое свечение [1].

Микр. Бесцветный. Пл. опт. осей \perp спайности. Показатели преломления ($\lambda = 589$ нм, метод вращающейся иглы) [1].

№ ан.	n_g	n_m	n_p	2V(+)	2V (вычисл.)	Местонахождение
3*	1,670	1,656	1,656	57,2°	55,4°	Лонгбан
2*	1,671	1,656	1,656	60,5	62,5	"
4	1,659	1,646	1,646	57,0	57,7	Дараи-Пиез

* Дисперсия слабая, $r < v$.

Согласно [1] оптические константы для гиалотектита из Лонгбана ($n_g = 1,963$, $n_m = 1,960$, $n_p = 1,960$; 2V от малого до 26°; дисперсия сильная, $r < v$), вероятно, ошибочны.

Хим. Теор. состав: BeO – 0,81; CaO – 7,30; BaO – 19,95; PbO – 29,04; B₂O₃ – 4,53; SiO₂ – 37,13; F = 1,24.

Анализы (2–4 – ионный микрозонд) [1]:

	1	2	3	4
Na ₂ O	0,17	0,04	0,02	0,77
K ₂ O	0,89	0,78	0,73	0,74
BeO	0,75	0,60	0,27	0,57
MgO	0,09	0,01	0,01	0,01
CaO	7,82	7,50	7,43	6,81
MnO	0,29	0,22	0,23	0,00
BaO	20,08	19,97	19,68	27,30
PbO	25,11	27,24	27,86	17,46
B ₂ O ₃	3,73	4,13	6,06	4,46
Fe ₂ O ₃	0,06	0,08	0,05	0,05
SiO ₂	39,47	39,25	38,19	40,74
F	0,99	0,69	0,23	0,77
-O=F ₂	0,43	0,29	0,10	0,32
Сумма	99,94*	100,22	100,66	99,42**

* В том числе CuO – 0,09, Al₂O₃ – 0,18, Cl – 0,06, п.п. – 0,59.

** В том числе SrO – 0,07.

1–3 – Лонгбан (Швеция): 1 – анал. Линдстрем [1], 2 – оригинал структурного исследования, среднее из 4 анализов, 3 – голотип, среднее из 2 анализов; 4 – Дараи-Пиез (Таджикистан).

Образцы из Лонгбана неоднородны даже в пределах одного зерна [1].

Эмпирические формулы (на 18 катионов): (Ca_{2,08}Mn_{0,06}Cu_{0,02}Na_{0,08})_{1,76}·Ba_{1,95}K_{0,28}Pb_{1,68}(Si_{9,78}Be_{0,45}B_{1,60}Al_{0,05}Fe_{0,01}Mg_{0,03})O_{28,5}F_{0,776}Cl_{0,025} (Лонгбан); (Ca_{1,76}·Sr_{0,01}Na_{0,36})(Ba_{2,58}K_{0,23}Pb_{1,13})(Si_{9,81}Be_{0,33}B_{1,86}Fe_{0,01})O_{28,5}F_{0,584} (Дараи-Пиез).

Изоморфные замещения: Pb \rightleftharpoons Ba, K; B \rightleftharpoons Si и B \rightleftharpoons Be [1].

Диагн. исп. В кислотах не растворяется. П.п.тр. легко плавится в прозрачное стекло.

Нахожд. Долгое время был известен лишь в скарнах месторождения Лонгбан (Швеция), где был установлен Норденшельдом в 1877 г. [2]. Ассоциирует с Мн-циопсидом, родонитом, андрадитом, меланотекитом, стильномеланом, барилитом, тектолитом, кальцитом и гематитом. Относительно крупные выделения похожи на полевой шпат.

В небольших количествах обнаружен вместе с ладденитом, аламозитом, меланотекитом, церусситом и флюоритом в отвалах Ag-Pb-Zn рудопроявления «Близи Артиллери-Пик (шт. Аризона, США) [3].

В ридмерджнерит-полевошпатовом пегматите в массиве Дараи-Пиез (Таджикистан) [1] наблюдается в виде включений в микроклине, иногда вместе с полилионитом, а также в интерстициях крупных зерен полевого шпата. В пегматите становлены также цезийкуплетскит и тяньшанит.

Предполагают, что образование гиалотекита в Лонгбане и Дараи-Пиезе происходило при $P \leq 4$ кбар, $t \geq 500^\circ$ в условиях насыщенности Si, высокой кислотности, относительно высокой фугитивности O и низкой – S [1].

Межплоскостные расстояния гиалотекита из Лонгбана (Швеция)*

CuK α -излучение, D = 114,6 мм

<i>I</i>	<i>d</i> (\AA)	<i>I</i>	<i>d</i> (\AA)	<i>I</i>	<i>d</i> (\AA)
60	7,692	15	3,289	65	2,299
10	5,587	40	3,115	15	2,203
15	5,435	80	2,941	65	2,141
25	5,181	25	2,882	30	2,033
15	4,444	10	2,817	10	2,000
50	4,329	50	2,618	10	1,961
70	3,817	50	2,584	30	1,842
50	3,745	15	2,538	10	1,821
80	3,534	15	2,506		
100	3,448	15	2,336		

* ASTM, 19-572.

Л и т е р а т у р а

1. Grew E.S., Yates M.G., Belakovskiy D.I., Rouse R.C., Su Shu-Chun, Marquez N. //Miner. Mag. 1994. Vol. 59 N 2. P. 285.
2. Moore P.B., Araki T., Chose S. // Amer. Miner. 1982. Vol. 67, N 9/10. P. 1012.
3. Williams S.A. // Miner. Mag. 1982. Vol. 46, N 340. P. 63.

С Т Р У К Т У Р А Т И П А С Т И С И И Т А

	Сингония	Пр. гр.	<i>a</i> ₀	<i>c</i> ₀	Уд.в.
Стисиит Th(Na,Ca) ₂ (K _{1-z} □ _z)[Si ₈ O ₂₀]; <i>z</i> = 0,20–0,40	Тетраг.	<i>P4/mcc</i>	7,583	14,763	3,32

Ранее считался эканитом и описан под этим названием в группе эканитов, включавшей также структурно не изученный иракит (т. III, вып. 2, с. 47).

Как самостоятельный минеральный вид утвержден в 1982 г. после изучения собственно эканита – ThCa₂[Si₈O₂₀], выявившего структурные и химические различия стисиита и эканита [1].

В структуре стисиита выделяются двойные кремнекислородные кольца, эканит содержит гофрированные кремнекислородные слои. В различии этих двух структур [2] определяющая роль принадлежит атомам K, отсутствие которых в эканите делает невозможным "замкнуться" в кольца группам кремнекислородных тетраэдров [Si₈O₂₀] (см. с. 393).

Л и т е р а т у р а

1. Perrault G., Szymanski J.T. // Canad. Miner. 1982. Vol. 20, pt 1. P. 59.
2. Szymanski J.T., Owens D.R., Roberts A.C., Ansell H.G., Chao G.Y. // Ibid. P. 65.

Стисиит Steacyite

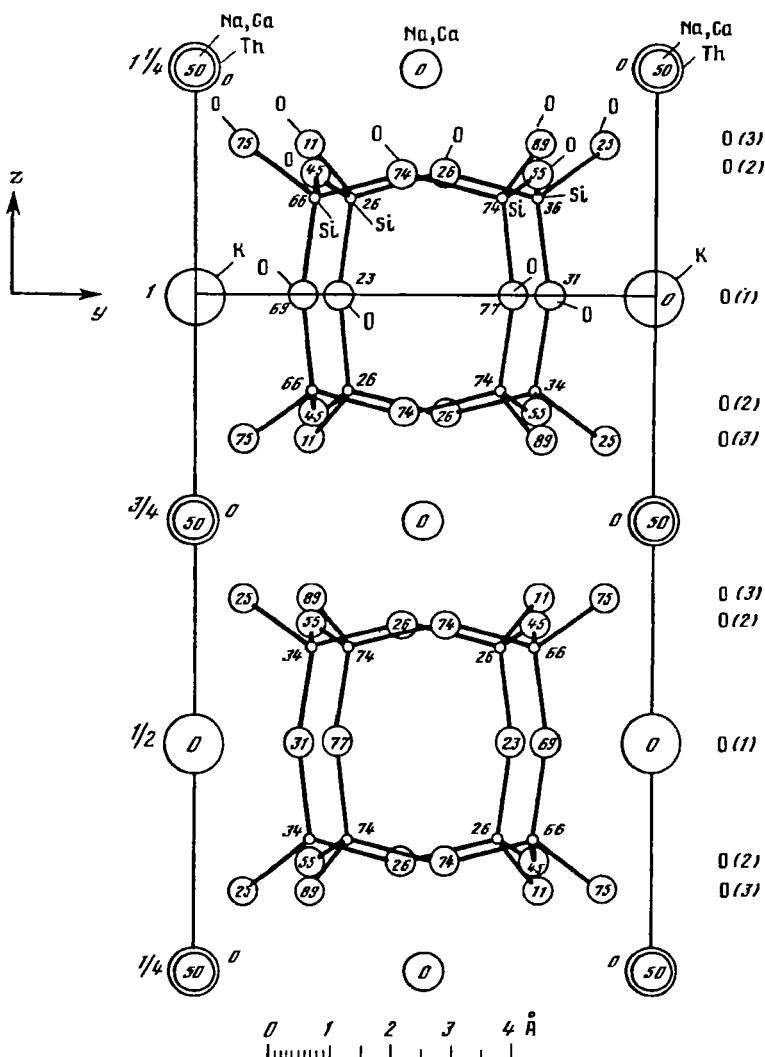
Th(Na,Ca)₂(K_{1-z}□_z)[Si₈O₂₀]; *z* = 0,20–0,40

Основные свойства и условия нахождения стисиита приведены в статье "Эканит" (т. III, вып. 2, с. 47), здесь приведены новые данные.

Назван в честь канадского минералога Х.П. Стиси [1].

Характ. выдел. Кристаллы, сферолиты, зернистые агрегаты.

Структ. и морф. крист. Тетраг. с. D_{4h}^2 –*P4/mcc*. *a*₀ = 7,583, *c*₀ = 14,763 Å; *a*₀:*c*₀ = 1:1,946; *Z* = 2 [2].



Фиг. 61. Структура стисиита в проекции на плоскость уz (по Ричарду и Перро). Цифры – высота атомов × 100)

Описание структуры и межатомные расстояния см. т. III, вып. 2, с. 47. Кремнекислородные радикалы $[Si_8O_{20}]$ – в виде сдвоенных четырехчленных колец (фиг. 61). Сопоставление со структурой эканита см. Введение к группе.

Хим. Анализ стисиита (микрозонд.) из нефелинового сиенита, о-ва Лос, Гвинея [2]: Na_2O – 3,96; K_2O – 4,42; CaO – 4,38; $TR_2O_3^*$ – 1,81; SiO_2 – 52,12; UO_2 – 0,14; ThO_2 – 30,08; P_2O_5 – 0,02; As_2O_5 – 0,45; F – 0,23; $-O = F_2$ – 0,10; сумма 97,51.

* Состав редких земель [2]: Ce_2O_3 – 0,95; Sm_2O_3 – 0,09; Nd_2O_3 – 0,38; La_2O_3 – 0,37; Pr_2O_3 – 0,02.

Эмпирическая формула [2]: $(Th_{1,04}U_{0,01}TR_{0,10})_{1,14}(Na_{1,17}Ca_{0,71})_{1,88}(K_{0,86}□_{0,14})_{1,00} \times (Si_{7,92}As_{0,03}P_{0,002})_{7,95}O_{19,89}$.

Нахожд. Найден в миароловой пустоте в нефелиновом сиените в виде желтоватых сферолитов (диаметром до 0,3 мм) на о-ве Роум (о-ва Лос, Гвинея) [2].

Отл. От внешне сходного эканита отличим по химическому составу (наличие Na и K) и рентгенограмме.

Межплоскостные расстояния стилсита, о-ва Лос (Гвинея) [2]

CuK_α-излучение, Ni-фильтр

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
100	Слаб.	7,57	214	Слаб.	2,50
002	Слаб.	7,38	310; 302	Слаб.	2,39
102	Оч. сильн.	5,29	224; 313	Оч. слаб.	2,16
112	Оч. слаб.	4,34	321	Оч. слаб.	2,08
210; 202	Оч. сильн.	3,37	206	Слаб.	2,067
104; 211	Средн.	3,32	314	Оч. слаб.	2,013
212	Оч. слаб.	3,08	216	Средн.	1,991
114	Оч. слаб.	3,04	412	Оч. слаб.	1,782
220	Оч. слаб.	2,67	306	Оч. слаб.	1,763
204	Сильн.	2,64	402	Оч. слаб.	1,644
300; 222	Слаб.	2,53	218	Оч. слаб.	1,622

Л и т е р а т у р а

1. Perrault G., Szymansky J.T. // Canad. Miner. 1982. Vol. 20, pt 1. P. 59.
2. Parodi G.C., Della Ventura G. // Neues Jb. Mineral Monatsh. 1987. H. 5. S. 233.
3. Szymansky J.T., Owens D.R., Roberts A.C., Ansell H.G., Chao G.Y. // Canad. Miner. 1982. Vol. 20, pt 1. P. 65.

СИЛИКАТЫ С ШЕСТИЧЛЕННЫМИ КОЛЬЦАМИ КРЕМНЕКИСЛОРОДНЫХ ТЕТРАЭДРОВ

С Т Р У К Т У Р А Т И П А М И Л А Р И Т А

ГРУППА МИЛАРИТА

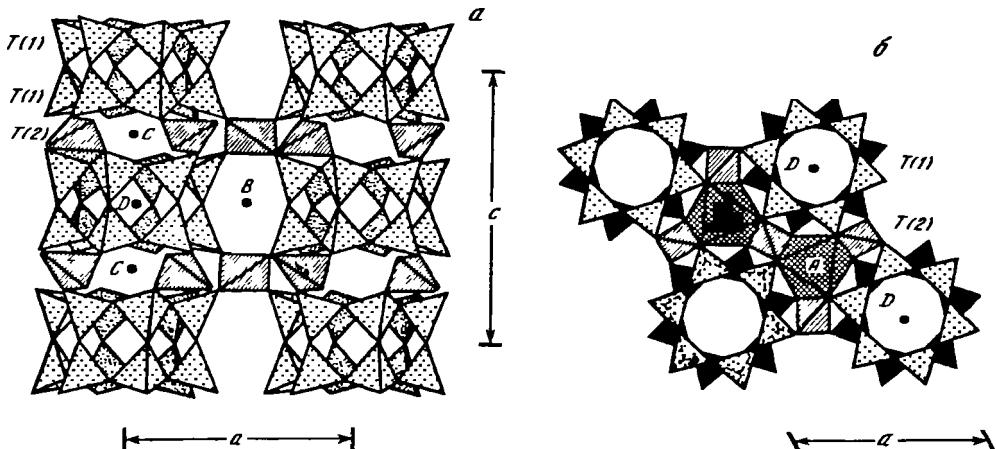
В группе описаны: рёддерит, меррихьюит, миларит, осумилит, ягиит, арменит бреннокит, согдианит, сугилит и дарапиозит (т. III, вып. 2, с. 139).

Указанная ранее разновидность осумилита – осумилит-(K,Mg) – признана минеральным видом с названием осумилит-(Mg) (Флейшер, 1990; Clark, 1993).

По Флейшеру (1990), группа осумилита включает все указанные минералы (кроме чайесита) и дополнительно эмелеусит $\text{Na}_4\text{Li}_2\text{Fe}^{3+}_2\text{Si}_{12}\text{O}_{30}$. Последний описан в т. III, вып. 3, с. 373 с формулой $\text{LiNa}_2\text{Fe}^{3+}[\text{Si}_6\text{O}_{15}]$ в группе тухуалита, отнесенной к ленточным силикатам.

	Сингония	<i>a</i> ₀	<i>c</i> ₀	Уд.в.
Эйфелит $\text{KNa}_3\text{Mg}_4[\text{Si}_{12}\text{O}_{30}]$	Гексаг.	10,15	14,22	2,67
Пурдrettит $\text{KNa}_2[\text{Si}_{12}\text{O}_{30}]B_3$	"	10,239	13,485	2,51
Чайесит $\text{K}(\text{Mg},\text{Fe}^{2+})_4\text{Fe}^{3+}[\text{Si}_{12}\text{O}_{30}]$	"	10,153	14,388	2,68 (вычисл.)

Основа структур – сдвоенные шестичленные кольца $[\text{Si}_{12}\text{O}_{30}]$ из Si-тетраэдров T(1), соединенные тетраэдрами T(2), заселенными Mg в эйфелите, В – в пуд-



Фиг. 62. Структурная модель минералов миларитовой группы (по Черни и др.)

a – вдоль оси *b*; *b* – вдоль оси *c*; *A–D* – позиции катионов в кристаллических структурах минералов данной группы

реттите. К, частично Na и Mg расположены соответственно в позициях O^{XII}, B^{IX}, VI и A^{VI} (фиг. 62) [1]. Минералы группы, возможно, распространены более широко, но из-за их сходства с кварцем и кордиеритом могут пропускаться исследователями.

Литература

1. Černý P., Hawthorne F.C., Jarosewich E. // Canad. Miner. 1980. Vol. 18, pt 1. P. 41.

Эйфелит Eifelite KNa₃Mg₄[Si₁₂O₃₀]

Назван по району находки в восточной части Эйфеля (Германия) [1]. Название относится к членам изоморфного ряда эйфелит KNa₃Mg₄[Si₁₂O₃₀]–рёддерит KNaMg₅[Si₁₂O₃₀] с (Na,K) ≥ 3, Na > K, Mg > Fe [1].

Характ. выдел. Кристаллы (около 1 мм в диаметре) [1].

Структ. и морф. крист. [1]. Гексаг. с. D_{6h}^2 – $P6/mcc$. $a_0 = 10,150$ и $10,137$, $c_0 = 14,223$ и $14,223$ Å; $a_0:c_0 = 1:1,401$ и $1:1,403$; $V = 1268,98$ и $1265,73$ Å³ (хим. анализы 1 и 2 соответственно); $Z = 2$.

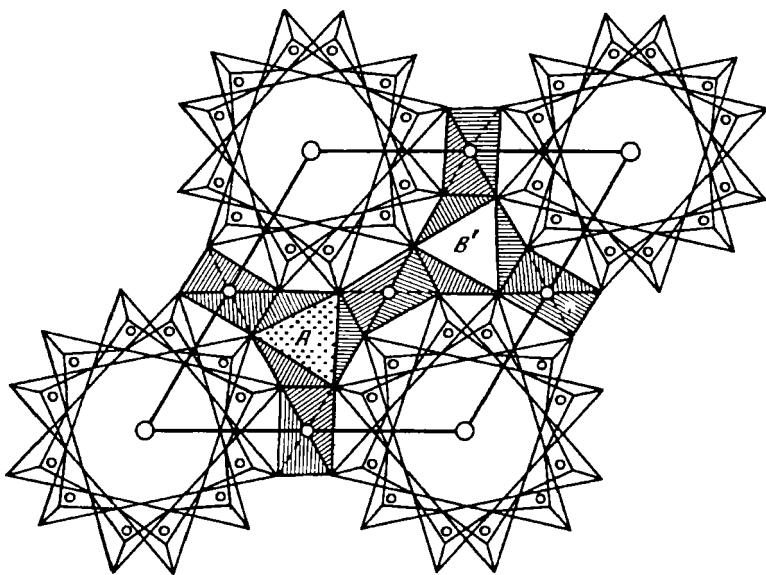
Размещение атомов по позициям в эйфелите–рёддерите [1]:

K	Na _{1+x}	(R _{2-x} ^{2+,3+} Na _x)	Mg ₃	Si ₁₂
C ^[12]	B ^[6]	A ^[6]	T(2) ^[4]	T(1) ^[4]

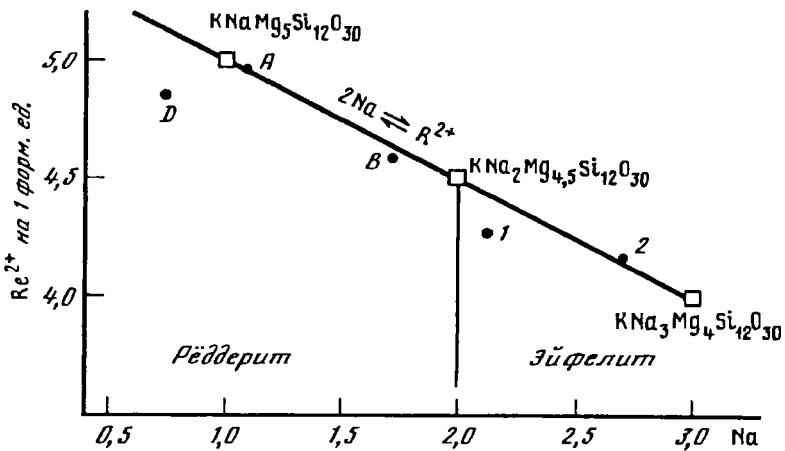
Na (как и в рёддерите) – в октаэдрическом положении B^{VI}, смещенном вдоль оси *c* (на $-0,0,28$ Å) от идеальной позиции B^{IX} в структуре синтетической фазы K₂Mg₅[Si₁₂O₃₀] [2]. Na занимает также положение A^{VI}, где он может замещаться на Mg (фиг. 63). T(2)^{IV} занято только Mg.

Средние межатомные расстояния (в Å): K–O = 3,035; Na–O = 2,493, 2,758 и 3,203; (Mg,Na)^{VI}–O = 2,077; Mg^{IV}–O = 1,989; Si–O = 1,620.

Габитус кристаллов от пластинчатого до призматического. Преобладающие грани (1010), (0001), второстепенная (1120), редкая (1012).



Фиг. 63. Структура эйфелита в проекции вдоль оси с (по Абрааму и др.)



Фиг. 64. Зависимость $\text{Na}-\text{K}^+$ в серии рёддерит-эйфелит (по Абрааму и др.)

Физ. св. [1]. Сп. не наблюдалась. Уд.в. 2,67 (вычисл., хим. анализ 2). Бесцветный до очень светло-желтого или зеленого. Черта белая. Бл. стеклянный.

Микр. [1]. Плеохроизм не наблюдался. Одноосный (+). $n_e = 1,5458$ и $1,5443$. $n_o = 1,5445$ и $1,5430$; $n_e - n_o = 0,0014$ и $0,0013$ (хим. анализы 1 и 2 соответственно).

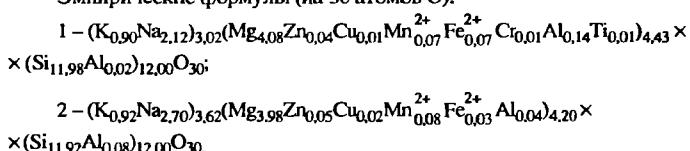
Хим. Изоморфизм по схеме $2 \text{Na} \rightarrow \text{Mg}$ (точнее, $2 \text{Na}^+ \rightarrow \text{R}^{2+}$) [1, 3]. Промежуточным членом может служить впервые найденный образец (без названия) [4] состава $\text{KNa}_2\text{Mg}_{4,5}\text{Si}_{12}\text{O}_{30}$ (фиг. 64).

Анализы (микрозонд., 2 кристалла) [1]:

	1	2		1	2
K ₂ O	4,18	4,16	FeO [*]	0,48	0,19
Na ₂ O	6,48	8,07	Cr ₂ O ₃	0,06	Не оби.
MgO	16,25	15,47	Al ₂ O ₃	0,79	0,57
ZnO	0,34	0,43	TiO ₂	0,06	0,03
CuO	0,08	0,16	SiO ₂	71,06	69,06
MnO	0,46	0,53	Сумма	100,24	98,67

* Общее.

Эмпирические формулы (на 30 атомов O):



Микрохимическим анализом найдено 0,1% Li₂O [1].

Диагн. исп. [1]. Нерастворим в HCl и H₂SO₄.

Нахожд. Найден в пустотах контактово-метаморфизованного гнейсового ксенолита, включенного в лейцитовый тефроит четвертичного вулкана Беллерберг в восточной части Эйфеля (Германия) [1, 4]. Ксенолит состоит в основном из кварца и санидина, наряду с эйфелитом в пустотах встречаются пироксены, амфиболы, тридимит, гематит, псевдобрукит и рёддерит [1].

Как и рёддерит, предположительно рассматривается как результат кристаллизации из высокощелочной газовой фазы, богатой Mg и Si, но бедной Al, пропитывающей ксенолит [1, 3]. Это согласуется с обычным присутствием акмитовых пироксенов в ксенолитах.

Отл. От рёддерита отличается более высоким двупреломлением и хим. составом.

Межплоскостные расстояния эйфелита из Эйфеля* (Германия) [1]
MoK_α-излучение

hkl	I	d(Å)	hkl	I	d(Å)	hkl	I	d(Å)
002	5	7,07	211	10	3,26	320	4	2,03
110	5	6,11	114	5	2,91	411	3	1,914
200	6	4,43	204	5	2,76	323; 412	5	1,864
112	5	4,14	213; 302	4	2,73	008; 324	5	1,76
202	9	3,75	220	3	2,56			
004	4	3,54	400	3	2,21			

* Наиболее интенсивные линии.

Литература

1. Abraham K., Gebert W., Medenbach O., Schreyer W., Hentschel G. // Contrib. Miner. and Petrol. 1983. Vol. 82, N 2/3. P. 252.
2. Forbes W.C., Baur W.H., Khan A.A. // Amer. Miner. 1972. Vol. 57, N 3/4. P. 463.
3. Hentschel G., Abraham K., Schreyer W. // Contrib. Miner. and Petrol. 1980. Vol. 73, N 2. P. 127.
4. Abraham K., Geber W., Medenbach O., Schreyer W., Hentschel G. // Fortschr. Miner. 1980. Bd. 58, H. 1. S. 3.

Пудреттит Poudretteite
 $\text{KNa}_2[\text{Si}_{12}\text{O}_{30}]\text{B}_3$

Назван в честь семейства Р. Пудретта, управляющего карьером, где впервые был найден минерал [1].

Характ. выдел. Кристаллы до 5 мм.

Структ. и морф. крист. Гексаг. D_{6h}^2 – $P6/mcc$. $a_0 = 10,239$, $c_0 = 13,485 \text{ \AA}$; $a_0:c_0 = 1:0,759$; $V = 1224,3 \text{ \AA}^3$; $Z = 2$.

В структуре тетраэдрические положения Т(1) занимает Si, Т(2) – В. На размещается в октаэдрах, примыкающих к BO_4 -тетраэдрам, искажая последние, K – в полиздре с к.ч. = 12.

Средние межатомные расстояния (в \AA): K–O = 3,000; Na–O = 2,378; B–O = 1,473; Si–O = 1,610.

Кристаллы призматические, бочковидной формы.

Физ. св. Сп. отсутствует. Изл. занозистый. Хрупок. Тв. ≈ 5. Уд.в. 2,51 (вычисл 2,53). Цв. бесцветный до бледно-розового. Бл. стеклянный. Прозрачный. Не флюоресцирует в ультрафиолетовых лучах.

Микр. Отчетливое погасание. Одноосный (+). $n_e = 1,532$, $n_o = 1,516$ (в Na-свете); $n_e - n_o = 0,016$.

Хим. Теор. состав: $\text{K}_2\text{O} - 5,04$; $\text{Na}_2\text{O} - 6,63$; $\text{B}_2\text{O}_3 - 11,18$; $\text{SiO}_2 - 77,15$.

Анализ (микрозонд.): $\text{K}_2\text{O} - 5,2$; $\text{Na}_2\text{O} - 6,2$; $\text{B}_2\text{O}_3 - 11,4$; $\text{SiO}_2 - 77,7$; BeO и LiO – не обн.; сумма 100,5.

Эмпирическая формула (на 30 атомов O): $\text{K}_{1,00}(\text{Na}_{1,87}\text{K}_{0,04})_{1,91}\text{B}_{3,05}\text{Si}_{12,14}\text{O}_{30}$.

Нахожд. Встречен в мраморном ксенолите, включенном в нефелин-сиенитовую брекчию, на горе Сент-Илер в Квебеке (Канада). Ассоциирует с пектолитом, апофиллитом, кварцем и эгирином.

Отл. От сходных кварца и кордиерита отличается химическим составом и дебаеграммой, от миларита – четкой одноосной фигурой интерференции.

Межплоскостные расстояния пудреттита из Квебека (Канада) [1]

CuK α -излучение, $D = 114,6 \text{ мм}$

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
100	2	8,90	304	<1	2,223	326; 218	<1	1,506
002	3	6,74	313	1	2,157	308	2	1,465
102	<1	5,38	116	<1	2,059	425	3	1,423
110	10	5,13	321	3	2,013	228	<1	1,407
200	<1	4,43	314	2	1,988	522	<1	1,389
112	3	4,07	410	<1	1,936	515	2	1,371
202	3	3,70	411; 216	<1	1,912	523; 604	<1	1,353
004	3	3,369	412; 323	3	1,858	611	2	1,345
211	10	3,253	315	4	1,818	524; 11.10	1	1,306
104	2	3,154	306	<1	1,790	613	1	1,295
300	4	2,956	500	2	1,773	440	2	1,280
114	6	2,815	324	<1	1,740	530; 700	1	1,266
213; 204	5	2,686	008; 414	3	1,682	614	<1	1,255
220	1	2,557	421; 316	3	1,662	621	<1	1,225
310	2	2,462	422	<1	1,627	622	2	1,210
311	<1	2,421	118	1	1,600	338; 444	1	1,198
222; 214	2	2,389	415	3	1,572	428; 623	1	1,187
312	<1	2,310	334	<1	1,522			

Л и т е р а т у р а

Чейесит Chayesite
 $K(Mg,Fe^{2+})_4Fe^{3+}[Si_{12}O_{30}]$

Назван в честь доктора Ф. Чейеса, американского петрографа, в прошлом президента Американского минералогического общества [1].

Характ. выдел. [1]. Плохо ограненные кристаллы (обычно менее 50, редко более 100 мкм).

Структ. и морф. крист. Гексаг. с. Вероятно, D_{6h}^2-P6/mcc (по аналогии с другими минералами группы миларита). $a_0 = 10,153$, $c_0 = 14,388$; $a_0:c_0 = 1:1,417$; $V = 1284,4 \text{ \AA}^3$; $Z = 2$.

Кристаллы таблитчатые, с преобладающими гранями (0001), (10\bar{1}0), (11\bar{2}0) и (10\bar{1}2).

Физ. св. Сп. не обнаружена. Хрупок. Уд.в. 2,68 (вычисл.). Цв. темно-синий (возможно, вызван переносом заряда $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+}$, что доказано для осумилита [2]). Черта белая. Бл. стеклянный. Прозрачен [1].

Микр. [1]. Плеохроизм: по No – небесно-голубой, по Ne – бесцветный. Одноосновый (+). $n_e = 1,578$, $n_o = 1,575$ (в Na-свете); $n_e - n_o = 0,003$ (для некоторых кристаллов больше).

Хим. [1]. Близок к осумилиту $(K,Na)(Fe,Mg)_2(Al,Fe)_3[(Si,Al)_{12}O_{30}]$. С рёддеритом $(Na,K)_2(Mg,Fe)_5[Si_{12}O_{30}]$ образует серию твердых растворов (фиг. 65) по изоморфной схеме $(K,Na) + Fe^{2+} \rightleftharpoons \square + Fe^{3+}$.

Анализы (1–5 – микрозонд.; 6 – микроанализ):

	1	2	3	4	5	6
K_2O	5,24	5,14	5,18	5,28	5,31	4,48
Na_2O	0,45	0,25	0,29	0,43	0,33	0,04
MnO	0,23	0,21	0,23	0,35	0,39	0,23
MgO	13,64	13,90	13,39	11,61	12,30	11,44
FeO^*	5,40	4,27	5,25	9,32	7,68	12,60 ^{2*}
$Fe_2O_3^*$	5,28	6,17	5,62	3,30	4,51	–
Al_2O_3	0,24	0,17	0,34	0,21	0,16	Не обн.
TiO_2	0,21	0,21	0,36	0,23	0,17	0,02
SiO_2	69,95	69,86	69,47	69,35	69,68	70,29
Сумма	100,64	100,18 ^{3*}	100,13	100,08	100,53	99,10

* Отношения Fe^{3+}/Fe^{2+} выводились из расчета суммы октаэдрических и тетраэдрических катионов = 17, с учетом баланса валентностей.

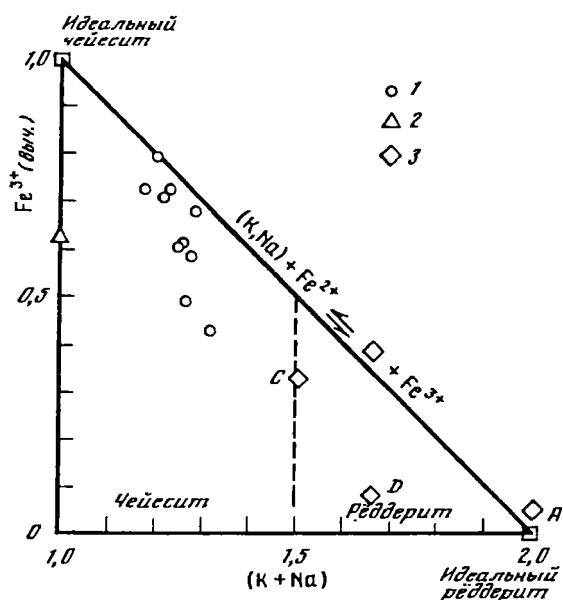
^{2*} Общее.

^{3*} В оригинале 100,19.

1–5 – Мун-Каньон (шт. Юта, США) [1]; 6 – Каикарикс (Испания) [1].

Эмпирические формулы (на 30 атомов O):

	1	2	3	4	5	6
K	1,14	1,12	1,14	1,17	1,17	0,99
Na	0,15	0,08	0,10	0,15	0,11	0,01
Сумма	1,29	1,20	1,24	1,32	1,28	1,00
Mg	3,48	3,54	3,43	3,02	3,16	2,96
Mn	0,03	0,03	0,03	0,05	0,06	0,03
Fe^{2+}	0,77	0,61	0,75	1,36	1,11	1,20
Fe^{3+}	0,68	0,80	0,73	0,43	0,59	0,63



Фиг. 65. Диаграмма зависимости содержания щелочных элементов (в атомах на форм. ед.) от Fe^{3+} в чайесите и рёддерите (по Вельде и др.)

1 – чайесит, Мун-Каньон; 2 – чайесит, Канкарикс; 3 – рёддерит, Эйфель

	1	2	3	4	5	6
Al	0,01	0,00	0,01	0,04	0,03	0,00
Ti	0,03	0,03	0,05	0,03	0,02	0,00
Сумма	5,00	5,01	5,00	4,93	4,97	4,82
Al	0,04	0,03	0,06	0,00	0,00	0,00
Si	11,96	11,96	11,94	12,07	12,03	12,18
Сумма	12,00	11,99	12,00	12,07	12,03	12,18

Идеализированная формула: $K(\text{Mg},\text{Fe}^{2+})_4\text{Fe}^{3+}[\text{Si}_{12}\text{O}_{30}]$.

Нахожд. Впервые был отмечен как новая фаза в Канкариксе (Испания) [3] в виде очень редкого акцессорного минерала с К-рихтеритом в лампроите. Как породообразующий встречен в изверженных породах Мун-Каньона, шт. Юта (США) [1]. Кристаллизовался, по-видимому, из лампроитовых расплавов, температура кристаллизации наиболее поздних этапов которых ниже 965° [1, 3]. Ассоциирует с позднекристаллическим К-полевым шпатом, мелкими кристаллами диопсида и неидентифицированным Ti-минералом. Является несколько более поздним, чем К-рихтерит.

Отл. [1]. От сходных по цвету и оптическим свойствам осумилита, а также по порошкограмме меррихьюита, ягиита, пурпурита отличим только по химическому составу.

Межплоскостные расстояния чайесита из Мун-Каньон (США) [1]

CuK_α -излучение, $D = 114,6$ мм

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
002	8	7,14	122	3	3,01	314	3	2,019
102	3	5,56	114	6	2,933	411	3	1,903
110	Оч. сильн.	5,08	204	8	2,782	315	3	1,859
200	2	4,38	213	3	2,736	008	3	1,799

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
112	6	4,14	220	6	2,542	226	6	1,742
202	Оч. сильн.	3,75	006	2	2,398	118	3	1,695
004	3	3,61	215	3	2,176	423	3	1,570
104	6	3,35	402	3	2,103	425	3	1,439
121	Оч. сильн.	3,24	224	2	2,071			

Л и т е р а т у р а

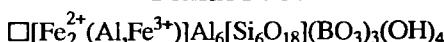
1. *Velde D., Medenbach O., Wagner C., Schreyer W.* // Amer. Miner. 1989. Vol. 74, N 11/12. P. 1368.
2. *Goldman D.S., Rossman G.R.* // Ibid. 1978. Vol. 63, N 5/6. P. 490.
3. *Wagner C., Velde D.* // Ibid. 1986. Vol. 71, N 1/2. P. 17.

СТРУКТУРА ТИПА ТУРМАЛИНА**ГРУППА ТУРМАЛИНОВ**

Ранее (т. III, вып. 2, с. 160) группа турмалинов не выделялась. Известные минеральные виды (шерл, дравит, бюргерит, эльбайт, лиддиоатит, увит), составляющие группу турмалинов (Флейшер, 1990), описаны как разновидности турмалина по составу.

	Сингония	<i>a</i> ₀	<i>c</i> ₀	Уд.в.
Фойтит $\square[\text{Fe}_2^{2+}(\text{Al},\text{Fe}^{3+})]\text{Al}_6[\text{Si}_6\text{O}_{18}] \times$ $\times (\text{BO}_3)_3(\text{OH})_4$	Триг.	15,967	7,126	3,14
Хромдравит $\text{Na}(\text{Cr},\text{Fe}^{3+},\text{Mg})_3(\text{Cr},\text{Mg},\text{Al})_6 \times$ $\times [\text{Si}_6\text{O}_{18}] (\text{BO}_3)_3(\text{OH})_4$	"	16,130	7,403	3,40
Повондрайт* $(\text{Na},\text{K})(\text{Fe}^{3+},\text{Fe}^{2+},\text{Mg})_3 \times$ $\times (\text{Fe}^{3+},\text{Mg},\text{Al})_6[\text{Si}_6\text{O}_{18}] (\text{BO}_3)_3(\text{O},\text{OH})_4$	"	16,186	7,444	3,26
Оленит $\text{NaAl}_3\text{Al}_6[\text{Si}_6\text{O}_{18}] (\text{BO}_3)_3(\text{O},\text{OH})_4$	"	15,803	7,086	3,01
Ферувит $\text{CaFe}_3^{2+}(\text{Al},\text{Mg})_6[\text{Si}_6\text{O}_{18}] (\text{BO}_3)_3(\text{OH})_4$	"	16,00	7,248	3,207

* Указан в группе турмалинов как ферридравит (Флейшер, 1990).

Фойтит Foitite

Назван в честь Франклина Фойта (младшего) в знак признания его работ по структуре и химизму турмалинов [1].

Синои. Шерл с дефицитом щелочей – alkali-deficient schorl [2].

Характ. выдел. Кристаллы (-20×4 мм) [1].

Структ. и морф. крист. Триг. с. C_{3v}^5-R3m . $a_0 = 15,967$, $c_0 = 7,126$ Å; $a_0:c_0 = 1:0,4462$; $V = 1573,3$ Å³; $Z = 3$ [1].

Структура типа шерла, но с большим дефицитом щелочей в позиции X.

Распределение катионов по позициям [1]: X – 0,25 Na, 0,75 □; Y – 1,00 Al, 1,49 Fe²⁺, 0,05 Mg, 0,24 Mn²⁺, 0,22 Li; Z – 5,89 Al, 0,11 Fe.

Средние межатомные расстояния (в Å): X–O = 2,717; Y–O = 2,044; Z–O = 1,910; Si–O = 1,619; B–O = 1,376; углы: O–X–O = 94,97; O–Y–O = 90; O–Z–O = 90,1; O–Si–O = 109,4; O–B–O = 120,0° [1].

Расстояния Y–O и Z–O характерны для шерла, что указывает на преобладание Fe²⁺ в позиции Y и Al в позиции Z.

Кристаллы – исщтрихованные призмы с треугольным сечением.

Физ. св. [1]. Сп. отсутствует. Тв. ~7. Уд.в. 3,17 (вычисл. 3,14). Цв. темно-голубой. Чешта серовато-белая. Бл. стеклянный. В тонких осколках прозрачный. Не флюоресцирует в ультрафиолетовом свете.

Микр. [1]. Сильный плеохроизм: по *No* – светло-лавандовый, по *Ne* – темно-голубой. Одноосный (–). $n_o = 1,664$, $n_e = 1,642$ (Na-свет).

Хим. Выше приведена теоретическая формула конечного члена бесщелочного шерла [1].

Анализ (микрозонд., среднее из 10) [1]: $\text{Li}_2\text{O} - 0,31$; $\text{Na}_2\text{O} - 0,75$; $\text{MgO} - 0,21$; $\text{CaO} - 0,03$; $\text{MnO} - 1,71$; $\text{FeO} - 11,45$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 34,90$; $\text{B}_2\text{O}_3 - 10,37$; $\text{SiO}_2 - 35,90$; $\text{H}_2\text{O} - 3,56$; сумма 99,19. Li_2O , B_2O_3 и H_2O рассчитаны из стехиометрии (Li_2O – дополнение к трем атомам в позиции Y).

Эмпирическая формула (на 31 анион, распределение катионов по позициям X, Y, Z): $(\text{Na}_{0,25}\square_{0,75})_{1,00}(\text{Fe}_{1,60}^{2+}\text{Mn}_{0,24}^{2+}\text{Mg}_{0,05}\text{Al}_{0,89}\text{Li}_{0,22})_{3,00}\text{Al}_{6,00}\text{Si}_{6,01}\text{O}_{18}(\text{BO}_3)_3(\text{OH})_4$.

Описанные ранее (без самостоятельного названия) шерлы с дефицитом щелочей из месторождений Джек-Крик (США) и Бен-Ломонд (Австралия) характеризуются значительным колебанием содержания щелочей в позиции X ($\square_{0,29-0,88}$) [2].

Найдено. Обнаружен в минералогической коллекции Далхузийского университета в Новой Шотландии [1], в образцах из Южной Калифорнии (предположительно из гранитных пегматитов), которые представлены двумя кристаллами без матрицы. Шерлы с $\square_{0,29-0,88}$ встречены в гидротермально-измененных туфах турмалин-дюмортьеритовых месторождений: Джек-Крик, шт. Монтана (США), и Бен-Ломонд, Северный Квинсленд (Австралия) [2].

Искусств. Не синтезирован, но при изучении системы $\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{B}_2\text{O}_3-\text{H}_2\text{O}$ получен Mg-эквивалент (бесщелочной дравит) состава $\square(\text{Mg}_2\text{Al})\text{Al}_6[\text{Si}_6\text{O}_{18}] \times (\text{BO}_3)_3(\text{OH})_4$ [3, 4].

Межплоскостные расстояния фойита из Южной Калифорнии [1]
CuK α -излучение

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
101	84	6,338	212	71	2,944	413	8	1,867
201	21	4,964	321	5	2,896	621	7	1,851
300	6	4,607	501	100	2,573	603	15	1,655
211	48	4,212	511	8	2,344	404	11	1,584
220	38	3,989	502	11	2,185	443	5	1,527
102	91	3,452	431	6	2,165	504	11	1,499
311	6	3,375	303	17	2,112	650; 642; 514	18	1,449
202	4	3,166	512	29	2,038	10.1.10	5	1,311
410	7	3,014	620; 432	15	1,917	505	25	1,268

Литерапия

1. MacDonald D.J., Hawthorne F.C., Grice J.D. // Amer. Miner. 1993. Vol. 78, N 11/12. P. 1299.
2. Foit F.F., Jr., Fuchs Y., Myers P.E. // Ibid. 1989. Vol. 74, N 11/12. P. 1317.
3. Rosenberg P.E., Foit F.F., Jr. // Ibid. 1979. Vol. 64, N 1/2. P. 180.
4. Werding G., Schreyer W. // Geochim. et cosmochim. acta. 1984. Vol. 48, N 6. P. 1331.

Хромдравит Chromdravite
 $\text{Na}(\text{Cr},\text{Fe}^{3+},\text{Mg})_3(\text{Cr},\text{Mg},\text{Al})_6[\text{Si}_6\text{O}_{18}](\text{BO}_3)_3(\text{OH})_4$

Назван по составу [1].

Характ. выдел. Мелкие (0,1 мм) кристаллы.

Структ. и морф. крист. Триг.с. C_{3v}^5-R3m . $a_0 = 16,130$, $c_0 = 7,403$ Å [2]; $a_0:c_0 = 1:0,465$. Кристаллы пирамидального облика.

В структуре [2], как и у Cr-содержащего турмалина, сжатие октаэдров Y меньше, чем в других турмалинах, а вытянутость октаэдров Z, наоборот, максимальная. Наблюдаются значительная по сравнению с обычными дравитами гофрировка кремнекислородного кольца тетраэдров и сравнительно слабое дитригональное искажение.

Физ. св. Уд.в. 3,40 (вычисл.). Цв. темно-зеленый, почти черный. ИК-спектр в целом соответствует ИК-спектрам других турмалинов. Полосы поглощения: 475, 540, 650, 700, 760, 960, 1015, 1210 и 1345 см⁻¹.

Микр. Плеохроизм: по No – темно-зеленый, по Ne – желтовато-зеленый. Одноосный (–). $n_o = 1,778$, $n_e = 1,722$.

Хим. Хромовый аналог дравита. Cr и Mg входят как в Y-, так и в Z-позиции, а все Fe³⁺ находится в Y-позиции [2].

Анализ (анал. Гумбар) [1]: Na₂O – 2,66; MgO – 9,05; CaO – 0,16; MnO – 0,19; B₂O₃ – 9,00; Cr₂O₃ – 31,60 (теор. содер. 40,79); Al₂O₃ – 2,92; V₂O₃ – 1,46; Fe₂O₃ – 7,65; SiO₂ – 30,75; TiO₂ – 0,13; п.п. – 4,43; сумма 100,00.

Эмпирическая формула (на 15 катионов Y,Z,Si): (Na_{0,97}Ca_{0,03})_{1,00}(Mg_{2,57}Mn_{0,03})_× V_{0,22}Al_{0,16}Ti_{0,02})_{3,00}(Cr_{4,71}Fe_{1,08}Al_{0,21})_{6,00}(B_{2,91}Al_{0,09})_{3,00}(Si_{5,81}Al_{0,19})_{6,00}O₂₇(O_{0,23} × OH_{3,77})_{4,00}.

Нахожд. В слюдистых метасоматитах зон разрывных нарушений в нижне-протерозойских глинисто-карбонатных породах (Онежский прогиб, Центральная Карелия). Находится в ассоциации со слюдами (тайниолитом, хромовым фенитом и ванадиевым мусковитом), кварцем и доломитом.

Отл. Наблюдается резкое увеличение параметров элементарной ячейки, показателей преломления и уд. веса по сравнению с другими турмалинами [3].

Межплоскостные расстояния хромдравита из Карелии [1]

CoK_α-излучение

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
101	50	6,57	042	15	2,47	701	15	1,922
021	35	5,10	003	27	2,426	540	10	1,767
300	20	4,67	232	15	2,380	214	25	1,700
211	40	4,31	203	10	2,281	603	20	1,675
220	50	4,05	502	20	2,233	271	25	1,665
012	75	3,58	431	30	2,184	550	25	1,612
401	15	3,17	422?	15	2,107	900	25	1,551
122	75	3,04	223	50	2,079	820	15	1,521
312	15	2,68	152	15	2,049			
051	100	2,62	342	35	1,953			

L i t e r a t u r a

- Румянцева Е.В. // Зап. ВМО. 1983. Ч. 112, вып. 2. С. 222.
 Горская М.Г., Франк-Каменецкая О.В., Франк-Каменецкий В.А. // Тез. докл. XXVII МГК. М., 1984. Т. 5. С. 49.
 Кузьмин В.И., Добровольская Н.В., Солнцева Л.С. // Турмалин и его использование при поисково-оценочных работах. М.: Недра, 1979. С. 269.

Повондрейт Povondraite
 $(\text{Na}, \text{K})(\text{Fe}^{3+}, \text{Fe}^{2+}, \text{Mg})_3(\text{Fe}^{3+}, \text{Mg}, \text{Al})_6[\text{Si}_6\text{O}_{18}](\text{BO}_3)_3(\text{O}, \text{OH})_4$

Назван в честь П. Повондры, чешского исследователя минералов группы турмалина [1].

Синон. Ферридравит – ferridravite, название было дано железистому аналогу дравита, где, как предполагалось, Fe^{3+} замещает Al в позиции Z [2]. Последующие структурные исследования показали, что Fe^{3+} замещает также Mg^{2+} и Fe^{2+} в позиции Y [1, 3]. Таким образом, название "ферридравит" оказалось не отвечающим действительности.

Характ. выдел. Кристаллы (до нескольких мм), их субпараллельные сростки кристаллические агрегаты.

Структ. и морф. крист. Триг. с. $C_{3v}^5-R\bar{3}m$. $a_0 = 16,186$, $c_0 = 7,444$ Å; $a_0:c_0 = 1:0,4559$; $V = 1689$ Å³; $Z = 3$ [1].

Из минералов группы турмалинов повондрейт обладает наибольшей ячейкой. Увеличение ее размеров вызывается главным образом замещением Al на Fe^{3+} в позиции Z и в меньшей степени – замещением Na на K в позиции X [1].

Средние межатомные расстояния (в Å): Na–O = 2,74; $\text{Fe}^{3+}(1)$ –O = 2,037; $\text{Fe}^{3+}(2)$ –O = 2,007; B–O = 1,38; Si–O = 1,621; [1].

Наблюдаемые формы: a (1120), r (1011) и o (2021). Кристаллы часто искривлены [2].

Физ. св. Сп. отсутствует. Изл. неровный. Тв. 7. Уд.в. 3,26 (вычисл. 3,33). Цв. черный. Черта коричневая. Бл. смоляной. Непрозрачен [2].

Микр. Плеохроизм сильный: по No – желтовато-коричневый, темно-коричневый или черный до непрозрачного, по Ne – светло-коричневый до темно-красновато-коричневого. Одноосный (–) [1, 2]. $n_o = 1,820$, $n_e = 1,751$ (Na-свет) [1]; $n_o = 1,800$, $n_e = 1,743$ [2].

Хим. Теоретический состав, соответствующий конечному члену, позиции которого заняты атомами Fe^{3+} , $\text{NaFe}_3^{3+}\text{Fe}_6^{3+}[\text{Si}_6\text{O}_{18}](\text{BO}_3)_3(\text{O}, \text{OH})_4$: $\text{Na}_2\text{O} = 2,48$; $\text{B}_2\text{O}_3 = 8,35$, $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 57,46$; $\text{SiO}_2 = 28,82$; $\text{H}_2\text{O} = 2,89$.

В анализированных образцах атомы Fe^{3+} не полностью замещают Al и Mg, в позиции X, кроме Na, находится K.

Анализы (микрозонд.):

	1	2	3	4		1	2	3	4
Na_2O	2,18	2,1	2,2	1,1	SiO_2	31,58	30,7	31,1	29,6
K_2O	0,98	1,0	0,9	2,2	TiO_2	Не опр.	Не обн.	0,1	0,1
MgO	5,57	6,5	6,9	6,3	H_2O^{3*}	3,5	2,4	2,5	2,3
FeO^*	7,25	1,7	0,7	0,9	Сумма	100,71	99,8	99,9 ^{4*}	97,0 ^{5*}
$\text{B}_2\text{O}_3^{2*}$	8,98	9,0	9,1	8,7					
Al_2O_3	2,30	1,4	4,2	0,8					
V_2O_3	Не опр.	Сл.	0,1	Не обн.					
Fe_2O_3^*	38,37	45,0	42,1	45,0					

Рассчитано: ${}^* \text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ – по стехиометрии; 2* на 3 атома В в формуле; 3* в анализе I – по потере веса при нагревании, в анализах 2–4 – по сумме валентных связей H = 3,12; 4* в оригинале сумма 99,0; 5* в оригинале сумма 97,5.

1–4 – из месторождения Сан-Франциско (Боливия): 1 – [2]; 2–4 – [1] (3 – ядро кристалла, 4 – внешняя его часть).

Расчет (на 31 атом O) [1]:

	1	2	3	4
Na	0,81	0,80	0,80	0,42
K	0,24	0,26	0,21	0,56
Mg	1,58	1,89	1,95	1,87
Fe ²⁺	1,16	0,27	0,11	0,15
B	3	3	3	3
Al	0,52	0,32	0,95	0,20
V	—	0,01	0,02	0,00
Fe ³⁺	5,51	6,57	6,04	6,87
Si	6,02	5,96	5,92	5,91
Ti	—	0,00	0,01	0,00
H	3,5	3,12	3,12	3,12

Кристаллохимическая формула на основе структурных данных (анализ 2):
 $\text{Na}_{0,80}\text{K}_{0,26}1,06(\text{Fe}^{3+}_{2,28}\text{Fe}^{2+}_{0,27}\text{Mg}_{0,53})_{3,08}(\text{Fe}^{3+}_{4,29}\text{Mg}_{1,36}\text{Al}_{0,32})_{5,97}\text{B}_3\text{Si}_{5,96}\text{O}_{27,88}(\text{OH})_{3,12}$ [1].

В зональном кристалле отмечено обогащение K внешней его части (анализ 4) по сравнению с ядром (ан. 3) [1]. Спектроскопически установлена примесь Cu, Pb и Sn [2].

Найдено. Обнаружен на месторождении Сан-Франциско, пров. Арапибар, департамент Кочабамба (Боливия), где в небольшом объеме добывается крокидолит. Образует корочки на вмещающей породе (сланцы), состоящей из кварца, калиевого полевого шпата, щелочного амфибала, мусковита и подчиненных количеств шерлита [2].

Межплоскостные расстояния повондрайта из Боливии [1]

FeK_α-излучение, D = 57,3 мм

<i>hkl</i>	<i>l</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>l</i>	<i>d</i> (Å)	<i>l</i>	<i>d</i> (Å)
10̄1	9	6,63	4371; 3033	3	2,20	3	1,447
0221	7	5,13	4262	0,5	2,15	1	1,382
3030	7	4,71	2243	0,5	2,11	1	1,370
2131	7	4,32	1562	7	2,09	1	1,355
2240	9	4,05	1671	0,5	2,06	2	1,335
0112	8	3,61	4480	0,5	2,02	2	1,320
1341	2	3,46	3472	5	1,961	1	1,299
2022	1	3,28	4153	2	1,929	10.p	1,260
4041	0,5	3,18	6281	1	1,884	2	1,205
4150	9	3,05	0224	0,5	1,802	2	1,175
3251	1	2,96	5382	0,5	1,770	1p	1,161
3360	1	2,69	6063	4	1,702	1p	1,152
0551	10	2,63		3	1,670	10.p	1,131
0441	0,5	2,56		4	1,620	1p	1,105
0003	2	2,49		4 ш	1,554	10.p	1,093
2461	3	2,44		1	1,528	40.p	1,052
5161	2	2,39		2	1,502	10.p	1,036
6060	1	2,34		2	1,479	20.p	1,018
5052	3	2,24		3	1,458	1p	1,004

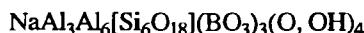
Литература

Grice J.D., Ercit T.S. // Amer. Miner. 1993. Vol. 78, N 3/4. P. 433.

Walenta K., Dunn P.S. // Ibid. 1979. Vol. 64, N 9/10. P. 941.

Grice J.D., Ercit T.S. // Geol. Assoc. Canada Annu. Meet. Program. Abstr. 1990. Vol. 15. P. A51.

Оленит Olenite



Назван по месту находки [1].

Синон. Алюмобургерит – alumo-burgerite [2], Al-эльбант – Al-elbaite [3].

Характ. выдел. Краевые зоны в хорошо ограненных кристаллах ($0,5 \times 30$ мм), центральные части которых сложены эльбайтом.

Структ. и морф. крист. Триг. с. $C_{3v}^5 - R3m$. $a_0 = 15,803$, $c_0 = 7,086$ Å; $a_0 : c_0 = 1 : 0,4483$. Al полностью занимает октаэдрическую позицию Z и на 3/4 – Y тетраэдрические позиции заняты только Si. Дополнительное вхождение Al в октаэдры Y компенсируются образованием дефицита катионов в позиции X и уменьшением числа гидроксильных групп [1, 3]. По сравнению с другими турмалинами в октаэдре Y расстояние катион-кислород (1,969 Å) укорочено, а Al-октаэдр Z меньше по размеру (среднее 1,898 Å) и значительно деформирован [3].

Физ. св. Микротвердость (при нагрузке 100 г) меняется в зависимости от состава по формуле $H = 1044 - 3,681x$, где x – молярный процент оленитового компонента. Уд.в. 3,01 (вычисл. 3,12). Цв. бледно-розовый. Бл. стеклянный [1].

Микр. Плеохроизм слабый: по No – ярко-розовый, по Ne – розово-желтый. Одноосный (–). $n_D = 1,654$, $n_E = 1,635$ [1].

Хим. Образует изоморфный ряд с эльбайтом – $\text{Na}(\text{Al}, \text{Li})_3\text{Al}_6[\text{Si}_6\text{O}_{18}](\text{BO}_3)_3(\text{O}, \text{OH})_4$. Общая формула этого ряда: $\text{Na}_{1-y}(\text{Al}_{3-x}\text{Li}_x)_3\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{27}\text{B}_3(\text{O}_{3-2x-y}\text{OH}_{1+2x+y})_4$. Значения $y = 0-1$, $x = 0,7-0$ отвечают составу оленита, $y = 0-1$, $x = 1,5-0,75$ – эльбайта.

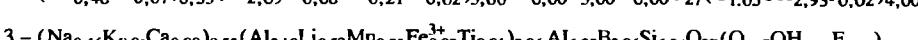
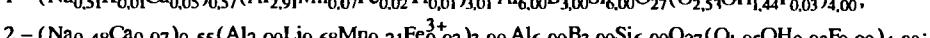
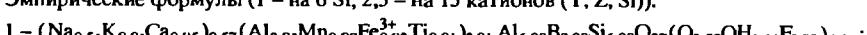
Анализы (1, 2 – микрозонд., 3 – химический, из навески 1 г) [1]:

	1	2	3		1	2	3
Li_2O	–	1,07*	0,82*	Fe_2O_3	0,14	0,14	0,13
Na_2O	1,60	1,55	1,48	SiO_2	36,86	37,92	37,95
K_2O	0,03	0,01	0,07	TiO_2	0,03	0,02	0,03
MgO	Не обн.	Не обн.	0,02	H_2O	1,36*	2,78*	2,80*
CaO	0,26	0,41	0,45	F	0,06	0,04	0,17
ZnO	0,03	0,02	Не обн.	Сумма **	(98,19)	(99,75)	(99,62)
MnO	0,49	1,54	1,67	$-\text{O} = \text{F}_2$	0,03	0,02	0,07
B_2O_3	10,90*	11,00*	10,64*	Сумма	98,16	99,73	99,55
Al_2O_3	46,43	43,25	43,39				

* Рассчитаны из кристаллохимических соотношений, характерных для турмалина.

** В оригинале суммы: 1 – 98,28, 2 – 99,89, 3 – 99,48.

Эмпирические формулы (1 – на 6 Si, 2,3 – на 15 катионов (Y, Z, Si)):



Нахожд. Вместе с эльбайтом установлен на Оленском хребте (Северо-Запад России) в редкометальных пегматитовых жилах докембрийского поля, залегающего в метабазитах. Оленит-эльбайтовые кристаллы находятся в ассоциации с кварцем альбитом [1].

Межплоскостные расстояния оленита с Северо-Запада России [1]

Условия съемки не указаны

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
110	5	7,80	003	18	2,361	333; 014	14	1,758
011	30	6,33	322	20	2,352	622	5	1,673
201	20	4,91	151	15	2,322	603	5	1,641
030	8	4,56	060	5	2,280	721	10	1,628
121	40	4,18	052	7	2,166	550	6	1,581
220	70	3,95	341	8	2,145	044	8	1,574
102	80	3,43	303	15	2,097	542	6	1,569
311	70	3,394	242	4	2,085	082	3	1,542
041	8	3,081	512; 223	30	2,021	504	10	1,488
140	10	2,986	611	4	2,000	424; 812	6	1,460
212	30	2,924	432	20	1,899	173; 154; 462	15	1,437
231	3	2,869	143	10	1,853	911; 561	7	1,406
132	5	2,585	261	7	1,834	363; 344	10	1,392
501	100	2,551	170	4	1,813	055	10	1,2587

Л и т е р а т у р а

1. Соколов П.Б., Горская М.Г., Гордиенко В.В., Петрова М.Г., Крецер Ю.Л., Франк-Каменецкий В.А. // Зап. ВМО. 1986. Ч. 115, вып. 1. С. 119.

2. Foit F.F., Rosenberg P.E. // Trans. Amer. Geophys. Union. 1975. N 56. P. 461.

3. Горская М.Г., Франк-Каменецкая О.В., Рождественская И.В., Франк-Каменецкий В.А. // Кристаллография. 1982. Т. 27, № 1. С. 108.

Ферувит Feruvite

Назван по составу и близости к увиту (Fe-аналог увита) [1].

Характ. выдел. Изометричные зерна до 1 мм.

Структ. и морф. крист. Триг. с. $C_{3v}^5 - R3m$. $a_0 = 16,000$, $c_0 = 7,248$ Å; $a_0 : c_0 = 1 : 0,4530$; $V = 1606,8$ Å³; $Z = 3$.

Распределение атомов по позициям соответствует общему для турмалинов составу: $\text{XY}_3\text{Z}_6[\text{Si}_6\text{O}_{18}](\text{BO}_3)_3(\text{O}, \text{OH})_4$, где X – Ca, Na, K; Y – Fe²⁺, Al, Fe³⁺, Ti, Mn; Z – Al, Mg, Fe³⁺, Fe²⁺.

Средние межатомные расстояния (в Å) и углы: Ca–O = 2,654; F–O = 2,055; Al–O = 1,944; B–O = 1,374; Si–O = 1,622; O–Fe–O = 90,0°; O–Al–O = 90,2°; O–B–O = 120,0°; O–Si–O = 109,4°. По сравнению с увитом отмечается заметное искажение структуры, обязанное водородным связям – H(3)–O(5) = 2,56, O(3)–O(5) = 3,28; увеличена одна из связей в октаэдрах Y и Z: Fe–O(3) = 2,177 и Al–O(3) = 1,99 и длина Si–O(5) = 1,649.

Физ. св. Тв. около 7. Уд. в. 3,207 (вычисл.). Цв. буровато-черный. Черта серая. Бл. стеклянный до тусклого. Хрупок. Изл. раковистый. Не флюоресцирует.

Некоторые кристаллы имеют зональное строение: внутренняя (основная) часть сложена ферувитом, внешняя – дравитом, образующим также игольчатые нарости на этих кристаллах.

Микр. Плеохроизм сильный: по *No* – светло-бурый, по *Ne* – темно-бурый. Одноосный (–). $n_o = 1,687$, $n_e = 1,669$ (Na-свет); $n_o - n_e = 0,018$.

Хим. Анализ (микрозонд., среднее из 5 анализов): Na₂O – 1,16; K₂O – 0,05; MgO – 7,80; CaO – 3,30; MnO – 0,07; FeO (общее) – 13,56; B₂O₃ – 11,25; Al₂O₃ – 23,38; SiO₂ – 33,33; TiO₂ – 2,19; H₂O (вычисл.) – 3,48; сумма 99,57.

Расчет валентностей на основе структурных данных показывает, что наряду с FeO должно присутствовать Fe₂O₃. Кроме того, не должно быть такого высокого содержания B₂O₃. Исходя из стехиометрического соотношения – 19 катионов и 31 анион (согласно общей формуле турмалинов) и с учетом уточнения структуры в данные анализа вводятся изменения: FeO – 11,26; Fe₂O₃ – 2,56; B₂O₃ – 9,93; H₂O – 3,43.

В результате эмпирическая формула имеет вид: (Ca_{0,62}Na_{0,39}K_{0,01})_{1,02}(F_{1,53}²⁺ × Mg_{1,21}Ti_{0,29}Mn_{0,01})_{3,04}(Al_{4,72}Mg_{0,82}Fe_{0,34}³⁺Fe_{0,12}²⁺)_{6,00}(BO₃)₃(Si_{5,83}Al_{0,10})_{5,93}O₁₈(OH)₄; упрощенная: (Ca, Na)(Fe, Mg, Ti)₅(Al, Mg, Fe)₆(BO₃)₃Si₆O₁₈(OH)₄.

Д. Грайс и Т. Эрикст [2] приводят эмпирические формулы без данных хим. анализа: 1 – (Ca_{0,60}Na_{0,40})_{1,0}(Fe_{1,39}Fe_{0,15}³⁺Mg_{0,63}Al_{0,83})_{3,00}(Al_{3,95}Mg_{1,14}Ti_{0,40})_{6,00}; 2 – (Ca_{0,60}Na_{0,39} × K_{0,01})_{1,00}(Fe_{1,16}Mg_{0,69}Al_{0,58}Fe_{0,56}³⁺Mn_{0,01})_{3,00}(Al_{4,09}Mg_{1,35}Fe_{0,27}³⁺Fe_{0,29}²⁺)_{6,00}.

Нахожд. Найден на о-ве Кювье (Новая Зеландия) в турмалинизированной породе, образовавшейся при воздействии гидротерм на породообразующие алюмо- и железо-магнезиальные силикаты. Составляет примерно 30% этой породы. Находится в ассоциации с кварцем, микроклином, хлорапатитом и пиритом.

Межплоскостные расстояния ферувита из Новой Зеландии [1]

FeK_α-излучение, Mn-фильтр, D = 114,6 мм

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
110	1	8,00	511	2	2,353	262	<1	1,698
101	4	6,43	600	<1	2,308	603	3	1,669
021	2	5,02	502	2	2,200	271	2	1,649
300	2	4,63	431	2	2,172	550	4	1,600
211	6	4,24	303	2	2,141	461	1	1,553
220	6	4,00	422	<1	2,124	722	1	1,537
012	6	3,50	223	1	2,068	054	3	1,517
131	<1	3,39	152	5	2,051	244	<1	1,490
410	<1	3,028	161	<1	2,028	514	3	1,465
122	8	2,979	440	<1	2,000	740	4	1,439
321	1	2,909	342	4	1,928	205; 434; 633	2	1,417
312	1	2,636	701	<1	1,907	10.01	2	1,363
051	10	2,586	413	1	1,886	912	1	1,350
042	<1	2,503	621	2	1,857	704; 553	3	1,336
241	<1	2,462	333	1	1,791	10.10	2	1,317
003	1	2,416	024	<1	1,752	903	<1	1,299
232	1	2,388	072	<1	1,739	505	3	1,283

Л и т е р а т у р а

1. Grice J.D., Robinson G.W. // Canad. Miner. 1989. Vol. 27, pt 2. P. 199.

2. Grice J.D., Erick T.S. // Geol. Assoc. Canada Annu. Meet. Program Abstr. 1990. Vol. 15. P. A51.

СТРУКТУРА ТИПА ЛОВОЗЕРИТА

ГРУППА ЛОВОЗЕРИТА

Ранее в группе описаны (т. III, вып. 2, с. 198): ловозерит, цирсиналит, казаковит, коашвит, имандрит (без структурных данных), тисиналит и комбит (отнесен условно).

	Сингония	a_0	b_0	c_0	β	Уд.в.
Имандрит* $\text{Na}_{12}\text{Ca}_3\text{Fe}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]_2$	Ромб.	10,331	10,546	7,426	—	2,93
Петарасит $\text{Na}_5\text{Zr}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}](\text{Cl}, \text{OH}) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Монокл.	10,795	14,493	6,623	113,21°	2,88

Имандрит* Imandrite



Описание свойств и условий нахождения см. т. III, вып. 2, с. 210. Ниже приводятся новые структурные данные [1].

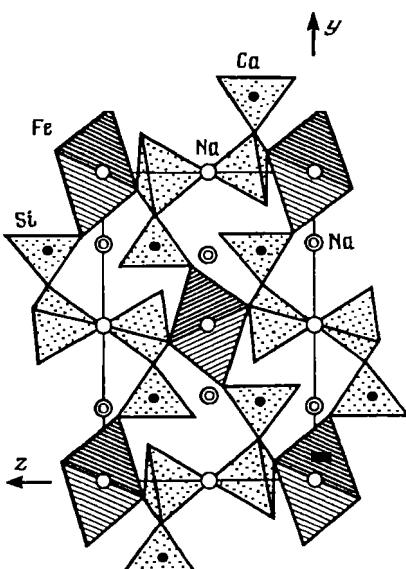
Ромб. с. $D_{2h}^{12} - Pn\bar{m}$. $a_0 = 10,331$, $b_0 = 10,546$, $c_0 = 7,426 \text{ \AA}$; $V = 809,07 \text{ \AA}^3$; $a_0 : b_0 : c_0 = 0,9796 : 1 : 0,7042$; $Z = 1$.

Главная особенность структуры – специфическое шестичленное "ловозеритовое" кольцо $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$. Изолированные кольца $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$ объединены Fe^{3+} -октаэдрами, каждый из которых связан с шестью кольцами, в результате чего формируется ажурная трехмерная вязь – бесконечный анионный радикал смешанного типа $\{\text{M}[\text{Si}_6\text{O}_{18}]\}$, конкретизирующийся в виде $\{\text{Fe}^{3+}[\text{Si}_6\text{O}_{18}]\}^9^-$ (фиг. 66). В таком "псевдокаркасе" у каждого Si -тетраэдра остается свободной одна вершина, насыщаемая недостающими положительными валентностями только за счет одно- и двухвалентных катионов. Мотив размещения крупных катионов практически полностью совпадает с ловозеритовым: "штабельная" (Белов, 1976) укладка Na -колонок, идущих вдоль трех взаимно перпендикулярных направлений. Отличается от ловозерита окружением кремнекислородного кольца M -октаэдрами: катионы Fe^{3+} и центры тяжести $\text{Si}-\text{O}$ -кольца располагаются по объемноцентрированному мотиву, а плоскости колец примерно параллельны пересекающимся плоскостям (011) и $(0\bar{1}1)$.

Межатомные расстояния (в \AA): в кремнекислородных тетраэдрах $\text{Si}(1)-\text{O} = 1,57-1,64$, $\text{O}-\text{O} = 2,56-2,73$, $\text{Si}(2)-\text{O} = 1,56-1,66$, $\text{O}-\text{O} = 2,58-2,69$; в Fe^{3+} -октаэдрах $\text{Fe}-\text{O} = 2,11-2,15$, $\text{O}-\text{O} = 2,82-3,19$, $\text{Ca}-\text{O} = 2,28-2,48$, $\text{O}-\text{O} = 2,82-4,74$; в Na -полиэдрах $\text{Na}(1)-\text{O} = 2,28-2,72$, $\text{Na}(2)-\text{O} = 2,49-2,82$, $\text{Na}(3)-\text{O} = 2,65-2,69$; углы: $\text{Si}-\text{O}-\text{Si} = 103-111$, $111-116,9$; $106,7-117,6$; $105,8-109,7^\circ$ при атомах $\text{O}(6)$, $\text{O}(5)$, $\text{O}(3)$, $\text{O}(2)$ соответственно.

Фиг. 66. Структура имандрита (по Черницовой и др.)

Fe -октаэдры и кольца $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$ показаны в торцевой проекции



Изоструктурен с синтетическими соединениями $\text{Na}_6\text{CdSi}_6\text{O}_{18}$ [2] и $\text{Na}_6\text{Mn}_3\times\text{Si}_6\text{O}_{18}$ [3].

Межплоскостные расстояния ямандрита из Жабина [4]

Си-излучение, Ni-фильтр. Дифрактометр

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
110	10	6,08	151	7	1,999	363; 532	10	1,324
020	10	5,26	313	7	1,971	336; 156	24	1,312
120	15	4,29	400	70	1,853	540; 180	13	1,296
121	30	3,97	234	10	1,812	174	7	1,281
200	50	3,73	035	17	1,784	543; 218	6	1,210
031	60	3,33	314	9	1,768	525; 365	13	1,177
122; 013	24	3,29	412; 006	7	1,725	471	6	1,162
130	4	3,19	225	13	1,707	318; 446	6	1,138
202	10	3,02	062	9	1,661	176; 640	7	1,122
221	13	2,92	162	17	1,624	291	7	1,111
123	20	2,69	235	6	1,608	383; 366	6	1,101
040	100	2,63	315	7	1,568	642	6	1,094
004	24	2,59	325	50	1,520	563	6	1,077
231	9	2,48	441	20	1,501	293; 634	6	1,063
042; 311	13	2,35	433	4	1,485	186; 392	4	1,037
232	4	2,29	171; 017	7	1,463	635; 730	3	1,016
142; 320	7	2,24	172; 361	10	1,419	723	10	0,9956
240	9	2,16	271	9	1,384	580	6	0,9856
204	20	2,16	255	10	1,373	0.10.4	5	0,9767
051	15	2,07	503; 354	7	1,364	287	6	0,9500

Л и т е р а т у р а

- Черницова Н.М., Пудовкина З.В., Воронков А.А., Илюхин В.В., Пятенко Ю.А. // ДАН СССР. 1987. Т. 252, № 3. С. 618.
- Симонов М.А., Егоров-Тисменко Ю.К., Белов Н.В. // Там же. 1967. Т. 175, № 1. С. 80.
- Отрощенко Л.П., Симонов В.И., Белов Н.В. // Там же. 1973. Т. 208, № 4. С. 845.
- Хомяков А.П., Черницова Н.М., Сандромирская С.М., Васильева Г.Л. // Минерал. журн. 1979. Т. 1 № 1. С. 89.

Петарасит Petarasite

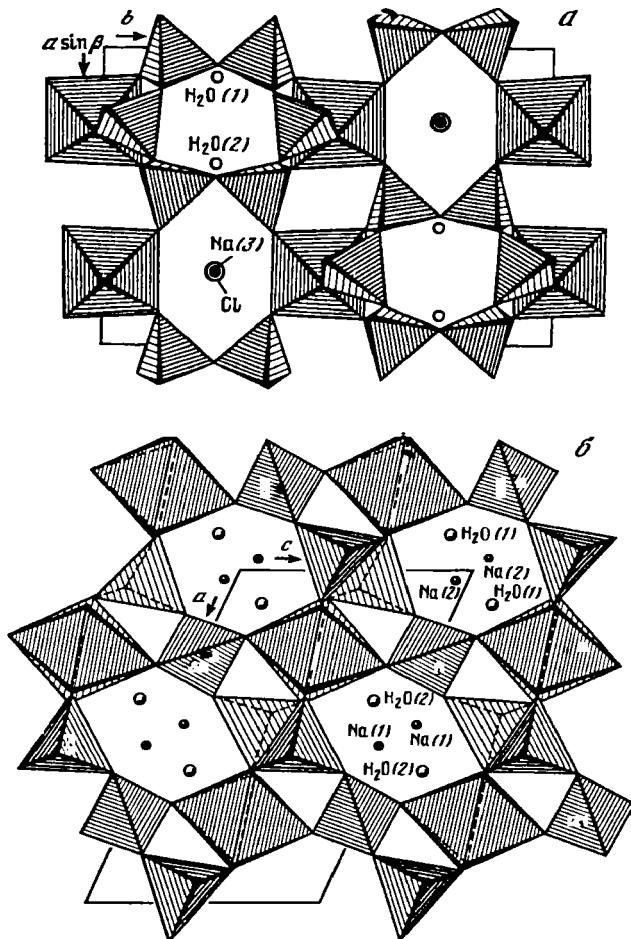


Назван в честь канадского минералога-любителя Петера Тарасова из Квебека [1]. Первоначальное название – "минерал UK-42" [2].

Характ. выдел. Кристаллы (до 6,5 см в длину), неправильные зерна (до 1 см псевдоморфозы (до 2 см) [1–6].

Структ. и морф. крист. Монокл. с. Пр. гр. $C_{2h}^2 - P2_1 / m$ [7], $C_{2h}^3 - C2 / m$ [4]. $Z = 2$.

a_0	b_0	c_0	β	$a_0 : b_0 : c_0$	V	Место-нахождение	Ссылка
10,791	14,505	6,626	113,21°	0,7439 : 1 : 0,4568	953,2	Сент-Илер	[1]
10,7956	14,4928	6,6229	113,214	0,7448 : 1 : 0,4569	952,3	Там же	[7]
10,785	14,492	6,627	113,12	0,7442 : 1 : 0,4572	952,6	Хибины	[4]



Фиг. 67. Структура петарасита (по Гозу и др.)
а – проекция вдоль оси *c*; б – проекция вдоль оси *b*

Основу структуры [4, 7] составляет трехмерная постройка из Zr-октаэдров и Si-тетраэдров. Кремнекислородный радикал представлен шестичленным кольцом $[Si_6O_8]$ (по Ф. Либау, 1988), неразветвленным изолированным кольцом) (фиг. 67). Кольца почти плоские (в отличие от конфигурации "кресла" в структуре ловозерита), скрепляются Zr-октаэдрами, соединяющими четыре кольца. На два из них октаэдр опирается ребрами, замыкая "диортогруппу", благодаря чему образуются каналы ($3,5 \times 5,5 \text{ \AA}$), параллельные осям *b* и *c*. В последних, ограниченных Si-тетраэдрами, располагаются ионы Na(3), Cl и группы OH (см. фиг. 67, а); в каналах, параллельных оси *b*, – Na(1), Na(2) и две молекулы H_2O (см. фиг. 67, б).

К.ч. Na = 7. Ионы Cl и группы OH частично неупорядочены. Структура имеет ярко выраженный цеолитоподобный характер.

Межатомные расстояния (в \AA) [7]: в тетраэдрах $Si(1)-O = 1,604-1,629$; $O-O = 2,590-2,667$; $Si(2)-O = 1,604-1,638$; $O-O = 2,596-2,669$; $Si(3)-O = 1,590-1,635$; $O-O = 2,586-2,675$; в Zr-октаэдрах $Zr-O = 2,082-2,103$; $O-O = 2,902-3,099$; $Na(1)-O = 2,468-3,097$; $Na(1)-H_2O = 2,375$; $Na(1)-Cl = 2,885$; $Na(2)-O = 2,402-2,914$;

$\text{Na}(2)-\text{H}_2\text{O}(1) = 2,337$; $\text{Na}(2)-\text{Cl} = 2,951$; $\text{Na}(3)-\text{O} = 2,308-3,276$; $\text{Na}-\text{Cl}(1) = 3,109$; $\text{Na}(3)-\text{Cl}(2) = 3,520$; углы $\text{Si}-\text{O}-\text{Si}$ при $\text{O}(1) = 148,6$, при $\text{O}(4) = 135,1$, при $\text{O}(7) = 136,4$, при $\text{O}(9) = 154,5^\circ$.

Призм. кл. $C_{2h}-2/m$. $a : b : c = 0,7448 : 1 : 0,4569$ (рентгеновские данные).

Формы [5]:

	hkl	φ	ρ		hkl	φ	ρ
c	001	90,00°	23,21°		l	120	36,21°
b	010	0,00	90,00		t	210	-90,00
a	100	90,00	90,00		r	111	-27,74
m	110	55,64	90,00				27,30

Кристаллы призматические.

Физ. св. Сп. совершенная по (110), очень хорошая по (010) и хорошая по (001) [1, 3] и $\bar{1}21$ [6]. Изл. полураковистый [1], ступенчатый [6]. Тв. около 5–5,5 [1]. Микротвердость 375–445 кгс/мм² [6]. Уд.в. 2,88 (вычисл. 2,85) [1] и 2,93 (вычисл. 2,88) [6]. Цв. оранжевый; от светло-желтого до темно-зеленовато-желтого; очень редко от розового до фиолетового – у минерала из Сент-Илер [1–3]; от интенсивно-желтого до бледно-желтого – из Хибин [6]. Непрозрачный, полупрозрачный, прозрачный. Бл. стеклянный до жирного [1, 3, 6]. Черта белая. В ультрафиолетовых лучах не люминесцирует [1].

ИК-спектр характеризуется полосами (в см⁻¹) [1]: 3630 и 3520 (валентные колебания OH); широкой полосой с центром 3300 (валентные колебания H₂O); 1682 и 1600 (деформационные колебания H₂O); 1365, 1338, 1095, 1065, 1040, 995, 965, 950, 902, 770 (валентные, наличие в структуре кольцевых элементов), 720, 695, 665, 653, 535, 510, 485, 438, 396.

Микр. Плеохроирует в зеленовато-желтых тонах: по Np – бесцветный, по $Nm = Ng$ – светло-зеленовато-желтый. $Np < Nm = Ng$. Двусный (+). $Np = b$, $cNg = 41,5^\circ$ в минерале из Сент-Илера [1] и около 45° из Хибин [6].

n_g	n_m	n_p	$n_g - n_p$	$2V$	Местонахождение	Ссылка
1,632	1,598	1,596	0,036	29°	Сент-Илер	[1]
1,632	1,599	1,597	0,035	33	Хибины	[6]

Дисперсия слабая, $r < v$ [1].

Хим. Анализы (микрозонд.):

	1	2	3		1	2	3
Na ₂ O	17,3	17,4	17,88	ZrO ₂	29,5	30,0	22,28
K ₂ O	0,25	0,04	Не опр.	Cl	2,04	2,5	4,05
CaO	0,88	0,49	"	H ₂ O	7,09*	5,91*	4,36**
SiO ₂	42,9	42,1	42,23	-O = Cl ₂	0,46	0,56	0,91
TiO ₂	0,07	Не обн.	Не опр.	Сумма	99,57	97,88	97,90

* Потеря веса на ТГА за вычетом Cl (до 1100°).

** Рассчитано по теоретической формуле.

1, 2 – из Сент-Илера: 1 – зеленовато-желтый (среднее из 5 анализов) [1], 2 – коричневый [5]; 3 – гора Рестиньон (Хибинский массив) [6].

Эмпирические формулы (на 6 Si и 18 атомов O):

1 – $(\text{Na}_{4,69}\text{Ca}_{0,13}\text{K}_{0,05})(\text{Zr}_{2,03}\text{Ti}_{0,01})\text{Si}_6\text{O}_{18}(\text{OH})_{0,60}\text{Cl}_{0,98} \cdot 3,01\text{H}_2\text{O}$;

2 – $(\text{Na}_{4,81}\text{Ca}_{0,08}\text{K}_{0,01})\text{Zr}_{2,09}\text{Si}_6\text{O}_{18}\text{Cl}_{0,61}(\text{OH})_{0,02}\text{O}_{0,37} \cdot 2,8\text{H}_2\text{O}$.

Часть Na замещается на K и Ca; Zr – на Ti.

Кристаллоструктурным анализом [7] установлены только две молекулы H₂O.

Предполагается, что избыток воды в эмпирической формуле обусловлен присутствием абсорбционной воды, что согласуется с термическими и ИК-спектроскопическими исследованиями [1].

Повед. при нагр. На кривой ТГА фиксируется двухступенчатая потеря веса в интервалах 250–830° (6,24%) и 830–1100° (3,19%), связанная соответственно с удалением молекулярной воды и (Cl, OH).

Выше 750° происходит разложение минерала с образованием паракелдышита при 1100° [1].

Найдж. Впервые в виде изометричных зерен в небольших количествах установлен в биотит-микроклиновом ксенолите среди нефелиновых сиенитов в Сент-Илер (Квебек, Канада) в ассоциации с биотитом, цирконом и апатитом [1, 2]. Там же описан в виде хорошо образованных кристаллов, нередко двухконечных, и коричневых псевдоморфоз октаэдрического облика по неустановленному протоминералу [3, 5]. Крупные кристаллы часто покрыты тонкопластинчатым бледно-серым непрозрачным катаплелитом. Изредка встречаются прозрачные розовато-фиолетовые клиновидные кристаллы в пустотах в содалитовом ксенолите вместе с эвдиалитом, содалитом и эгирином [3].

На горе Рестиньюн (Хибинский массив) обнаружен в незначительных количествах в псевдоморфозах по эвдиалиту совместно с эльпидитом и флюоритом в пегматоидных натролит-альбит-эгириновых породах с эвдиалитом [6].

Межплоскостные расстояния петарасита из Сент-Илера, Квебек (Канада) [1]

CuK_α-излучение, D = 114,6 мм

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
020	70	7,25	022	5	2,805	080	5	1,814
001	40	6,09	40 $\bar{1}$	5	2,702	46 $\bar{1}$	5	1,800
11 $\bar{1}$	5	5,90	311; 400	10	2,481	602; 44 $\bar{1}$	5	1,774
200	15	4,96	40 $\bar{2}$	5	2,456	44 $\bar{3}$	5	1,753
021	10	4,66	151	5	2,430	55 $\bar{1}$	20	1,729
130	5	4,34	420	10	2,346	600	5	1,653
220	100	4,10	061; 35 $\bar{1}$	5	2,242	40 $\bar{4}$	10	1,611
13 $\bar{1}$	10	3,868	20 $\bar{3}$	5	2,206	422; 11 $\bar{4}$	10	1,594
31 $\bar{1}$	10	3,451	260; 26 $\bar{1}$	10	2,171	153; 082	5	1,559
310; 20 $\bar{2}$	30	3,220	51 $\bar{1}$	5	2,129	46 $\bar{3}$; 55 $\bar{3}$	5	1,542
002	30	3,041	22 $\bar{3}$	5	2,110	48 $\bar{1}$; 640	5	1,505
221	5	2,981	440; 35 $\bar{2}$	10	2,045	64 $\bar{3}$; 024	10	1,491
240; 24 $\bar{1}$	100	2,924	44 $\bar{2}$; 003	5	2,030	55 $\bar{1}$	5	1,467
33 $\bar{1}$	5	2,861	242	10	1,899	73 $\bar{1}$; 19 $\bar{2}$	5	1,447

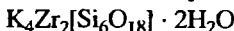
Литература

- Chao G.Y., Chen T.T., Baker J. // Canad. Miner. 1980. Vol. 18, pt 4. P. 497.
- Chao G.Y., Baker J. // Miner. Rec. 1979. Vol. 10, N 2. P. 99.
- Horvath L., Gault R.A. // Ibid. 1990. Vol. 21, N 4. P. 329.
- Хомяков А.П., Куррова Т.А., Шумяцкая Н.Г. // ДАН СССР. 1981. Т. 257, № 3. С. 622.
- Perrault G., Chao G.Y., Chen T.T. // Canad. Miner. 1981. Vol. 19, pt 3. P. 411.
- Хомяков А.П. Минералогия ультраагпайтовых щелочных пород. М.: Наука. 1990. 200 с.
- Ghose S., Wan Cheng, Chao G.Y. // Canad. Miner. 1980. Vol. 18, pt 4. P. 503.

С Т Р У К Т У Р А Т И П А К О С Т Ы Л Е В И Т А

	Сингония	a_0	b_0	c_0	β	Уд.в.
Костылевит $K_4Zr_2[Si_6O_{18}] \cdot 2H_2O$	Монокл.	13,171	11,727	6,565	105,26°	2,74

Костылевит Kostylevite



Назван в память о выдающемся русском минералоге Е.Е. Костылевой (1894–1974). Диморфен с умбитом [1].

Характ. выдел. Короткопризматические кристаллы (от 0,1 до 1 мм) [2, 3].

Структ. и морф. крист. Монокл. с. $C_{2h}^5 - P2_1 / a$. $a_0 = 13,171$, $b_0 = 11,727$, $c_0 = 6,565 \text{ \AA}$; $\beta = 105,26^\circ$; $a_0 : b_0 : c_0 = 1,1231 : 1 : 0,5598$; $V = 978,2 \text{ \AA}^3$; $Z = 2$ [1, 2].

Характерный элемент структуры – кольца из шести кремнекислородных тетраэдров $[Si_6O_{18}]$ (фиг. 68,а) в отличие от бесконечных цепей $[Si_3O_9]$ в структуре умбита [2]. Каждое из двух колец, приходящихся на ячейку, опирается на шесть Zr-октаэдров, причем каждый Zr-октаэдр связан только с тремя кольцами, формируя каркас смешанного типа $\{Zr_2[Si_6O_{12}]\}$. Вдоль оси c в каркасе образуются широкие каналы, придающие структуре цеолитоподобный характер (см. фиг. 68,б). Половина атомов калия – K(1) и молекулы H_2O размещаются в каналах, а другая половина – K(2) заселяет крупные полости между трансляционно-идентичными вдоль оси c кольцами $[Si_6O_{18}]$. Независимая часть ячейки содержит один атом Zr, 3Si, 2K и 10 атомов O, один из которых принадлежит молекуле H_2O . Простейшая формула: $K_2ZrSi_3O_9 \cdot H_2O$ (Флейшер, 1990; Семенов, 1991). Координационный полиэдр для Zr – почти идеальный октаэдр. Крупные катионы K(1) и K(2) имеют к.ч. = 8 и 9 соответственно.

Межатомные расстояния (в \AA): Si–O = 1,59–1,65; O–O = 2,63–2,65; Zr–O = 2,04–2,09; K(1)–O = 2,76–3,21; K(2)–O = 2,90–3,37.

Призм. кл. $C_{2h}-2/m(L_2PC)$.

Формы (вычислены по рентгеновским данным) [1]:

	φ	ρ		φ	ρ
c	001	90°00'	15°26'		
b	010	0 00	90 00	n	110 42°44'
a	100	90 00	90 00	p	011 26 15 31 58

Кристаллы призматического габитуса вытянуты по оси c . Границы (010) и (011) присутствуют не всегда. Характерны простые двойники по (100) [1].

Физ. св. Сп. совершенная по (110). Тв. около 5. Микротвердость 428–535 кгс/мм². Уд.в. 2,74 (вычисл. 2,79). Бесцветный, водяно-прозрачный. Бл. стеклянный.

На ИК-спектре фиксируются сильные полосы поглощения молекул H_2O в области 1680 и 3340 см⁻¹ [1].

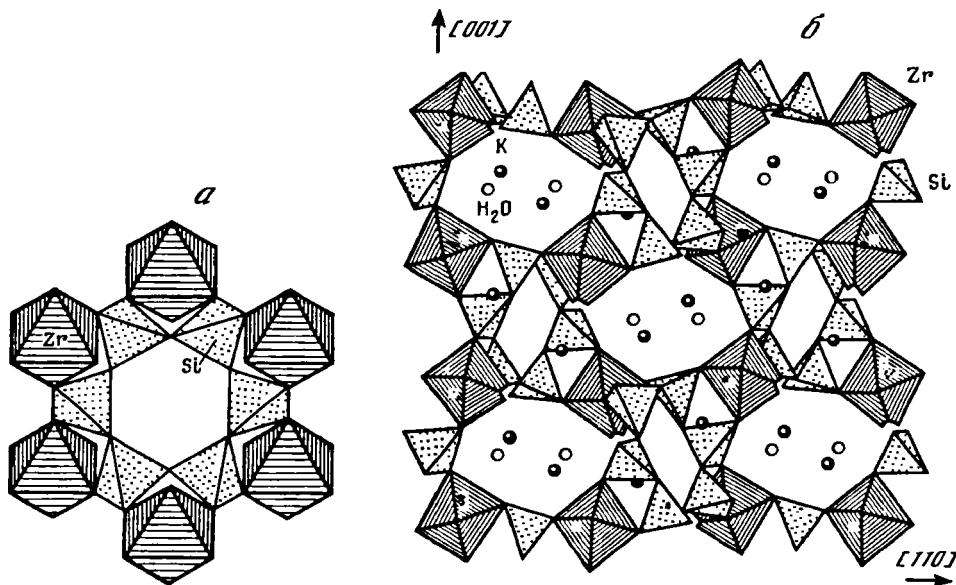
Микр. Двухосный (+). $Np = b$, $cNm \approx cNg \approx 45^\circ$. $n_g = 1,610$, $n_m = 1,598$, $n_p = 1,595$; $2V = 48^\circ$. Дисперсия слабая, $r < v$ [1].

Хим. Теор. состав: $K_2O - 22,66$; $ZrO_2 - 29,64$; $SiO_2 - 43,37$; $H_2O - 4,33$.

Анализ (микрозонд., среднее из анализов 2 зерен, в пересчете на 100 мас.%): $K_2O - 23,33$; $Fe_2O_3 - 0,02$; $SiO_2 - 44,27$; $ZrO_2 - 25,18$; $HfO_2 - 0,64$; $TiO_2 - 2,17$; $H_2O - 4,39$ (вычислена для формулы $K_2ZrSi_3O_9 \cdot H_2O$); сумма 100,00.

Эмпирическая формула: $K_2(Zr_{0,87}Ti_{0,12}Hf_{0,01})Si_3O_9 \cdot H_2O$.

Диагн. исп. Разлагается в холодной 10%-ной HCl.



Фиг. 68. Структура костылевита (по Илюшину и др.)

a – основной структурный элемент каркаса – группировка из шести Zr-октаэдров и кольца $[Si_6O_{18}]$, проекция на плоскость $(\bar{1}21)$; *b* – проекция на плоскость (110)

Нахожд. Обнаружен вместе с умбитом и вадеитом в керне одной из скважин, пробуренных в долине р. Вуоннемиок (Хибинский массив), в прожилке, секущем пойкилитовые нефелиновые сиениты. Прожилок сложен крупными кристаллами калиевого полевого шпата, в интерстициях которого находятся агрегаты эгирина, а также пектолит, натролит, арктит, тенардит, расвумит, галенит, молибденит, галит и виллиомит. В тесных срастаниях вадеита, умбита и костылевита встречаются ретики эвдиалита в виде зерен неправильной формы. Иногда призматические бесцветные кристаллы костылевита нарастают на пластинчатые выделения и кристаллы умбита. Минерал поздний, гидротермальный, кристаллизовался в специфических условиях ультравысокой щелочности [1, 4].

Отл. От умбита отличается по структуре, рентгеновским, оптическим и физическим свойствам.

Межплоскостные расстояния костылевита из Хибинского массива [1]

CuK α -излучение, D = 114,6 мм

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
200	47	6,42	600	5	2,118	603; 760	4	1,3301
020	31	5,86	003; $\bar{3}13$;	17	2,091	850; $\bar{9}23$	7	1,3150
210; 011	60	5,60	610			841	7	1,3025
$\bar{2}01$	31	5,24	521; $\bar{3}51$	13	2,031	672; 363	7	1,2906
111	4	4,74	402	5	1,999	344; $\bar{9}51$	5ш	1,2411
$\bar{1}21$; 021	17	4,320	441; 242	7	1,936	681	5	1,2178
310	17	4,008	423; $\bar{6}31$	20	1,912	392	3	1,1904
			$\bar{3}33$; 061; 601	11	1,865			

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
130	15	3,745	352; 161; 152	8	1,829	871	7	1,1746
320	20	3,440	133; 432	15	1,780	10.5.1.	4	1,1468
131; 230; 031	53	3,336	641; 452	17	1,750	574	5	1,1327
401; 202	12	3,195	550	7	1,726	683	3	1,1219
411; 212; 410	100	3,087	313; 731	7	1,697	5.10.1;	4	1,0318
040	16	2,940	623	13	1,671	11.5.3		
140	27	2,862	730; 801	8ш	1,644	265	5	1,0127
222	53	2,802	004; 602	12	1,582	11.6.0	3	0,9949
141; 041	12	2,666	371; 271	11	1,548	5.11.0	4	0,9831
402; 122	23	2,606	742; 514;	5	1,527	5.10.4; 584	3	0,9327
241	11	2,557	622; 423			963; 1.12.3	3	0,9262
510; 232	12	2,476	643	5	1,495	346; 12.3.5	2	0,9174
422	8	2,390	651; 180; 372	16	1,458	14.0.0	3	0,9076
332	8	2,350	811; 363; 214	5	1,441	14.4.2;	2	0,8952
250	8	2,207	181; 741	5	1,429	13.6.1		
440; 611	7	2,154	544; 314; 234	8	1,361	2.13.1	2	0,8891

Л и т е р а т у р а

- Хомяков А.П., Воронков А.А., Полежаева Л.И., Смольянинова Н.Н. // Зап. ВМО. 1983. Ч. 117 вып. 4. С. 469.
- Илюшин Г.Д., Хомяков А.П., Шумяцкая Н.Г., Воронков А.А., Невский Н.Н., Илюхин В.В. Белов Н.В. // ДАН СССР. 1981. Т. 256, № 4. С. 860.
- Хомяков А.П. Минералогия ультраагпайтовых щелочных пород. М.: Наука, 1990. 200 с.
- Соколова М.Н. Типоморфизм минералов ультраагпайтовых ассоциаций. М.: Наука, 1986. 118 с.

С Т Р У К Т У Р А Т И П А Б А Р А Т О В И Т А**ГРУППА БАРАТОВИТА**

Сингония	<i>a</i> ₀	<i>b</i> ₀	<i>c</i> ₀	α	β	γ	Уд.в	
Баратовит KLi_3x $\times Ca_7Ti_2[Si_6O_{18}]_2F_2$	Монокл.	16,941	9,746	20,907	–	112,5°	–	2,92
Катаямалит KLi_3x $\times Ca_7Ti_2[Si_6O_{18}]_2 \times$ $\times (OH, F)_2$	Трикл. Монокл.	9,721 16,923	16,923 9,721	19,942 20,909	91,43° –	104,15 112,40	89,94 –	2,91

Минералы объединены в группу по структурному сходству [1, 2]. При трансформации первоначально выбранной триклинной ячейки катаямалита [2] в моноклинную структуры становятся почти идентичными [3].

В связи со структурной и химической близостью предлагалось рассматривать катаямалит как OH-баратовит (Семенов, 1991). На основе недостатка F в химическом анализе предполагалось, что баратовит содержит OH, как и катаямалит, в связи с чем предлагалось один из минералов дискредитировать [3].

Л и т е р а т у р а

- Menchetti S., Sabelli C. // Amer. Miner. 1979. Vol. 64, N 3/4. P. 383.
- Kato T., Murakami N. // Miner. J. Jap. 1985. Vol. 12, N 5. P. 206.
- Baur W.H., Kassner D. // Europ. J. Miner. 1992. Vol. 4, N 4. P. 839.

Баратовит Baratovite
 $\text{KLi}_3\text{Ca}_7\text{Ti}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]_2\text{F}_2$

Назван по имени петрографа академика Таджикской АН Р.Б. Баратова [1].

Характ. выдел. Кристаллы размером $0,3 \times 0,3 \times 0,3$ мм, пластинчатые выделения $5 \times 2 \times 0,5$ см, мелкочешуйчатые изометричные скопления (около 1 см).

Структ. и морф. крист. Монокл. с. C_{2h}^6-C2/c . $a_0 = 16,941$, $b_0 = 9,746$, $c_0 = 20,907$ Å; $\beta = 112,50^\circ$; $V = 3189,1$ Å³; $Z = 4$ [2]; $a_0 = 16,90$, $b_0 = 9,79$, $c_0 = 20,91$ Å; $\beta = 112,5^\circ$; $a_0 : b_0 : c_0 = 1,737 : 1 : 2,149$; $V = 3179$ Å³ [3]; в другой установке: $a_0 = 16,953$, $b_0 = 20,916$, $c_0 = 9,752$ Å; $\gamma = 112,46^\circ$; $V = 3195,8$ Å³. Псевдогексагональная ячейка: $a_0 = 9,774$, $b_0 = 9,752$, $c_0 = 2 \times 19,336$ Å; $\alpha = 89,98$, $\beta = 89,97$, $\gamma = 119,85^\circ$; $Z = 4$ [3].

Изолированные шестичленные кольца расположены слоями, параллельными плоскости ab (фиг. 69, а), что определяет спайность кристаллов. Катионы также образуют слои из Ti- и Ca-октаэдров, Li находится в искаженном тетраэдре, K – в двенадцативершиннике (гексагональная призма). В трех из четырех независимых Ca-октаэдрах одна или две вершины заняты ионами F. Слои из Ca-октаэдров и Ti-Li-полиэдров расположены по обе стороны Si-O-кольца, образуя пакеты (см. фиг. 69, б). Слои Ti-Li-полиэдров представляют собой ажурную псевдогексагональную сетку [4]. Ионы K⁺ размещены в пустотах между Si-O-кольцами.

Согласно [2], позиция атомов F занята почти полностью, заметные количества в ней OH⁻ отсутствуют.

Средние межатомные расстояния (в Å) по [2]: Si-O = 0,618; Ti-O = 1,945; Li-O = 1,908; K-O = 3,140. Межатомные расстояния (в Å) Ca-F в Ca-октаэдрах короче, чем Ca-O: 2,297–2,336 и 2,380–2,466 соответственно.

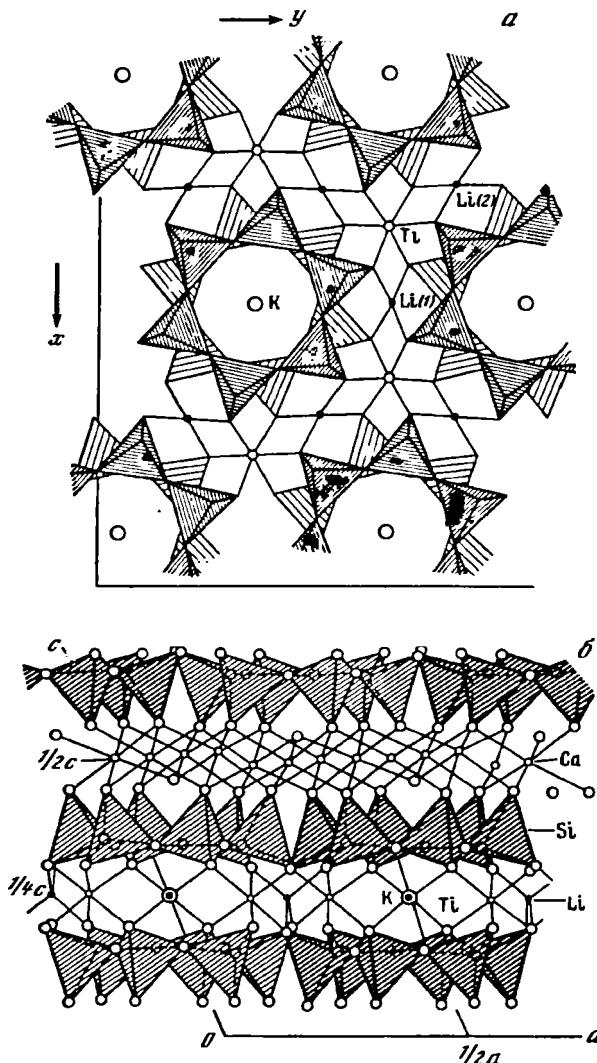
Физ. св. Сп. по (001) совершенная [1]. Отдельность в виде неправильных кубов. Хрупок. Тв. 3,5. Уд.в. 2,92 (вычисл. 2,912 [2], 2,83 [3]). Бесцветный, в скоплениях перламутрово-белый. На ИК-спектре наблюдаются двойная полоса поглощения с максимумами 1108 и 1010 см⁻¹, две интенсивные полосы с пиками 583 и 482 см⁻¹ (предположительно колебания связей Si-O₄), полоса около 690 см⁻¹ (связь Ti-O₆) [5]. Указывались [1] максимумы поглощения 1085, 950, 470 и 445 см⁻¹. Фосфоресцирует в ультрафиолетовых лучах [6].

Микр. [1]. Под микроскопом бесцветный. В сечениях || (001) изотропный, ⊥ (001) слабо двупреломляет. Двусный (+). Пл. опт. осей субперпендикулярна (001). Угол Np с нормалью к (001) около 50°. $n_g = 1,673$, $n_m = 1,672$, n_p не опр.; $2V = 60^\circ$. Дисперсия сильная, $r > v$.

Хим. Теор. состав: K₂O – 3,39; Li₂O – 3,23; CaO – 28,30; Ti₂O – 11,52; Si₂O – 51,97; F – 2,74.

Анализ (анал. Быкова) [1]: Li₂O – 2,05; K₂O – 2,96; Na₂O – 0,70; CaO – 30,36; MnO – 0,12; Fe₂O₃ – 0,50; TiO₂ – 9,55; ZrO₂ – 2,28; SiO₂ – 50,46; Nb₂O₅ – 0,72; F – 1,05; –O = F₂ – 0,44; сумма 100,31. Соответствует формуле $\text{KLi}_2\text{Ca}_8\text{Ti}_2\text{Si}_{12}\text{O}_{37}\text{F}$, отличной от установленной позже [2, 3] в результате структурного изучения минерала.

Найдж. Обнаружен в щелочном массиве Дара-Пиоз в Таджикистане как акцессорный минерал кварц-альбит-эгириновых пегматоидных прожилков, связанных с вмещающими кварц-эгириновыми сиенитами. Встречен также в альбититах этих сиенитов. Ассоциирует с мизеритом, эканитом и сфером [1].



Фиг. 69. Структура баратовита (по Менчetti и Сабелли)

a – проекция вдоль оси z , кольца $[Si_6O_{18}]$ заштрихованы; b – проекция вдоль оси b (на высоте $1/2c$ – слой Ca -октаэдров, на $1/4c$ – атомы Li , Ti и K)

Межплоскостные расстояния баратовита из Таджикистана [1]

Fe-излучение, Mn-фильтр, $D = 57,3$ мм

I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
3	4,81		4	3,54	008	20	2,41
1	4,63		1	3,41	00,10	17	1,92
2	4,22	006	100	3,22		3	1,83
1	4,09		3	3,10		1	1,73
1	3,86		5	3,02		1	1,71
2	3,68		2	2,95		4	1,60
0,5	3,61		3	2,87		4	1,49

Л и т е р а т у р а

1. Дусматов В.Д., Семенов Е.И., Хомяков А.П., Быкова А.В., Джрафаров Н.Х. // Зап. ВМО. 1975. Ч. 104, вып. 5. С. 580.
2. Menchetti S., Sabetti C. // Amer. Miner. 1979. Vol. 64, N 3/4. P. 383.
3. Сандромирский П.А., Симонов М.А., Белов Н.В. // ДАН СССР. 1976. Т. 231, № 3. С. 615.
4. Белов Н.В., Белова Е.Н. // Минерал. сб. Львов. 1978. № 32, вып. 1. С. 3.
5. Поваренных А.С. // Минерал. журн. 1979. Т. 1, № 2. С. 3.
6. Murakami N., Kato T., Hirowatari F. // Miner. J. Jap. 1983. Vol. 11, N 6. P. 261.

Катаямалит Katayamalite
 $\text{KLi}_3\text{Ca,Ti}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]_2(\text{OH}, \text{F})_2$

Назван по имени выдающегося минералога Японии проф. Н. Катаяма [1].

Синон. OH-баратовит (Семенов, 1991). Первоначально принимался за клиноцизит [2].

Характ. видел. Зерна размером $(0,01\text{--}0,2) \times (0,1\text{--}0,5)$ мм, тонкозернистые скопления [1], кристаллы до $0,27 \times 0,20 \times 0,13$ мм [3].

Структ. и морф. крист. Трикл. с. $C\bar{1}$. $a_0 = 9,721$, $b_0 = 16,923$, $c_0 = 19,942$ Å; $\alpha = 91,43$, $\beta = 104,15$, $\gamma = 89,94^\circ$; $V_0 = 3180,0$ Å³; $Z = 4$ [3]. Монокл. с. $C_{2h}^6 - C2/c$. $a_0 = 16,923$, $b_0 = 9,721$, $c_0 = 20,909$ Å; $\beta = 112,40$, [4] (см. Введение к группе).

В отличие от баратовита в позиции дополнительных анионов (ОН, F) преобладают OH-группы. Понижение симметрии до триклинической – следствие незначительной деформации слоев Ca-октаэдров и отклонения некоторых атомов кислорода Si-O-кольца от аналогичных позиций в моноклинической структуре баратовита [3] (фиг. 70).

Средние межатомные расстояния (в Å) близки таковым в баратовите: Si–O = 1,61; Ti–O = 1,93; Li–O = 1,91; K–O = 3,13; Ca–O лежат в пределах 2,36–2,48; Ca–O(OH) – 2,40; Ca–OH – 2,31–2,35.

Кристаллы таблитчатые, слабо изогнутые [1].

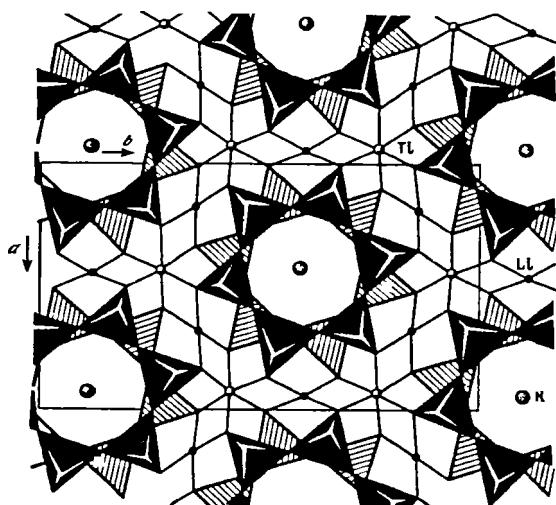
Физ. св. Сп. совершенная по (001). Тв. 3,5–4. Уд.в. 2,91 (вычисл. 2,899). Цв. бетый. Черта белая. Бл. стеклянный. В ультрафиолетовых лучах – яркое голубовато-белое свечение [1].

Микр. Бесцветный, со своеобразной интерференционной окраской. Сильная абсорбция, слабое двупреломление.

Двухосный (+). Угол N_g с нормалью к (001) – около 36°. $\nabla m \approx b$. $n_g = 1,677$, $n_m = 1,671$, $n_p = 1,670$; $n_g - n_p = 0,007$; 2V около 32°.

Дисперсия сильная, $r > v$. Параллельное двойникование по (001). Иногда обнаруживает слабую зональность вокруг включений зерен альбита [1].

Хим. [1]. Теор. состав: $\text{K}_2\text{O} - 3,40$; $\text{Li}_2\text{O} - 3,24$; $\text{CaO} - 28,39$; $\text{TiO}_2 - 11,55$; $\text{SiO}_2 - 52,12$; $\text{H}_2\text{O} - 1,30$.



Фиг. 70. Структура катаямалита в проекции вдоль оси c (по Като и Мураками); кольца $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$ заштрихованы

Анализ (микрозонд.): K₂O – 2,89; Na₂O – 0,22; Li₂O^{*} – 3,25; CaO – 28,25; MnO – 0,22; Fe₂O₃^{2*} – 0,29; TiO₂ – 10,99; SiO₂ – 52,31; H₂O^{3*} – 1,21; F – 0,34; –O = F₂ – 0,14; сумма 99,83.

* Метод пламенной фотометрии.

^{2*} Определено титрованием KMnO₄.

³ Термогравиметрический метод.

Спектральным анализом обнаружены очень малые или незначительные количества Al, Mg, Sn, Ba, Be и Р.

Эмпирическая формула: (K_{0,85}Na_{0,10})_{0,95}Li_{3,00}(Ca_{6,94}Mn_{0,04})_{6,98}(Ti_{1,90}Fe_{0,05})_{1,95} × Si_{12,00}O_{35,78}(OH_{1,85}F_{0,25})_{2,10} [1].

Нахожд. Встречен как акцессорный минерал (до 0,30–0,5 об. % пород) в эгириновом сиените на о-ве Иваки, преф. Эхиме на юго-западе Японии [1]. Сиенит образует небольшой шток в грубозернистом биотитовом граните. Переход от сиенита к граниту постепенный, через кварцевый сиенит и щелочной гранит, что свидетельствует о метасоматическом образовании сиенита по биотитовому граниту. Приурочен к меланократовой части породы. Наблюдается совместно с альбитом, эгирином, пектолитом, волластонитом и сугилитом, образующими включения в неизмененном катаямалите.

Межплоскостные расстояния катаямалита из Японии [1]

CuK_α-излучение

hkl	I	d(Å)	hkl	I	d(Å)
0,40; $\bar{2}\bar{2}1$; 132; $\bar{1}33$	15	4,14	334; $\bar{3}\bar{3}7$; $\bar{3}\bar{1}8$; $\bar{3}\bar{1}5$	15	2,185
$\bar{1}\bar{3}4$; 133	15	3,66	156; $\bar{1}57$	10	2,146
025; $\bar{2}05$; 203	20	3,48	$\bar{2}48$; $\bar{2}\bar{4}6$	10	2,108
$\bar{1}\bar{3}5$; 134	20	3,30	$\bar{1}\bar{7}5$; $\bar{3}\bar{5}6$	10	2,085
044; 006	100	3,23	$\bar{3}\bar{1}9$; $\bar{3}\bar{1}6$; 157; $\bar{1}58$	10	1,999
151; $\bar{1}52$; $\bar{2}\bar{4}3$; $\bar{2}\bar{4}1$; $\bar{2}06$; 204	30	3,06	0.0.10	40	1,933
$\bar{3}\bar{1}4$; $\bar{3}\bar{1}1$; 152; $\bar{1}53$	30	2,943	$\bar{1}\bar{7}7$; $\bar{1}76$	15	1,863
$\bar{2}\bar{4}4$; $\bar{1}\bar{3}6$; 135; $\bar{2}\bar{4}2$	30	2,898	$\bar{1}\bar{9}1$; $\bar{1}90$; 190; $\bar{4}\bar{6}2$; $\bar{1}91$; $\bar{4}\bar{6}2$	25	1,841
$\bar{3}\bar{1}5$; $\bar{3}\bar{1}2$; 153; $\bar{1}54$	20	2,730	$\bar{5}33$; $\bar{4}\bar{6}3$; $\bar{5}\bar{3}2$; 532; $\bar{1}\bar{9}2$; $\bar{5}33$; $\bar{4}\bar{6}1$		
$\bar{2}07$	15	2,702	0.4.10; $\bar{1}94$	10	1,740
$\bar{3}\bar{1}6$; $\bar{3}\bar{1}3$	15	2,558	$\bar{3}\bar{3}.11$; 338	10	1,641
008	30	2,417	4.0.11; 407	15	1,612
$\bar{3}\bar{1}7$; $\bar{3}\bar{1}4$	10	2,357	$\bar{2}\bar{6}.11$; $\bar{2}\bar{6}9$; $\bar{2}.1\bar{0}.5$	15	1,532
155; $\bar{1}56$	15	2,333	0.0.14	25	1,382
$\bar{2}\bar{4}7$; $\bar{2}\bar{4}5$	15	2,288			

Л и т е р а т у р а

1. Murakami N., Kato T., Hirowatari F. // Miner. J. Jap. 1983. Vol. 11, N 6. P. 261.
2. Taneda S. // Jap. J. Geol. Geogr. 1952. Vol. 22. P. 235.
3. Kato T., Murakami N. // Miner. J. Jap. 1985. Vol. 12, N 5. P. 206.
4. Baur W.H., Kassner D. // Europ. J. Miner. 1992. Vol. 4, N 4. P. 839.

СИЛИКАТЫ С ДЕВЯТИЧЛЕННЫМИ КОЛЬЦАМИ КРЕМНЕКИСЛОРОДНЫХ ТЕТРАЭДРОВ

СТРУКТУРА ТИПА ЭВДИАЛИТА

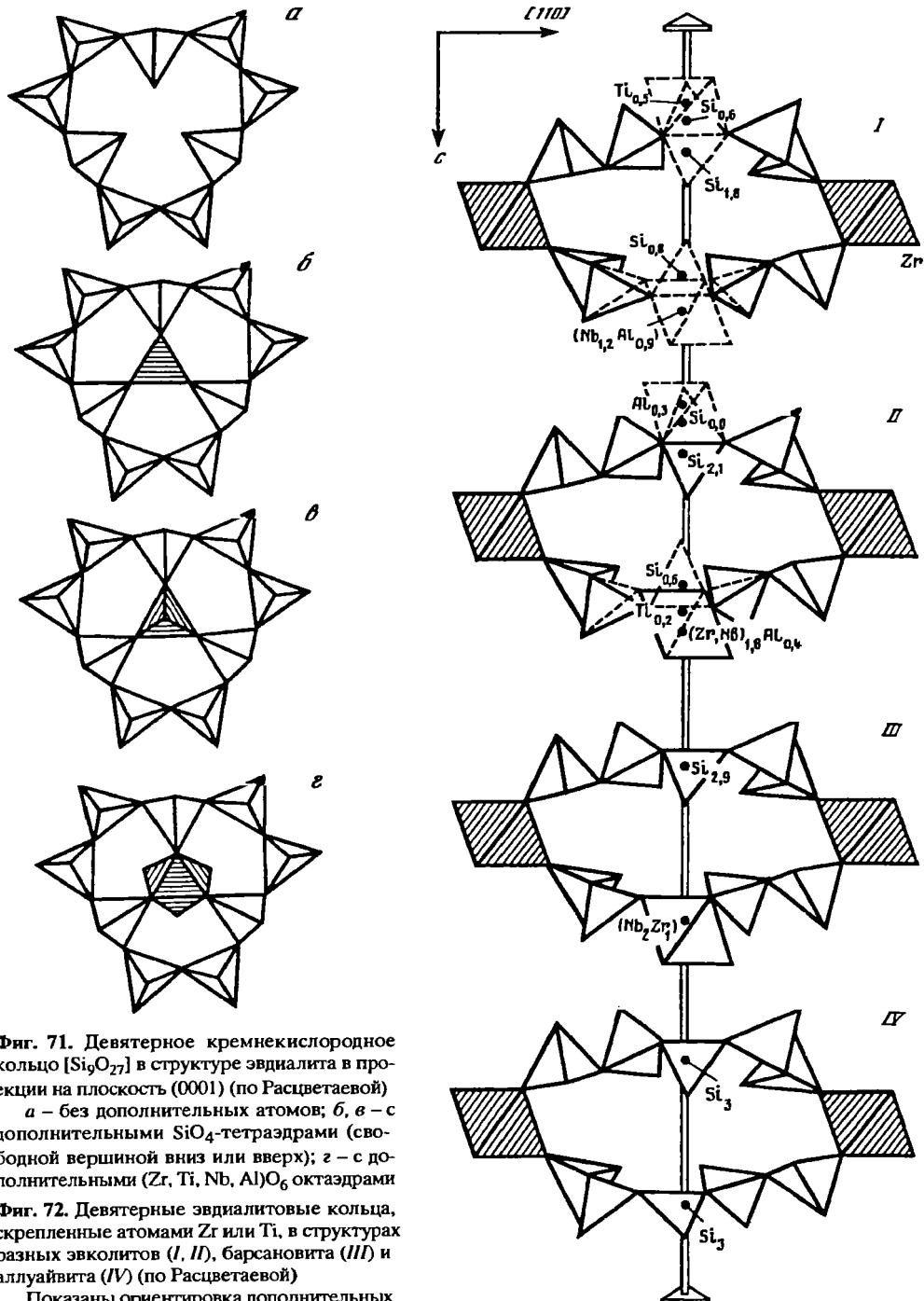
ГРУППА ЭВДИАЛИТА

Ранее со структурой этого типа был описан эвдиалит (т. III, вып. 2, с. 227).

	Сингония	a_h	c_h	Уд.в.
Аллуайвит $\text{Na}_{19} (\text{Ca}, \text{Mn})_6(\text{Ti}, \text{Nb})_3 \times$ $\times [\text{Si}_{10}\text{O}_{28}]_2[\text{Si}_3\text{O}_9]_2 \text{Cl} \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$	Триг.	14,046	60,60	2,76

В результате уточнения кристаллических структур эвдиалита [1] и его разновидностей: эвколитов [2–4], барсановитов [4, 5], калиево-оксониевого эвдиалита [6, 7] подтверждена возможность превращения девятерых эвдиалитовых колец в плоские диски $[\text{Si}_{10}\text{O}_{28}]$; дано объяснение их кристаллохимических, оптических и спектроскопических особенностей [8–11]. Все структуры имеют одинаковое строение смешанного каркаса из тройных $[\text{Si}_3\text{O}_9]$ -, девятерых $[\text{Si}_9\text{O}_{27}]$ - и шестерных колец из Са-октаэдров, скрепленных одиночными Zr-октаэдрами. Они различаются распределением и степенью упорядоченности как внутрикаркасных Na , K , Sr , TR, Fe , Mn , Ti , Cl , H_2O , H_3O^+ , так и дополнительных атомов (Si , Al , Zr , Nb), центрирующих каркасообразующие девятерные кольца $[\text{Si}_9\text{O}_{27}]$, причем SiO_4 -тетраэдры могут ориентироваться свободной вершиной вверх или вниз (фиг. 71, *a–г*). Возможны разные комбинации и разное заселение дополнительных тетраэдров и октаэдров (фиг. 72, I–IV). Максимальное упорядочение достигается в структуре барсановита, где одно из двух девятерых колец полностью заменяется на плоский диск $[\text{Si}_{10}\text{O}_{27}(\text{OH})]$, а второе центрируется дополнительным октаэдром (см. фиг. 72, III). Квадратная координация атомов Fe^{2+} , зажатых между Са-октаэдрами соседних шестерных колец, определяющая специфическую свекольно-малиновую окраску эвдиалита, модифицируется в эвколитах и барсановите в квадратную пирамиду (при вхождении Fe^{3+}) или достраивается до октаэдра (при вхождении Ti). Этот полизэр $\text{M}(2)$ объединяется с октаэдром $\text{M}(1)$, центрирующим девятерное $[\text{Si}_9\text{O}_{27}]$ -кольцо, и крупными восьмивершинниками $\text{M}(3)$, заселенными Na , Sr и TR, в жесткий кластер из семи полизедров, заполняющий всю полость между шестерными кольцами из Са-октаэдров (фиг. 73). Крупные катионы $\text{Na}(\text{K})$ в полостях могут занимать несколько подпозиций с разной заселенностью и координацией, существенно изменяя локальную симметрию в структуре. Это наиболее характерно для атомов Na в крупных полостях, ограниченных сверху и снизу девятерными $[\text{Si}_9\text{O}_{27}]$ -кольцами (фиг. 74). В ряду эвдиалит–эвколит–барсановит упорядоченность распределения дополнительных атомов в полостях возрастает, с чем связывается проявление ацентричности структуры и наличие стойкого юзоэфекта.

Калиево-оксониевый эвдиалит характеризуется значительным дефицитом Na высокозарядных катионов, а также отсутствием Fe^{2+} . Дефицит Na восполняется вхождением H_3O^+ -групп и K [6, 7]. В межкольцевых полостях Na отсутствует (замещаясь OH -группами, см. фиг. 74,*a*), но входит в виде дополнительного октаэдра в центр девятерного $[\text{Si}_9\text{O}_{27}]$ -кольца, атомы Zr вместе с Fe^{3+} – в октаэдры $\text{I}(2)$.

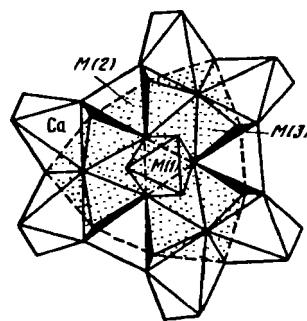


Фиг. 71. Девятерное кремнекислородное кольцо $[Si_9O_{27}]$ в структуре эвдиалита в проекции на плоскость (001) (по Расцветаевой)
а – без дополнительных атомов; б, в – с дополнительными SiO_4 -тетраэдрами (свободной вершиной вниз или вверх); г – с дополнительными $(Zr, Ti, Nb, Al)_6O_6$ октаэдрами

Фиг. 72. Девятерные эвдиалитовые кольца, скрепленные атомами Zr или Ti, в структурах разных эвколитов (I, II), барсановита (III) и аллуайвита (IV) (по Расцветаевой)

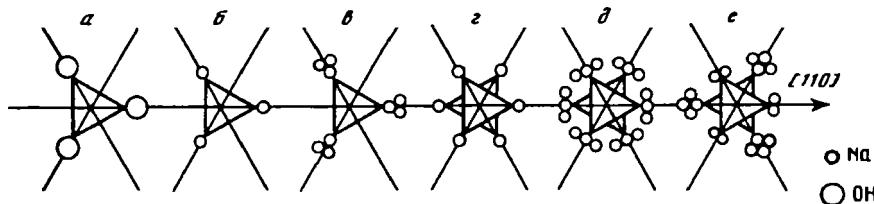
Показаны ориентировка дополнительных $[SiO_4]$ -тетраэдров и $(Zr, Ti, Nb, Al)_6O_6$ -октаэдров и их заселенность в расчете на элементарную ячейку

Фиг. 73. Кластерный фрагмент в структуре эвколита из дополнительного M(1)-октаэдра, центрирующего девятерное $[Si_9O_{27}]^{18-}$ -кольцо, трех M(2)-пяттивершинников Fe^{3+} и трех M(3)-восьмивершинников Na, Sr, TR , выполняющий полость между соседними шестерными кольцами из Ca-октаэдров; проекция на (0001) (по Расцветаевой)



Фиг. 74. Распределение атомов Na и OH -групп в межкольцевой полости в структурах минералов группы эвдиалита в проекции на плоскость (0001) (по Расцветаевой)

a – оксониевый эвдиалит; *б* – аллуайвит; *в* – барсановит; *г* – TR-Fe-эвколит; *д* – TR-Mn-эвколит; *е* – Fe-эвколлит



В аллуайвите, в отличие от эвдиалита и его разновидностей, оба кремнекислородных кольца преобразованы в диски $[Si_{10}O_{28}]$, все циркониевые октаэдры в каркасе полностью заменены на титановые, период ячейки с удваивается.

Л и т е р а т у р а

1. Расцветаева Р.К., Андрианов В.И. // ДАН СССР. 1987. Т. 293, № 5. С. 1122.
2. Расцветаева Р.К., Боруцкий Б.Е., Гусев А.И. // Кристаллография. 1988. Т. 33, № 2. С. 353.
3. Расцветаева Р.К., Боруцкий Б.Е. // Минерал. журн. 1990. Т. 12, № 4. С. 81.
4. Расцветаева Р.К., Пущаровский Д.Ю., Ямнова Н.А., Боруцкий Б.Е. // Сравнительная кристаллохимия. М.: Изд-во МГУ, 1987. С. 153.
5. Расцветаева Р.К., Размanova З.П., Боруцкий Б.Е., Дорфман М.Д. // Зап. ВМО. 1990. Ч. 119, вып. 3. С. 65.
6. Расцветаева Р.К., Соколова М.Н., Боруцкий Б.Е. // Кристаллография. 1990. Т. 35, № 6. С. 1381.
7. Соколова М.Н., Боруцкий Б.Е., Архипенко Д.К., Расцветаева Р.К., Власова Е.В. // ДАН СССР. 1991. Т. 318, № 3. С. 712.
8. Расцветаева Р.К., Боруцкий Б.Е. // Минерал. журн. 1988. Т. 10, № 1. С. 48.
9. Польшин Э.В., Платонов А.Н., Боруцкий Б.Е., Таран М.Н., Геворкьян С.В., Меньшиков Ю.П., Литвин М.А., Беличенко В.П. // Там же. 1987. Т. 9, № 6. С. 36.
0. Pol'shin E.V., Platонov A.N., Borutsky B.E., Taran M.N., Rastsvetaeva R.K. // Phys. Chem. Miner. 1991. Vol. 18. P. 117.
1. Расцветаева Р.К. // Структурная кристаллография. М.: Наука, 1992. С. 204.

Аллуайвит Alluaivite

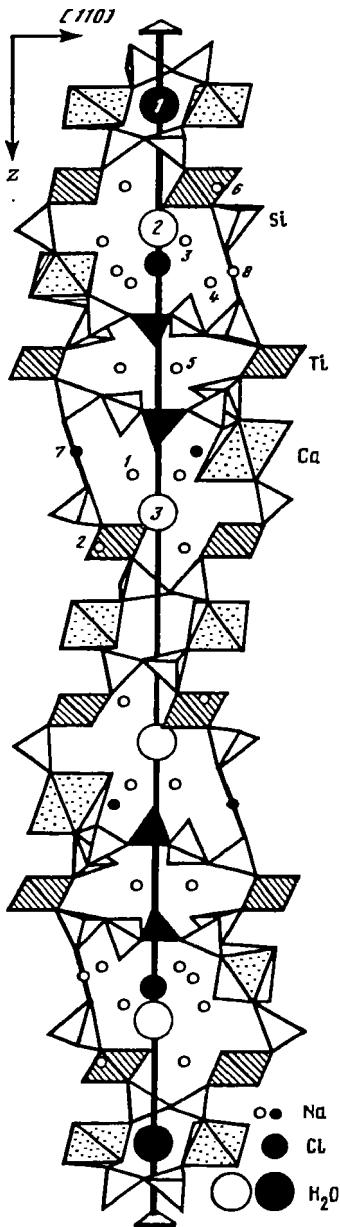


Назван по месту находки на горе Аллуайв в Ловозерском массиве (Кольский п-ов) [1].

Характ. выдел. Зерна неправильной формы (до 1 мм).

Структ. и морф. крист. Триг. с. $D_{3d}^5R\bar{3}m$. $a_h = 14,046$, $c_h = 60,60 \text{ \AA}$; $a_h:c_h = 1:4,314$; $V = 10354 \text{ \AA}^3$; $Z = 6$ [1, 2].

В отличие от эвдиалита элементарная ячейка удвоена в направлении оси *c*. Два на формульную единицу дополнительные Si -тетраэдра встроены в середину девятичленных эвдиалитовых колец $[Si_9O_{27}]^{18-}$, превращая их в десятичленные



Фиг. 75. Фрагмент структуры аллуайвита в проекции на плоскость (110) (по Расцветаевой и др.)

Черным выделены структурные элементы, нарушающие трансляцию эвдиалитовой ячейки вдоль оси *c*; цифрами обозначены Na и H₂O

дисковые радикалы [Si₁₀O₂₈]¹⁶⁻, в одном из которых ориентация дополнительного тетраэдра совпадает с таковой основного кольца, в другом – противоположна (фиг. 75). Упорядоченная ориентация этих тетраэдров приводит к удвоению периода *c* и центросимметричности структуры.

Замена Zr-октаэдров на меньшие по размерам Ti-октаэдры способствует сокращению объема полостей смешанного каркаса. Это благоприятно для размещения в них атомов Na, содержание которых в аллуайвите выше, чем в эвдиалите, а также определяет большую упорядоченность атомов Na и Cl. Часть атомов Na, располагаясь между Ca-октаэдрами двух соседних колец, имеет необычную четверную координацию (в эвдиалите установлена для Fe²⁺). В отличие от эвдиалита одна из двух вакантных полостей внутри шестичленных колец из Ca-октаэдров и ограничивающих их сверху и снизу тройных колец [Si₃O₉] занята на 2/3 молекулой H₂O и на 1/3 – атомом K, что также является причиной удвоения периода *c* до 60,60 Å.

Структурная формула [2]: {(Ti_{2,3}Nb_{0,7})(Ca_{4,5} × Mn_{1,5})[Si₃O₉]₂[Si₁₀O₂₈]₂}^{19,3-} {Na_{19,1}Sr_{0,3}TR_{0,1} × [Cl_{0,8}(H₂O)_{1,6}K_{0,1}]}^{19,3+}. Фигурными скобками выделены составы каркасной и цеолитной частей структуры.

Межатомные расстояния (средние, в Å) [¹ Si(1,2,6)-O = 1,62; Si(3,4,8)-O = 1,61; Si(5)-O = 1,63; Si(7)-O = 1,57; Ti-O = 1,94 (в октаэдре); Ca-O = 2,32 и 2,35 (в октаэдре); Na(1)-O = 2,55 (пятивершинник); Na(2)-O = 2,59 (восьмивершинник); Na(3)-O = 2,59 и Na(4)-O = 2,74 (семивершинники); Na(5)-O = 2,73 и Na(6)-O = 2,60 (восьмивершинники); Na(7)-O = 2,29 и Na(8)-O = 2,18 (плоские квадраты).

Физ. св. [1]. Изл. раковистый. Тв. 5–6. Уд. в 2,76 (вычисл. 2,78). Хрупок. Бесцветный, местами

со слабым розовато-коричневатым оттенком. В ультрафиолетовых лучах имеет яркое красно-оранжевое свечение.

ИК-спектр схожен с эвдиалитовым, но отличается наличием слабых максимумов поглощения в области 1600 и 3400–3500 см⁻¹, связанных с H₂O.

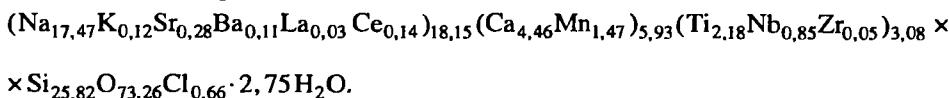
Микр. [1]. Одноосный (+). *n_e* = 1,626, *n_o* = 1,618; *n_e-n_o* = 0,008.

Хим. [1, 3]. В отличие от эвдиалита и его разновидностей в аллуайвите Zr полностью заменен на Ti, отсутствует Fe, наблюдается более высокое содержание S и Na.

Анализ (микрозонд., среднее из анализов 3 зерен; анал. Нечелюстов): $\text{Na}_2\text{O} - 18,6$; $\text{K}_2\text{O} - 0,2$; $\text{CaO} - 8,6$; $\text{SrO} - 1,0$; $\text{BaO} - 0,6$; $\text{MnO} - 3,6$; $\text{La}_2\text{O}_3 - 0,2$; $\text{Ce}_2\text{O}_3 - 0,8$; $\text{SiO}_2 - 53,3$; $\text{TiO}_2 - 6,0$; $\text{ZrO}_2 - 0,2$; $\text{Nb}_2\text{O}_5 - 3,9$; $\text{Cl} - 0,8$; $\text{H}_2\text{O} - 1,7^*$; $-\text{O} = \text{Cl}_2 - 0,2$; сумма 99,3.

* Определено кулонометрическим методом Елиной.

Эмпирическая формула (на 53 катиона):



Диагн. исп. [1]. Медленно выщелачивается в 10%-ной HCl.

Нахожд. [1, 3]. Встречается в Ловозерском массиве (Кольский п-ов) в пегматоидных породах агпайтового типа, сложенных нефелином, содалитом, калиевым полевым шпатом. В подчиненных количествах присутствуют арфведсонит, волокнистый эгирин, канкрисилит, эвдиалит, высокощелочные силикаты, титано-, ниобо- и цирконосиликаты (макатит, груманит, лоренценит, казаковит, нептунит, ломоносовит, вуоннемит, соболевит, паракелдышит, терскит и др.). Находится в тесных срастаниях с эвдиалитом, в котором образует редкие обособления, более поздние по отношению к эвдиалиту.

Отл. От эвдиалита отличается вдвое большей величиной параметра c_0 и наличием центра симметрии, отсутствием окраски, яркой люминесценцией в ультрафиолетовых лучах, более слабой растворимостью в разб. HCl.

Межплоскостные расстояния аллуайвита из Ловозера [1]

Cu-излучение, Ni-фильтр, $D = 57,3$ мм

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
110	8	7,14	315	10	2,960	2.4.13	1	1,635
113	3	5,79	404	10	2,825	4.1.15	1	1,606
006	1	5,04	137	5	2,664	3.1.17	3	1,569
205	7	4,30	309	5	2,583	1.5.14	2	1,538
116	3	4,11	327	3	2,348	455	2	1,514
214	1	3,93	4.0.10	7	2,148	5.3.11	3	1,472
203	4	3,77	2.2.12	3	2,045	087	2	1,438
220	1	3,51	434	3	1,941	5.2.15	1	1,402
131	5	3,36	256	1	1,822	728	1	1,387
306	2	3,17	440	8	1,762	900	7	1,358
217	2	3,15	354	1	1,699	8.0.11	2	1,334
119	4	3,00	075	1	1,677			

Л и т е р а т у р а

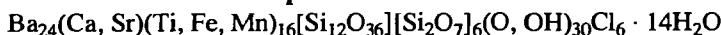
- Хомяков А.П., Нечелюстов Г.Н., Расцветаева Р.К. // Зап. ВМО. 1990. Ч. 119, вып. 1. С. 117.
- Расцветаева Р.К., Хомяков А.П., Андрианов В.И., Гусев А.И. // ДАН СССР. 1990. Т. 312, № 6. С. 1379.
- Хомяков А.П. Минералогия ультраагпайтовых щелочных пород. М.: Наука, 1990. 200 с.

СИЛИКАТЫ С ДВЕНАДЦАТИЧЛЕННЫМИ КОЛЬЦАМИ КРЕМНЕКИСЛОРОДНЫХ ТЕТРАЭДРОВ

СТРУКТУРА ТИПА ТРАСКИТА

	Сингония	a_0	c_0	У.д.в.
Гексаг.	17,88		12,30	3,71
Траскит $\text{Ba}_{24}(\text{Ca}, \text{Sr})(\text{Ti}, \text{Fe}, \text{Mn})_{16} \times$ $\times [\text{Si}_{12}\text{O}_{36}][\text{Si}_2\text{O}_7]_6(\text{O}, \text{OH})_{30}\text{Cl}_6 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$				

Траскит Traskite



Назван по фамилии калифорнийского геолога Дж.Б. Траска [1].

Характ. выдел. Зерна, кристаллы от 0,1 до 3 мм, обычно менее 1 мм [1].

Структ. и морф. крист. Гексаг.с. $D_{3h}^1-P\bar{6}m2$. $a_0 = 17,88$, $c_0 = 12,30 \text{ \AA}$; $Z = 1$ [$a_0 = 17,89$, $c_0 = 12,33 \text{ \AA}$ [2].

Основу структуры [2] составляет ажурный каркас Ва-десятивершинников $\text{Ba}(\text{O}, \text{OH}, \text{Cl})_{10}$, с широкими каналами вдоль оси c (фиг. 76, а-г).

Кремнекислородные анионы двух типов: плоские высокосимметричные две надцатичленные кольца $[\text{Si}_{12}\text{O}_{36}]$ и диортогруппы $[\text{Si}_2\text{O}_7]$. Структура цеолитоподобная. В ее крупных каналах вокруг осей \bar{b} размещаются кольца $[\text{Si}_{12}\text{O}_{36}]$ на этажах $z = 0,5$ и дитригональные кольца из молекул H_2O на этаже $z = 0,0$; остальные молекулы воды "вложены" в оба типа колец. Диортогруппы (вертикально ориентированные, см. фиг. 76, г) соединяют Ва-каркас с тригональными призмами CaO_6 вдоль оси c диортогруппы чередуются с октаэдрами $(\text{Fe}, \text{Ti})\text{O}_3(\text{OH})_3$. Октаэдрические позиции внутри Ва-каркаса заполнены атомами Ti, частично замещенными на Fe, Mn и Al.

Межатомные расстояния (в \AA): $\text{Si}-\text{O} = 1,55-1,72$; $\text{Fe}-\text{O} = 1,96-2,0$; $(\text{Fe}, \text{Mn}, \text{Al})-\text{O} = 2,10-2,36$; $\text{Ti}-\text{O} = 1,92-2,20$; $\text{Ba}-\text{O} = 2,54-3,51$; $\text{Ca}-\text{O} = 2,36$.

Дополнительные диффузные линии на рентгенограмме вращения вдоль оси c свидетельствуют о наличии сверхпериода в $24,6 \text{ \AA}$ и принадлежности к типу ОД-структур [2].

Кристаллы очень редки, преобладают грани (0001) и (10\bar{1}0), (11\bar{2}2), (41\bar{5}2) (61\bar{7}1) [1].

Физ. св. Сп. не обнаружена. Изл. раковистый. Тв. около 5. Уд.в. 3,71 (вычисл. 3,75). Цв. буро-красный. Черта светлая, красновато-бурая. Бл. стеклянный. В ультрафиолетовых лучах не флюoresцирует [1]. В оптическом спектре поглощения при $E \perp c$ наблюдается слабая полоса поглощения 450 нм, обусловленная переносом заряда в паре $\text{Fe}^{2+}-\text{Ti}^{4+}$ [3].

Микр. Плеохроизм: по No – буровато-красный, по Ne – соломенно-желтый – бесцветного. Одноосный (–). $n_o = 1,714$, $n_e = 1,702$ [1].

Хим. Теор. состав: $\text{Ba}_{24}\text{CaFe}_4(\text{Ti}_8\text{Mn}_2\text{MgAl})_{12}[\text{Si}_{24}\text{O}_{78}](\text{O}_3\text{OH}_{26}\text{F})_{30}\text{Cl}_6 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$
 $\text{MgO} - 0,58$; $\text{CaO} - 0,80$; $\text{MnO} - 2,03$; $\text{FeO} - 4,10$; $\text{BaO} - 52,57$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 0,73$; $\text{SiO}_2 - 20,60$; $\text{TiO}_2 - 9,13$; $\text{H}_2\text{O} - 6,95$; $\text{Cl} - 3,04$; $\text{F} - 0,27$.

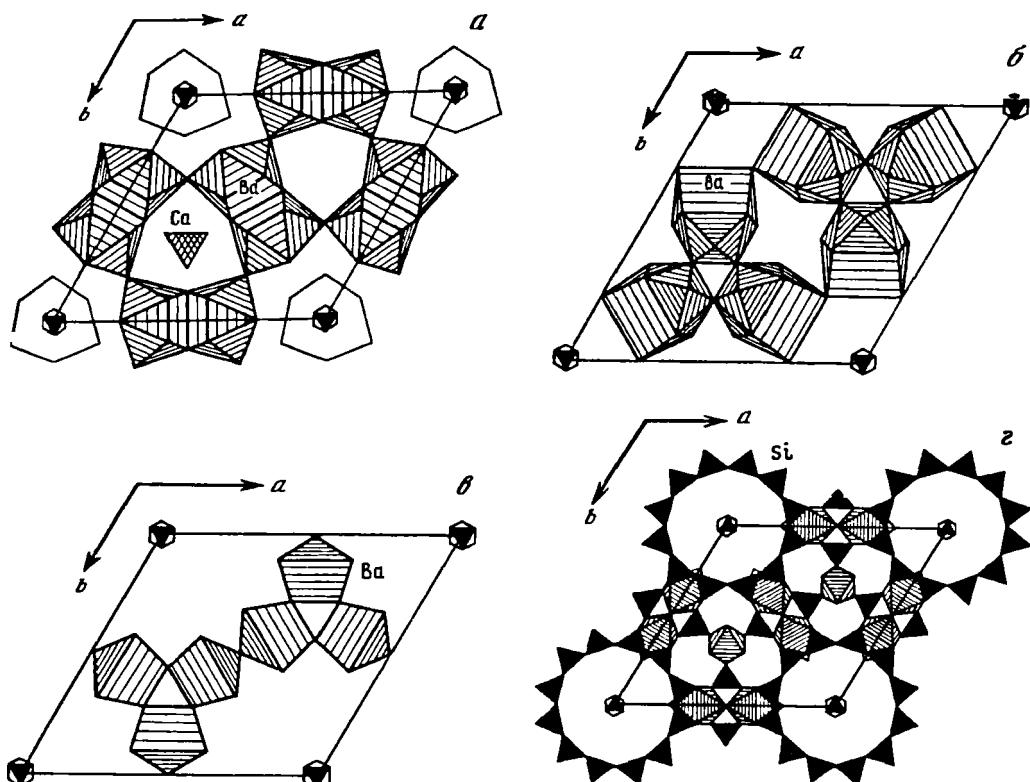
Анализ (в пересчете на 100%, анал. Путман)* [4]: $\text{K}_2\text{O}^{2*} - 0,5$; $\text{MgO} - 0,34$; $\text{CaO} - 0,86$; $\text{SrO} - 0,34$; $\text{MnO} - 1,36$; $\text{FeO}^{3*} - 4,2$; $\text{BaO} - 51,19$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 0,33$; $\text{SiO}_2 - 27,77$; $\text{TiO}_2 - 5,6$; $\text{Cl}^{2*} - 3,5$; $\text{F} - 0,04$; $\text{H}_2\text{O}^{4*} - 5,1$; $-\text{O} = \text{Cl}_2 + \text{F}_2 - 1,0$; сумма 100,0.

* Дуговой эмиссионный спектрографический метод.

** Рентгеноевский спектрохимический метод.

*** Общее Fe.

**** Определено как п. п., анал. Алфорс.



Фиг. 76. Структура траскита (по Малиновскому и др.)

a – ажурный слой из Ba(3)-полиэдров, крышка тригональной Ca-призмы, шестиугольные H₂O-кольца вокруг начала координат (*z* = 0); *b* – Ba(1)- и Ba(5)-десятивершинники (*z* = 0,25); *c* – слой из пятиугольных Ba(2)- и Ba(4)-призм, соединенных по ребрам (*z* = 0,5); *d* – "мелкокатионная" вязь структуры. Черным показаны: 12-членные кремнекислородные кольца вокруг осей *b* и вертикальные [Si₂O₇]_l-группы

Эмпирическая формула: (Ba_{25,40}Ca_{1,17}Sr_{0,25}K_{0,08})_{26,90}(Fe_{4,45}Ti_{5,33}Mn_{1,46}Mg_{0,57})_{9,81} × (Si_{35,17}Al_{0,49})_{35,66}(OH)_{43,09}Cl_{7,51}F_{1,60}O_{88,78}.

Диагн. исп. Нерастворим в разб. кислотах и основаниях. В закрытой трубке выделяет воду [1].

Повед. при нагр. При 1200° сплавляется в соломенно-желтое стекло [1].

Нахожд. Встречен в округе Фресно, Калифорния (США), в гнейсовидных санборнит-кварцевых породах, образующих уплощенные тела в кварцитах вблизи контакта с гранодиоритами, наряду с верпланкитом и мюиритом. Неравномерно распространен в породе в виде мелких вкрапленных зерен, сингенетичных санборниту [1].

Межплоскостные расстояния траскита округа Фресно, шт. Калифорния (США) [1]

CuK_α-излучение, *D* = 114,59 мм

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
100	50	15,4	302; 400	>5	3,92	420; 114;	25	2,90
101	5	9,7	113; 401	15	3,70	433		
						204	5	2,85

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
111	5	7,1	222	10	3,61	214	15	2,72
102	5	5,7	312	40	3,51	323; 331	10	2,68
300	5	5,1	402	25	3,27	422	< 5	2,64
202; 301	15	4,8	303	20	3,21	601	20	2,53
212	10	4,2	322	35	3,08	105; 333	10	2,42
311	5	4,04	330; 313;	100	2,96			
			412					

Л и т е р а т у р а

1. Alfors J.T., Stinson M.C., Matthews R.A., Pabst A. // Amer. Miner. 1965. Vol. 50, N 3/4. P. 314.
2. Малиновский Ю.А., Победимская Е.А., Белов Н.В. // ДАН СССР. 1976. Т. 229, № 5. С. 1103.
3. Mattson S.M., Rossman G.R. // Phys. Chem. Miner. 1988. Vol. 16, N 1. P. 78.
4. Alfors J.T., Putman G.W. // Amer. Miner. 1965. Vol. 50, N 9/10. P. 1500.

СИЛИКАТЫ С ВОСЕМНАДЦАТИЧЛЕННЫМИ КОЛЬЦАМИ КРЕМНЕКИСЛОРОДНЫХ ТЕТРАЭДРОВ

С Т Р У К Т У Р А Т И ПА М Е Г А Ц И К Л И Т А

	Сингония	<i>a</i> ₀	<i>b</i> ₀	<i>c</i> ₀	β	Уд.в
Мегацикличит $\text{Na}_{16}\text{K}_2[\text{Si}_{18}\text{O}_{36}(\text{OH})_{18}] \cdot 38\text{H}_2\text{O}$	Монокл.	24,91	11,94	14,92	94,47°	1,82

Мегацикличит Megacyclite $\text{Na}_{16}\text{K}_2[\text{Si}_{18}\text{O}_{36}(\text{OH})_{18}] \cdot 38\text{H}_2\text{O}$

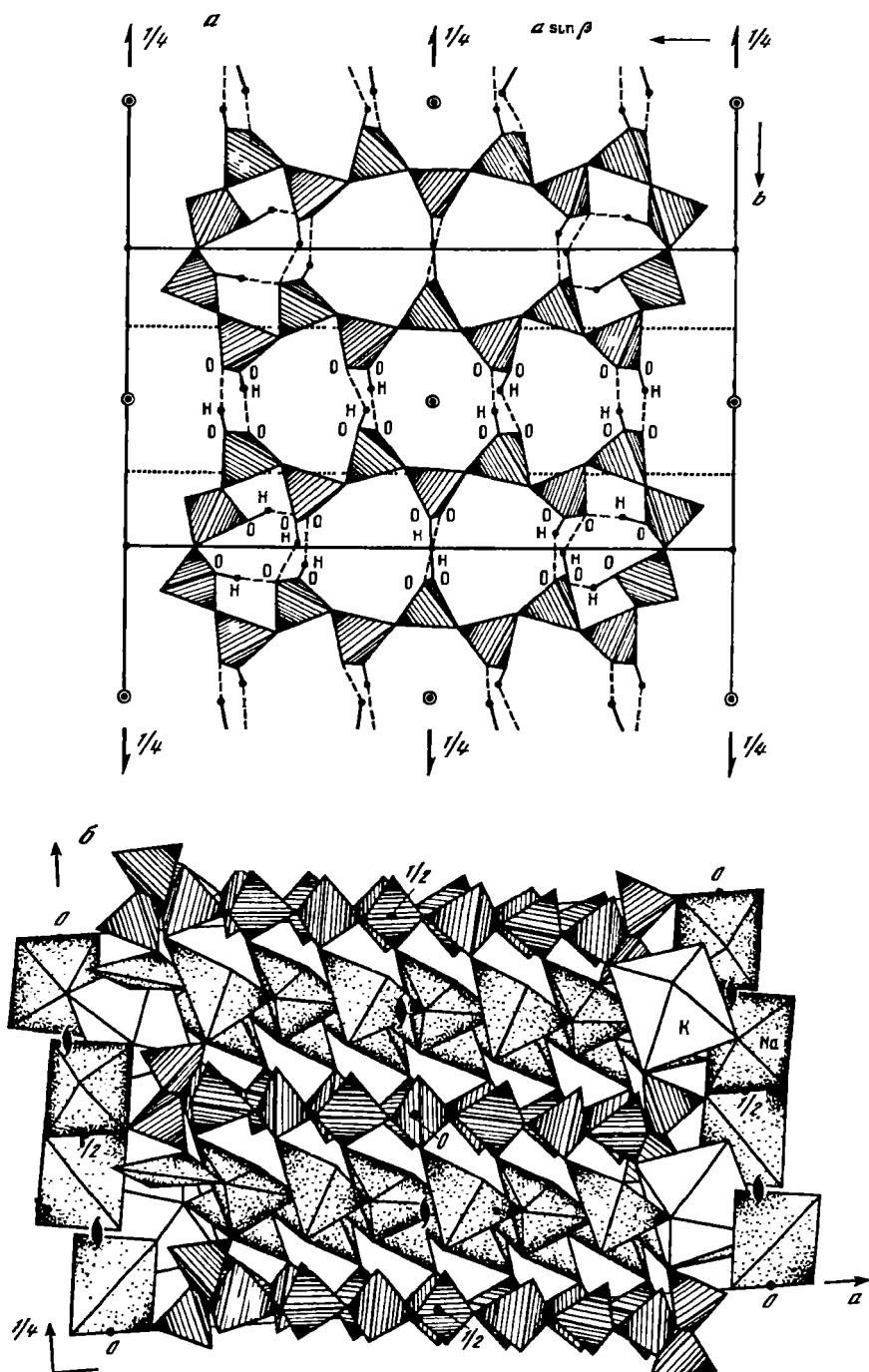
Назван от греч. слов μεγαλος (мегалос) – большой и κρικος (крикос) – кольцо, по особенностям кристаллической структуры [1]. Первоначальное название "минерал M9" [2].

Характ. выдел. Зерна неправильной формы (до 1–3 мм в поперечнике) и их агрегаты (3–5 мм).

Структ. и морф. крист. [3]. Монокл.с. $C_{2h}^5-P2_1/c$. $a_0 = 24,91$, $b_0 = 11,94$; $c_0 = 14,92$ Å; $\beta = 94,47^\circ$; $a_0:b_0:c_0 = 2,0862:1:1,2495$; $V = 4426$ Å³; $Z = 2$.

В структуре установлен необычно крупный островной кольцеподобный радикального типа $[\text{Si}_{18}\text{O}_{36}(\text{OH})_{18}]^{18-}$, состоящий из 18[SiO₄]-тетраэдров (до этого самыми крупными из выявленных были двенадцатичленные кольца в структуре траскита). Эта циклическая группа образована двумя дискретными девятичленными цепочками, связанными центром инверсии (фиг. 77, а). Циклогруппы уплощены по (001) и вытянуты вдоль оси *a*. Они в шахматном порядке заполняют 1/4 пустот катионного каркаса из Na- и K-полиэдров (см. фиг. 77, б). Слои из циклогрупп чередуются вдоль оси *c* с изогнутыми лентами из Na-полиэдров, а в направлении оси *a* они изолированы друг от друга сетками из K-октаэдров, параллельными (100). Характерная особенность структуры – чередование вдоль оси *a* группировок атомов с очень прочными (внутри циклических групп) и очень слабыми (между этими группами связями – объясняет наличие совершенной спайности по (100)).

В спектре комбинационного рассеивания интенсивный максимум с частотой 1108 см⁻¹ близок к частотному интервалу кольцевых силикатов (1000–950 см⁻¹), по-видимому, характерен именно для чрезвычайно крупных эллиптических колец. Отмечается сдвиг частоты колебания, связанного с образованием мостиковы-



Фиг. 77. Структура мегациклита (по Ямновой и др.)

a – (Si, O)-кольца на уровне $z = 0,5$ и 0 ; между кольцами и внутри них – акцепторные и донорные связи $H \dots O$ (пунктирные и сплошные линии соответственно); *b* – [SiO_4]-кольца в каркасе из K - и Na -полиэдров

связей Si—O—Si, в более низкочастотную область (596 cm^{-1}) по сравнению с каркасным силикатом – груманитом (641 cm^{-1}) – $\text{NaSi}_2\text{O}_4(\text{OH}) \cdot \text{H}_2\text{O}$, что указывает на меньшую устойчивость эллиптических колец $[\text{Si}_{18}\text{O}_{36}(\text{OH})_{18}]^{18-}$ по сравнению с каркасом груманита.

Межатомные расстояния (среднее, в Å): в октаэдрах K—O = 2,874; в пятивершинниках Na(1,4)—O = 2,380, Na(2)—O = 2,393, Na(3)—O = 2,384, Na(5)—O = 2,445, Na(6)—O = 2,420, Na(8)—O = 2,392; в тетраэдрах Na(7)—O(OH, H₂O) = 2,395, Si(1)—O = 1,626, Si(2)—O = 1,634, Si(3)—O = 1,627, Si(4)—O = 1,617, Si(5)—O = 1,121, Si(6,7,9)—O = 1,628, Si(8)—O = 1,632.

Физ. св. [1, 2]. Сп. совершенная по (100), менее совершенная по (001). Из ступенчатый. Тв. 2. Уд.в. 1,82 (вычисл. 1,87). Бесцветный. Бл. стеклянный. Прозрачен. В ультрафиолетовых лучах не люминесцирует.

В ИК-спектре имеются полосы 1225, 1125, 1090, 1040, 995, 900, 865, 505, 450 cm^{-1} ; в области колебаний протонных группировок – 3570, 3410, 1660 cm^{-1} .

Микр. [1, 2]. Двуосный (–). $Nm = b$, $cNp = 30^\circ$. $n_g = 1,481$, $n_m = 1,478$, $n_p = 1,460$; $n_g - n_p = 0,021$; $2V = 43^\circ$ (вычисл. 44°). Дисперсия сильная, $r > v$.

Диагн. исп. Сравнительно легко растворяется в воде при комнатной температуре, давая щелочной раствор.

Хим. Анализ (микрозонд., среднее для 4 зерен, анал. Нечелюстов): Na_2O – 19,75; K_2O – 3,62; SiO_2 – 43,42; H_2O – 33,21*; сумма 100,00.

* По разности.

Эмпирическая формула (при O + OH = 27): $\text{Na}_{7,96}\text{K}_{0,96}\text{Si}_{9,02}\text{O}_{18}(\text{OH})_9 \cdot 18,51\text{H}_2\text{O}$.

Найдж. [1, 2]. Обнаружен в Хибинском щелочном массиве (гора Расвумчорр в жильных пегматитах и гидротермальных ультраагпайтового типа, сложенных калиевым полевым шпатом, фенакитом, дельхайелитом и второстепенными пектолитом, эвдиалитом, щербаковитом, ломоносовитом, лампрофиллитом, энигматитом, эгирином и натритом. Зерна и агрегаты мегацилита рассеяны неравномерно в крупных (до 5 см) кристаллах и зернах фенакита. Местами наблюдается в тесных срастаниях с другим водорастворимым силикатом натрия – ревдитом. Гидротермальный минерал, кристаллизующийся на заключительной стадии формирования ультраагпайтовых пегматитов из силикатно-солевых жидкостей, резко пересыщенных щелочными и летучими компонентами.

Изм. [1, 2]. При длительном хранении на воздухе белеет и замещается вторичными продуктами.

Межплоскостные расстояния мегацилита из Хибин [1]

FeK_{α,β}-излучение, D = 57,3 мм

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
300	10	8,24	521	10	3,60	716	2ш	2,070
002	20	7,42	114	15	3,46	942	15ш	1,976
102	20	6,92	124	100	3,08	461	15	1,873
020	8ш	5,96	040	70ш	2,938	646	10	1,771
411	5	4,96	902	60ш	2,649	328	5ш	1,712
022	5	4,62	541	10	2,489	272	10	1,650
511	15	4,47	116	35	2,400	12.0.5	10	1,640
511	60	4,26	543	35	2,289			
413	20	3,79	451	3	2,194			

Л и т е р а т у р а

1. Хомяков А.П., Нечелюстов Г.Н., Ямнова Н.А., Пущаровский Д.Ю. // Зап. ВМО. 1993. Ч. 122, вып. 1. С. 125.
2. Хомяков А.П. Минералогия ультраагпайтовых щелочных пород. М.: Наука, 1990. 200 с.
3. Ямнова Н.А., Расцветаева Р.К., Пущаровский Д.Ю., Мернаф Т., Михеева М.Г., Хомяков А.П. // Кристаллография. 1992. Т. 37, № 2. С. 334.

СИЛИКАТЫ С ЦЕПОЧКАМИ КРЕМНЕКИСЛОРОДНЫХ ТЕТРАЭДРОВ

Силикаты, описанные в этом разделе, характеризуются непрерывными кремнекислородными цепочками, периодичность которых определяется числом всех повторяющихся SiO_4 -тетраэдров. Существуют цепочки трех типов: простые открыто-разветвленные и циклически-разветвленные. В двух первых отношение $\text{Si}:\text{O} = 1:3$; в циклически-разветвленных оно иное и может иметь разные значения.

СИЛИКАТЫ С ЦЕПОЧКАМИ СДВОЕННЫХ КРЕМНЕКИСЛОРОДНЫХ ТЕТРАЭДРОВ

Структура типа пироксенов

Моноклинные пироксены

Группа авгита

Эссенеит $\text{CaFe}^{3+}[\text{SiAlO}_6]$

Питданнит $\text{Ca}(\text{Zn, Mn, Mg, Fe})[\text{Si}_2\text{O}_6]$

Группа эгирина

Джервисит $(\text{Na, Ca, Fe}^{2+})(\text{Sc, Mg, Fe}^{2+})[\text{Si}_2\text{O}_6]$

Намансиллит $\text{NaMn}^{3+}[\text{Si}_2\text{O}_6]$

Наталиит $\text{Na(V, Cr)}[\text{Si}_2\text{O}_6]$

Структура типа линтисита

Группа линтисита

Линтисит $\text{Na}_3\text{LiTi}_2[\text{Si}_2\text{O}_6]_2\text{O}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

[Кукисумит] $\text{Na}_6\text{ZnTi}_4[\text{Si}_2\text{O}_6]_4\text{O}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

Ромбические пироксены

Группа энстатита

Донпикорит $(\text{Mn, Mg})\text{Mg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$

СИЛИКАТЫ С ЦЕПОЧКАМИ ТРЕХЧЛЕННЫХ ГРУПП КРЕМНЕКИСЛОРОДНЫХ ТЕТРАЭДРОВ

Структура типа волластонита

Группа волластонита

Каскандит $\text{HCaSc}[\text{Si}_3\text{O}_9]$

Умбит $\text{K}_2\text{Zr}[\text{Si}_3\text{O}_9] \cdot \text{H}_2\text{O}$

[Параумбит] $(\text{K, H})_2\text{Zr}[\text{Si}_3\text{O}_9] \cdot n\text{H}_2\text{O}$

Структура типа илерита

Группа илерита

Илерит $\text{Na}_2\text{Zr}[\text{Si}_3\text{O}_9] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

Кальциоилерит $\text{CaZr}[\text{Si}_3\text{O}_9] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

Комковит $\text{BaZr}[\text{Si}_3\text{O}_9] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
 Сазыкинант-(Y) $\text{Na}_5\text{YZr}[\text{Si}_3\text{O}_9]_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

СИЛИКАТЫ С ЦЕПОЧКАМИ ЧЕТЫРЕХЧЛЕННЫХ ГРУПП КРЕМНЕКИСЛОРОДНЫХ ТЕТРАЭДРОВ

Структура типа астрофиллита

Группа астрофиллита

Магнезиальный астрофиллит $(\text{Na}, \text{K})_4\text{Mg}_2(\text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}, \text{Mn})_5\text{Ti}_2[\text{Si}_4\text{O}_{12}]_2 \times x(\text{O}, \text{OH}, \text{F})_7$
 Гидроастрофиллит $(\text{H}_3\text{O}, \text{K}, \text{Ca})_3(\text{Fe}^{2+}, \text{Mn})_{5-6}\text{Ti}_2[\text{Si}_4\text{O}_{12}]_2(\text{O}, \text{OH})_7$
 Циркофиллит $(\text{K}, \text{Na}, \text{Ca})_3(\text{Mn}, \text{Fe}^{2+})_7(\text{Zr}, \text{Nb})_2[\text{Si}_4\text{O}_{12}]_2(\text{O}, \text{OH}, \text{F})_7$

Структура типа харадаита

Сузукинит $\text{Ba}_2\text{V}_2^{4+}[\text{Si}_4\text{O}_{12}]\text{O}_2$

Структура типа тайканита

Тайканит $\text{BaSr}_2\text{Mn}_2^{3+}[\text{Si}_4\text{O}_{12}]\text{O}_2$

Структура типа гагеита

Группа гагеита

Баланджероит $(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}, \text{Mn}^{2+})_{21}[\text{Si}_4\text{O}_{12}]_2\text{O}_3(\text{OH})_{20}$

Структура типа омилита

Омилит $\text{Sr}_3(\text{Ti}, \text{Fe}^{3+})[\text{Si}_4\text{O}_{12}](\text{O}, \text{OH}) \cdot (2-3)\text{H}_2\text{O}$

СИЛИКАТЫ С ЦЕПОЧКАМИ ПЯТИЧЛЕННЫХ ГРУПП КРЕМНЕКИСЛОРОДНЫХ ТЕТРАЭДРОВ

Структура типа родонита

Группа родонита

Натронамбулит $(\text{Na}, \text{Li})(\text{Mn}, \text{Ca})_4[\text{Si}_5\text{O}_{14}(\text{OH})]$

Литиомарстурит $\text{LiCa}_2\text{Mn}_2[\text{Si}_5\text{O}_{14}(\text{OH})]$

Сантаклараит $\text{CaMn}_4^{2+}[\text{Si}_5\text{O}_{14}(\text{OH})](\text{OH}) \cdot \text{H}_2\text{O}$

Структура типа к্যавеннита

К্যавеннит $\text{CaMnBe}_2[\text{Si}_5\text{O}_{13}(\text{OH})_2] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

СИЛИКАТЫ С ЦЕПОЧКАМИ ШЕСТИЧЛЕННЫХ ГРУПП КРЕМНЕКИСЛОРОДНЫХ ТЕТРАЭДРОВ

Структура типа гейдоннеита

Группа гейдоннеита

Джорджчаоит $\text{NaKZr}[\text{Si}_3\text{O}_9] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Структура типа чкаловита

Чкаловит $\text{Na}_6\text{Be}_3[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$

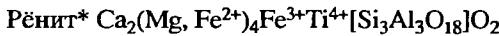
Структура типа энгматита

Группа энгматита

Уилкинсонит $\text{Na}_2(\text{Fe}_4^{2+}\text{Fe}_2^{3+})[\text{Si}_6\text{O}_{18}]\text{O}_2$

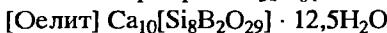
Макарочкинит $(\text{Ca}, \text{Na})_2(\text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}, \text{Ti})_6[(\text{Si}, \text{Be}, \text{Al})_6\text{O}_{18}]\text{O}_2$

Доррит $\text{Ca}_2\text{Mg}_2\text{Fe}_4^{3+}[\text{Al}_4\text{Si}_2\text{O}_{18}]\text{O}_2$

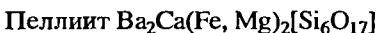


Структура типа тоберморита

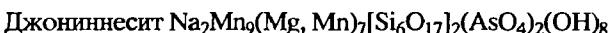
Группа тоберморита



Структура типа пеллишта



Структура типа джониннесита

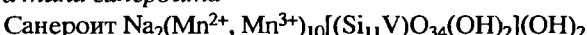


Структура типа хаушита

Группа хаушита

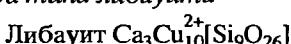


Структура типа санероита



СИЛИКАТЫ С ЦЕПОЧКАМИ ДЕВЯТИЧЛЕННЫХ ГРУПП КРЕМНЕКИСЛОРОДНЫХ ТЕТРАЭДРОВ

Структура типа либауита



СИЛИКАТЫ С ЦЕПОЧКАМИ СДВОЕННЫХ КРЕМНЕКИСЛОРОДНЫХ ТЕТРАЭДРОВ

С Т Р У К Т У Р А Т И П А П И Р О К С Е Н О В

Подробное описание структур типа пироксенов дано в т. III, вып. 2, с. 243. Систематика минеральных видов в семействе пироксенов предложена в [1].

Л и т е р а т у р а

1. Бокий Г.Б., Гинзбург И.В. // Тр. Ин-та геологии и геофизики СО АН СССР. 1985. Вып. 610. С. 12.

М О Н О К Л И Н Н Ы Е П И Р О К С Е Н Ы

ГРУППА АВГИТА

Ранее в группе описаны: авгит, диопсид, геденбергит, фассаит, йохансенит (т. III, вып. 2, с. 283).

	Сингония	a_0	b_0	c_0	β	Уд.в.
Эссенеит $\text{CaFe}^{3+}[\text{SiAlO}_6]$	Монокл.	9,79	8,822	5,37	105,81°	3,54
Питтданнит $\text{Ca}(\text{Zn, Mn, Mg, Fe}) \times [\text{Si}_2\text{O}_6]$	"	9,82	9,00	5,27	105,6	3,68

Эссенеит Esseneite



Назван в честь американского минералога Э.Дж. Эссене [1].

Синон. Fe-авгит (Семенов, 1991), богатый Fe и Al клинопироксен [2].

Характ. выдел. Призматические кристаллы длиной 2–8 мм [1].

Структ. и морф. крист. Монокл.с. C_{2h}^6 -C2/c. $a_0 = 9,79$, $b_0 = 8,822$, $c_0 = 5,37 \text{ \AA}$; $\beta = 105,81^\circ$; $a_0:b_0:c_0 = 1,109:1:0,608$; $Z = 4$ [1]. Для богатого Fe^{3+} и Al клинопироксена из бухитов Баффало [2]: $a_0 = 9,793$, $b_0 = 8,835$, $c_0 = 5,326 \text{ \AA}$; $\beta = 105,84^\circ$; для синтетического $\text{CaFe}^{3+}\text{AlSiO}_6$ [3]: $a_0 = 9,783$, $b_0 = 8,787$, $c_0 = 5,372 \text{ \AA}$; $\beta = 105,82^\circ$; $V = 444,3 \text{ \AA}^3$.

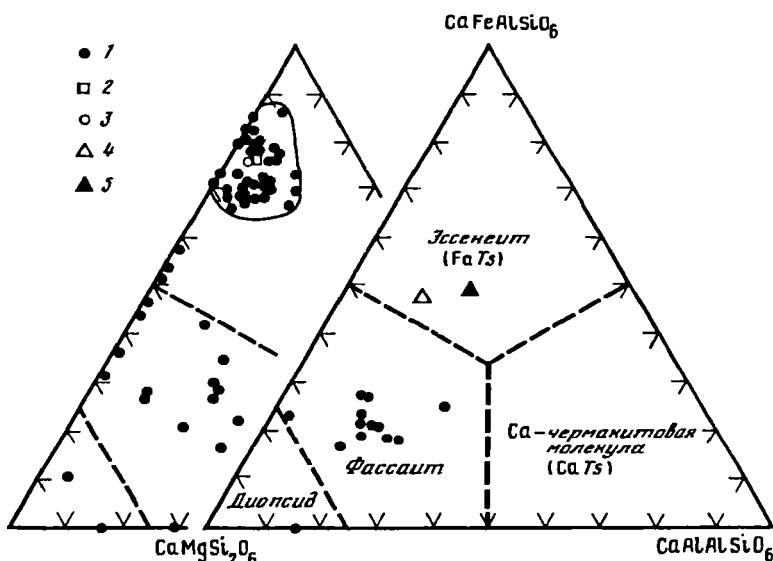
В кристаллической структуре [1] октаэдрические позиции M(2) заняты Ca (97%) и Na (3%), позиции M(1)– Fe^{3+} (58%) и Mg (42%), тетраэдрические позиции – Si и Al. В синтетическом $\text{CaFe}^{3+}\text{AlSiO}_6$ содержание Fe^{3+} в тетраэдрических позициях до 9%, что объясняется влиянием скорости охлаждения на упорядоченность Fe^{3+} и Al соответственно в позициях M(1) и T.

Средние межатомные расстояния (в Å): T–O = 1,682; M(1)–O = 1,971; 2,055 и 2,125; M(2)–O = 2,393; 2,406, 2,536 и 2,644 [1].

Физ. св. [1]. Сп. совершенная по (110). Тв. б. Уд.в. 3,54 (вычисл.). Цв. красновато-бурый. Черта белая. Бл. стеклянный. Прозрачный в тонких кристаллах. Не люминесцирует.

Термодинамические константы (вычисл.): $\Delta G_{298}^0 = -2705,8 \text{ кДж/моль}$; $\Delta H_{298}^0 = -2871,1 \text{ кДж/моль}$; $S_{298}^0 = 177,0 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К}$ [1].

Микр. Плеохроизм сильный: по Ng – яблочно-зеленый, по Nm – зелеевато-



Фиг. 78. Состав природных пироксенов в системе $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$ – CaFeAlSiO_6 – CaAlAlSiO_6 (по Каске и Пикору)

1 – из паралав Джиллетт; 2 – средний состав; 3 – из бухитов Баффало, Вайоминг, США; 4 – из зоны Моттлд, Израиль; 5 – из кимберлитового ксенолита Якутии

желтый, по Np – лимонно-желтый. Двуосный (–). $Nm = b$, $cNg = 9^\circ$ в остром углу β . $n_g = 1,825$, $n_m = 1,815$, $n_p = 1,795$; $n_g - n_p = 0,030$; $2V = 77^\circ$. Дисперсия сильная $r < v$.

Хим. Теор. состав: $\text{CaO} - 22,69$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 32,36$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 20,64$; $\text{SiO}_2 - 24,31$.

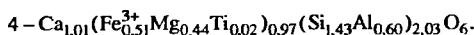
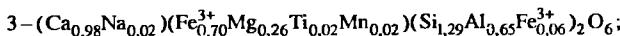
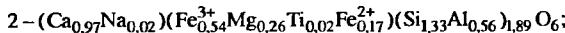
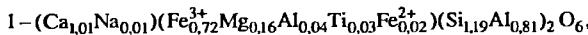
В природном эссените Са замещается на Na , Fe^{3+} – на Mg , Al , Ti , Fe^{2+} , Mn а Si – на Al . Изоморфизм по схеме $\text{Fe}^{3+}\text{Al} \rightarrow \text{MgSi}$. На диаграмме $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6 - \text{CaFeAlSiO}_6 - \text{CaAlAlSiO}_6$ (фиг. 78) химические составы эссенита из Джиллетт и Баффало занимают поле, близкое к конечному члену [1].

Анализы (микрозонд.):

	1	2	3	4		1	2	3	4
Na_2O	0,14	0,34	0,32	0,03	Al_2O_3	17,95	11,90	14,13	13,04
K_2O	–	–	0,02	–	Fe_2O_3	23,89	21,39	25,21	17,42
MgO	2,68	4,39	4,45	7,70	SiO_2	29,51	33,20	32,28	36,90
CaO	23,40	22,65	23,06	24,19	TiO_2	0,99	0,78	0,91	0,59
MnO	0,11	0,08	0,13	–	Сумма	99,36	99,88	100,51	99,89
FeO	0,69	5,15	–	–					

1 – эссенит (среднее из 43) из паралав Джиллетт (шт. Вайоминг, США) [1]; 2 – монокристалл эссенита из Джиллетт; оригинал уточнения кристаллической структуры [1]; 3 – богатый Fe^{3+} и Al клинопироксен (среднее из 74) из бухитов Баффало (шт. Вайоминг, США) [2]; 4 – эссенит из горелых пород Челябинского угольного бассейна (Урал) (среднее из 2) [3].

Эмпирическая формула (на 6 атомов О):



Нахожд. Установлен вблизи Джиллетт (шт. Вайоминг, США) в шлакоподобном паралаве – продукте плавления осадочных пород, перекрывающих сгоревший угольный пласт [1]. Тесно ассоциирует с аортитом, мелилитовым твердым раствором, магнетит-герцинитовым твердым раствором и силикатным стеклом. Минимальная температура формирования паралав 1200–1600°.

Ассоциация эссенита в паралавах объясняется [1] следующими реакциями приводящими к повышенному содержанию эссенитового компонента в клинопироксene: аортит + магнетит \rightleftharpoons эссенит + герцинит + кварц (сдвинута вправо при высокой температуре), аортит + магнетит + геленит \rightarrow эссенит + герцинит + аортит + геленит + волластонит \rightarrow эссенит + магнетит (реакции окисления-восстановления при фугитивности кислорода в условиях между кварц-фаялит-магнетитовым и гематит-магнетитовым буферами).

К эссениту относится часть богатых Fe^{3+} и Al клинопироксенов ($> 50\%$ $\text{CaFe}^{3+}\text{AlSiO}_6$) из бухитов района Баффало (шт. Вайоминг, США), возникших за счет спекания осадочных пород, перекрывающих сгоревший угольный пласт [2]. Минеральная ассоциация включает клинопироксены, аортит, мелилиты, гематит, магнезиоферрит, псевдобрукит и силикатное стекло.

Обнаружен в горелых отвалах Челябинского угольного бассейна (Урал) [3] в виде желтых, оранжевых или коричневых призматических кристаллов в составе скарноподобных стяжений вместе с аортитом, минералами группы мелилита и гематитом.

В поле эссенита (см. фиг. 78) попадают клинопироксены из зоны Моттинга

(формация Хатруиум), Израиль [4]) и из фассаит-гранат-анортитового ксенолита в кимберлитах трубы "Удачная" (Якутия) [5].

Искусств. Соединение $\text{CaFe}^{3+}\text{AlSiO}_6$ синтезировано [6] из смеси чистых CaCO_3 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO и кварца в стехиометрических пропорциях. Смесь, растертая в агатовой ступке с этиловым спиртом, прокаливалась в платиновом тигле при 1200° в течение 2 ч до образования шлака. Шлак затем дробился и размалывался в агатовой ступке, и хорошо перемешанный порошок прокаливался в платиновом тигле при 1250° в течение 3 ч; после 5-кратного "шлакования" получены почти однородные кристаллы без примеси гематита.

Отл. [1]. От сходного эгирина отличается цветами плеохроизма и меньшим углом cNg (у эгирина $cNg = 84\text{--}90^\circ$).

Межплоскостные расстояния эссенита из Джиллетт, шт. Вайоминг (США) [1]

CuK_α -излучение

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	I	$d(\text{\AA})$
110	10	6,45	221	70	2,526	2	1,677
200	5	4,71	311	10	2,322	5	1,650
$1\bar{1}\bar{1}; 020$	2	4,43	$112; 3\bar{1}\bar{2}$	10	2,252	10	1,627
111	2	3,72	330	5	2,147	7	1,612
220	20	3,214	331	20	2,125	30	1,545
$2\bar{2}\bar{1}$	100	3,000	421	15	2,110	25	1,430
310	60	2,960	402; 041	20	2,031	20	1,409
$3\bar{1}\bar{1}$	20	2,909	132	10	1,980	10	1,370
$1\bar{1}\bar{2}; 20\bar{2}$	30	2,576		20	1,734		
$13\bar{1}$	40	2,554		5	1,686		

Литерапия

1. Cosca M.A., Peacor D.R. // Amer. Miner. 1987. Vol. 72, N 1/2. P. 148.
2. Foit F.F., Hooper R.L., Rosenberg P.E. // Ibid. P. 137.
3. Чесноков Б.В., Щербакова Е.П. Минералогия горелых отвалов Челябинского угольного бассейна: (Опыт минералогии техногенеза). М.: Наука, 1991. 151 с.
4. Gross S. // Bull. Geol. Surv. Israel. 1977. Vol. 70. P. 1.
5. Шатский В.С., Соболев Н.В., Павлюченко В.С. // ДАН СССР. 1983. Т. 272, № 1. С. 188.
6. Hijkata K. // J. Fac. Sci. Hokkaido Univ. Ser. IV. 1968. Vol. 14, N 2. P. 149.

Питданнит Petedunnite $\text{Ca}(\text{Zn, Mn, Mg, Fe})[\text{Si}_2\text{O}_6]$

Назван в честь американского минералога Пита Данна [1].

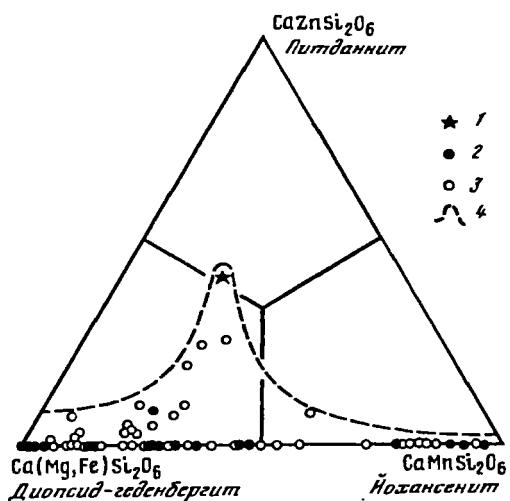
Характ. выдел. Зерна размером 10–100 мкм.

Структ. и морф. крист. Монокл.с. C_{2h}^6-C2/c . $a_0 = 9,82$, $b_0 = 9,00$, $c_0 = 5,27 \text{ \AA}$; $\beta = 105,6^\circ$; $a_0:b_0:c_0 = 1,091:1:0,585$; $Z = 4$ [1]. Для синтетического $\text{CaZnSi}_2\text{O}_6$ [1]: $a_0 = 9,803$, $b_0 = 8,975$, $c_0 = 5,243 \text{ \AA}$; $\beta = 105,75^\circ$.

В структуре атомы Zn, Mn, Mg и Fe занимают позицию M(1), атомы Ca – позицию M(2) [1].

Физ. св. Сп. совершенная по (110). Тв. не определена. Уд.в. 3,68 (вычисл.). Цв. темно-зеленый. Бл. стеклянный. Полупрозрачный. Не люминесцирует.

Микр. Относительно слабо плеохроирует: по Np и Nm – светло-желтый, по Ng – светло-зеленый; $Np = Nm < Ng$. Двуосный (+). $Nm \parallel b$, $cNg = 40^\circ$. $n_g = 1,70$, $n_m = 1,69$, $n_p = 1,68$; $n_g - n_p = 0,02$; $2V = 80^\circ$. Дисперсия сильная, $r > v$.



Фиг. 79. Диаграмма составов пироксенов
1 – питданнит; 2 – пироксены с $Fe > Mg$; 3 – пироксены с $Fe < Mg$; 4 – граница твердых растворов природных пироксенов (по Эссене и Пикору)

У синтетического $CaZnSi_2O_6$ плеохроизма и дисперсии не наблюдалось. cNg большой, $n_m = 1,72$ [1].

Хим. Теор. состав $CaZnSi_2O_6$
 $CaO = 21,76$; $ZnO = 31,62$; $SiO_2 = 46,62$.

Zn замещается на Mg , Mn , Fe
Ca – частично на Na и Mn , а **Si** – на Al . По сравнению с цинковым диопсидом (джефферсонит) питданнит содержит меньше ($Mn + Mg$) и больше Zn . Образует твердый раствор с диопсидом-геденбергитом-йохансенитом, однако крайний член $CaZnSi_2O_6$ ■

природных парагенезисах еще не установлен (фиг. 79).

Анализ (микрозоид): $Na_2O = 0,7$; $MgO = 2,4$; $CaO = 21,3$; $MnO = 5,8$; $ZnO = 12,6$; $FeO = 5,7$; $Al_2O_3 = 1,2$; $Fe_2O_3 = 3,8$; $SiO_2 = 48,4$; сумма 101,9.

Эмпирическая формула (на 4 катиона и 6 атомов O): $(Ca_{0,92}Na_{0,06}Mn_{0,02})_{1,00} \times (Zn_{0,37}Mn_{0,18}Mg_{0,14}Fe^{2+}_{0,19}Fe^{3+}_{0,12})_{1,00}(Si_{1,94}Al_{0,06})_2O_6$.

Найдено. Встречен в цинковом месторождении Франклайн (шт. Нью-Джерси США) в образце (размером 10 см), сложенном темно-зеленым клинопироксеном с каёмкой светло-зеленого клинопироксена и массивного кальцита. Образует микрзерна (10–100 мкм) в монокристалле пироксена мозаичного строения, который содержит микропключения еще до 15 других минералов. Образуется предположительно в связи с катионным обменом первичного диопсид-геденбергит-йохансенитового твердого раствора с богатыми Zn флюидами, которые обусловили выделения в пироксene микропключений и других цинковых минералов.

Искусств. Образуется после обработки при 900° и давлении 20 кбар в течение 6 сут чистого стекла состава $CaZnSi_2O_6$, полученного плавлением смеси $CaCO_3$, ZnO и SiO_2 при 1400° [1].

Межплоскостные расстояния питданнита из месторождения Франклайн (США) [1]
CuK α -излучение, Ni-фильтр, $D = 114,6$ мм

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	
110	10	6,49	31 $\bar{1}$	2	2,906	041	2	2,060	
200	5	4,76	13 $\bar{1}$	30	2,589	40 $\bar{2}$; 202	30	2,022	
020	2	4,50	202; 002	80	2,537	132	2	1,979	
021	1	3,36	311	1	2,324		5	1,910	
220	2	3,25	31 $\bar{2}$; 112; 22 $\bar{2}$	10	2,227		10	1,874	
221	100	3,02	330					10	1,770
310	40	2,96	331; 42 $\bar{1}$	10	2,137				

Литерапия

ГРУППА ЭГИРИНА

В группу входят эгирин, жадеит, омфацит, юрийт* и промежуточные члены эгирин-диопсид и эгирин-геденбергит, которые в качестве самостоятельных минеральных видов не утверждены (т. III, вып. 2, с. 347).

* = космохлору (Никель, Мандарино, 1989).

	Сингония	a_0	b_0	c_0	β	Уд.в.
Джервисит $(\text{Na}, \text{Ca}, \text{Fe}^{2+}) \times$ $\times (\text{Sc}, \text{Mg}, \text{Fe}^{2+})[\text{Si}_2\text{O}_6]$	Моиокл.	9,853	9,042	5,312	106,6°	—
Намансилит $\text{NaMn}^{3+}[\text{Si}_2\text{O}_6]$	"	9,513	8,615	5,356	105,12	3,6
Наталиит $\text{Na}(\text{V}, \text{Cr})[\text{Si}_2\text{O}_6]$	"	9,65	8,77	5,30	107,08	3,57

Джервисит Jervisite $(\text{Na}, \text{Ca}, \text{Fe}^{2+})(\text{Sc}, \text{Mg}, \text{Fe}^{2+})[\text{Si}_2\text{O}_6]$

Назван в честь итальянского минералога У.П. Джервиса [1].

Характ. выдел. Кристаллы (до $0,20 \times 0,08 \times 0,02$ мм).

Структ. и морф. крист. Моиокл.с. C_{2h}^6-C2/c . $a_0 = 9,853$, $b_0 = 9,042$, $c_0 = 5,312$ Å; $\beta = 106^\circ 37'$; $a_0:b_0:c_0 = 1,089:1:0,588$; $Z = 4$ [1]. Для синтетического $\text{NaSc}[\text{Si}_2\text{O}_6]$: $a_0 = 9,8438$, $b_0 = 9,0439$, $c_0 = 5,3540$ Å; $\beta = 107,215^\circ$ [2]; $a_0 = 9,83$, $b_0 = 9,06$, $c_0 = 5,37$ Å; $\beta = 107,2^\circ$ [3].

Изоструктурен синтетической фазе $\text{NaSc}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ [2], в структуре которой атомы Na занимают позицию M(2) в центрах сильно искаженных кубических антипризм, Sc находится в позиции M(1) в искаженных октаэдрах.

Средние межатомные расстояния (в Å): Si–O = 1,632; Sc–O = 2,102; Na–O = 2,454; Si–Si(2) = 3,108; M(1)–M(1) = 3,629; M(1)–Si(1) = 3,356; M(1)–Si(2) = 3,279; углы O–Si–O = 109,4°; O–M(1)–O = 89,9°.

На кристаллах синтетического $\text{NaSc}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ установлены простые формы (100), (010), ($hk0$), а также (0kl), ($h0l$), (hkl); двойники по (100) [3].

Физ. св. Сп. совершенная по (110). Цв. светло-зеленый. Бл. стеклянный [1].

Микр. Синтетический $\text{NaScSi}_2\text{O}_6$ [3] двуосный (–); $cNp = 8,0^\circ$, $b = Nm$; $n_g = 1,724$, $n_m = 1,715$, $n_p = 1,683$; 2V большой.

Хим. Теор. состав $\text{NaScSi}_2\text{O}_6$: $\text{Na}_2\text{O} - 14,09$; $\text{Sc}_2\text{O}_3 - 31,37$; $\text{SiO}_2 - 54,54$.

Промежуточный член изоморфной серии эгирин $\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe})[\text{Si}_2\text{O}_6]$ – $\text{NaSc}[\text{Si}_2\text{O}_6]$.

Анализ (микрозонд., среднее из 3 определений): $\text{Na}_2\text{O} - 5,55$; $\text{MgO} - 2,80$; $\text{MnO} - 0,44$; $\text{CaO} - 7,25$; $\text{FeO} - 8,59$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 0,42$; $\text{Sc}_2\text{O}_3 - 18,48$; $\text{SiO}_2 - 50,42$; $\text{TiO}_2 - 0,55$; сумма 94,50.

Эмпирическая формула (на 2 атома Si): $(\text{Na}_{0,43}\text{Ca}_{0,31}\text{Fe}_{0,14}^{2+} \square_{0,12})(\text{Sc}_{0,66}\text{Fe}_{0,15}^{2+} \times \text{Mg}_{0,19})\text{Si}_2\text{O}_6$.

Нахожд. В жеодах гранитов Бавено (Италия) с каскандитом, кварцем, ортоклазом и альбитом [1].

Искусств. Соединение $\text{NaSc}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ синтезировано в 1968 г. [3] методами гидротермальной кристаллизации из Sc_2O_3 и Na_2SiO_3 в пропорции 1:3 при 750° и 2 кбар в течение 48 ч и методом плавления смеси Sc_2O_3 (0,3 г), SiO_2 (0,6 г) и $\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (50 г) при нагревании до 1180° в течение 12 ч с последующим охлаждением до 900° (10 гард/ч) и закалкой.

Межплоскостные расстояния джервисита из Бавено, Италия [1]
Камера Гандольфи

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (\AA)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (\AA)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (\AA)
110	Слаб.	6,51	330; 331	Оч. слаб.	2,161	600; 351;	Слаб.	1,573
021; $\bar{1}11$	Слаб.	4,51	421	Оч. слаб.	2,132	$\bar{6}02$; $\bar{6}21$		
111	Слаб.	3,68	041; 202;	Оч. слаб.	2,067	402; 332;	Слаб.	1,528
021	Слаб.	3,389	$\bar{1}32$; 241			060; 622;		
220	Слаб.	3,255	511; 422;	Оч. слаб.	1,922	620; 260		
221	Сильн.	3,038	222; 510;			351, 152;	Слаб.	1,435
310	Средн.	2,979	132			531; 243;		
$\bar{1}31$	Слаб.	2,607	150; 421;	Слаб.	1,778	223; 261		
221; 002	Средн.	2,543	312			710; 621	Слаб.	1,336
400; 311	Оч. слаб.	2,304	042	Оч. слаб.	1,689	314	Слаб.	1,304
112; 022	Оч. слаб.	2,233	$\bar{5}31$; 440	Средн.	1,647	352	Слаб.	1,259

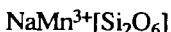
L i t e r a t u r a

1. Mellini M., Merlino S., Orlando P., Rinaldi R. // Amer. Miner. 1982. Vol. 67, N 5/6. P. 599.

2. Hawthorne F.C., Grundy H.D. // Acta crystallogr. B. 1973. Vol. 29, pt 11. P. 2615.

3. Ito J., Frondel C. // Amer. Miner. 1968. Vol. 53, N 7/8. P. 1276.

Намансилит Namansilite



Назван по химическому составу [1].

Синон. Na, Mn-клинопироксен [2].

Характ. выдел. Изометрические или удлиненные зерна до 0,6 мкм и мелкие их скопления [1]; кристаллы [2].

Структ. и морф. крист. Монокл.с. C_{2h}^6-C2/c . Параметры элементарной ячейки при $Z = 4$:

	a_0 (\AA)	b_0	c_0	β	$a_0 \cdot b_0 \cdot c_0$	Ссылка
Намансилит, Д. Восток	9,513	8,615	5,356	105,12°	1,104:1:0,621	[1]
Na, Mn-клинопироксен,	9,506	8,611	5,355	105,08	1,103:1:0,621	[2]
Италия						
Синтетический NaMn $[\text{Si}_2\text{O}_6]$	9,513	8,621	5,354	105,14	1,103:1:0,621	[3]

В кристаллической структуре неназванного Na, Mn-клинопироксена [2] Mn занимает позиции M(1), Na – позиции M(2), Si – тетраэдрические позиции. Средние межатомные расстояния (в \AA): Si–O = 1,628; M(1)–O = 2,023; M(2)–O = 2,495; O–O = 2,657 и 2,862; углы O–Si–O = 109,44°; O–M(1)–O = 89,96° [2]. Аналогичные данные известны для синтетического NaMn $[\text{Si}_2\text{O}_6]$ [3].

Методом рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии установлено присутствие только Mn $^{3+}$, а также координационные параметры Si, Na и O, характерные для цепочечных силикатов [1].

Кристаллы удлиненно-призматические [2]. Под электронным микроскопом видны удлиненные пластинчатые частицы [1].

Физ. св. Сп. совершенная по (110) с углом (110):(1 $\bar{1}0$) = 87°. Хрупкий. Тв. 6–7; микротвердость 794–1023 кгс/мм² при нагрузке 100 г. Отпечатки при микротравливании квадратные, сопровождаются появлением цветной иризации и микротрещинок, параллельных спайности. Уд.в. 3,60 [1], у неназванного Na, Mn-клинопироксена 3,51 [2]. Цв. темно-красный до оранжево-красного [1], красно-фиоле-

товый с фиолетово-буроватой чертой [2]. Бл. стеклянный, на плоскостях спайности перламутровый [1], алмазный [2].

Микр. Сильный плеохроизм: по Ng – кроваво-красный, по Nm – малиново-красный, по Np – лимонно-желтый. Двусный (–). $Nm = b$, $cNp = 20^\circ$. Удлинение (+). $n_g = 1,837$ (вычисл.), $n_m = 1,769$ (вычисл.), $n_p = 1,746$. $n_g - n_p = 0,091$ (измер.). $2V = 15-20^\circ$. Наблюдаются полисинтетические и реже простые двойники по (100) [1]. У неназванного Na, Mn-клинопироксена из Италии [2]: $n_g = 1,835$, $n_m = 1,795$, $n_p = 1,750$.

Хим. Теор. состав: $\text{Na}_2\text{O} - 13,45$; $\text{Mn}_2\text{O}_3 - 34,46$; $\text{SiO}_2 - 52,09$.

Отмечается изоморфное замещение Na на K, Sr, Ba и Mn^{3+} на Fe^{3+} , Mg, Ti, Al.

Анализы (микрозонд.):

	1	2		1	2
Na_2O	13,81	13,42	Ti_2O_3	0,19	–
K_2O	0,05	0,02	Fe_2O_3	1,65	0,18
MgO	0,32	0,02	Mn_2O_3	32,36	35,33
CaO	0,07	0,08	SiO_2	52,64	51,32
SrO	0,42	–	TiO_2	–	0,16
BaO	0,05	–	Сумма	101,16	100,62
Al_2O_3	0,20	0,09			

1 – намансилит (среднее из 5) из Ирнимийского месторождения, Дальний Восток [1]; 2 – неназванный Na, Mn-клинопироксен (среднее из 16) из Валь-ди-Вара (Италия) [2].

Диаги. исп. В HCl не растворяется.

Нахожд. Обнаружен в прожилках мощностью до 3 мм в браунитовых рудах Ирнимийского месторождения, Дальний Восток [1]. В тесной ассоциации с браунитом, тайканитом, неназванным новым Na, Ba, Mn-силикатом, пектолитом, марганцевыми амфиболами, марганецодержащими ортоклазом и флогопитом. Образование связывается с гидротермальными щелочными растворами, возникшими в позднем мезозое во вмещающих породах при внедрении даек основного состава.

Неназванный Na, Mn-клинопироксен найден в марганцевых рудах месторождения Церчиара в Валь-ди-Вара (Восточная Лигурия, Италия) [2] в ассоциации с пектолитом, калиевым полевым шпатом, кварцем, браунитом и неидентифицированным Ba, Mn-силикатом.

Искусств. Прямоугольные призматические кристаллы $\text{NaMnSi}_2\text{O}_6$ размером $0,05 \times 0,06 \times 0,08$ мм синтезированы [3] при 1470 К и давлении 6 ГПа за 24 ч.

Межплоскостные расстояния намансилита из Ирнимийского месторождения [1]

Fe-излучение, Si-эталон, $D = 114,6$ мм

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
110	8	6,330	331̄	7	2,081	531	7	1,580
020	8	4,306	421̄	5	2,044	440	5	1,570
111	7	3,718	041	7	1,994	402	6	1,530
221̄	9	2,927	241̄	3	1,896	133̄	6	1,514
310	8	2,886	–	Оч. слаб.	1,849	350	1	1,486
311̄	5	2,837	–	Оч. слаб.	1,757	–	3	1,468
002̄	9	2,584	312	3	1,731	060	6	1,437
131̄	9	2,501	150	6	1,694	–	3	1,409
112	7	2,268	–	2	1,680	531	7	1,399
–	Оч. слаб.	2,22	223̄	2	1,658			

Л и т е р а т у р а

1. Калинин В.В., Марсий И.М., Диков Ю.П., Тронева Н.В., Трубкин Н.В. // Зап. ВМО. 1992. Ч. 120 вып. 1 С. 89.
2. Basso R., Lucchetti G., Palenzona A. // Neues Jb. Miner. Monatsh. 1989. Н. 2. S. 59.
3. Ohashi H., Osawa T., Tsukimura K. // Acta crystallogr. C. 1987. Vol. 43, pt 4. P. 605.

Наталиит Natalyite

Назван в память о русском геологе Наталье Васильевне Фроловой (1907–1960) [1].

Член изоморфного ряда $\text{NaCr}^{3+}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ (космохлор) – $\text{NaV}^{3+}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ (искусств.) при $\text{V} > \text{Cr}$.

Характ. выдел. Зерна (до $0,3 \times 1$ мм) [1]; кристаллы (до 3–5 мм) [2].

Структ. и морф. крист. Монокл.с. C_{2h}^6 – $C2/c$. Параметры элементарной ячейки при $Z = 4$:

№ ан.	a_0 (\AA)	b_0	c_0	β	$a_0 \cdot b_0 \cdot c_0$	Местонахождение	Ссылка
1	9,58	8,72	5,27	107,16°	1,098:1:0,604	Слюдянка	[1]
2	9,65	8,77	5,30	107,08	1,100:1:0,604	Карелия	[2]
–	9,640	8,748	5,297	106,89	1,102:1:0,605	Синтетич. NaVSi_2O_6	[3]

В кристаллической структуре V^{3+} , Cr^{3+} , Fe^{3+} занимают октаэдрическую позицию M(1). Параметры элементарной ячейки возрастают с увеличением содержания V и Fe [2].

Кристаллы [1] таблитчато-призматического габитуса с удлинением по [001] с отдельными гранями призмы (110) и пинакоида (100) или (010); иногда шестовато-волокнистые вдоль [001] и асбестовидные.

Физ. св. Сп. по (110) с углом между призматическими направлениями 87–88°, отдельность по (001). Тв. около 7; микротвердость 1013–1079 кгс/мм² при нагрузке 50 г [1]. Уд.в. 3,57 [2] (вычисл. 3,55 [1]). Цв. яркий интенсивно-зеленый со слабым желтоватым оттенком; в порошке ярко-зеленый, с более заметным желтоватым оттенком [1]; светло-коричневый [2]. Бл. на сколах стеклянный; поверхность зерен шелковистая (из-за волокнистого строения). Зерна непрозрачны, в сколах прозрачны [1, 2].

Спектр поглощения имеет четкий максимум поглощения (при 680 нм) по Ng и небольшой перегиб (при 660 нм) по Np , которые связываются с переходом ${}^3T_{1g}(^3F) \rightarrow {}^3T_{2g}(^3F)$ в октаэдрических комплексах V^{3+} [2]. Отделяется в электромагнитную фракцию при слабом–умеренном токе [1].

Микр. Плеохроизм сильный: по $Ng \approx Nm$ – густо-изумрудно-зеленый, слабо-голубоватый (в тонких зернах), по Np – зелено-желтый до желтого [1]; у карельского обратная схема абсорбции $Ng < Nm \ll Np$: по Ng – зеленый, по Nm – коричневый, по Np – буро-коричневый [2]. Удлинение (–) [1]. Двуосный (–). Пл.опт. осей (010). $Nm = b$ [1].

n_g	n_m	n_p	$n_g - n_p$	cNp	$2V$	Местонахождение	Ссылка
1,762	–	1,741	0,021	10–14°	68–72°	Слюдянка	[1]
1,770	1,762	1,737	0,033	15–20	63–65	Карелия	[2]
1,785	–	1,737	0,048	–	–	Синтетич. NaVSi_2O_6	[3]

Хим. Теор. состав для NaVSi_2O_6 : $\text{Na}_2\text{O} - 13,72$; $\text{V}_2\text{O}_3 - 33,18$; $\text{SiO}_2 - 53,10$.

Изоморфные замещения: V^{3+} на Cr^{3+} , Fe^{3+} , Al^{3+} и частично Mg ; Na на Mg и Ca ; Si на Ti и Al [1, 2]. В образце из Карелии [2] отмечается четкая обратно пропорциональная зависимость между содержаниями V и Fe , а также Na и Mg ; при этом внутренние части кристаллов обогащены Fe и Mg .

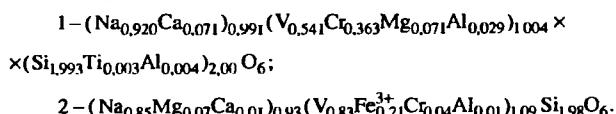
Анализы (микрозонд.):

	1	2		1	2
Na_2O	12,65	11,38	Al_2O_3	0,75	0,26
K_2O	—	0,02	V_2O_3	17,97	27,3
MgO	1,28	1,27	Cr_2O_3	12,23	1,22
CaO	1,78	0,29	SiO_2	53,15	51,96
FeO	—	6,68	TiO_2	0,11	0,01
MnO	—	0,01	Сумма	99,92	100,40

1 – из Слюдянки (Южное Прибайкалье); среднее из 5 определений [1];

2 – из Карелии (Онежский прогиб); среднее из 7 определений [2].

Эмпирические формулы (на 6 атомов О):



Образец из Карелии ближе к конечному члену NaVSi_2O_6 , чем типовой образец из Слюдянки.

Диагн. исп. Нерастворим в HCl и HNO_3 [1].

Нахожд. Впервые обнаружен в обогащенных Cr и V метаморфических кварц-диопсидовых породах слюдянского докембрийского комплекса в Слюдянке, Южное Прибайкалье [1]. Встречается в виде включений в темном полупрозрачном кварце, образующем линзы в ярко-зеленых диопсидитах. В кварце также наблюдаются включения эсколанита-карелианита, граната ряда уваровит–голдманит, Cr , V -турмалина, пирита, розового апатита и других минералов; с диопсидом не соприкасается.

Установлен в метасоматических хром-ванадиевоносных слюдитах Онежского прогиба в Карелии, сложенных хромовыми, ванадиевыми слюдами, турмалином, альбитом, доломитом. Приурочен к альбит-роскоэлитовым метасоматитам ранних стадий и к поздним кальцитовым жилам с карелианитом и монтрозеитом. По краям и трещинам кристаллы замещаются дисперсным монтрозеитом и кальцитом [2].

Искусств. $\text{NaV}^{3+}\text{Si}_2\text{O}_6$ синтезирован [3] из смеси силиката натрия, V_2O_3 , гематита и кварца в соответствующих пропорциях при температуре 600° , давлении 500 кбар в течение 45 сут. Стабилен по крайней мере до 30 кбар и 800° в присутствии H_2O в восстановительных условиях.

Межплоскостные расстояния виятия из Слюдянки [1]

Си K_α -излучение, $D = 0,3$ мм

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
110	6	6,24	241	4	1,917	223	5	1,372
020	6	4,36	511	1	1,868	533; 712	6	1,318
111	2	3,59	422	1	1,832	710; 512; 314	5	1,294
220	4	3,18	150	5	1,713	004; 062	6	1,259
221	10	2,96	312	1	1,683	352	4	1,223
310; 311	8	2,87	042	3	1,650	604	3	1,154
002; 131	10	2,52	223	5	1,630	823	2	1,079

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
221	7	2,46	441; 531	6	1,600	752	2	1,060
311; 312	2	2,24	440	2	1,581	281	3	1,053
022; 112	6	2,19	602	4ш	1,517	750; 354	3	1,047
331; 330	6	2,10	532; 621	5	1,499		2	1,022
421	3	2,08	060	4	1,454		3	0,978
402	2	2,02	622	2	1,436			
041	2	2,00	422	1	1,411			
202	1	1,974	260; 352; 351	8ш	1,391			

Л и т е р а т у р а

1. Резницкий Л.З., Скляров Е.В., Ушаповская З.Ф. // Зап. ВМО. 1985. Ч. 114, вып. 5. С. 630.
2. Румянцева Е.В. // Там же. 1994. Ч. 123, вып. 4. С. 55.
3. Hariya Yu, Yoshikawa K. // J. Fac. Sci. Hokkaido Univ. Ser. IV. 1978. Vol. 18, N 1/2. P. 49.

С Т Р У К Т У Р А Т И П А Л И Н Т И С И Т А**ГРУППА ЛИНТИСИТА**

	Сингония	<i>a</i> ₀	<i>b</i> ₀	<i>c</i> ₀	β	Уд.в.
Линтисит $\text{Na}_3\text{LiTi}_2[\text{Si}_2\text{O}_6]_2\text{O}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Монокл.	28,583	8,600	5,219	91,03°	2,77
[Кукисвумит] $\text{Na}_6\text{ZnTi}_4[\text{Si}_2\text{O}_6]_4\text{O}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Ромб.	28,889	8,604	5,215	—	2,90

Кукисвумит отнесен к группе условно по близости параметров элементарной ячейки и межплоскостных расстояний.

Линтисит Lintisite
 $\text{Na}_3\text{LiTi}_2[\text{Si}_2\text{O}_6]_2\text{O}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Назван по составу [1]. Первоначальное название "минерал М-47" [2].

Характ. выдел. Кристаллы ($0,1 \times 0,5 \times 5$ мм) и их волокнистые и параллельно-шестоватые агрегаты (толщиной 0,1–0,5 мм и шириной 1–5 мм) [1].

Структ. и морф. крист. Монокл. с. C_{2h}^6-C2/c . $a_0 = 28,583$, $b_0 = 8,600$, $c_0 = 5,219$ Å; $\beta = 91,03^\circ$; $a_0 : b_0 : c_0 = 3,3236 : 1 : 0,6068$; $V = 1282,7$ Å³; $Z = 4$ [1, 3].

Структура (фиг. 80) построена из Si–О-цепочек, колонок сочлененных по ребрам Li-тетраэдров, зигзагообразных цепочек из сочлененных по ребрам Na-октаэдров и цепочек из Ti-октаэдров. В крупных полостях располагаются молекулы H₂O и атомы Na(1). Атомы Na находятся в двух координациях: шестерной Na(2) и восьмерной Na(1).

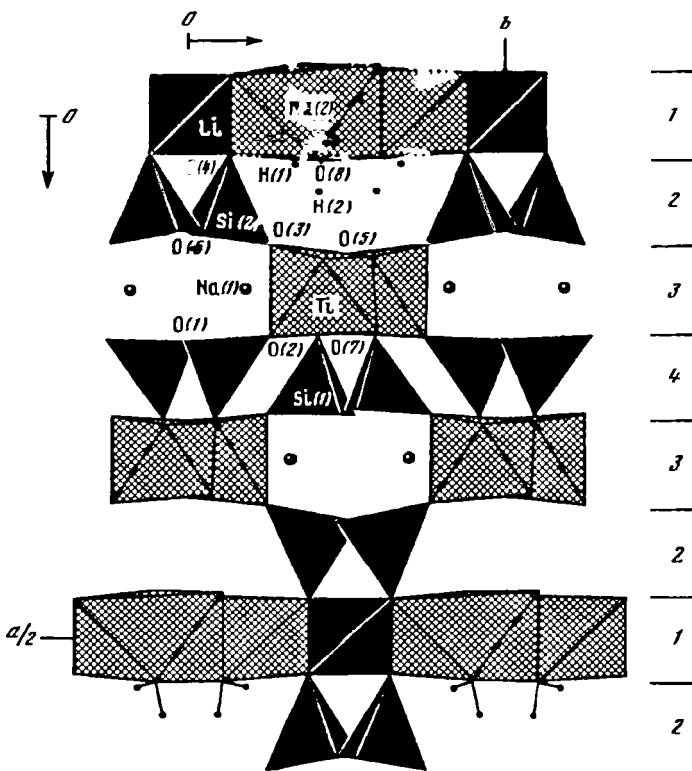
Межатомные расстояния (в Å): Si(1)–O = 1,598–1,648; Si(2)–O = 1,586–1,663; Li–O = 2,013–2,014; Ti–O = 1,807–2,141; Na(1)–O = 2,355–2,687; Na(2)–O = 2,328–2,638.

Кристаллы игольчатые, вытянутые по оси *c* и уплощенные по (100). Характерно двойникование по (100).

Физ. св. [1]. Сп. весьма совершенная по (100), совершенная по (010). Изл. занозистый. Тв. 5–6. Уд. в. 2,77 (вычисл. 2,825).

Бесцветный или светло-желтый. Прозрачный. Бл. стеклянный в изломе и перламутровый на плоскостях спайности. В ультрафиолетовых лучах наблюдается слабое желтое свечение.

ИК-спектр содержит серию хорошо разрешенных максимумов поглощения в



Фиг. 80. Структура линтисита в проекции вдоль оси *c* (по Мерлино и др.)

основной области ($412, 435, 507, 538, 583, 630, 700, 920, 1015, 1060, 1130 \text{ см}^{-1}$) и 1645 см^{-1} в области деформационных колебаний молекул H_2O .

Микр. [1]. Бесцветный. Двусочный (—). $cNg = 2^\circ$, $Nm = b$. Погасание прямое либо слабо косое. Удлинение (+). $n_g = 1,739$, $n_p = 1,672$; $n_g - n_p = 0,130$; $2V = 85^\circ$. Дисперсия сильная, $r < v$.

Хим. [1]. Nb и Fe изоморфно замещают Ti.

Анализ (микрозонд., среднее из 4): $\text{Na}_2\text{O} - 12,72$; $\text{K}_2\text{O} - 0,03$; $\text{Li}_2\text{O}^* - 2,68$; $\text{FeO}^{2*} - 0,28$; $\text{MnO} - 0,05$; $\text{SiO}_2 - 44,03$; $\text{TiO}_2 - 27,68$; $\text{Nb}_2\text{O}_5 - 1,10$; $\text{H}_2\text{O}^{3*} - 6,55$; сумма 99,13 (гора Аллуайв, Ловозерский массив).

* Метод пламенной спектрофотометрии.

2* Общее Fe.

3* Определено по п.п.

Эмпирическая формула (на 14 атомов O): $\text{Na}_{2,97}\text{Li}_{0,99}(\text{Ti}_{1,91}\text{Nb}_{0,05}\text{Fe}_{0,02})_{1,98} \times \text{Si}_{4,03}\text{O}_{14} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Диагн. исп. [1]. Легко разлагается 10%-ной HCl с сохранением кремниевого остова.

Повед. при нагр. [1]. На кривой нагревания в интервале $150-550^\circ$ регистрируется постепенная потеря веса и резкая – в интервале $550-660^\circ$. Общая потеря веса (6,55%) обусловлена удалением молекул H_2O . Температура плавления

900–950°. Порошковограмма прокаленного при 600° соответствует рамзаиту (= лоренцину (Clark, 1993)).

Нахожд. [1]. Найден в богато минерализованных содалит-нефелин-полевошпатовых пегматитах в виде неполных псевдоморф по рамзаиту на горе Аллуайв, в Ловозерском массиве (Кольский п-ов). Предположительно образовался в результате взаимодействия с рамзаитом остаточных силикатно-солевых растворов, богатых щелочными, летучими и редкими элементами.

Отл. От кукисвумита отличается по составу; от виноградовита и рамзаита – по оптическим свойствам, структуре и составу.

Межплоскостные расстояния лингисита из Ловозерского массива (гора Аллуайв) [1]

FeK_α-излучение. Камера Гандольфи

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
200	Сильн.	14,29	511	Оч.слаб.	3,49	040	Слаб.	2,153
400	Оч.слаб.	7,16	620	Оч.слаб.	3,20	802	Оч.слаб.	2,126
310	Ср.	6,39	421	Сильн	2,996	931; 13.1.1.	Оч.слаб.	1,965
600; 510	Ср.	4,77	621	Ср.	2,744	732	Оч.слаб.	1,925
020	Слаб.	4,30	621	Ср.	2,709	350	Оч.слаб.	1,693
311	Оч.слаб.	4,06	131	Оч.слаб.	2,502	742; 550	Ср.	1,650
710	Ср.	3,69	402	Слаб.	2,432	14.0.2	Слаб.	1,593

L i t e r a t u r a

- Хомяков А.П., Полежаева Л.И., Мерлино С., Пазеро М. // Зап. ВМО. 1990. Ч. 119, вып. 3. С. 76.
- Хомяков А.П. Минералогия ультраагпайтовых щелочных пород. М.: Наука, 1990. 200 с.
- Merlino S., Pasero M., Khomyakov H.P. // Ztschr. Kristallogr. 1990. Bd. 193, N. 1/2. S. 137.

Кукисвумит Kukisvumite
 $\text{Na}_6\text{ZnTi}_4[\text{Si}_2\text{O}_6]_4\text{O}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

Назван по месту находки на горе Кукисвумчорр, в Хибинском массиве [1].

Характ. выдел. Кристаллы (0,1×0,5×7 мм) и их веерообразные сростки.

Структ. и морф. крист. Ромб. с. $D_{2h}^{10}-Pccn$. $a_0 = 28,889$, $b_0 = 8,604$, $c_0 = 5,215$ Å; $a_0 : b_0 : c_0 = 3,3575 : 1 : 0,6061$; $V = 1296,2$ Å³; $Z = 2$.

Призматические кристаллы, вытянутые по [001] и уплощенные по (100).

Физ. св. Сп. не обнаружена. Отдельность по (010). Излом занозистый. Упругий. При раздавливании расщепляется на тонкие волокна вдоль удлинения. Тв. 5,5–6. Микротвердость 517–571 кгс/мм² при нагрузке 20 г. Уд.в. 2,90 (вычисл. 2,95). Цв. белый или бесцветный, иногда с серебристым оттенком. Бл. стеклянный. Прозрачный. Чешуя белая. Флюоресцирует. Под электронным зондом зеленовато-желтое свечение.

ИК-спектр характеризуется полосами поглощения (в см⁻¹): 3410, 3360, 1680, 1645, 1137, 1060, 1020, 955, 930, 895, 700, 600, 575, 545, 495, 450, 420.

Микр. Бесцветный. Двусочный (–). $N_g \parallel$ удлинению, $N_p \perp$ уплощению. Погасание прямое. $n_g = 1,795$, $n_m = 1,746$, $n_p = 1,676$; $n_g - n_p = 0,119$ (при $\lambda = 589$ нм) $2V = 77^\circ$.

Хим. Теор. состав: Na₂O – 16,32; ZnO – 7,14; TiO₂ – 28,04; SiO₂ – 42,17; H₂O – 6,33.

Анализы (микрозонд., 1 – среднее из 3):

	1	2		1	2
Na ₂ O	15,88	16,27	SiO ₂	42,87	42,66
K ₂ O	0,02	–	TiO ₂	26,61	27,03
ZnO	5,99	5,99	Nb ₂ O ₅	0,83	0,83
MnO	0,94	0,61	H ₂ O*	6,38	6,38
FeO	0,45	0,23	Сумма	100,00	100,00
Al ₂ O ₃	0,03	–			

* По разности (методом Пенфильда определено 6,5%).

1, 2 – гора Кукисумчорр: 1 – кристалл, 2 – из псевдоморфозы по лампрофиллиту.

Лазерным спектральным анализом обнаружен Be – 0,00n% (B и Li – 0,000). Установлен F – 0,19% (среднее из 2 анализов отдельных навесок).

Эмпирическая формула (на 28 атомов O): Na_{5,96}(Zn_{0,84}Mn_{0,10})_{0,94} × × (Ti_{3,85}Nb_{0,07}Fe_{0,04})_{3,96} Si_{8,08}O₂₈ · 4,03 H₂O.

Повед. при нагрев. На кривой нагревания фиксируется несколько эндотермических эффектов. Большая часть воды (около 5%) выделяется в интервале 160–430°, в области 540–570° потеря веса составляет около 2%. Регистрируется несколько небольших эндотермических эффектов при 755, 885, 905, 925, 970° без потери веса.

Найд. Обнаружен в пегматитовой жиле арфведсонит-микроклинового состава на горе Кукисумчорр в Хибинском массиве. Встречается в виде кристаллов в пустотах выщелачивания и в псевдоморфозах по лампрофиллиту. Ассоциирует с эвдиалитом, альбитом, ненадкевичитом, анальцином, сфалеритом, молибденитом, фторапатитом, кальцитом, стронцианитом и доннейитом. Предположительно кристаллизовался в гидротермальных условиях из растворов, содержащих цинк.

Отл. По составу и оптическим свойствам отличается от виноградовита и рамзайта (= лоренцениту), от линтисита – по составу и сингонии.

Межплоскостные расстояния кукисумита из Хибинского массива [1]

Cu-излучение. Дифрактометр

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
200	90	14649	721	3	2,584	840	5	1,848
110	13	8,25	202	5	2,567	16.0.6	25	1,806
400	3	7,24	11.1.0	5	2,511	404	5	1,725
310	60	6,42	12.0.0	12	2,406	150	4	1,718
600	80	4,815	930	12	2,139	13.0.2	8	1,691
020	47	4,302	12.2.0	6	2,102	16.2.0	6	1,655
710	65	3,722	440	6	2,061	442	8	1,648
800	28	3,614	902	3	2,026	10.3.2;12.4.0	35	1,604
910	100	3,009	141	2	1,984	14.2.2	4	1,514
521	25	2,878	931	3	1,976	133	5	1,485
130	10	2,855	11.3.0	3	1,934	2.1.10	3	1,358
820	5	2,758	541	10	1,880			

Литература

1. Яковенчук В.Н., Пахомовский Я.А., Богданова А.Н. // Минерал. журн. 1991. Т. 13, № 2. С. 63.

РОМБИЧЕСКИЕ ПИРОКСЕНЫ

ГРУППА ЭНСТАТИТА

В группе ранее описаны (т. III, вып. 2, с. 405): энстатит, гиперстен, ферроситиг – а также бронзит, феррогиперстен и эвлит, не считающиеся самостоятельными минеральными видами (Флейшер, 1990).

	Сингония	a_0	b_0	c_0	Уд.в.
Донпикорит (Mn, Mg) $Mg[Si_2O_6]$	Ромб.	18,384	8,879	5,226	3,36

Донпикорит Donpeacorite
 $(Mn, Mg)Mg[Si_2O_6]$

Назван в честь американского минералога Дональда Р. Пикора [1].

Характ. выдел. Зерна (1–3 мм), массивные зернистые агрегаты.

Структ. и морф. крист. Ромб. с. $D_{2h}^{15}-Pbc\bar{a}$. $a_0 = 18,384$, $b_0 = 8,879$, $c_0 = 5,226$ Å; $a_0 : b_0 : c_0 = 0,483 : 1 : 0,588$; $V = 853,12$ Å³; $Z = 8$ [1].

Мп входит в позицию M(2) при Mn > Mg. В изученном образце [1] позиция M занята Mg (100%), позиция M(2) – Mn (53%) и Mg (47%).

Межатомные расстояния (в Å) [1]: Si(A)–O = 1,629; Si(B)–O = 1,638; M(1)–O = 2,114, M(2)–O = 2,218; O–O = 2,673, 2,951 и 2,997; углы: O–Si(B)–O = 109°; O–M(1) = 104,6; O–M(2)–O = 91,3; O(3)(A)–O(3)(A)–O(3)(A) = 163,8; O(3)(B)–O(3)(B)–O(3)(B) = 146,0°.

Физ. св. Сп. совершенная по (110). Тв. 5–6. Уд. в. 3,36 (вычисл. 3,403). Целло-оранжевый. Бл. стеклянный.

Микр. Светло-розовый. Двусный (–). $Ng \parallel c$; $n_g = 1,692$, $n_m = 1,684$, $n_p = 1,67^*$, $n_g - n_p = 0,015$; $2V = 88^\circ$.

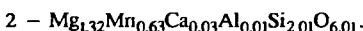
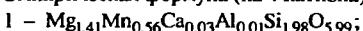
Хим. Теор. состав для $MnMgSi_2O_6$: $MgO = 17,44$; $MnO = 30,66$; $SiO_2 = 51,90$. В составе природного образца Mn составляет 0,56 и 0,63 форм. ед., замещаясь Mg и в меньшей степени Ca и Fe. Его можно определить как магнезиальный донпикорит состава $Dp_{56}En_{44}$ и $Dp_{63}En_{37}$.

Анализы (микрозонд., 1 – оригинал структурных исследований) [1]:

	1	2		1	2
Na ₂ O	0,03	Не опр.	Al ₂ O ₃	0,23	0,16
MgO	26,31	24,12	SiO ₂	55,12	54,64
CaO	0,69	0,82	Сумма	101,00*	99,96
MnO	18,48	20,22			
FeO	0,14	Не опр.			

* В оригинале сумма 100,00.

Эмпирическая формула (на 4 катиона):



Нахожд. Установлен в богатых марганцем кремнистых мраморах близ Балмат (шт. Нью-Йорк, США), метаморфизованных до верхов амфиболитовых фаций ($t = 650^\circ$, $P = 6,5$ кбар). Составляет до 50 об.% породы, основная масса которой сложена волокнистым Mn-Mg-амфиболом – тиродитом (40% породы) с примесью турмалина, железистого браунита, марганцовистого доломита, гедифаноподобного апатита и ангидрита.

Межплоскостные расстояния донпикорита из Балмат, шт. Нью-Йорк (США) [1]
CuK_α-излучение

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
220; 211	10	4,03	421	9	2,724	141; 820	5	2,041
411	6	3,24	131	9	2,551	422	2	2,022
420; 221	100	3,18	611	4	2,531	—	9	1,9947
600	10	3,09	202	10	2,510	—	8	1,7420
321	10	2,961	112; 231; 521	8	2,487	—	11	1,4950
610	60	2,896	302	5	2,404	—	11	1,4794
511	9	2,847	512; 721	5	2,071	—	7	1,4019

Л и т е р а т у р а

1. Petersen E.U., Anovitz L.M., Essene E.J. // Amer. Miner. 1984. Vol. 69, N 5/6. P. 472.

СИЛИКАТЫ С ЦЕПОЧКАМИ ТРЕХЧЛЕННЫХ ГРУПП КРЕМНЕКИСЛОРОДНЫХ ТЕТРАЭДРОВ

С Т Р У К Т У Р А Т И П А В О Л Л А С Т О Н И Т А

ГРУППА ВОЛЛАСТОНИТА

В группе ранее описаны: волластонит, бустамит, пектолит, серандит, фошагит (т. III, вып. 2, с. 489).

	Сингония	<i>a</i> ₀	<i>b</i> ₀	<i>c</i> ₀
Каскандинт CaSc[Si ₃ O ₈ (OH)]	Трикл.*	9,791	10,420	7,076
Умбит K ₂ Zr[Si ₃ O ₈] · H ₂ O	Ромб.	10,208	13,241	7,174
!Параумбит! (K, H) ₂ Zr[Si ₃ O ₈] · nH ₂ O	"	10,34	13,29	14,55

* $\alpha = 98,91$, $\beta = 102,63$, $\gamma = 84,17^\circ$.

Структуры каскандинта и умбита близки волластонитовой; параумбит включен в группу условно.

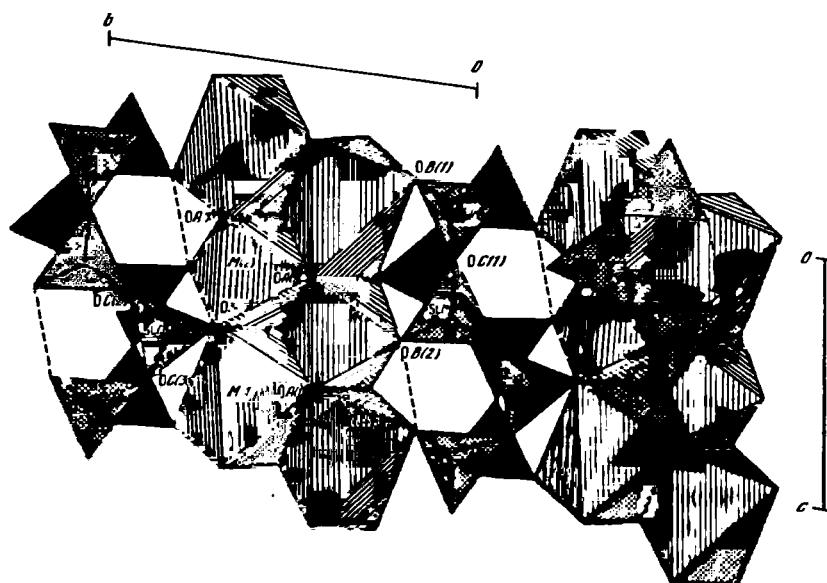
Каскандинт Cascandite CaSc[Si₃O₈(OH)]

Назван по составу (Ca, Sc) [1].

Характ. выдел. Кристаллы (0,20×0,08×0,02 мм).

Структ. и морф. крист. Трикл. с. $C\bar{1}-P\bar{1}$. $a_0 = 9,791$, $b_0 = 10,420$, $c_0 = 7,076$ Å; $\alpha = 98,91$, $\beta = 102,63$, $\gamma = 84,17^\circ$; $a_0 : b_0 : c_0 = 0,939 : 1 : 0,679$; $Z = 4$ [2].

Основу структуры (фиг. 81) [2] составляют кремнекислородные цепочки с периодом повторяемости, равным трем. Октаэдры двух типов: M(1) – заняты Ca, меньшие по размеру M(2) – Sc и небольшим количеством Fe²⁺ и Mn²⁺. Октаэдры, соединяясь ребрами, образуют ленты (ширина в 2 октаэдра), параллельные оси с. Каждая октаэдрическая лента соединяется общими углами с шестью тетраэдрическими цепочками. В отличие от пектолита и серандита позиция A вакантна или, возможно, частично занята атомами (Fe²⁺, Mn²⁺). Водородные связи внутрицепочки.



Фиг. 81. Структура каскандита в проекции на плоскость (100) (по Меллини и Мерлино). Пунктиром показаны водородные связи

Средние межатомные расстояния (в Å): Si(1)–O = 1,624; Si(2)–O = 1,626; Si(3)–O = 1,622; Ca–O = 2,420; Sc–O = 2,131.

Кристаллы тонкопластинчатые по (001). Наблюдались формы: (001), (100), (120), (530).

Физ. св. Сп. хорошая по (001) и (100). Цв. бледно-розовый. Бл. стеклянный.

Микр. $n_1 = 1,663$, $n_2 = 1,684$ на (001) [1].

Идеализированная формула по [1, 2]: $\text{CaScSi}_3\text{O}_8(\text{OH})$; по М. Флейшеру (1990) $\text{Ca}(\text{Sc}, \text{Fe}^{2+})\text{Si}_3\text{O}_8(\text{OH})$.

Анализ (микрозонд.) [1]: $\text{Na}_2\text{O} - 0,06$; $\text{MgO} - 0,20$; $\text{CaO} - 16,83$; $\text{MnO} - 2,32$; $\text{FeO} - 4,50$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 0,11$; $\text{Sc}_2\text{O}_3 - 14,74$; $\text{SiO}_2 - 51,83$; $\text{TiO}_2 - 0,08$; $\text{H}_2\text{O} - 2,59^*$; сумма 93,26.

* Вычислено на основе предположения о наличии одной молекулы H_2O на элементарную ячейку.

Эмпирическая формула: $\text{Ca}(\text{Sc}_{0,74}\text{Mg}_{0,02}\text{Al}_{0,01}\text{Fe}_{0,22}^{2+}\text{Mn}_{0,01})(\text{Na}_{0,01}\text{Ca}_{0,04} \times \text{Mn}_{0,10} \square_{0,85})\text{Si}_3\text{O}_{8,02}(\text{OH})$; кристаллохимическая с учетом данных химического и структурного анализов [2]: $\text{Ca}(\text{Sc}_{1-x}^{3+}\text{M}_x^{2+})(\text{M}_x^{2+} \square_{1-x})\text{Si}_3\text{O}_{8+x}(\text{OH})_{1-x}$, где $\text{M}^{2+} = (\text{Fe}^{2+}, \text{Mn}^{2+})$, $x = 0,1-0,2$.

Найдено. Найден в виде мелких кристаллов в жеодах гранитов массива Кавадиверио, Бавено (Италия), с кварцем, ортоклазом, альбитом и джервиситом [1].

Межплоскостные расстояния каскандита из Италии [1]

CuK α -излучение

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	I	$d(\text{\AA})$
100	Слаб.	7,22	121	Слаб.	2,675	Слаб.	1,717
001	Слаб.	6,75	211, 112	Слаб.	2,595	Слаб.	1,688
110	Слаб.	4,46	300	Слаб.	2,421	Слаб.	1,642

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
111	Слаб.	3,84	301; 022	Слаб.	2,337	Слаб.	1,623
200	Средн.	3,62	212; 311	Слаб.	2,300	Слаб.	1,595
020; 002	Слаб.	3,39	122; 003	Слаб.	2,249	Слаб.	1,564
211	Слаб.	3,25	220	Слаб.	2,220	Слаб.	1,524
102; 201	Слаб.	3,14	130; 131;	Слаб.	2,190	Слаб.	1,447
121; 012;	Средн.	3,10	321			Средн.	1,429
021		013; 221		Слаб.	2,158	Слаб.	1,398
102; 012	Средн.	2,968	321; 310	Слаб.	2,128	Слаб.	1,331
112	Оч.слаб.	2,924	221	Слаб.	2,060	Слаб.	1,296
120	Сильн.	2,821	302	Слаб.	2,040	Слаб.	1,257
211	Оч.слаб.	2,753		Слаб.	1,779		

Литература

1. Mellini M., Merlino S., Orlandi P. // Amer. Miner. 1982. Vol. 67, N 5/6. P. 599.

2. Mellini M., Merlino S. // Ibid. P. 604.

Умбит Umbite $K_2Zr[Si_3O_9] \cdot H_2O$

Назван по месту находки в районе оз. Умба в Хибинском массиве [1]; предварительные названия: "минерал № 14" [2], "K-Zr-силикат" [3], "новая природная модификация $K_2ZrSi_3O_9 \cdot H_2O$ " [4].

Характ. выдел. Кристаллы (1–3)×(0,01–0,1) мм, их параллельные и веерообразные сростки [1, 5].

Структ. и морф. крист. Ромб. с. $P2_12_12_1-D_2^4$. $a_0 = 10,208$, $b_0 = 13,241$, $c_0 = 7,174$ Å; $a_0 : b_0 : c_0 = 0,771 : 1 : 0,542$; $V = 969,7$ Å³; $Z = 4$ [1, 4].

Полиморфная модификация костылевита. Основу структуры [4] составляют ажурные сетки из Zr-октаэдров и Si-тетраэдров, образующие трехмерный каркас смешанного типа $[Zr(Si_3O_9)]_{\infty}^{2-}$. Si-O-радикал представлен волластонитовой цепочкой $[Si_{2+1}O_9]_{\infty}$. На ячейку приходится четыре такие цепочки, идущие вдоль оси *c* и связанные между собой одиночными, почти правильными Zr-октаэдрами (фиг. 82). Между цепочками в том же направлении проходят каналы, в которых размещаются атомы K (в девятивершинниках) и молекулы воды.

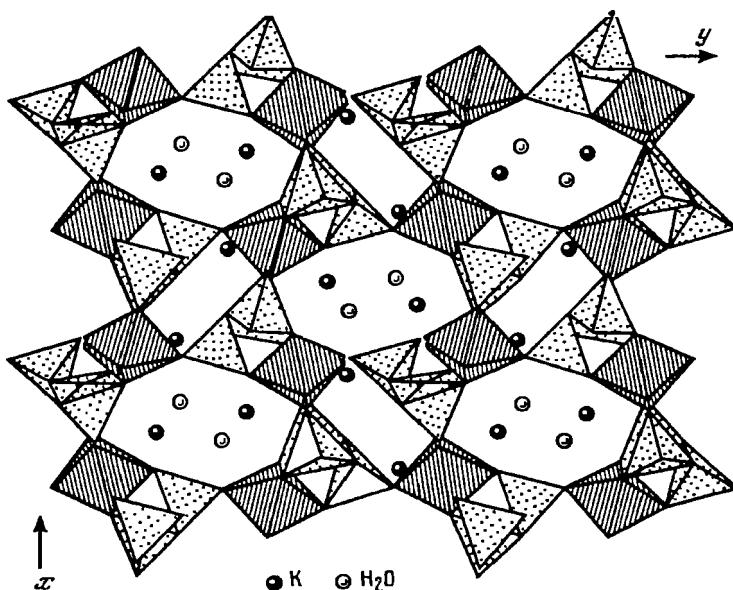
Средние межатомные расстояния (в Å): Zr–O = 2,06; Si–O = 1,61, 1,62 и 1,63; K–O = 3,00 и 3,08.

Наблюдались грани: (010) – основная, (101), (110) и (011), придающие кристаллам форму восьмиугольных табличек, уплощенных по оси *b* и несколько вытянутых вдоль оси *c* [1, 5]. $a : b : c = 0,77095 : 1 : 0,54180$.

Формы:

<i>b</i>	010	<i>n</i> 110	<i>p</i> 011	<i>q</i> 101
<i>φ</i>	0°00'	52°22'	0°00'	90°00'
<i>p</i>	90 00	90 00	28 27	35 06

Физ. св. Сп. совершенная слюдоподобная по (010), менее совершенная по (100). Микротвердость 305–451 кгс/мм². Уд.в. 2,79. Бесцветный или желтоватый. В тонких пластинках водяно-прозрачный. Бл. стеклянный в изломе, перламутровый на плоскостях спайности. В ультрафиолетовых лучах слабая желтовато-белая фотoluminesценция при комнатной температуре и яркая беловато-зеленая при температуре жидкого азота, обусловленная предполагаемыми комплексами $[Ti^{4+}O_6]$ [3] и вызванная сорбированными примесями (органика, вода) [1]. В ИК-спектре 10. Минералы т. IV, вып. 3



Фиг. 82. Структура умбита в проекции вдоль оси y (по Илюшину и др.).

сильные полосы поглощения 3170 и 3320 см⁻¹ свидетельствуют о наличии молекулы воды [1].

Микр. Пл. опт. осей параллельна пл. совершенной спайности (010); $N_g = a$, $Nm = b$, $Np = c$. Двоосный (-). $n_g = 1,619$, $n_m = 1,610$ (вычисл.), $n_p = 1,596$; $n_g - n_p = 0,023$; $2V = 80^\circ$ [1].

Хим. Теор. состав: K₂O – 22,66; ZrO₂ – 29,64; SiO₂ – 43,37; H₂O – 4,33.

Анализ (микрозонд., среднее из анализов 3 зерен): Na₂O – 0,16; K₂O – 22,41; CaO – не обн.; Fe₂O₃ – 0,12; TiO₂ – 3,33; ZrO₂ – 22,28; HfO₂ – 0,43; SiO₂ – 42,36. H₂O* – 5,03; F* – 2,00; –O=F₂ – 0,84; сумма 97,28.

* Химические определения из отдельных навесок с примесью арктита и др., анал. Полежаева.

Эмпирическая формула (на 3 Si): (K_{2,02}Na_{0,02})(Zr_{0,77}Ti_{0,18}Hf_{0,01}Fe_{0,01}) Si₃H_{2,38} × F_{0,45}O_{9,92} [1].

Найд. Встречен в ультраагпайтовых пегматитах Хибинского массива (Кольский п-ов) в долине р. Вуоннемиок, в керне скважины. Приурочен к пегматоидному прожилку, секущему пойкилитовый нефелиновый сиенит. Пластинки умбита находятся в тесных срастаниях с костылевитом и включены в монокристалльные обособления арктита. Наряду с этими минералами прожилок слагают крупнокристаллический калиевый полевой шпат и неравномернозернистый агрегат эгирина, натролита, пектолита, виллиомита, ломоносовита, щербаковита, расвумита, вадеита, измененного эвдиалита и др. Выделение умбита связано с постмагматическими процессами преобразования натриевых минеральных ассоциаций под влиянием существенно калиевых растворов. Является типоморфным для калиевой ветви ультраагпайтовых пегматитов.

Отл. От параумбита отличается вдвое меньшим параметром c_0 .

Межплоскостные расстояния умбита из Хибинского массива [1]

CuK_α-излучение

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
110	3	8,12	421	1	2,276	1	1,268
020; 011	6ш	6,56	251	1	2,238	1	1,230
101	9	5,91	160; 332	4	2,156	1	1,221
200	1	5,19	133	3	2,062	2	1,206
121	3	4,37	351	2	2,010	1	1,161
220; 211	1	4,02	520; 261	3	1,949	1	1,137
002	3	3,59	521; 432	2	1,888	1	1,124
221; 012	2	3,51	170; 530	1	1,859	1	1,102
040; 310	7	3,31	171; 004; 531	8ш	1,797	1	1,085
022; 140	1	3,17	271	1	1,722	1	1,072
231; 320;	10ш	3,02	541; 610	2	1,689	1	1,044
122; 041			611; 134; 224	2ш	1,642	2	1,030
202	1	2,93	631; 263	4ш	1,549	2	1,016
141; 212	8	2,87	462; 640; 523	1	1,512	2	1,000
321; 032	2	2,80	533; 364	2	1,465	1	0,935
330; 132; 222	2	2,71	035; 481	1	1,364	1	0,918
241	1	2,61	192; 183;	1	1,349	1	0,908
410; 051	2	2,51	504; 660			1	0,874
232; 042; 312	1	2,44		1	1,321	1	0,865
420; 340	2	2,39		1	1,302		
103	1	2,338		1	1,285		

Л и т е р а т у р а

- Хомяков А.П., Воронков А.А., Кобяев Ю.С., Полежаева Л.И. // Зап. ВМО. 1983. Ч. 112, вып. 4. С. 461.
- Хомяков А.П. // Геохимия. Минералогия: XXVI Междунар. геол. конгр.: Докл. сов. геологов. М.: Наука, 1980. С. 164.
- Графт М.Л., Горобец Б.С., Хомяков А.П. // ДАН СССР. 1981. Т. 260, № 5. С. 1234.
- Илюшин Г.Д., Пудовкина З.В., Воронков А.А., Хомяков А.П., Илюхин В.В., Пятенко Ю.А. // Там же. Т. 257, № 3. С. 608.
- Хомяков А.П. Минералогия ультраагпайтовых щелочных пород. М.: Наука, 1990. 200 с.

Параумбит Paraumbite

$$(K, H)_2Zr[Si_3O_9] \cdot nH_2O$$

Назван по сходству с умбитом [1], первоначальное название – "минерал № 15" [2].
 Синон. Гидроумбит (?) (Семенов, 1991).

Характ. выдел. Хорошо образованные кристаллы (0,1–1,0 мм), их розетко-коподобные агрегаты [3]. Псевдоморфозы по эвдиалиту (до 1–3 см), тонкие чешуйчатые каемки вокруг его кристаллов, прожилковидные скопления (до 2–3 мм) хрупких изогнутых пластинок [(0,01–0,1)×(1–3) мм] [1].

Структ. и морф. крист. Ромб. с. $a_0 = 10,34$, $b_0 = 13,29$, $c_0 = 14,55$ Å; $V_0 = 1999,4$ Å³; $a_0 : b_0 : c_0 = 0,778 : 1 : 1,095$; $Z = 8$. Четкий псевдопериод $c_0/2$, равный c_0 умбита [1, 4].

Физ. св. Сп. совершенная, слюдоподобная по пластинчатости (010), менее совершенная по (100). Микротвердость 280–504 кгс/мм² при нагрузке 30 г. Уд. в. 2,50–2,67 (материал неоднороден). Бесцветный, в агрегатах белый. Мутный, в тонких пластинках водяно-прозрачный [1], иногда просвечивает [3]. Бл. стеклянный до перламутрового на плоскостях спайности. В ИК-спектре сильные полосы

поглощения 1660, 3350, 3450 и 3570 см⁻¹ указывают на наличие в минерале воды.

Микр. Двухосный (-). $a = Ng$, $b = Nm$, $c = Nr$. $n_g = 1,610$, $n_m = 1,601$, $n_p = 1,58$; $n_g - n_p = 0,022$; $2V = 82^\circ$ [1, 4].

Хим. Изучен недостаточно. Микрозондовое исследование выявило неоднородность минерала.

Анализ (микрозонд., анал. Полежаева): Na₂O – 0,12; K₂O – 15,39; CaO – не обн Fe₂O₃ – 0,10; TiO₂ – 0,89; ZrO₂ – 27,87; HfO₂ – 0,32; SiO₂ – 39,58; сумма 84,2%. Дефицит суммы (15,7%) условно принят за H₂O.

Эмпирическая формула (на 11 катионов, без H): (K_{2,92}Na_{0,03}) · × (Zr_{2,02}Ti_{0,10}Hf_{0,01}Fe_{0,01})H_{0,94}Si_{5,89}O_{18,00} · 7,34 H₂O.

Диагн. исп. Легко разлагается 10%-ной HCl при комнатной температуре.

Нахожд. Найден в Хибинском массиве на горе Эвеслогчорр [1] в полевошпатовых пегматитах, подвергшихся вместе с вмещающими их рисчорритами интенсивному катализу и перекристаллизации. Совместно с другими поздними цирконосиликатами (вареитом, гейдоннеитом) частично или полностью замещает порфировидные выделения эвдиалита в пегматитах, сложенных блоками калиевого полевого шпата, волокнистым баритолампрофиллитом, натролитом и пектолитом. Второстепенные минералы пегматитов – эгирин, анальцим, лейкофанит, апатит, неадекевичит, сфалерит. Псевдоморфозы цирконосиликатов имеют зональное строение: вареит приурочен к внешним, срастания параумбита и гейдоннеита – к центральным частям.

Встречен в массиве Сент-Илер, Квебек (Канада) [3], в пегматитовой дайке: ассоциации с альбитом, микроклином, анальцимом, сидеритом, рутилом, натролитом и пиритом, а также в ксенолите с содалитом, эгирином, эвдиалитом, уссингитом и серандитом.

Отл. От сходного умбита отличается удвоенной величиной параметра c – рентгенограммой.

Межплоскостные расстояния параумбита из Хибинского массива [1]

CuK _α -излучение						
<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
101	2	8,40	1	2,26	1	1,433
110	3	8,12	2ш	2,17	2	1,389
111	1	7,14	2	2,103	1	1,336
020	3	6,60	2	2,032	1	1,301
012	8	6,46	3	1,965	1	1,252
021; 102	10ш	5,25	3	1,910	2	1,221
112	2	5,37	2	1,866	1	1,177
121; 200	3	5,19	5	1,828	2	1,113
122; 030; 103	4	4,40	2	1,797	1	1,092
220; 130	5ш	4,06	3	1,728	1	1,084
230; 301; 310	7	3,34	1	1,667	1	1,063
133; 223; 302	3	3,13	1	1,642	1	1,052
042; 321	9ш	3,01	1	1,603	1	0,971
214; 142	7	2,90	3	1,568	1	0,922
330; 224; 134	1	2,72	1	1,523	1	0,913
150; 332	6	2,56	2	1,499	1	0,845
340; 144	2	2,39	2	1,486		
	1	2,32	2	1,455		

Л и т е р а т у р а

1. Хомяков А.П., Воронков А.А., Кобяшев Ю.С., Полежаева Л.И. // Зап. ВМО. 1983. Ч. 112, вып. 4. С. 461.
2. Хомяков А.П. // Геохимия. Минералогия: XXVI Междунар. геол. конгр.: Докл. сов. геологов. М.: Наука, 1980. С. 164.
3. Horvath L., Gauth R.A. // Miner. Rec. 1990. Vol. 21, N 4. P. 321.
4. Хомяков А.П. Минералогия ультраагпайтовых щелочных пород. М.: Наука, 1990. 200 с.

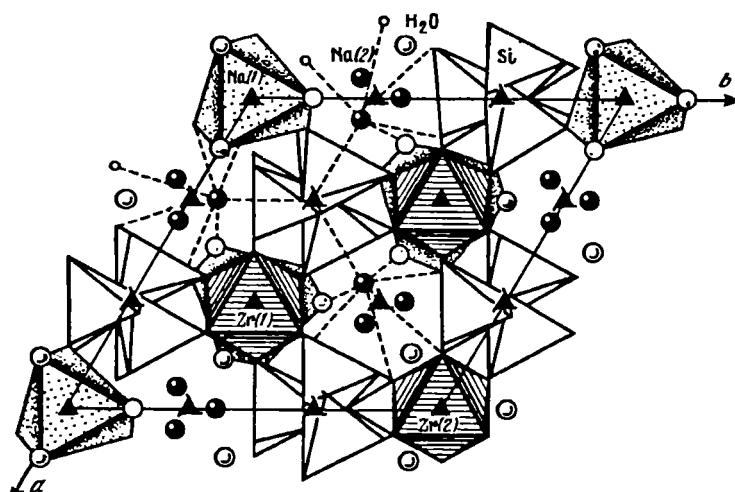
С Т Р У К Т У Р А Т И ПА И Л Е Р И Т А

До расшифровки структуры илерит (hilairite*) был условно отнесен по близости состава к группе бенитоита (т. III, вып. 2, с. 15), объединяющей силикаты с трехчленными кольцами кремнекислородных тетраэдров.

ГРУППА ИЛЕРИТА

	Сингония	a_h	c_h	Z	Уд.в.
Илерит* $\text{Na}_2\text{Zr}[\text{Si}_3\text{O}_9] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	Триг.	10,556	15,855	6	2,73
Кальциоилерит $\text{CaZr}[\text{Si}_3\text{O}_9] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	"	20,870	16,002	12	2,68
Комковит $\text{BaZr}[\text{Si}_3\text{O}_9] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	"	10,526	15,736	6	3,31
Сазыкинант-(Y) $\text{Na}_5\text{YZr}[\text{Si}_3\text{O}_9]_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	"	10,825	15,809	3	2,67

Расшифровка структуры илерита показала, что ее основу составляет смешанный каркас из Zr-октаэдров и винтовых цепочек $[\text{Si}_3\text{O}_9]$ нового типа [1]. В каркасе $\text{Zr}[\text{Si}_3\text{O}_9]$ Zr-октаэдр объединяет три Si-цепочки, каждый Si-тетраэдр которых имеет в качестве соседей два Si-тетраэдра и два Zr-октаэдра, лежащих на разных тройных осях. В полостях каркаса располагаются атомы Na и молекулы H_2O (фиг. 83). Атомы Na(1) окружены тремя O и тремя молекулами H_2O по искаженной тригональной призме, атомы Na(2) – двумя молекулами H_2O и пятью O. Октаэдрические позиции каркаса и его полости допускают определение вариации состава, что подтвердилось открытием структурных аналогов илерита: кальциевого – кальциоилерита [2], бария – комковита [3] и иттриево-редкоземельного – сазыкинанта-(Y) [4].



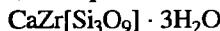
Фиг. 83. Структура илерита в проекции ab (по Соколовой и др.)

Межатомные расстояния (в Å): Zr–O = 2,082 и 2,083 (в октаэдрах); Si–O = 1,598–1,644 (в тетраэдрах); Na(1)–O = 2,55; Na(1)–H₂O = 2,20; Na(2)–O = 2,62; Na(2)–H₂O = 2,244 [1].

Л и т е р а т у р а

- Илюшин Г.Д., Воронков А.А., Невский Н.Н., Илюхин В.В., Белов Н.В. // ДАН СССР. 1981. Т. 258. № 5. С. 1118.
- Boggs R.C. // Amer. Miner. 1988. Vol. 73, N 9/10. P. 1191.
- Соколова Е.В., Аракчеева А.В., Волошин А.В. // ДАН СССР. 1991. Т. 320, № 6. С. 1384.
- Расцветаева Р.К., Хомяков А.П. // Кристаллография. 1992. Т. 37, № 6. С. 1561.

Кальциоиллерит Calcioillairite



Назван по составу и сходству с илеритом [1].

Синон. Са-илерит [2].

Характ. выдел. Кристаллы до 2 мм в длину.

Структ. и морф. крист. Триг. с. $D_3^7 - R32$. $a_h = 20,870$, $c_h = 16,002$ Å; $a_h : c_h = 1 : 0,7667$; $Z = 12$.

Кристаллы тригонального облика с формами: (1120), (2110), (1012) и (0112).

Физ. св. Сп. нет. Тв. 4. Уд. в. 2,68 (вычисл. 2,74). Цв. белый до светло-голубого. Бл. стеклянный. Изл. раковистый. Не люминесцирует.

Микр. Одноосный (–). $n_o = 1,622$, $n_e = 1,619$.

Хим. Теор. состав: CaO – 13,56; SiO₂ – 43,58; ZrO₂ – 29,79; H₂O – 13,07.

Анализ (микрозонд., среднее из 5): Na₂O – 0,20; CaO – 11,14; CuO – 0,65; FeO – 0,19; SiO₂ – 40,02; ZrO₂ – 32,60; TiO₂ – 0,06; Al₂O₃ – 1,32; H₂O (по разности) – 13,82; сумма 100,00.

Эмпирическая формула (на 9 атомов O): (Ca_{0,89}Na_{0,03}Cu_{0,03})_{0,95}(Zr_{1,14} × Fe_{0,01})_{1,15}(Si_{2,82}Al_{0,09})_{2,91}O₉ · 3,30H₂O.

Са частично замещается Na, Cu, возможно, Zr, а Si – Al.

Нахожд. Найден в небольших количествах в миароловых пустотах в ультратщелочных гранитах батолита Гольден-Хорн в северной части Каскадных гор (шт. Вашингтон, США). Ассоциирует с микроклином, кварцем, альбитом, флюоритом, хлоритом, бастнезитом, цирконом и малахитом.

Отл. От илерита отличается по составу, параметрам элементарной ячейки и оптическим свойствам.

Межплоскостные расстояния кальциоиллерита из Гольден-Хорна (США) [1]

CuK_α-излучение, Si-стандарт. Дифрактометр

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
202	12	5,989	434	3	2,386	930	17	1,671
220	100	5,228	722	3	2,128	384	15	1,668
422	14	3,139	075	5	2,009	574	3	1,589
205	34	3,017	018	5	1,980	2.1.10	3	1,558
125	4	2,890	725	31	1,817	862	3	1,461
612	8	2,606	292	5	1,738	10.1.6	3	1,443

Л и т е р а т у р а

- Boggs R.C. // Amer. Miner. 1988. Vol. 73, N 9/10. P. 1191.

- Хомяков А.П., Нечелюстов Г.Н., Расцветаева Р.К. // Зап. ВМО. 1993. Ч. 122, вып. 5. С. 76.

Комковит Komkovite

Назван по имени русского минералога и кристаллографа А.И. Комкова (1926–1987) [1].

Характ. выдел. Кристаллы (1–2 мм).

Структ. и морф. крист. Триг. с. D_3^7 – R 32. $a_h = 10,526$, $c_h = 15,736$ Å; $a_h : c_h = 1 : 1,494$; $V = 1510$ Å³; $Z = 6$. В структуре [2] в отличие от илерита позиция Na(1) занята крупным атомом Ba²⁺, позиция Na(2) – приблизительно на 80% молекулами H₂O, образующими винтовые цепочки вокруг оси 3₂. Ba-двенадцативершинники и Zr-октаэдры, соединяясь общими гранями, образуют бесконечные цепочки вдоль тройных осей структуры. Кроме того, Ba-полиэдры связаны общими, укороченными до 2,54 и 2,70 Å ребрами с Si-тетраэдрами (фиг. 84).

Средние межатомные расстояния (в Å): в Ba-полиэдрах Ba–O = 3,25; O–O = 3,11; в Si-тетраэдрах Si–O = 1,65, O–O = 2,60; в Zr-полиэдрах Zr(1)–O(2) = 2,04, O–O = 2,89, Zr(2)–O(1) = 2,08, O–O = 2,93.

Кристаллы изометричные; наблюдались грани тригональной пирамиды [1].

Физ. св. Сп. отсутствует. Отдельность предположительно в двух направлениях: в плоскости (001) и параллельно оси [001]. Тв. 3–4. Хрупкий. Уд. в. 3,31 (вычисл. 3,38). Цв. коричневый. Черта светло-коричневая. Бл. стеклянный. Не люминесцирует. В катодных лучах светится голубым цветом.

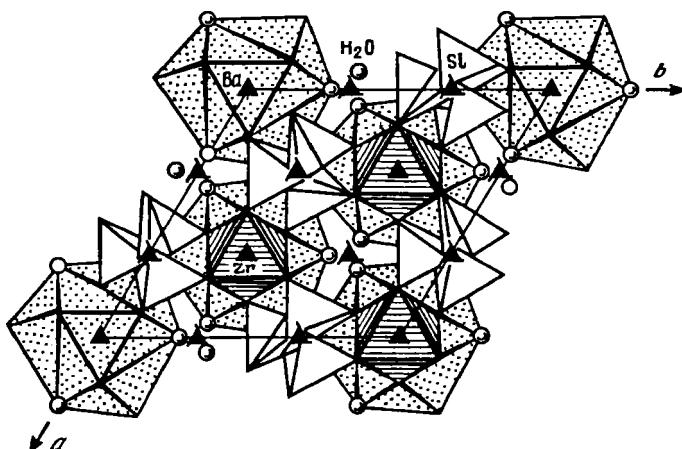
ИК-спектр характеризуется полосами поглощения: 1045, 970, 920, 740, 545, 495 см⁻¹; в области валентных колебаний молекул H₂O – 1665 и 1650 см⁻¹; в области деформационных колебаний H₂O – 3540 и 3510 см⁻¹. Близок ИК-спектру илерита.

Микр. Не плеохроирует. В иммерсионных препаратах окраска коричневая. Одноосный (–). $n_o = 1,671$, $n_e = 1,644$.

Хим. Теор. состав: BaO – 30,02; SiO₂ – 35,28; ZrO₂ – 24,12; H₂O – 10,58.

Анализ (микрозонд.): K₂O – 0,13; BaO – 28,19; CaO – 0,08; FeO – 0,33; SiO₂ – 34,44; ZrO₂ – 24,94; HfO₂ – 0,46; H₂O (определен кулонометрическим методом) – 10,70; сумма 99,27.

Эмпирическая формула (на 9 атомов O): (Ba_{0,95}Fe_{0,02}Ca_{0,01}K_{0,01})_{0,99} × (Zr_{1,04}Hf_{0,01})_{1,05}Si_{2,95}O₉·3,08H₂O.



Фиг. 84. Структура комковита BaZr[Si₃O₉]·3H₂O в проекции ab (по Соколовой и др.)

Часть Ва замещается на К, Са и Fe, а Zr – на Hf.

Повед. при нагр. Дегидратация происходит с начала нагревания с эндотермическим максимумом на кривой ДТА при 140°, заканчивается при 600° [1]. Снижение температуры эндотермического эффекта до 140° объясняется ослаблением связей катионов с молекулами H₂O в структуре (увеличение межатомных расстояний Ba–H₂O = 3,01 против Na–H₂O = 2,244 в структуре илерита) и образованием H₂O-цепочек в каналах структуры комковита [2].

Нахожд. Встречен в доломитовых прожилках, секущих метасоматически измененные пироксениты, в керне скважины в карбонатитовом комплексе Вуориярви (Кольский п-ов). Ассоциирует с доломитом, флогопитом, стронцианитом, баритом, джорджчаоитом и пиритом. Предполагается, что образование комковита связано с изменением катаплита [1].

Отл. От бацирита BaZr[Si₃O₉] отличается присутствием воды, рентгенометрическими данными, физическими и оптическими свойствами.

Межплоскостные расстояния комковита из Вуориярви [1]

Fe-излучение, Ge-стандарт, D = 114,6 мм

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
012	1	5,96	018	1	1,911	418	2	1,398
110	10	5,23	118	4	1,841	610	1	1,389
202	1	3,94	500; 050	2	1,829	508	3	1,334
104	8	3,59	208	5	1,796	440	1	1,314
122	2	3,13	330	2	1,750	700; 530	1	1,304
300	8	3,02	235	1	1,736	3.0.11	1	1,292
024	9	2,96	128	5	1,700	615	2	1,268
123	1	2,880	054	1	1,656	262; 244	1	1,258
302	2	2,840	150; 243	3	1,642	263	2	1,231
220	4	2,615	244; 055	1	1,579	535	3	1,203
214	6	2,571	153	1	1,564	528	1	1,171
312	3	2,393	318	5	1,546	270	1	1,112
116	2	2,327	237	1	1,527	2.0.14	3	1,090
134	2	2,124	514	2	1,505	3.4.10	2	1,081
230	6	2,106	2.0.10	1	1,480	180	2	1,067
232	1	2,026	520	2	1,460	460; 183	2	1,046
410	3	4,984	521	3	1,448	1.3.14	2	1,027
008	3	1,960	238	1	1,434			
233	1	1,931	604	2	1,424			

Литература

- Волошин А.В., Пахомовский Я.А., Меньшиков Ю.П., Соколова Е.В., Егоров-Тисменко Ю.К. Минерал. журн. 1990. Т. 12, № 3. С. 69.
- Соколова Е.В., Аракчеева А.В., Волошин А.В. // ДАН СССР. 1991. Т. 320, № 6. С. 1384.

Сазыкинант-(Y) Sazykinaite-(Y)



Назван по имени Л.Б. Сазыкиной, минералога и художника, автора картин из цветного камня [1]. Синон. Редкоземельный илерит, TR-ILERIT [2].

Характ. выдел. Кристаллы (до 2 мм в поперечнике).

Структ. и морф. крист. [2]. Триг. с. D_3^7 -R32. $a_h = 10,825$, $c_h = 15,809$ Å; $a_h : c_h = 1 : 1,4604$; $V = 1604$ Å³; $Z = 3$.

В отличие от илерита одна из двух Zr-позиций занята Y (и TR), а другая,

Фиг. 85. Структура сазыкинанта-(Y) в проекции на плоскость (001) (по Расцветаевой и др.)

30% – Ti и Nb, позиции Na(1) и Na(2) заселены полностью (фиг. 85). Отношение Na : (Zr, V) = 2,5 (в илерите Na : Zr = 2).

Межатомные расстояния (среднее, в Å): Si–O = 1,621; O–O = 2,646 (в тетраэдрах); Y–O = 2,260; O–O = 3,25; Zr (Ti и Nb)–O = 2,077; O–O = 2,96 (в октаэдрах).

Кристаллы тригонального облика [1].

Физ. св. Сп. несовершенная по (0112). Тв. 5. Изл. раковистый, иногда ступенчатый. Уд. в. 2,67 (вычисл. 2,73). Цв. светло-зеленый, с желтоватым оттенком. Бл. сильный, стеклянный. Прозрачный или просвечивает. В ультрафиолетовых лучах флюoresцирует зеленым цветом.

ИК-спектр имеет полосы поглощения 990, 925, 715, 495 и 470 см⁻¹, в области колебаний молекул H₂O 3520, 2990 и 1690 см⁻¹. ИК-спектр близок к таковым илерита и комковита [1].

Микр. Одноосный (–). $n_o = 1,585(2)$, $n_e = 1,578(2)$, $n_o - n_e = 0,007$.

Хим. [1]. Теор. состав: Na₂O – 18,02; Y₂O₃ – 13,13; ZrO₂ – 14,33; SiO₂ – 41,94; H₂O – 12,58.

Анализ (микрозонд., среднее из 5): Na₂O – 15,18; K₂O – 3,05; Y₂O₃ – 8,74; Ce₂O₃ – 0,17; Nd₂O₃ – 0,25; Sm₂O₃ – 0,38; Eu₂O₃ – 0,24; Gd₂O₃ – 1,03; Tb₂O₃ – 0,21; Dy₂O₃ – 1,26; Er₂O₅ – 0,79; Tm₂O₃ – 0,16; Yb₂O₃ – 0,60; ThO₂ – 0,74; ZrO₂ – 10,24; TiO₂ – 1,36; SiO₂ – 40,51; Nb₂O₅ – 1,30; H₂O* – 12,6; сумма 98,81.

* Потеря веса на ТГ-кривой.

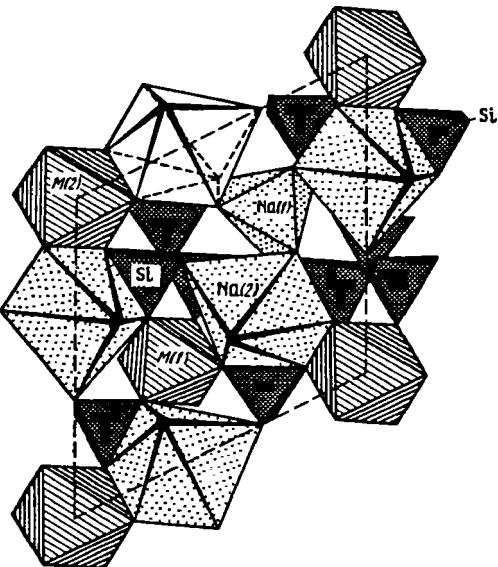
Эмпирическая формула (на 18 атомов О): Na_{4,38}K_{0,58}(Y_{0,69}TR_{0,27}) × (Zr_{0,74}Ti_{0,15}Nb_{0,09})Si_{6,03}O₁₈ · 6,25H₂O.

В некоторых зернах зафиксировано присутствие окислов La, Pr и Ho – 0,02, 0,06 и 0,09 соответственно.

Диагн. исп. Легко разлагается 10%-ными HCl и HNO₃ [1].

Повед. при нагр. На кривой ДТА фиксируется четкий эндотермический эффект при 245°, обусловленный дегидратацией минерала. Общая потеря веса в интервале 20–1000° составляет 12,6%. Термически обработанные кристаллы становятся непрозрачными и приобретают белую окраску, но частично сохраняют исходную кристаллическую структуру. Зерна, прогретые до 500°, дают дебаеграмму с резко ослабленными диффузными линиями.

Найдж. Встречен на горе Коашва (Хибинский массив) в пегматитовой жиле в пустотах в зоне, сложенной преимущественно волокнистым эгирином, а также калиевым полевым шпатом, натролитом, щелочным амфиболом, астрофиллитом, ломоносовитом, сфалеритом. Тесно ассоциирует с лабунцовитом. Кристаллизация



минерала происходила в позднюю гидротермальную стадию в условиях высокой щелочности [1].

Отл. От других минералов группы отличается по составу, оптическим свойствам и порошковограмме.

Межплоскостные расстояния сазыкинита из Хибии [1]

CuK_α-излучение. Дифрактометр

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
012	32	6,03	042	7	2,248	318	2	1,577
110	63	5,40	132	14	2,175	131	5	1,564
113	2	3,776	321	2	2,134	514	4	1,549
104	4	3,645	232	13	2,077	342	5	1,514
211	3	3,453	410	7	2,046	520	13	1,503
122	84	3,236	404	18	2,018	336	5	1,491
300	88	3,127	143	3	1,909	238	2	1,458
024	100	3,030	324	13	1,890	21.10	3	1,447
220	19	2,708	502	4	1,825	434	2	1,437
214	8	2,641	330	21	1,805	612	4	1,407
131	3	2,565	422	11	1,730	508	3	1,362
312	9	2,472	054	12	1,696	440	3	1,354
223	4	2,407	152	4	1,648	164	6	1,346
116	5	2,371	244	7	1,618	532	3	1,321
						262	4	1,283

Л и т е р а т у р а

- 1 Хомяков А.П., Нечелюстов Г.Н., Расцветаева Р.К. // Зап. ВМО. 1993. Ч. 122, вып. 5. С. 76.
2. Расцветаева Р.К., Хомяков А.П. // Кристаллография. 1992. Т. 37, № 6. С. 1561.

СИЛИКАТЫ С ЦЕПОЧКАМИ ЧЕТЫРЕХЧЛЕННЫХ ГРУПП КРЕМНЕКИСЛОРОДНЫХ ТЕТРАЭДРОВ

С Т Р У К Т У Р А Т И ПА А С Т Р О Ф И Л Л И Т А

ГРУППА АСТРОФИЛЛИТА

Группа включала сподоподобные титаносиликаты: лампрофиллит, баритолампрофиллит, астрофиллит, куплетскит, цезийкуплетскит, ниобофиллит и усечно – эрикссонит, килхонит и относилась к силикатам со сдвоенными кремнекислородными тетраэдрами (т. III, вып. 1, с. 638), в структуре которых диортогруппы образуют сложные композиции. В астрофиллите эти группы составляются открыто-разветвленные двухзвенные изолированные цепочки $[Si_4O_{12}]$, дополняющиеся Ti-октаэдрами до образования изолированных слоев $Ti_2[Si_4O_{12}]O_2$. Две Si-Ti-слоя, между которыми находится Mg-октаэдрический сердечник, образуют трехэтажный пакет, аналогичный Si-Mg-пакетам в слюдах [1]. На этом основании группа астрофиллита, включающая также близкие по структуре куплетскит, цезийкуплетскит и ниобофиллит, отнесена к цепочечным силикатам.

Разработана теория политипии астрофиллита [2, 3]. На настоящий момент обнаружены две из 14 теоретически возможных политипных модификаций – моноклинная и триклинная.

	Сингония	a_0	b_0	c_0	α	β	γ	Уд.в.
Магнезиальный астрофиллит*	Монокл.	10,43	23,00	5,35	—	102°	—	
(Na, K) ₄ Mg ₂ (Fe ²⁺ , Fe ³⁺ , Mn) ₅ Ti ₂ × ×[Si ₄ O ₁₂] ₂ (O, OH, F) ₇	Трикл.	11,86	11,98	5,42	103,42°	95,15	112,20°	3,151
Гидроастрофиллит (H ₃ O, K, Ca) ₃ (Fe ²⁺ , Mn) ₅₋₆ Ti ₂ [Si ₄ O ₁₂] ₂ × ×(O, OH) ₇								
Циркофиллит (K, Na, Ca) ₃ (Mn, Fe ²⁺) ₇ (Zr, Nb) ₂ [Si ₄ O ₁₂] ₂ × ×(O, OH, F) ₇	—	—	—	—	—	—	—	3,34

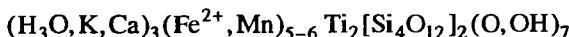
*Описан (т. III, вып. 1, с. 652) как разновидность астрофиллита (магнезиоастрофиллита)

Циркофиллит – циркониевый аналог астрофиллита; дебаеграмма близка та-ко-вой астрофиллита.

Л и т е р а т у р а

1. Woodrow P.J. // Acta crystallogr. 1967. Vol. 22. P. 643.
2. Звягин Б.Б., Врублевская З.В. // Кристаллография. 1976. Т. 21, № 5. С. 949.
3. Врублевская З.В., Звягин Б.Б. Там же. С. 955.

Гидроастрофиллит Hydroastrophyllite



Назван по составу и сходству с астрофиллитом [1]. Ранее это название использовано для продукта гипергенного изменения астрофиллита из щелочных пегматитов Кольского п-ова [2].

Характ. выдел. Агрегат плоских кристаллов.

Структ. и морф. крист. Трикл. с. $a_0 = 11,86$, $b_0 = 11,98$, $c_0 = 5,42 \text{ \AA}$; $\alpha = 103,42^\circ$, $\beta = 95,15^\circ$, $\gamma = 112,20^\circ$; $a_0:b_0:c_0 = 0,990:1:0,452$.

Физ. св. [1]. Сп. в двух направлениях Уд.в. 3,151. Цв. темно-бурый.

Микр. [1]. Плеохроизм: по Ng – темно-желтый, по Nm – оранжево-желтый, по Np – ярко-желтый. $Ng > Nm > Np$. Двуосный (–). $n_g = 1,728$, $n_m = 1,720$, $n_p = 1,660$; $n_g - n_p = 0,068$; $2V = 40^\circ$.

Хим. [1]. Формула твердо не установлена.

Анализ: $Na_2O = 0,53$; $K_2O = 1,28$; $CaO = 2,40$; $BaO = 0,32$; $MgO = 0,51$; $FeO = 0,05$; $MnO = 0,05$; $Fe_2O_3 = 24,24$; $Al_2O_3 = 3,92$; $MnO_2 = 3,37$; $SiO_2 = 25,72$; $TiO_2 = 9,63$; $Nb_2O_5 = 5,01$; $Ta_2O_5 = 0,82$; $H_2O^+ = 6,65$; $H_2O^- = 5,74$; $F = 1,83$; $O = F_2 = 0,77$; сумма 99,30.

Эмпирическая формула: (расчет по параметрам элементарной ячейки и уд.в.): $(K_{0,31}Ba_{0,02}(H_3O)_{1,67})_{2,00}(Na_{0,20}Ca_{0,51}(H_3O)_{0,29}Fe_{3,48}^{3+}Fe_{0,01}^{2+}Mn_{1,30}^{2+}Mn_{0,44}^{4+}Mg_{0,14})_{5,37}(Ti_{1,38} \times \times(Nb_{0,43}Ta_{0,04})_{1,85}(Si_{4,92}Al_{0,88})_{5,80}O_{17,40}OH_{6,60}(O_{2,61}OH_{3,29}F_{1,10})_{7,00})$.

Авторы [1] предлагают формулу: $(K, Ba, H_3O)_2(Na, Ca, H_3O)(Fe^{3+}, Mn^{4+}, Mn^{2+}, Mg)_5(Ti, Nb, Ta)_2(Si, Al)_6(O, OH)_{24}(O, OH, F)$; М. Флейшер (1990) и А.М. Кларк (Clark, 1993) – $(H_3O, K, Ca)_3(Fe^{2+}, Mn)_{5-6} Ti_2 Si_8(O, OH)_{31}$.

Повед. при нагр. [1]. До 400° потеря веса составила 13,5%, в интервале 750–800° – 1,5%. Главный эндотермический пик на кривой нагревания – при 155°.

Нахожд. Описан как вторичный минерал в щелочном пегматите пров. Сычуань, Китай [1].

Межплоскостные расстояния гидроастрофиллита из Китая [1]

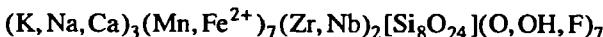
<i>l</i>	<i>d</i> (Å)	<i>l</i>	<i>d</i> (Å)	<i>l</i>	<i>d</i> (Å)
9	10,55	2	2,493	3	1,665
10	3,51	2	2,407	4	1,630
2	3,266	3	2,312	4	1,592
1	3,063	1	2,242	1	1,515
4	2,870	6	2,118	2	1,446
4	2,781	1	2,057	2	1,418
8	2,643	6	1,768		
5	2,584	3	1,744		

Л и т е р а т у р а

1. Hupei Geologic College // Sci. Geol. Sinica. 1974. Vol. 1. P. 18.

2. Семенов Е.И. // Тр. Минерал. музея АН СССР. 1959. Вып. 9. С. 120.

Циркофиллит Zircophyllite



Назван по составу и сходству с астрофиллитом [1].

Характ. выдел. Несовершенные пластинчатые кристаллы до 2 см в длину [1], поликристаллические агрегаты, радиальные срастания.

Структ. и морф. крист. [1]. Трикл. с. Пр. гр. и параметры элементарной ячейки не определены.

В поликристаллических срастаниях наблюдаются многочисленные внутренние углы и различно ориентированная штриховка. Простых форм не обнаружено.

Физ. св. [1]. Сп. весьма совершенная по (001). Хрупкий. Тв. 4–4,5. Уд.в. 3,34 Цв. от темно-коричневого до почти черного. Чертка светло-коричневая. Бл. сильный стеклянный до алмазного по плоскостям спайности.

Микр. [1]. Наблюдается сложное двойникование. Плеохроизм интенсивный: по *Ng* – коричневый, по *Nm* и *Np* – темно-желтый. Удлинение (–), параллельно спайности. Двусочный (–). Смена опт. знака астрофиллита (+) на (–) происходит при содержании ZrO_2 от 5,5 до 7,6%. $Ng \perp$ спайности; $Nm = a$, $bNp = 9\text{--}11^\circ$, $n_g = 1,747$, $n_m = 1,738$, $n_p = 1,708$; $n_g - n_p = 0,039$. $2V = 62^\circ$. Дисперсия очень сильная, $r > v$.

Хим. Анализ [1]: $Na_2O = 1,55$; $K_2O = 5,61$; $CaO = 0,94$; $MnO = 18,83$; $FeO = 18,06$; $SiO_2 = 32,64$; $TiO_2 = 2,30$; $ZrO_2 = 13,61$; $Nb_2O_5 = 2,30$; $H_2O = 3,20$; $F = 1,20$; $O = F_2 = 0,49$; сумма 99,75 (анал. Казакова).

Спектральным анализом [1] установлены: Hf – до 1,2, Sr , Ba , Y , Pb , Be – сл. Методом пламенной фотометрии [2] определены $Sr = 0,09$, $Ba = 0,45$.

Эмпирическая формула (при $Si = 8$) [2]: $(K_{1,70}Na_{0,71}Ca_{0,27})_{2,68}(Fe_{3,82}^{2+}Mn_{3,77})_{7,59} \times (Zr_{1,58}Ti_{0,40}Nb_{0,27})_{2,25}Si_{8,00}O_{24,00}[(OH)_{5,08}O_{2,72}F_{0,90}]_{8,70}$

Нахожд. [1]. Встречен в Коргераедабинском нефелин-сиенитовом массиве (Тыва в зональной пегматитовой жиле с центральными зонами альбита и натролита. Ассоциирует с натролитом, красным эгирин-авгитом (акмитом), лейкофанито-флюоритом, апатитом и апофиллитом.

Характерен для низкотемпературных гидротермальных цеолитовых жил в щелочных породах, богатых Zr, где собственно астрофиллит редок.

Изм. Устойчив в гипо- и гипергенных условиях.

Отл. От астрофиллита отличается морфологией индивидов, опт. знаком и составом, от ниобофиллита – составом.

Межплоскостные расстояния циркофиллита из Тувы [1]

Си-излучение, Ni-фильтр. Дифрактометр

<i>I</i>	<i>d</i> (Å)						
4	9,80	1	2,84	1	2,32	2	1,670
3	3,75	7	2,80	5	2,10	1	1,620
10	3,50	5	2,66	1	2,00	1	1,550
3	3,26	2	2,60	3	1,781	1	1,446
2	3,00	2	2,38	2	1,732	1	1,330

Л и т е р а т у р а

1. Капустин Ю.Л. // Зап. ВМО. 1972. Т. 101, вып. 4. С. 459.

2. Капустин Ю.Л. // Геохимия. 1982. № 4. С. 533.

СТРУКТУРА ТИПА ХАРАДАИТА

ГРУППА ХАРАДАИТА

Данная группа, включающая харадаит (haradaite*) и условно – иннэлит и иоши-мураит, была отнесена к диортосиликатам (т. III, вып. 1, с. 675).

	Сингония	<i>a</i> ₀	<i>b</i> ₀	<i>c</i> ₀	Уд.в.
Харадаит Sr ₂ V ₂ ⁴⁺ [Si ₄ O ₁₂]O ₂	Ромб.	7,06	14,64	5,33	3,8
Сузукиит Ba ₂ V ₂ ⁴⁺ [Si ₄ O ₁₂]O ₂	"	7,089	15,261	5,364	4,0

Формула харадаита, SrV[Si₂O₇], приведенная в Справочнике ранее, а также у М. Флейшера и Д. Мандарино (Fleischer, Mandarino, 1995), отражает лишь его химический состав. Структура характеризуется наличием цепочек [Si₄O₁₂]; по Ф. Либау (1988) – сильно изогнутых неразветвленных четырехзвенных цепочек.

Сузукиит Suzukiite



Назван в честь выдающегося петрографа и минералога Японии проф. Дж. Сузуки [1].

Характ. выдел. [1]. Чешуйки, кристаллы, их скопления.

Структ. и морф. крист. Ромб. с. D_{2h}^{17} -*Amat* или C_{2v}^{16} -*Amat*. $a_0 = 7,089$, $b_0 = 15,261$, $c_0 = 5,364$ Å; $a_0:b_0:c_0 = 0,465:1:0,352$; $Z = 2$ [1].

Структурная формула дана по аналогии с харадаитом [2], бариевым аналогом которого является сузукиит [1].

Физ. св. [1]. Сп. совершенная по (010), отчетливая по (100) и (001). Тв. 4–4,5 на (010). Уд. в. 4,0 (вычисл. 4,03). Цв. ярко-зеленый. Черта бледно-зеленая. Бл. стеклянный.

Микр. [1]. Плеохроизм отчетливый: по *Np* – бледно-зеленый, по *Nm* – светлый, желтовато-зеленый, по *Ng* – синевато-зеленый. $Np < Nm < Ng$. Двусный (–). $a = Np$, $b = Nm$, $c = Ng$. $n_g = 1,748$, $n_m = 1,739$, $n_p = 1,730$; $n_g - n_p = 0,018$; $2V = 90^\circ$. Дисперсия очень сильная, $r < v$.

Хим. [1]. Теор. состав: BaO – 43,02; VO₂ – 23,27; SiO₂ – 33,71.

Анализ (микрозонд.): SrO – 3,21; BaO – 38,38; VO₂ – 23,56; SiO₂ – 33,59; TiO₂ – 0,20; сумма 98,94.

Эмпирическая формула (на 14 атомов O): (Ba_{1,78}Sr_{0,22})_{2,00}(V_{2,02}Ti_{0,02})_{2,04}Si_{3,97}O₁₄.

Найдено. Обнаружен в массивной родонит-родохрозитовой руде из марганцевых отложений рудника Могуразава, преф. Гумма (Япония) [1, 3], в виде чешуйчатых агрегатов, приуроченных к участкам кварца и барита, изредка в ассоциации с алабандином и нагасималитом, которые нарастают на чешуйки сузукиита. Другие ассоциирующие минералы – Mn-кальцит, Ba-роскоэлит, борнит, тетраэдрит, дигенит и герсдорфит [1].

Искусств. Есть указание [1] на гидротермальный синтез Ba₂V₂⁴⁺[O₂/Si₄O₁₂] из смеси окислов при 500° и 500 бар. Отмечалась также синтетическая фаза ромбического BaVSi₂O₇, с параметрами: $a_0 = 6,01$; $b_0 = 10,00$; $c_0 = 9,55 \text{ \AA}$; $Z = 4$ ($\approx 1300^\circ$ и выше) [4].

Отл. Под микроскопом цвета плеохроизма сходны с таковыми харадайта, нагасималита и роскоэлита, но светлее и с желтоватым оттенком [1].

Межплоскостные расстояния сузукиита из Японии [1]

Cu-Ni-излучение

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	
020	100	7,63		0,51	18	2,653	360	3	1,732
111	6	4,13		160	35	2,394	280	10	1,679
040	60	3,818		071	15	2,020	133	5	1,643
031	8	3,696		171	8	1,942	0,91	6	1,617
140	60	3,353		080	6	1,907	191	6	1,576
131	25	3,276		180	8	1,843	0,10,0	16	1,526
211	6	2,902		162	6	1,785	0,12,0	5	1,271

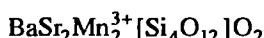
Литература

1. Matsubara S., Kato A., Yui S. // Miner J. Jap. 1982. Vol. 11, N 1. P. 15.
2. Takeuchi Y., Joswig W. // Ibid. 1967. Vol. 5, N 2. P. 98.
3. Matsubara S., Kato A. // Ibid. 1980. Vol. 10, N 3. P. 122.
4. Feltz A., Schmalfuss S., Laugbein H., Tietz M. // Ztschr. anorg. allgem. Chem. 1975. Bd. 417. H. 2. S. 125.

СТРУКТУРА ТИПА ТАЙКАНИТА

	Сингония	a_0	b_0	c_0	β	Уд.в.
Тайканит BaSr ₂ Mn ₂ ³⁺ [Si ₄ O ₁₂]O ₂	Монокл.	7,82	14,60	5,15	92,50°	4,72

Тайканит Taikanite



Назван по месту находки на северо-западном склоне Тайканского хребта (Дальний Восток) [1].

Характ. выдел. Изометричные или слабо удлиненные зерна (десятичные доли мм, редко > 1 мм).

Структ. и морф. крист. Монокл. с. C_{2h}^3-C2/m . $a_0 = 7,82$, $b_0 = 14,60$, $c_0 = 5,15 \text{ \AA}$; $\beta = 92,50^\circ$; $V = 587,43 \text{ \AA}^3$; $a_0:b_0:c_0 = 0,535:1:3,527$; $Z = 2$ – для тайканита с Дальнего Востока [1]; C_2^3-C2 . $a_0 = 14,600$, $b_0 = 7,759$, $c_0 = 5,142 \text{ \AA}$; $\beta = 93,25^\circ$; $Z = 2$ – для тайканита из Южной Африки [2].

Фиг. 86. Структура тайканита (по Армбрюстеру и др.)

В структуре [2] одиночные цепочки $[Si_4O_{12}]$, параллельные [010], связаны с зигзагообразными цепочками MnO_6 -октаэдров, параллельными [001]. MnO_6 -октаэдры в цепочках соединяются по ребрам и в значительной степени искажены (фиг. 86). Открытые каналы в структуре заполнены атомами Ba и Sr (к.ч. = 8).

Межатомные расстояния (в Å):
 $Si(1)-O = 1,60-1,68$; $O-Si(1)-O = 103-118$; $Si(2)-O = 1,58-1,71$; углы:
 $O-Si(2)-O = 99-118$; $Si(1)-O-Si(2) = 127-128^\circ$; $Mn(1)-O = 1,88-2,15$; углы:
 $O-Mn(1)-O = 84-95^\circ$; $Mn(2)-O = 1,87-2,30$; углы: $O-Mn(2)-O = 80-92^\circ$; $Ba-O = 2,63-2,98$; $Sr-O = 2,43-2,75$.

Отмечается двойникование [2].

Физ. св. Сп. совершенная по (001). Микротвердость 831–1059 кгс/мм². Уд.в. 4,72 (вычисл. 4,81). Цв. зеленовато-черный, в тонких сколах – темно-изумрудно-зеленый. Бл. стеклянный до жирного. Хрупкий. Изл. раковистый [1].

Микр. Плеохроизм сильный: по N_g и N_m – изумрудно-зеленый, по N_p – фиолетовый до черного. Пл. опт. осей (010). $N_p = a$, $N_m = b$, $cN_g = 44^\circ$, $cN_p = 46^\circ$, тупой угол β . Двусосный (+). $n_g = 1,814$, $n_m = 1,792$ (вычисл.), $n_p = 1,775$; $n_g - n_p = 0,039$; $2V = 74-80^\circ$. Дисперсия сильная, $r > u$ [1].

Хим. Анализы (микрозонд.):

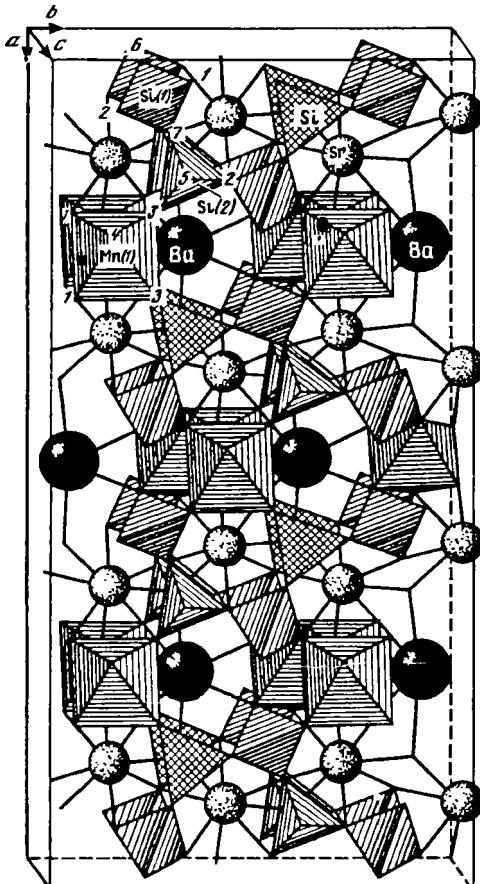
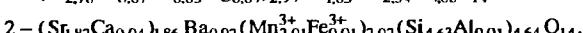
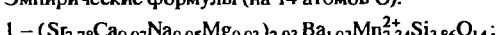
	1	2		1	2
Na_2O	0,18	0,06	MnO^*	19,42	–
K_2O	–	0,02	Al_2O_3	–	0,08
MgO	0,14	Не обн.	$Mn_2O_3^{**}$	–	21,06
CaO	0,46	0,28	Fe_2O_3	–	0,01
SrO	33,78	25,19	SiO_2	27,17	32,41
BaO	18,43	18,61	Сумма	99,58	99,37
PbO	–	1,65			

*Метод определения валентности не указан.

**Трехвалентное состояние обосновывается тем, что наблюдаемое в структуре искажение $Mn^{3+}O$ -октаэдров согласуется с требованиями равновесных валентных связей, определяемых структурной топологией и теоремой Яна-Теллера [2].

1 – Ир-Ними, Дальний Восток (среднее из 3, анал. Тронева) [1]; 2 – месторождение Весселс, ЮАР (среднее из 38) [2].

Эмпирические формулы (на 14 атомов O):



Нахожд. Впервые обнаружен на марганцевом месторождении Ир-Ними (северо-западный склон Тайканского хребта, Дальний Восток [1]) среди нижнекембрийских кремнистых и кремнисто-глинистых сланцев. Находится в ассоциации с браунитом и силикатами Ba, Na и Mn, в тесном парагенезисе с марганцевыми амфиболами. Относится к числу поздних минералов, образованных из гидротермальных щелочных растворов, связанных, возможно, с дифференциацией базальтоидной магмы.

На месторождении Бесселс, Калахари (ЮАР) [2], установлен в серандит-пектолитовых прожилках, пересекающих браунитовые руды. Находится в тесной ассоциации с сугилитом, корнитом и эгирином.

Межплоскостные расстояния тайканита, Дальний Восток [1]

FeK_α-излучение

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
110	3	6,950	221	9	2,832	222; 170		1 2,007
001		5,140	150	2	2,750	400; 350; 261̄	6	1,946
021; 111	1	4,180	240	1	2,666	261; 152̄; 420;		
111	1	4,040	002; 310	8	2,569	171̄; 242	2	1,892
200	1	3,900	112̄; 060; 151̄; 022	1	2,441	401̄; 351̄	1	1,836
040	3	3,650	241; 311̄	1	2,335	080; 242; 401;	1	1,810
220	4	3,440	330	1	2,305	351; 421̄		
131̄	7	3,270	132	1	2,171	440; 081̄;		
131; 201̄	5	3,160	331̄; 202; 042;	2	2,108	081; 003	4	1,718
201	3	3,068	222̄					
221̄	10	2,912	331; 260	1	2,082			

Л и т е р а т у р а

- Калинин В.В., Даулеткулов А.Б., Горшков А.И., Тронева Н.В. // Зап. ВМО. 1985. Ч. 114, вып.5. С. 635.
- Armbruster Th., Oberhänsli R., Kunz M. // Amer. Miner. 1993. Vol. 78, N 9/10. P. 1088.

СТРУКТУРА ТИПА ГАГЕИТА

ГРУППА ГАГЕИТА

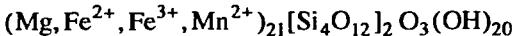
Ранее гагеит был отнесен к силикатам с одиночными кремнекислородными тетраэдрами, среди которых выделялась структура типа гагеита (т. III, вып. 1, с. 327). Позже [1, 2] в структуре установлены четырехчленные кремнекислородные цепочки и обнаружены моноклинная (2M) и триклиническая (1A) модификации гагеита.

	Сингония	<i>a</i> ₀	<i>b</i> ₀	<i>c</i> ₀	α	β	γ
Гагеит-2M (Mn^{2+}, Mg, Zn) ₂₁ O ₃ × $\times [Si_4O_{12}I_2(OH)_{20}]$	Монокл.	19,42	19,42	9,84	—	—	89,5°
Гагеит-1A (Mn^{2+}, Mg, Zn) ₂₁ O ₃ × $\times [Si_4O_{12}I_2(OH)_{20}]$	Трикл.	14,17	14,07	9,84	76,5°	76,6°	86,9
Баланджероит ($Mg, Fe^{2+}, Fe^{3+}, Mn^{2+}$) ₂₁ × $\times [Si_4O_{12}I_2O_3(OH)_{20}]$	Монокл.	19,163	19,224	9,599	—	—	89,5

Баланджероит изоструктурен с гагеитом-2M [2].

Л и т е р а т у р а

1. Ferraris G., Mellini M., Merlini S. // Amer. Miner. 1987. Vol. 72, N 3/4. P. 382.
 2. Belluso E., Ferraris G. // Europ. J. Miner. 1991. Vol. 3, N 3. P. 559.

Баланджероит Balangeroite

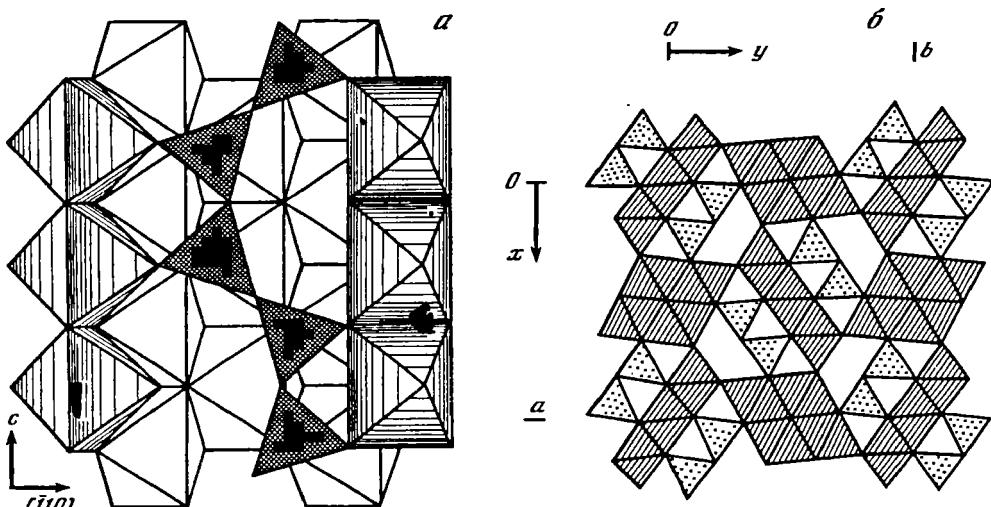
Назван по месту находки в Баланджеро (Пьемонт, Италия) [1].

Характ. выдел. Рыхлые и плотные скопления асбестовидных волокнистых кристаллов длиной в несколько см [1].

Структ. и морф. крист. Монокл. $C_{2h}^4 - P2 / n$. $a_0 = 19,163$, $b_0 = 19,224$, $c_0 = 9,599$ Å; $\gamma = 89,50^\circ$; $a_0:b_0:c_0 = 0,997:1:0,499$ [2]. Первоначально принятая ромбическая ячейка ($a_0 = 13,85$, $b_0 = 13,58$, $c_0 = 9,65$ Å) [1], как показано в [2], является подъячейкой ОД-структурой ($a_m = b_m = 19,40$, $c_m = 9,65$ Å; $\gamma_m = 88,9^\circ$).

Кристаллическая структура, как в гагеите-2М [3], состоит из октаэдрического каркаса, в каналах которого вдоль [001] проходят кремнекислородные цепочки с четырехкратной периодичностью (фиг. 87) [3]. Каркас составлен из блоков: узких "стенок" (3×1 -октаэдр в поперечнике) и "узлов", состоящих из 2×2 -октаэдров. Блоки связаны друг с другом и с Si-O-тетраэдрами через вершины; внутри блоков – сочленения по ребрам (см. фиг. 87, б). Все тетраэдрические позиции заняты только атомами Si, октаэдрические в отличие от гагеита – преимущественно Mg. Дополнительные атомы O (вне Si-O-радикала) связаны с катионами октаэдрических "узлов". Число гидроксильных групп может быть меньше указанного в формуле вследствие замещения их на атомы O при увеличении содержания Fe³⁺.

Кристаллические волокна поперечником в 500–5000 Å имеют простые формы (100), (010), (110), (110), что соответствует наиболее развитым октаэдрическим плоскостям в структуре [3].



Фиг. 87. Структура баланджероита и гагеита (по Феррарису и др.)

а – связь между тетраэдрическими цепями и октаэдрическим каркасом вдоль [110]; б – проекция обеих структур вдоль [001]

Физ. св. Сп. совершенная по $(hk0)$. Хрупкий. Волокна негибаются, "деревянистые" [1]. Уд.в. 2,96–3,10 (вычисл. 3,098) [2]. Цв. темно-бурый до светло-бурового. Бл. жирный, стеклянный. Прозрачен в тонких срезах [1].

Для ИК-спектра характерна полоса поглощения при 3500 см^{-1} [1], отвечающая валентным колебаниям (ОН)-групп.

Микр. Плеохроизм сильный: темно-бурый $\parallel [001]$, желто-бурый $\perp [001]$. Двусный. $n = 1,680 (\perp [001])$ и по удлинению [1].

Хим. Позиция М в общей формуле $M_{21}[Si_4O_{12}]_2(OH)_{20}$ преимущественно занята Mg^{2+} , а также двухвалентными Fe, Mn, Ca, Zn и частично трехвалентными Fe, Al, Cr, Ti. Следы Na и K связаны с загрязнением проб.

Анализы (микрозонд.):

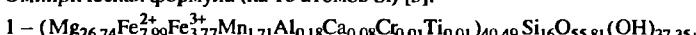
	1	2
MgO	31,81 (30,35–34,15)	34,34(32,88–38,37)
CaO	0,13 (0–0,16)	0,20 (0,08–1,62)
FeO	16,95 (21,43–27,95)	26,38 (22,75–28,15)
MnO	3,59 (2,93–3,92)	0,79 (0,58–1,79)
Al ₂ O ₃	0,27 (0–1,50)	0,15 (0–0,87)
Fe ₂ O ₃ *	8,89 –	Не опр.
Cr ₂ O ₃	0,03 (0–0,13)	0,13 (0–0,69)
SiO ₂	28,37 (24,41–29,36)	28,20 (25,64–29,30)
TiO ₂	0,03 (0–0,05)	0,05 (0–0,08)
H ₂ O**	9,93	Не опр.
Сумма	100,00	90,24

*Общее; по неполному химическому анализу $Fe^{2+}/Fe^{3+} = 2,12$ [1].

**По разности.

1 – из Баланджеро [1] (среднее из 16); 2 – из массива Ланцо [2] (среднее из 45 по 3 образцам); в скобках – пределы колебаний.

Эмпирическая формула (на 16 атомов Si) [3]:



Повед. при нагр. [1]. На кривой ДТА наблюдаются эндотермический пик при 620° и экзотермический прогиб при 700° . При 300° происходит сокращение (при мерно на 1%) параметров элементарной ячейки, при 650° – структурный распад и при 800° образуется оливин (по данным высокотемпературной рентгеновской дифракции). Кривая ТГА показывает реакцию в интервале 580 – 750° , соответствующую 6,4% потери массы; в интервале 50 – 580° теряется 1,6% массы и в интервале 750 – 1000° – еще 1,4%. Общая потеря массы составляет 9,4%.

Нахожд. Обнаружен в серпентинитах массива Ланцо (долина Ланцо, Пьемонт, Италия); впервые в Баланджеро [1], затем еще в двух участках – в 5 и 15 км от первого места [2].

В Баланджеро наиболее распространен в сланцеватых серпентинитах на контакте с непродуктивной зоной. Приурочен к жилам длинноволокнистого хризотила с магнетитом и самородным Fe-Ni; здесь же встречаются метаморфический оливин, хлорит, Ti-клиногумит, диопсид, антигорит и рудные минералы. Замещается хризотилом (электронно-микроскопические наблюдения) [3]. Жилы образовались на ранних стадиях формирования серпентинитов, на что указывают коррозия хризотила метаморфическим оливином и последующее его замещение антигоритом [1]. Предполагается, что в ходе ретроградного метаморфизма ультраосновных пород баланджероит формировался за счет энстатита по реакции: $21Mg_2Si_2O_6 + 20H_2O = 2Mg_{21}O_3(OH)_{20}(Si_4O_{12})_2 + 26SiO_2$, а затем превращался в хризотил: $2Mg_{21}O_3(OH)_{20}(Si_4O_{12})_2 + 12SiO_2 + 8H_2O = 14Mg_3Si_2O_5(OH)_4$ [2]. Псев-

доморфозы баланджероита по ромбическому пироксену часто отмечаются в прозрачных шлифах пород массива Ланцо [1].

В сходной ассоциации (с хризотилом, антигоритом, tremолитом, волокнистыми разностями диопсида, оливина, бруньятеллита и бруситом) установлен в двух других местах массива Ланцо [2]. Здесь также встречаются параллельные сростки баланджероита с хризотилом, возникшие за счет замещения первого вторым.

Отл. От низкосортного хрупкого хризотил-асбеста "метаксита" и "деревянистого" волокнистого феррисепиолита "ксилотила" ("горное дерево") отличается по составу, рентгенограмме и частично по цвету [1].

Межплоскостные расстояния баланджероита из Баланджеро (Италия) [1]

CuK_α-излучение. Дифрактометр

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
110	40	9,59	133	5	2,578	443; 170	15	1,927
020	80	6,77	520	30	2,536	270	15	1,863
040	30	3,405	250	40	2,516	703; 180	5	1,688
410	45	3,378	233; 440	5	2,442	073; 553	5	1,656
140	40	3,278	413	25	2,324	106; 016; 380	10	1,595
003	35	3,198	610	10	2,274	803; 480	5	1,523
240	30	3,030	423	5	2,243	473; 183	15	1,494
050; 510	100	2,714	450	20	2,138	236	5	1,475
223; 150	75	2,674	503	25	2,123	146; 833; 663	5	1,443
033	5	2,613	360; 523	10	2,023	526; 256; 763	5	1,358

L i m e p a t y u r a

1. Compagnoni R., Ferraris G., Fiora L. // Amer. Miner. 1983. Vol. 68, N 1/2. P. 214.

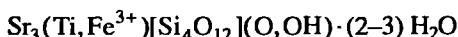
2. Belluso E., Ferraris G. // Europ. J. Miner. 1991. Vol. 3, N 3. P. 559.

3. Ferraris G., Mellini M., Merlino S. // Amer. Miner. 1987. Vol. 72, N 3/4. P. 382.

СТРУКТУРА ТИПА ОМИЛИТА

	Сингония	<i>a</i> ₀	<i>b</i> ₀	<i>c</i> ₀	β	Уд.в.
Омилит Sr ₃ (Ti, Fe ³⁺) _x × [Si ₄ O ₁₂](O, OH) · (2–3)H ₂ O	Монокл.	10,979	7,799	7,818	100°54'	3,38

Омилит Ohmilite

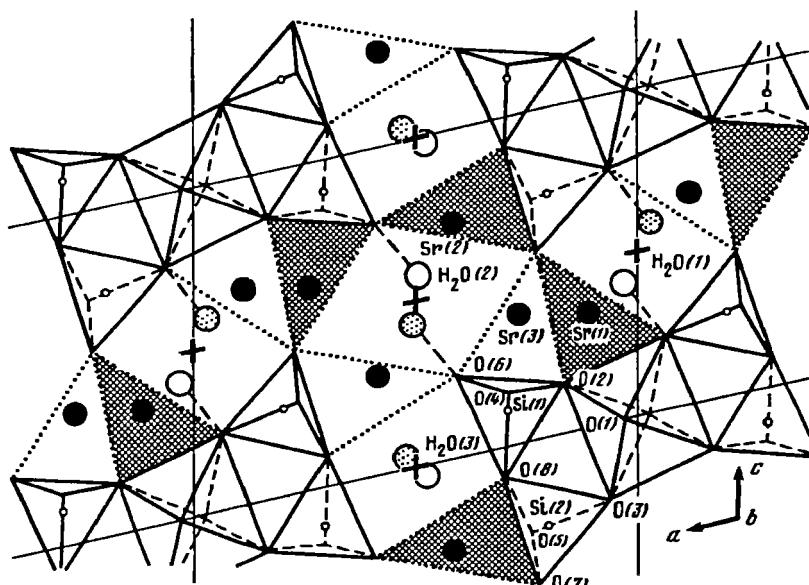


Назван по месту находки [1].

Характ. выдел. Мелкие кристаллы (обычно 5×10 мкм, иногда до 0,2 мм в длину), волокнистые агрегаты, сферолиты [1, 2].

Структ. и морф. крист. Монокл. с. C_{2h}^2 -P2₁/m. $a_0 = 10,958$, $b_0 = 7,778$, $c_0 = 7,799$ Å; $\beta = 100^\circ 54'$ [2]; $a_0 = 10,979$, $b_0 = 7,799$, $c_0 = 7,818$ Å; $\beta = 100^\circ 54'$; $V = 657,4$ Å³; $Z = 2$ [3].

В структуре [2, 3] кремнекислородные тетраэдры связаны в цепочки [Si₂O₆]_{..}, сходные с таковыми в батисите и харадаите. Цепочки вытянуты вдоль оси *b* и попарно связаны Ti-октаэдрами в бруски состава [Si₄O₁₂(Ti₂O₂)Si₄O₁₂], которые, в свою очередь, объединены атомами Sr. Молекулы H₂O располагаются в каналах между Ti-Si-брюсками и полигиэдрами Sr (фиг. 88). Мостиковые связи Si—O в цепочках



Фиг. 88. Структура омилита в проекции вдоль оси b (по Мизоте и др.)

имеют длину 1,643 Å, немостиковые – 1,606 Å. Среднее расстояние Ti–O = 1,992 Å близко к стандартному. Атомы Sr располагаются в трех симметрично независимых позициях в девяти- и восьмивершинниках, образованных атомами кислорода Ti-Si-брюсков и молекулами H_2O . Девятивершинники связывают Ti-Si-брюски вдоль оси c (среднее Sr–O = 2,675 Å), восьмивершинники – вдоль оси a (среднее Sr–O = 2,586 Å). Молекулы H_2O занимают три независимые позиции. $H_2O(1)$ и $H_2O(2)$ участвуют в водородных связях: $H_2O(1)$ –O = 2,698, $H_2O(2)$ –O = 2,83; углы O– H_2O –O соответственно 106,3 и 108,1°. $H_2O(3)$ слабо связана в структуре, часть соответствующих позиций вакантна [2].

Кристаллы игольчатые и тонкоигольчатые (до волокнистых), вытянутые вдоль оси b [1]. Отмечался кристалл размером 0,6×0,1×0,04 мм – оригинал структурного исследования [3].

Физ. св. [1]. Сп. совершенная по (100). Тв. ~ 3,5. Уд.в. 3,38 (вычисл. 3,394). Цв. светло-розовый до розово-коричневого. Черта белая.

В ИК-спектре [3] имеются полосы 575, 636, 678 и 746 cm^{-1} , характерные для силикатов с четырехчленными цепочками тетраэдров Si_4O_8 , а также полосы 1571, 1725 cm^{-1} и в области 3000 cm^{-1} обусловленные наличием сильных водородных связей.

Микр. [1]. Плеохроизм слабый, от бесцветного до светло-розового. Двухосный (опт.знак и ориентировка не определены). $Ng = b$, $Np = a$. $n_g = 1,715$, $n_p = 1,649$. Заметно волокнистое или перистое сложение с волнистым агрегатным погасанием.

Хим. Теор. состав $\text{Sr}_3\text{TiO}[\text{Si}_2\text{O}_6]_2 \cdot 2,5\text{H}_2\text{O}$: $\text{SrO} = 46,67$; $\text{TiO}_2 = 10,49$; $\text{SiO}_2 = 36,08$; $\text{H}_2\text{O} = 6,76$. Ti^{4+} частично замещается атомами Fe^{3+} .

Анализ (микрозонд.): $\text{SrO} = 47,37$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,20$; $\text{Ti}_2\text{O}_3 = 10,27$; $\text{SiO}_2 = 34,79$; $\text{H}_2\text{O}^+ = 6,68^*$; $\text{H}_2\text{O}^- = 0,00^{**}$; сумма 99,31 [1].

*Потеря веса выше 110°.

**Потеря веса при 110°.

Повед. при нагр. Дегидратируется в широком температурном интервале (250–600°) [3].

Нахожд. [1]. Встречен в районе Оми, преф. Ниигата (Япония), в магнезио-рибекит-кварц-флогопит-альбитовых дайках, секущих серпентиниты. В виде тонковолокнистых агрегатов выполняет промежутки между кристаллами альбита в ассоциации с бенитоитом, лейкосфенитом, нанекевеитом (=бариоортоджоакиниту).

Межплоскостные расстояния омилита из района Оми, преф. Ниигата (Япония) [1]
CuK_α-излучение, Ni-фильтр. Дифрактометр

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
100	70	10,83	112	17	3,125	322	5 ш	2,326
001	8	7,68	221	80	3,037	231	2 ш	2,284
101	30	6,91	302	2	2,912	313	34	2,204
200	77	5,39	202	34	2,875	223	2	2,158
111	14	5,17	311	54	2,831	023	11	2,138
201	27	4,87	221	8	2,812	330	42	2,105
111	100	4,62	122	57	2,730	213	42	2,087
002	90	3,83	212	5	2,698	502	11	2,046
211	22	3,596	103	90	2,600	402	42	2,031
301	14	3,523	122	40 ш	2,560	412	14	1,965
021	42	3,471	203	25	2,502	040	8	1,947
102	40	3,409	113	8	2,466	204	37	1,925
310	85	3,264	401; 302	42	2,406	—	8	1,889
220	37	3,152	321	28	2,388	—	11	1,862

Л и т е р а т у р а

1. Komatsu M., Chihara K., Mizota T. // Miner J. Jap. 1973. Vol. 7, N 3. P. 298.
2. Mizota T., Komatsu M., Chihara K. // Ibid. P. 302.
3. Mizota T., Komatsu M., Chihara K. // Amer. Miner. 1983. Vol. 68, N 7/8. P. 811.

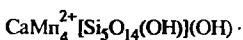
СИЛИКАТЫ С ЦЕПОЧКАМИ ПЯТИЧЛЕННЫХ ГРУПП КРЕМНЕКИСЛОРОДНЫХ ТЕТРАЭДРОВ

С Т Р У К Т У Р А Т И ПА РОДОНИТА

ГРУППА РОДОНИТА

В группе описаны (т. III, вып. 2, с. 533): родонит, бабингтонит, намбулит и марстурит.

		Сингония	<i>a</i> ₀	<i>b</i> ₀	<i>c</i> ₀	α	β	γ	У.д.в.
Натронамбулит (Na, Li) × ×(Mn, Ca) ₄ [Si ₅ O ₁₄ (OH)]	Трикл.	7,620	11,762	6,737	92,81°	94,55°	106,87°	3,51	
Литиомарстурит LiCa ₂ Mn ₂ [Si ₅ O ₁₄ (OH)]	"	7,652	12,119	6,805	85,41	94,42	111,51	3,32	
Сантакларант	"	10,273	11,910	12,001	105,77	110,64	87,13	3,31	



Отнесены к группе родонита на основании структурных данных.

Натронамбулит Natronambulite
 $(\text{Na}, \text{Li})(\text{Mn}, \text{Ca})_4[\text{Si}_5\text{O}_{14}(\text{OH})]$

Назван по аналогии с намбулитом и высокому содержанию Na [1]. Образует изоморфный ряд с намбулитом $(\text{Li}, \text{Na})\text{Mn}_4[\text{Si}_5\text{O}_{14}](\text{OH})$ при одновременном замещении Li на Na и Mn на Ca.

Характ. выдел. Крупнозернистые агрегаты (зерна до 7 мм).

Структ. и морф. крист. Трикл. с. C_1^1-P1 или $C_i^1-\bar{P}\bar{1}$. $a_0 = 7,620$, $b_0 = 11,762$, $c_0 = 6,737 \text{ \AA}$; $\alpha = 92,81^\circ$, $\beta = 94,55^\circ$, $\gamma = 106,87^\circ$; $a_0 : b_0 : c_0 = 0,6478 : 1 : 0,5727$; $Z = 2$.

Изоструктурен с намбулитом.

Физ. св. Сп. совершенная по (100) и (001). Тв. 5,5–6. Уд. в. 3,51 (вычисл. 3,50). Цв. розовато-оранжевый. Черта почти белая со слабым оранжевым оттенком. Бл. стеклянный. Прозрачен.

Микр. Бледно-желтый. Двухосный (+); $n_g = 1,730$, $n_m = 1,710$, $n_p = 1,706$; $n_g - n_p = 0,024$; $2V$ около 45° . Дисперсия слабая, $r > v$.

Хим. Анализы (2-микрозонд.):

	1	2	3		1	2	3
Li_2O	0,43	0,44*	0,98	SiO_2	50,39	49,20	48,97
Na_2O	3,55	4,14	3,12	TiO_2	0,03	—	—
MgO	1,24	1,11	2,16	H_2O^+	1,46	1,48*	1,50
CaO	3,66	3,42	2,87	H_2O^-	0,54	—	0,20
MnO	38,94	39,46	40,30	Сумма	100,55	99,36	100,25
FeO	0,31	0,11	0,15				

* Рассчитаны на основе $(\text{Na} + \text{Li}) = 1$ и $\text{H} = 1$.

1, 2 – из месторождения Танохата (Япония) [1]; 3 – в оригинале назван намбулитом, из Комбат (Намибия, Юго-Западная Африка) [2].

Эмпирические формулы (на 15 атомов O):

1 – $(\text{Na}_{0,69}\text{Li}_{0,17})_{0,86}(\text{Mn}_{3,32}\text{Ca}_{0,39}\text{Mg}_{0,19}\text{Fe}_{0,03})_{3,93}[\text{Si}_{5,07}\text{O}_{14,02}](\text{OH})_{0,98}$;
 2 – $(\text{Na}_{0,82}\text{Li}_{0,18})_{1,00}(\text{Mn}_{3,41}\text{Ca}_{0,37}\text{Mg}_{0,17}\text{Fe}_{0,01})_{3,96}[\text{Si}_{5,02}\text{O}_{14,00}](\text{OH})_{1,00}$;
 3 – $(\text{Na}_{0,61}\text{Li}_{0,40})_{1,01}(\text{Mn}_{3,45}\text{Mg}_{0,33}\text{Ca}_{0,31}\text{Fe}_{0,01})_{4,10}[\text{Si}_{4,95}\text{O}_{13,99}](\text{OH})_{1,01}$.

Найдж. Обнаружен в отвалах термально-метаморфизованных руд Mn-месторождения Танохата, преф. Ивате, Япония. Встречается в виде зернистых агрегатов, имеющих полосчатую текстуру вследствие разного размера слагающих их зерен. Находится в ассоциации с Mn-эгирином, Mn-арфведсонитом, кварцем, родонитом, альбитом, микроклином и серандитом [1]. В месторождении Комбат (Намибия, Юго-Западная Африка) натронамбулит (в оригинале намбулит) находится в ассоциации с гипсом, реже с баритом и кальцитом [2].

Межплоскостные расстояния натронамбулита из месторождения Танохата (Япония) [1]

Cu-Ni-излучение. Дифрактометр

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	I	$d(\text{\AA})$
110	47	7,13	112; 220	15	2,709	6	1,859
001	44	6,70	212; 221	15	2,618	4	1,823
120; 101	1	5,21	222; 320	38	2,506	2	1,777
111	7	4,77	311	1	2,435	5	1,763
021; 121; 121	1	4,15	321	1	2,402	1	1,740
120	2	3,94	222; 330	15	2,373	2	1,697
210	2	3,80	142; 231; 050; 042	1	2,245	2	1,686
220; 121	100	3,559	310	1	2,230	20	1,673
131; 002; 201	40	3,348	011	6	2,221	4	1,637
012	1	3,280				1	1,594

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
102; 031	20	3,164	301; $\bar{1}03$	23	2,198	10	1,585
221	45	3,078	$\bar{1}13$	3	2,169	3	1,545
112	2	3,007	322	2	2,081	2	1,532
022; $\bar{1}\bar{1}2$	34	2,972	213; $\bar{2}03$	4	1,995	4	1,515
140; 102	5	2,917		3	1,931	1	1,483
122; $\bar{1}22$	1	2,829		2	1,889	3	1,478
022	1	2,778		2	1,879	15	1,423

*Литиомарстурит***Литиомарстурит Lithiomarsturite**

Назван по близости состава к марстуриту [1].

Характ. выдел. Кристаллы (1–3 мм), неправильные агрегаты, друзы.

Структ. и морф. крист. Трикл. с. C_i^1 - $P\bar{1}$. $a_0 = 7,652$, $b_0 = 12,119$, $c_0 = 6,805$; $\alpha = 85,41$, $\beta = 94,42$, $\gamma = 111,51^\circ$; $a_0 : b_0 : c_0 = 0,631 : 1 : 0,562$; $Z = 2$ [1].

В структуре [1] цепочки из пяти соединенных вершинами $[\text{SiO}_4]$ -тетраэдров соединены лентами $[\text{Mn}^{2+}\text{O}_6]$ -октаэдров и Са-полиэдров. Атомы Са занимают позицию M(4) и частично M(2), атомы Mn – M(1), M(3), частично M(2), Li находится в позиции M(5) между октаэдрическими лентами. Аналогично распределение атомов по позициям (с учетом замещения $\text{Li} \rightarrow \text{Na}$) в намбулите, натронамбулите и марстурите, с которыми литиомарстурит изоструктурен [2–4]. Синтетические структурные аналоги: литиогидрородонит – $\text{LiMn}_4[\text{Si}_5\text{O}_{14}(\text{OH})]$ и литиевый марстурит – $\text{LiMn}_3\text{Ca}[\text{Si}_5\text{O}_{14}(\text{OH})]$ [5].

Кристаллы изометричные до псевдопризматических.

Физ. св. Сп. по (100) и (001) хорошая. Тв. около 6. Уд. в. 3,32 (вычисл. 3,27). Цв. от светло-розового-бурого до светло-желтого. Бл. стеклянный на свежем сколе. Хрупок. Не люминесцирует в ультрафиолетовых лучах.

Микр. $Np \approx b$, $Nm = a$, $Ng = c$. Двусный (–). $n_g = 1,666$, $n_m = 1,660$, $n_p = 1,645$ (Na-свет). $2V = 59,98^\circ$ (вычисл. 64°). Дисперсия средняя, $r > v$.

Хим. Теор. состав $\text{LiCa}_2\text{Mn}_2[\text{Si}_5\text{O}_{14}(\text{OH})]$: $\text{Li}_2\text{O} - 2,38$; $\text{CaO} - 17,85$; $\text{MnO} - 22,58$; $\text{SiO}_2 - 55,76$; $\text{H}_2\text{O} - 1,43$.

Fe^{2+} и небольшое количество Mg замещают Mn.

Анализ (микрозонд.) [1]: $\text{Li}_2\text{O} - 2,6$; $\text{MgO} - 0,7$; $\text{CaO} - 19,1$; $\text{MnO} - 16,4$; $\text{FeO} - 6,9$; $\text{SiO}_2 - 51,6$; H_2O (вычисл.) – 1,55; сумма 98,9.

Эмпирическая формула (на 5 Si и 15 атомов O): $\text{Li}_{1,01}\text{Ca}_{1,98}\text{Mn}_{1,35}\text{Fe}_{0,56} \times \text{Mg}_{0,10}\text{H}_{1,00}\text{Si}_{5,00}\text{O}_{15}$.

Нахожд. Встречен на месторождении Фут в горах Кингс, шт. Северная Каролина (США), в небольших пустотках в пегматите, сложенном кристаллами микроклина и зернистым кварцем. Ассоциирует с тетравикманитом, бреннокитом и парсеттенситом [1].

Искусств. Среди синтетических Li-пироксенов, полученных Ито [5], особенно близок к литиомарстуриту фаза $\text{LiMn}_3\text{CaSi}_5\text{O}_{14}(\text{OH})$.

Отл. От марстурита отличается отсутствием в составе Na, меньшим количеством Mn, хорошей спайностью и оптическими свойствами.

Межплоскостные расстояния литиомарстурита из Северной Каролины [1]
FeK_α-излучение, D = 114,6 мм

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
100	10	7,05	131̄	10	2,659	5	1,776
001	20	6,79	241̄	20	2,635	2	1,752
110	2	5,25	122	2	2,539	20	1,710
111̄	2	4,47	202̄	5	2,510	2	1,692
111̄	2	4,16	132̄	10	2,475	5	1,681
210	2	3,79	232̄	2	2,451	10	1,609
131̄	10ш	3,55	340	20	2,262	10	1,596
211̄	5	3,39	151̄	50	2,220	2	1,573
121	5	3,31		5	2,102	2	1,556
211̄	90	3,19		10	2,089	2	1,542
221	50	3,08		2ш	2,012	5	1,515
231	100	3,01		2ш	1,943	5	1,492
130	90	2,913		5ш	1,894	10	1,446
112	20	2,811		5ш	1,833	20	1,428
240	60	2,744		2	1,805	5	1,394
131	2	2,710					

Л и т е р а т у р а

1. Peacor D.R., Dunn P.J., White J.S., Jr., Grice J.D., Chi P.H. // Amer. Miner. 1990. Vol. 75, N 3/4. P. 409.
2. Peacor D.R., Dunn P.J., Sturman B.D. // Ibid. 1978. Vol. 63, N 11/12. P. 1187.
3. Yoshii M., Aoki Y.T., Maeda K. // Miner. J. Jap. 1972. Vol. 7, N 1. P. 29.
4. Matsubara S., Kato A., Tiba T. // Ibid. 1985. Vol. 12, N 7. P. 332.
5. Ito J. // Ibid. 1972. Vol. 7, N 4. P. 359.

Сантаклараит Santaclarait $\text{CaMn}_4^{2+}[\text{Si}_5\text{O}_{14}(\text{OH})](\text{OH}) \cdot \text{H}_2\text{O}$

Назван по месту находки в округе Санта-Клара, шт. Калифорния (США) [1, 2].
Первоначально кратко описан в 1978 г. [3] как новый пироксеноид, близкий родониту, намбулиту и марстуриту.

Характ. выдел. Радиально-пластинчатые агрегаты кристаллов, сферолиты (диаметром около 1 мм).

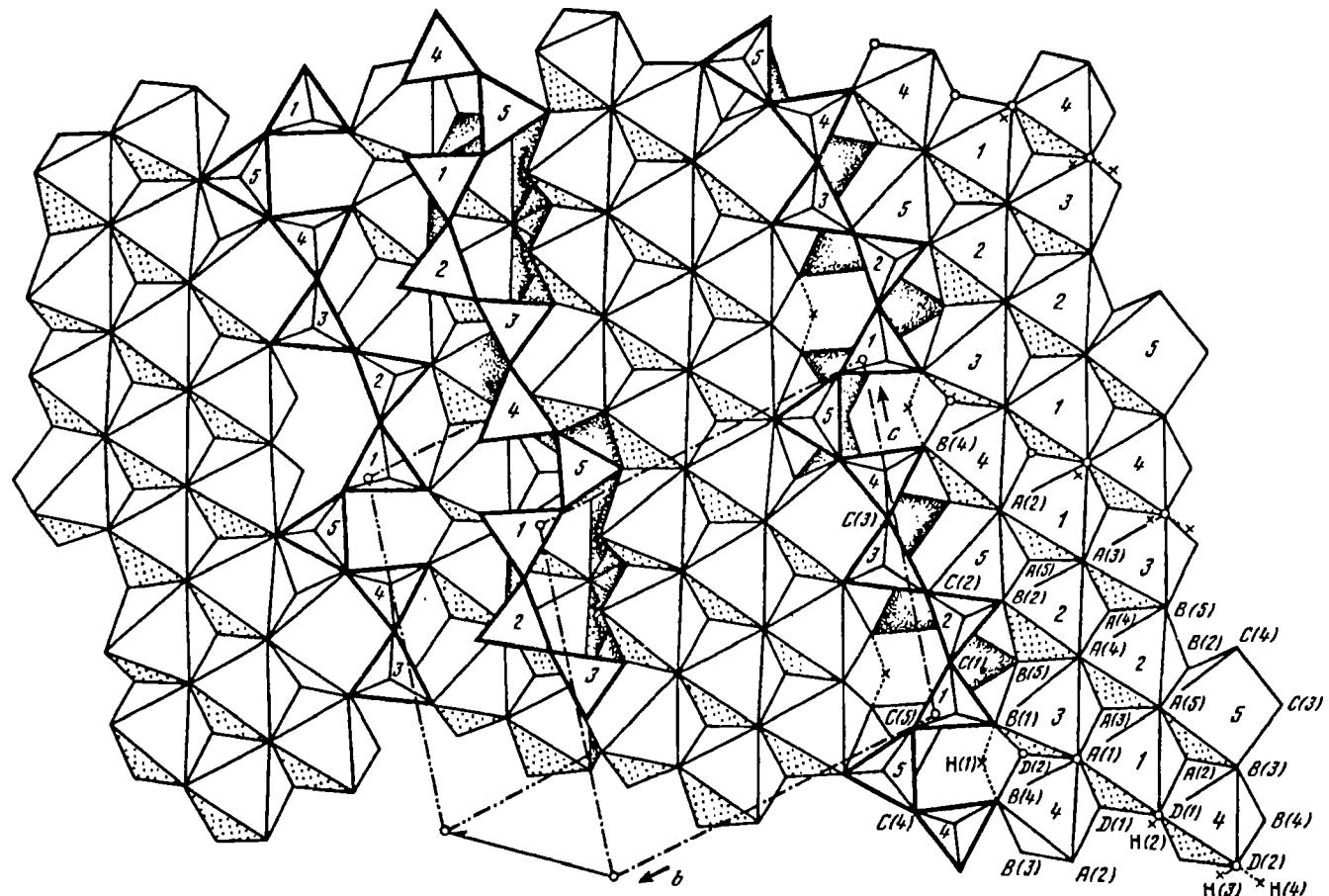
Структ. и морф. крист. Трикл. с. $C_i^1 - \bar{I}\bar{I}$. $a_0 = 10,273$, $b_0 = 11,910$, $c_0 = 12,001$ Å; $\alpha = 105,77^\circ$, $\beta = 110,64^\circ$, $\gamma = 87,13^\circ$; $a_0 : b_0 : c_0 = 0,862 : 1 : 1,008$; $V = 1317,0$ Å; $Z = 4$ [2].

Выделены [2] также ячейки $B\bar{I}$ и $P\bar{I}$ с соответствующими параметрами:

	a_0 (Å)	b_0	c_0	α	β	γ	V	Z
$B\bar{I}$	15,633	7,603	12,003	109,71°	88,61°	99,95°	1322,03	4
$P\bar{I}$	9,738	9,970	7,603	109,77	93,95	104,97	661,01	2

Матрица трансляции ячейки $B\bar{I}$ в \bar{I} [121/121/001], ячейки $B\bar{I}$ в $P\bar{I}$
 $\left[-\frac{1}{2}0\frac{1}{2}/\frac{1}{2}0\frac{1}{2}/010 \right]$.

Структура состоит из чередующихся тетраэдрических и октаэдрических слоев, вытянутых в направлении оси *c* (фиг. 89) [1]. Тетраэдрический слой представлен цепочками SiO_4 -тетраэдров с периодом повторяемости в пять тетраэдров. Октаэдрический слой включает ряд из десяти Ca- и Mn-октаэдров, образующий со смежными октаэдрическими рядами ленты шириной в два или три октаэдра. Тетраэд-



Фиг. 89. Структура сантакларанта в проекции на плоскость bc (по Оаши и Фингеру)
Позиции атомов кислорода: A, C – в тетраэдрах, B – в OH-группах, D – в H_2O

рическая цепочка и октаэдрическая лента подобны таковым родонита. Отличие состоит в том, что две соседние тетраэдрические цепочки в сантаклараите смешены на $1/2c$, а октаэдрические ленты повернуты на пол-оборота по отношению к соседним тетраэдрическим слоям. Эта особенность связана с тем, что атомы H играют тройную роль в структуре: H(1) участвует в образовании H-связи в Si—O-радикале, H(2) входит в OH-группу, связанную с M(1)-октаэдром, H(3) и H(4) — в молекулы H_2O .

Три октаэдрические позиции M(1), M(2) и M(3) заняты только атомами Mn; атомы Ca расположены в M(5). Позиция M(4) занята на 0,91 Mn и 0,09 Ca. Полиэдры M(1), M(2) и M(3) — слегка искаженные октаэдры; средние межатомные расстояния M—O = 2,204, 2,199 и 2,205 соответственно. Октаэдр M(4) искажен сильнее: M—O = 2,062–2,349. Октаэдр M(5) является семикоординационным полиэдром, Ca(7)—O = 2,599. Средние межатомные расстояния (в Å): Si—O в пяти независимых тетраэдрах: 1,618, 1,623, 1,624, 1,650, 1,630.

Кристаллы тонкопризматические до почти волокнистых по [001]. Главные формы: $a(100)$, $b(010)$, $m(110)$, $f(101)$, $g(301)$, $h(401)$. Двойники по (100) [2].

Физ. св. Сп. по (110) хорошая. Тв. 6,5. Уд. в. 3,31 (вычисл. 3,398). Цв. светло-розовый до красновато-оранжевого. Прозрачный. Бл. стеклянный. Черта светло-розовая. Не люминесцирует [2].

Микр. Плеохроизм слабый: по Ng — светло-красновато-коричневый, по Nm — светло-красный, по Np — еще более светло-красный. $Ng > Nm > Np$. $cNg = 2^\circ$, $bNm = 21^\circ$ — на (100); $cNg = 16^\circ$, $aNm = 14,5^\circ$ — на (010). Двусный (—). $n_g = 1,708$, $n_m = 1,696$, $n_p = 1,681$ (Na-свет). $2V = 83^\circ$. Дисперсия средняя, $r > v$ [2].

Хим. По составу — гидратированный родонит.

Анализ (микрозонд.) [2]: $\text{Na}_2\text{O} = 0,12$; $\text{MgO} = 0,31$; $\text{CaO} = 7,24$; $\text{MnO} = 41,26$; $\text{FeO} = 0,09$; $\text{NiO} = 0,06$; $\text{CoO} = 0,06$; $\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,12$; $\text{SiO}_2 = 44,74$; $\text{H}_2\text{O} = 5,28$; сумма 99,28 (H_2O определена микрокалориметрически).

Эмпирическая формула (на 17 атомов O): $(\text{Ca}_{0,87}\text{Na}_{0,03})(\text{Mn}_{3,94}^{2+}\text{Mg}_{0,05}^{2+}\text{Fe}_{0,01}^{2+}\text{Ni}_{0,01} \times \text{Co}_{0,01})[(\text{Si}_{5,04}\text{Al}_{0,02})\text{O}_{14,03}(\text{OH})_{0,97}](\text{OH}) \cdot \text{H}_2\text{O}$.

Диагн. исп. Нерастворим или очень слабо растворим в горячих конц. кислотах. В закр. тр. выделяет воду и становится светло-бурым. При сильном нагревании (около 1000°) становится белым и почти непрозрачным [2].

Повед. при нагр. Дегидратируется постепенно до 550°. На кривой нагревания (на воздухе) отмечена одна эндотермическая реакция при 550° — превращение в Mn-бустамит.

Найд. Известен [2] в породах Францисканской формации на территории округов Санта-Клара и Стенислас, шт. Калифорния (США). В округе Санта-Клара встречается в кремнистых сланцах в виде неправильных скоплений (до 1 см в поперечнике) и тонких секущих прожилков волокнистого сложения (длиной до 9 см и мощностью до 9 см) вместе с фриделитом, Mn-кутногоритом, велинитом, гагеитом, родохрозитом, браунитом, а также с кальцитом, баритом и редкими халькопиритом, гармотомом, самородной медью. В округе Стенислас найден в кремнистом сланце и в жильном кварце в виде розовых призматических кристаллов (до 3 мм длиной) вместе с родохрозитом, фриделитоподобным минералом, браунитом, халькопиритом.

Литература

1. Ohashi Y., Finger L.W. // Amer. Miner. 1981. Vol. 66, N 1/2. P. 154.
2. Erd R.C., Ohashi Y. // Ibid. 1984. Vol. 69, N 1/2. P. 200.
3. Ohashi Y., Erd R.C. // Geol. Soc. Amer. Abstr. Progr. 1978. Vol. 10. P. 465.

СТРУКТУРА ТИПА КЪЯВЕННИТА

	Сингония	a_0	b_0	c_0	Уд. в.
Къявеннит	Ромб.	8,729	31,326	4,903	2,64
<chem>CaMnBe2[Si5O13(OH)2] · 2H2O</chem>					

Къявеннит Chiavennite
 $\text{CaMnBe}_2[\text{Si}_5\text{O}_{13}(\text{OH})_2] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Назван по месту находки вблизи г. Къявенна (Италия) [1].

Характ. выдел. Кристаллы (от долей микрометров до 0,4 мм) и их агрегаты – корочки, сферолиты (2 мм) [1, 2].

Структ. и морф. крист. Ромб. с. $C_{2v}-Pca2_1$. $Z = 4$ [1]. $V = 1340,69$ [1], 1330,12 [2], 1327,90 Å³ [3].

a_0 (Å)	b_0	c_0	$a_0 : b_0 : c_0$	Местонахождение	Ссылка
8,729	31,326	4,903	0,2786 : 1 : 0,1565	Къявенина, Италия	[1]
8,866	31,34	4,787	0,2828 : 1 : 0,1527	Лангнган, Норвегия	[2]
8,905	31,229	4,775	0,2851 : 1 : 0,1529	О-в Утё, Швеция	[3]

Основу структуры [4] составляют зигзагообразные цепочки из пяти Si-тетраэдров, соединенные посредством Ве-тетраэдров в трехмерный каркас. Для атомов Ca к.ч. = 8. Для Mn к.ч. = 6. Каркас содержит каналы (размером 3,9 × 4,3 Å) вдоль [001].

Кристаллы из Норвегии [2] клиновидные, уплощенные по (010) и вытянутые вдоль (100), с гранями (010) и (161), из Италии [1] – плоские, псевдогексагонального облика.

Физ. св. Сп. по (100), (010) и (001) совершенная [2]. Тв. около 3. Уд. в. 2,64 (Италия) и 2,56 (Норвегия) (вычисл. 2,65). Цв. у итальянского образца светло-оранжево-желтый, у норвежского красновато-оранжевый. Кристаллы часто имеют зональную окраску. Чешта белая [1], светло-охристая [2]. Бл. стеклянный до перламутрового. Просвечивающий. В ультрафиолетовых лучах не флюоресцирует.

ИК-спектр сходен с таковым бавенита, хотя более сложный в деталях. Характеризуется полосами [1]: 3500–3400 и 1640 см⁻¹ (валентные и деформационные колебания молекул H₂O), 3590 см⁻¹ (валентные колебания групп OH), 2360 и 2330 см⁻¹ (наличие CO₂). Отнесение [1] полос в диапазоне 2300–2900 см⁻¹ к группам OH вызывает сомнение: появление их обусловлено, скорее всего, загрязнением препарата при подготовке к анализу.

Микр. Плеохроизм: по N_g – желто-оранжевый, по N_p – бесцветный до светло-желтого. В краевых частях некоторых зерен наблюдаются четкие зоны темно-оранжевого цвета, что предположительно связывается с изоморфной примесью Fe (Италия) [1]. В образцах из Норвегии плеохроизм слабый, в светлых желтовато-коричневых тонах [2]. $N_g > N_p$. Двусный (+). Пл. опт. осей (010). $N_g = c$, $N_m = b$, $N_p = a$ [1, 2].

n_g	n_p	2V	Местонахождение	Ссылка
1,600	1,581	Не опр.	Къявенна	[1]
1,613	1,594	50° (вычисл.)	Лангнган	[2]

Хим. Анализы (1 и 3 – микрозонд., среднее из 4 и 12 соответственно):

	1	2	3		1	2	3
Na ₂ O	0,3	0,68	0,39	SiO ₂	52,5	50,0	53,99
K ₂ O	Не опр.	0,04	0,02	H ₂ O	11,3	10,4	10,20 ^{2*}
MgO	"	0,14	0,07	CO ₂	Не опр.	0,83	Не опр.
CaO	10,2	9,69	10,81	F	"	0,21	"
MnO	12,9	10,6	10,44	Сумма	100,1	100,08	101,45
FeO	Не обн.	2,01	2,38*	-O = F ₂	—	0,09	—
BeO	9,3	8,72	8,95	Сумма	100,1	100,08	101,45 ^{3*}
Al ₂ O ₃	3,6	6,76	3,17				

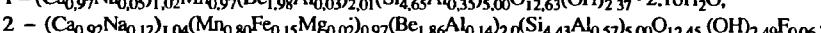
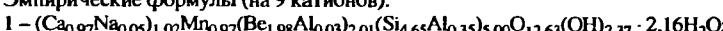
* Fe₂O₃.

2* Расчетная.

3* В том числе B₂O₃ – 1,03.

1 – из комплекса Кьявенна (Италия), Be определен спектрографическим методом, H₂O – по ТГА [1]; 2 – из Лангангена (Норвегия), анал. Дин [2]; 3 – из пегматитов Утё (Швеция), В и Be определены на ионном микрозонде [3].

Эмпирические формулы (на 9 катионов):



(не учтена CO₂).

Si и Be предположительно могут замещаться алюминием с компенсационным замещением О на OH по следующим схемам: (Si_{5-x}Al_x)O_{13-x}(OH)_{2x+1} и (Ca_{1-y}Na_y) × x(Be_{1-y}Al_y) [2]. Предполагается также изоморфизм Be³⁺ + Al³⁺ ⇌ Be²⁺ + Si⁴⁺ [3].

Количественным спектрографическим анализом в другом (не анализировавшемся) образце из Кьявенны установлено FeO = 1,8, на основании чего предполагается замещение Mn железом [1].

Повед. при нагр. При нагревании фиксируется двухступенчатая потеря веса: постепенная до 575° (7,5%) у норвежского образца [2], до 640–650° (6,75%) у итальянского [1] и резкая при 950 и 1000° соответственно. Первая отвечает выделению H₂O, вторая – OH-групп. Общая потеря составляет 12,5 и 11,3%.

Диагн. исп. Не растворяется в конц. HCl, HNO₃ и H₂SO₄ [1].

Нахожд. Позднегидротермальный. Открыт одновременно в Италии [1] и Норвегии [2], позже в Швеции [3]. В Италии в альбит-кварц-микроклиновых пегматитах, секущих ультраосновные породы комплекса Кьявенна в Ретийских Альпах, слагает краевые части псевдоморфоз по бериллу, внутренние части которых представлены бавенитом.

В Норвегии в сиенитовых пегматитах в ларvikитах в районе Осло наблюдается в виде сферолитов вместе с другими бериллиевыми минералами: тведалитом, эвидимитом, эпидидимитом, лейкофанитом среди анальцима и натролита.

В Швеции встречен в двух гранитных литиевых пегматитах на о-ве Утё (вблизи Стокгольма) вместе с бавенитом и миларитом в пустотах близ контакта аплитов с боковыми магнетитовыми скарнами и в альбитизированных участках в ассоциации с гельвин-генттельвином, миларитом и бавенитом.

Межплоскостные расстояния кьявенита из Кьявенны (Италия)* [1]

Mn-фильтр, D = 114,6 мм

hkl	I	d(Å)	hkl	I	d(Å)	hkl	I	d(Å)
020	100ш	15,7	010.0	10	3,13	142	12	2,270
040	20	7,8	251; 181	100	2,903	014.0; 1.12.1	10	2,235
140	20	5,84	091	5	2,846	1.14.0	20	2,171
011	5	4,85	261	5	2,779	2.14.0	20	1,991

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
031	5	4,45	191	5	2,705	3.12.0	30	1,944
041	30	4,15	0.10.1	15	2,645	1.10.2	5	1,884
080	30ш	3,93	360; 1.10.1	20	2,538	2.14.1	5	1,833
240	30	3,82	032	12	2,394	352; 4.10.0	20	1,796
201	75	3,28	042	10	2,347	0.18.1	5	1,638

* Оригинал анализа 1.

Л и т е р а т у р а

1. Bondi M., Griffin W.L., Mattioli V., Mottana A. // Amer. Miner. 1983. Vol. 68, N 5/6. P. 623.
2. Raade G., Åmli R., Mladeck M.H., Din V.K., Larsen A.O., Åsheim A. // Ibid. P. 628.
3. Langhot J., Holtstam D. // Abstr. 16th Gen. Meet. of Intern. Miner. Assoc. Pisa, 1994. P. 232.
4. Larsen A.O., Åsheim A., Raade G., Taft I.H. // Amer. Miner. 1992. Vol. 77, N 3/4. P. 438.

СИЛИКАТЫ С ЦЕПОЧКАМИ ШЕСТИЧЛЕННЫХ ГРУПП КРЕМНЕКИСЛОРОДНЫХ ТЕТРАЭДРОВ

С Т Р У К Т У Р А Т И ПА Г Е Й Д О Н Н Е И Т А

ГРУППА ГЕЙДОННЕИТА

Ранее со структурой такого типа был описан лишь гейдоннит (т. III, вып. 2, с. 556).

	Сингония	<i>a</i> ₀	<i>b</i> ₀	<i>c</i> ₀	Уд. в.
Джорджчаоит NaKZr[Si ₃ O ₉] · 2H ₂ O	Ромб.	11,836	12,940	6,735	2,70

Изоструктурен с гейдоннитом Na₂Zr[Si₃O₉] · 2H₂O.

Джорджчаоит Georgechaoite NaKZr[Si₃O₉] · 2H₂O

Назван по имени профессора Джорджа ЧАО из Карлтонского университета в Оттаве в знак признания его работ по циркониевым силикатам [1].

Синон. Калиевый гейдоннит – potassium gaidonnayite [2]; К-гейдоннит (Семенов, 1991); джорджшауит (Либау, 1988).

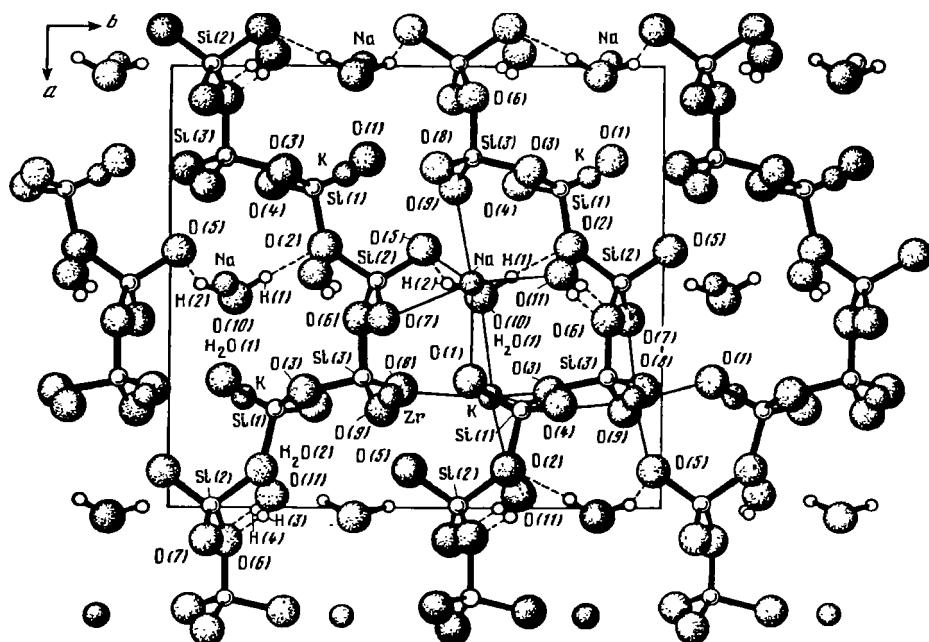
Характ. выдел. Кристаллы (0,25–1 мм) [1].

Структ. и морф. крист. Ромб. с. C_{2v}^9 -P₂1nb. $a_0 = 11,836$, $b_0 = 12,940$, $c_0 = 6,735$ Å; $a_0 : b_0 : c_0 = 0,915 : 1 : 0,520$; $Z = 4$.

В отличие от гейдоннита Na₂Zr[Si₃O₉] · 2H₂O одна из двух позиций натрия – Na(1) – занята K. Для структуры характерны зигзагообразные цепочки из шестиличленных групп SiO₄-тетраэдров, вытянутые вдоль [101] и [−101] (фиг. 90) [3]. В каждой цепочке имеются три независимых SiO₄-тетраэдра. Цепочки связаны в каркас почти правильными ZrO₆-октаэдрами и искаженными NaO₄(H₂O)₂⁻ и KO₄(H₂O)₂-октаэдрами. Конфигурация последних разная.

Средние межатомные расстояния (в Å): Si(1)–O = 1,624; Si(2)–O = 1,632; Si(3)–O = 1,623; Zr–O = 2,092; Na–O = 2,557; K–O = 2,752; O–H = 0,98–1,02; углы: Si–O–Si = 137,0, 135,5 и 132,6; H–O–H = 108 и 110; O–H–O = 142–164°.

На кристаллах обнаружены грани: *a*(100), *ā*(−100), *b*(010), *n*(120), *s*(011), *h*(101), *h̄*(−101). Обычны двойники прорастания: один индивид повернут относительно другого на 180° вокруг оси [023] [1].

Фиг. 90. Структура джорджчаита в проекции вдоль оси *c* (по Гоузу и Такуру)

Физ. св. Сп. отсутствует. Тв. 3. Уд. в. 2,70 (вычисл. 2,69). Цв. белый, в тонких осколках бесцветный [1]. Бл. перламутровый [4]. Не флюоресцирует в ультрафиолетовых лучах [1].

ИК-спектр близок таковому гейдоннита, но в области 400–1100 cm^{-1} полосы поглощения более диффузные и менее интенсивные; в области деформационных колебаний H_2O вместо одной полосы появляются две – 1675 и 1645 cm^{-1} [4].

Микр. $Np = a$, $Nm = b$, $Ng = c$. Двусосный (–). $n_g = 1,606$, $n_m = 1,597$, $n_p = 1,578$; $n_g - n_p = 0,028$; $2V = 67^\circ$ (вычисл. 68°) [1]. По [4]: $n_g = 1,611$, $n_p = 1,591$.

Хим. Теор. состав: $\text{Na}_2\text{O} - 7,42$; $\text{K}_2\text{O} - 11,28$; $\text{SiO}_2 - 43,17$; $\text{ZrO}_2 - 29,51$; $\text{H}_2\text{O} - 8,62$.

Анализы (микрозонд.):

	1	2	3		1	2	3
Na_2O	7,54	6,72	9,4	TiO_2	0,11	Не обн.	–
K_2O	10,75	10,90	6,1	ZrO_2	29,03	28,09	29,7
SrO	–	0,34	–	HfO_2	–	1,90	–
BaO	–	0,56	–	H_2O	9,24*	Не опр.	10,1**
FeO	0,15	–	–	Сумма	100,00	91,72	100,0***
SiO_2	43,18	43,21	42,6				

* По разности. ** В том числе $\text{CaO} - 2,1$.

1 – из нефелиновых сиенитов Уинд Маунтин, шт. Нью-Мексико (США) [1]; 2 – из карбонатитов Вуориярви (Кольский п-ов) [4]; 3 – калиевый гейдоннит из сиенитового комплекса Кипава, Квебек (Канада) [2].

Эмпирические формулы (на 9 атомов О):

- 1 – $\text{Na}_{1,02}\text{K}_{0,96}\text{Zr}_{0,99}\text{Ti}_{0,01}\text{Fe}_{0,01}\text{Si}_{3,01}\text{O}_9 \cdot 2,14\text{H}_2\text{O}$;
- 2 – $\text{Na}_{0,91}\text{K}_{0,97}\text{Sr}_{0,01}\text{Ba}_{0,02}\text{Zr}_{0,96}\text{Hf}_{0,04}\text{Si}_{3,02}\text{O}_9$ (без учета H_2O);
- 3 – $\text{Na}_{1,27}\text{K}_{0,54}\text{Ca}_{0,15}\text{Zr}_{1,01}\text{Si}_{2,96}\text{O}_9$ (без учета H_2O).

Гейдоннеит из Нарсарсука (Гренландия) [5] имеет состав, близкий к анализу 3 ($\text{Na}_2\text{O} - 9,9$, $\text{K}_2\text{O} - 6,1$).

Нахожд. Встречен [1] в миароловых пустотах в нефелиновых сиенитах Уинд Маунтин, округ Отеро, шт. Нью-Мексико (США), с микроклином, нефелином, анальцимом, эгирином, хлоритом, катаплеитом и монацитом.

В карбонатитах Вуориярви (Кольский п-ов) обнаружен [4] в виде псевдоморфоз по призматическим кристаллам гейдоннеита. Псевдоморфы представляют собой агрегаты разноориентированных тонкопластинчатых индивидов джорджчаонита, нередко с включениями барита.

Калиевый гейдоннеит найден в богатых эвдиалитом пегматитовых жилах в регионально метаморфизованном сиенитовом комплексе Кипава, Квебек (Канада), с власовитом и апофиллитом [2].

Отл. От гейдоннеита отличается отсутствием флюoresценции в ультрафиолетовых лучах.

Межплоскостные расстояния джорджчаонита из Уинд Маунтин, шт. Нью-Мексико (США) [1]

CuK α -излучение. Дифрактометр

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
020	73	6,46	400	14	2,950	060	16	2,151
011	70	5,95	122	19	2,894	160; 023	11	2,119
200; 101	32	5,83	240	22	2,829	123; 441	8	2,089
120	52	5,67	031	8	2,656	213	6	2,067
021	6	4,52	241; 132	8	2,604	061; 052	19	2,049
220; 121	16	4,34	312	5	2,576	161	10	2,023
221; 031	14	3,63	232; 051	10	2,417	303	8	1,951
131	14	3,45	332; 511	21	2,201	323	10	1,866
012; 040	16	3,24	113	8	2,164	153; 343	16	1,675
112; 140	100	3,12						

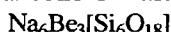
Л и т е р а т у р а

1. Boggs R.C., Ghose S. // Canad. Miner. 1985. Vol. 23, pt 1. P. 1.
2. Roberts A.C., Bonardi M. // Canad. Geol. Surv. Pap. 1981. N 83-1A. P. 480.
3. Ghose S., Thakur P. // Canad. Miner. 1985. Vol. 23, pt 1. P. 5.
4. Волосин А.В., Субботин В.В., Пахомовский Я.А., Меньшиков Ю.П. // Новые данные о минералах. М.: Наука, 1989. Вып. 36. С. 3.
5. Mandarino J.A., Sturman B.D. // Canad. Miner. 1978. Vol. 16, pt 2. P. 195.

С Т Р У К Т У Р А Т И П А Ч К А Л О В И Т А

	Сингония	a_0	b_0	c_0	Уд. в.
Чкаловит $\text{Na}_6\text{Be}_3[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$	Ромб.	21,129	6,881	21,188	2,66

Чкаловит Chkalovite

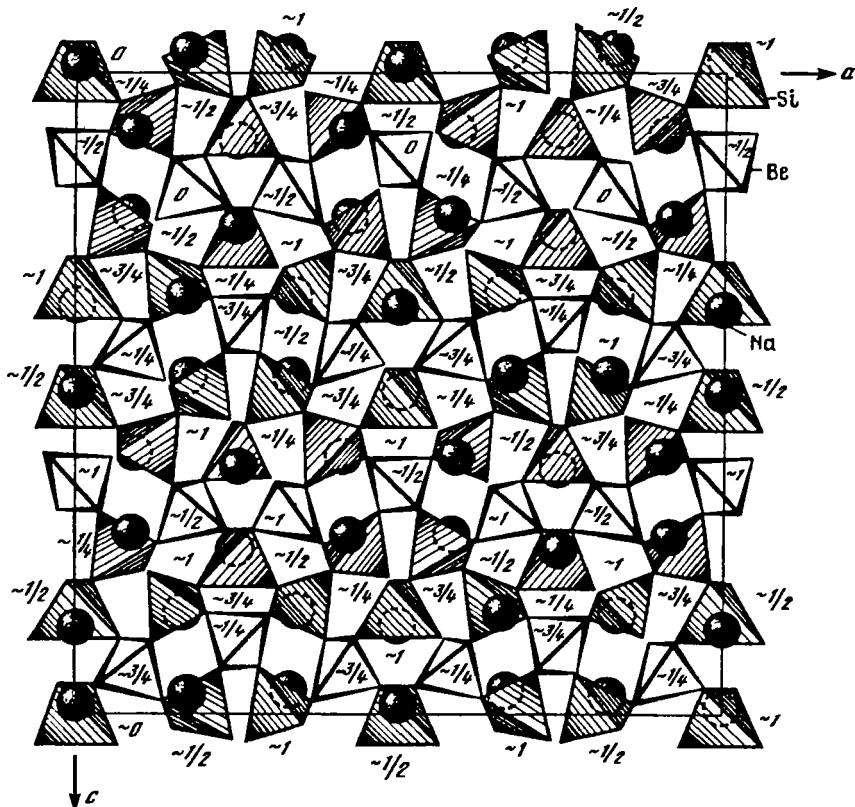


Назван по фамилии русского летчика В.П. Чкарова [1].

Характ. выдел. Неправильные зерна [1], кристаллы [2, 3], массивные скопления [3–5].

Структ. и морф. крист. Ромб. с. C_{2v}^{19} - $Fdd2$. $a_0 = 21,129$, $b_0 = 6,881$, $c_0 = 21,188 \text{ \AA}$; $a_0 : b_0 : c_0 = 3,071 : 1 : 3,079$; $V = 3080,45 \text{ \AA}^3$; $Z = 24$ [6].

В структуре [6] (фиг. 91) атомы Si и Be находятся в почти правильных тетраэд-



Фиг. 91. Структура чкаловита в проекции ac (по Симонову и др.). Цифры – высота вдоль оси u

рах. Si-тетраэдры образуют изолированные зигзагообразные цепочки пироксенового типа с периодичностью $[Si_6O_{18}]$, лежащие в плоскости ab . На элементарную ячейку в направлении оси c приходятся четыре такие цепочки, которые объединяются посредством изолированных Be-тетраэдров в трехмерный каркас типа β -кристобалита. Если Be рассматривать как имитатор Si, как было принято в [7], то чкаловит попадает в подкласс каркасных силикатов.

Средние межатомные расстояния (\AA): в Si-тетраэдрах $Si(1)-O = 1,626$, $O-O = 2,654$, $Si(2)-O = 1,630$, $O-O = 2,659$, $Si(3)-O = 1,624$, $O-O = 2,650$, $Si(4)-O = 1,629$, $O-O = 2,656$; в Be-тетраэдрах $Be(1)-O = 1,636$, $O-O = 2,670$, $Be(2)-O = 1,634$, $O-O = 2,666$ [6].

Изоструктурен синтетическим соединениям: $Na_2Zn[Si_2O_6]$ [8] и $CaNa_2(Zn, Cd) \times [Si_2O_6]$ [9].

Ромбо-пирамид. кл. L_22p [2].

Формы:

	ϕ (среднее)	ρ (среднее)		ϕ (среднее)	ρ (среднее)
$c\ 001$	–	$0^{\circ}00'$	$q\ 331$	$44^{\circ}45'$	$76^{\circ}31'$
$d\ 101$	$89^{\circ}54'$	$44^{\circ}28$	$t\ 269$	$18^{\circ}30$	$34^{\circ}24$
$p\ 223$	$45^{\circ}02$	$42^{\circ}40$	$s\ 133$	$18^{\circ}21$	$46^{\circ}01$
$r\ 111$	$45^{\circ}00$	$54^{\circ}00$			

Псевдопирамидальные кристаллы псевдотетрагонального облика. Кристаллы сохраняются очень редко, чаще – их отпечатки [2].

Физ. св. Сп. по (001) хорошая, по (111) менее выраженная [2]. Изл. от неровного до раковистого. Тв. 6. Микротвердость 764–849 (средняя 804) кгс/мм² [10], 784–800 (средняя 822) кгс/мм² на плоскости сп. (100) [11]. Уд. в. 2,66. Цв. белый [1]. Бл. стеклянный [1], жирноватый [3]. Полупрозрачный [1]. Обладает пьезооптическими свойствами [12]. На ИК-спектре четко проявлены валентные и деформационные колебания связей в тетраэдрах [SiO₄] и [BeO₄]: 486–465, 540, 607–675, 714–774, 952–925, 1050–1120 см⁻¹ [13, 14].

Микр. Бесцветен. Двусочный (+) [1]. Пл. опт. осей (001). Дисперсия слабая [2].

	1	2	3	4
n_g	1,549	1,549	1,551	1,552
n_m	–	1,543	1,549	1,550
n_p	1,544	1,540	1,547	1,548
2V, °	78	78	80	81

1 – гора Пункаруайв, Ловозеро [1]; 2 – гора Сенгисчорр, Ловозеро [2]; 3 – гора Расвумчорр, Хибины [3]; 4 – Туттуаптакорфия, Илимаусак, Южная Гренландия [5].

Плохо выраженная спайность заметна лишь под микроскопом, угол между трещинами спайности – 68–76° (средний 72°). Положение полюса спайности по отношению к осям индикаторы: PN_g = 75°, PN_m = 57°, PN_p = 35° [1].

Кристаллы чкаловита из массива Илимаусак (Южная Гренландия) содержат обильные кристалло-газовые, существенно газовые и многофазные жидкие первичные включения [15].

Хим. [1]. Теор. состав Na₂BeSi₂O₆: Na₂O – 29,95; BeO – 12,08; SiO₂ – 57,97. Спектроскопически определено незначительное содержание Mn.

Анализы:

	1	2	3		1	2	3
Na ₂ O	28,93	29,49	29,20	SiO ₂	56,81	57,08	57,78
K ₂ O	0,13	–	0,09	H ₂ O	0,23	0,38	0,02
MgO	–	–	0,16	S + SO ₃	0,22	–	0,17
BeO	12,67	12,78	12,56	Cl	–	–	0,14
CaO	0,37	–	–	–O = S, Cl ₂	–	–	0,11
FeO	0,12	–	–	Сумма	99,78*	99,73	100,01
Fe ₂ O ₃	0,30	–	–				

* Кроме того, Al₂O₃ – 0,75, анал. Нестерова.

1 – гора Пункаруайв, Ловозеро, анал. Переверзева [1]; 2 – гора Сенгисчорр, Ловозеро, анал. Молева [4]; 3 – Туттуаптакорфия, Илимаусак, Южная Гренландия, анал. Моритцен [5].

Диаги. исп. [1]. В разб. HCl и HNO₃ растворяется легко без нагревания с выделением хлопьевидной кремнекислоты, в H₂SO₄ – очень плохо.

П.п.тр. легко плавится в прозрачный бесцветный шарик. Перл буры и фосфатнокислой соли в окислительном и восстановительном пламени бесцветный.

Нахожд. Характерный бериллиевый минерал агпайтовых пегматитов, генетически связанных с пойкилитовыми содалитовыми сиенитами. Приконтактовую зону этих пегматитов слагают содалит, нефелин, эвдиалит, рамзант-лоренценит, арфведсонит; центральную – преимущественно уссингит. Находится в массе уссингита в ассоциации с шизолитом, нептуниитом, мурманитом, стенструпином, нордитом

и беловитом. В подобной ассоциации обнаружен в пегматитах Ловозерского массива (горы Пункаруайв, Сенгисчорр, Карнасурт и Непха) [1, 2, 4].

В Хибинах встречен в апатитовом руднике Расвумчорр на участках, сложенных уртитами в виде жилообразных скоплений (до $10 \times 30 \times 33$ см) пектолит-чкалловит-виллиомитового состава или неправильной формы гнезд (до 5–10 см) совместно с виллиомитом. Находится в ассоциации с натролитом, пектолитом, виллиомитом, сфалеритом, термонаитром, баритолампрофиллитом, гейдоннеитом, рамзаитом, вадеитом.

В Южной Гренландии широко распространен в щелочном массиве Илимаусак: в маломощных (около 10 см) высокотемпературных пегматитовых жилах чкалловит-содалитового состава, секущих науяиты, ассоциирует с микроклином, арфведсонитом, стенструпином, эгирином и эвдиалитом; в низкотемпературных уссингитовых и анальцимовых жилах (горы Накалак, Куанефельд) и в альбититах (гора Куанефельд) в ассоциации с уссингитом, анальцимом, шизолитом, ненадкевичитом [16].

Изм. При низкотемпературной цеолитизации замещается мелкокристаллическим агрегатом эпидидимита и сферобертрандита [2, 4], при гидротермальных процессах – туттупитом [4, 17]; в результате гипергенных преобразований на поверхности чкалловита и по трещинам развиваются бериллит и неизвестный тонкочешуйчатый минерал – предположительно новый водный силикат берилля [4, 17].

Искусств. Получен плавлением смеси Na_2CO_3 , BeO и SiO_2 при 1100 – 1150° [18]. Синтезирован в гидротермальных условиях в системе $\text{BeO}-\text{SiO}_2-\text{NaOH}-\text{H}_2\text{O}$ [18]; из $\text{Be}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Be}(\text{OH})_2$ с аморфным SiO_2 в растворах NaOH и NaCl в интервале температур 400 – 630° в течение 240–360 ч [19]; из смеси BeO , SiO_2 и GeO_2 в 10–15%-ных растворах NaOH при 400 – 500° в течение 100–200 ч (вместе с Ge -аналогом) [20]. Получен в процессе разложения берилла в растворах NaOH в автоклавах при 400 – 600° и $P = 700$ атм в течение 120 ч [21].

Отл. Макроскопически похож на натролит, отличается менее выраженной спайностью [1].

Межплоскостные расстояния чкалловита, гора Расвумчорр (Хибины) [3]

Фе-излучение, $D = 57,3$ мм

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
400; 040	10	5,29	602; 062	30	2,462
311; 131	1	4,80	622; 262	2	2,396
331	100	4,04	840; 480	1	2,367
440	1	3,74	751; 571	5	2,315
511; 151	8	3,55	642; 462	4	2,231
620; 260	30	3,34	931; 391	2	2,118
202; 022	30	3,27	333; 10.20; 2.10.0	5	2,080
531; 351	1	3,21	822; 282	8	2,056
422; 242	30	2,782	622	5	2,022
711; 551; 171	7	2,748	513; 153	4	2,007
800; 080	8	2,646	951; 591	1	1,969
731; 371	5	2,575	842; 482	2	1,947
660	60	2,493	11.1.1; 1.11.1	2	1,845

Л и т е р а т у р а

- Герасимовский В.И. // ДАН СССР. 1939. Т. 22, № 5. С. 263.
- Яковлевская Т.А., Семенов Е.И. // Тр. Минерал. музея АН СССР. 1963. Вып. 14. С. 265.
- Хомяков А.П., Степанов В.И. // ДАН СССР. 1979. Т. 248, № 3. С. 727.
- Семенов Е.И. Минералогия Ловозерского щелочного массива. М.: Наука, 1972. 307 с.
- Семенов Е.И. Минералогия щелочного массива Илимаусак (Южная Гренландия). М.: Наука, 1969. 165 с.

6. Симонов М.А., Егоров-Тисменко Ю.К., Белов Н.В. // ДАН СССР. 1975. Т. 225, № 6. С. 1319.
7. Пятенко Ю.А., Бокий Г.Б., Белов Н.В. // Там же. 1956. Т. 108, № 6. С. 1077.
8. Белоконева Е.Л., Егоров-Тисменко Ю.К., Симонов М.А., Белов Н.В. // Кристаллография. 1969. Т. 14, № 6. С. 1060.
9. Симонов М.А., Белов Н.В. // ДАН СССР. 1965. Т. 164, № 2. С. 406.
10. Лебедева С.И. Микротвердость минералов. М.: Недра, 1977. 118 с.
11. Поваренных А.С., Лебедева А.Д. // Конституция и свойства минералов. Киев: Наук. думка, 1972. Вып. 6. С. 117.
12. Микульская Е.К. // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1970. № 2. С. 99.
13. Поваренных А.С., Нефедов Е.И. // Геол. журн. АН УССР. 1971. Т. 31, вып. 5. С. 13.
14. Плюсница И.И. // Геохимия. 1963. № 2. С. 158.
15. Sobolev V.S., Bazarova T.Y., Shugurova N.A., Bazarov L.Sh., Dolgov Yu.A., Sørensen H. // Medd. Grønland. 1970. Vol. 181, N 11. P. 9.
16. Sørensen H. // Ibid. 1962. Vol. 167, N 1. P. 251.
17. Семенов Е.И., Быкова А.В. // ДАН СССР. 1960. Т. 133, № 5. С. 1191.
18. Горячев А.А., Игнатьев О.С., Рогачев Д.Л. // Там же. 1962. Т. 146, № 5. С. 1179.
19. Букин Г.В. // Геология и геофизика. 1968. № 1. С. 124.
20. Соболев Б.П., Демьянц Л.Н., Диков Ю.П., Илюхин В.В., Белов Н.В. // Геохимия. 1966. № 6. С. 634.
21. Бауэр Я., Рыкл Д. // Кристаллография. 1972. Т. 17, № 3. С. 695.

СТРУКТУРА ТИПА ЭНИГМАТИТА

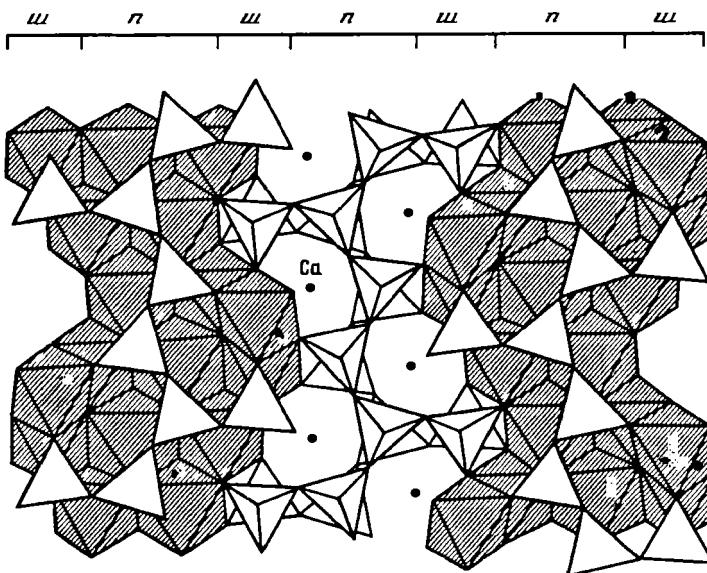
ГРУППА ЭНИГМАТИТА

Ранее в группе описаны (т. III, вып. 2, с. 561): энigmatит, рёнит, криновит, велшит, серенебит, сапфирин-1А, сапфирин-2М и условно – суринаамит (по структурным данным [1] – ортосиликат).

Ниже наряду с описанием новых минералов приведены данные по расшифровке структуры рёнита [2] и уточнению структуры криновита [3]. К группе отнесены структурно близкие минералы, в том числе те, в которых атомы Al^{3+} или Fe^{3+} в Si–O-радикалах преобладают над Si: дорррит ($\text{Al}^{3+} > \text{Si}$) [4] и его разновидность малаховит ($\text{Fe}^{3+} > \text{Si}$) [5], близкий по составу искусственному Fe-доррриту [6].

	Син- гония	a_0	b_0	c_0	α	β	γ	V	Уд.в. (вы- числ.)
Уилкисонит $\text{Na}_2(\text{Fe}^{2+}_4\text{Fe}^{3+}_2)[\text{Si}_6\text{O}_{18}] \text{O}_2$	Трипл	10,355	10,812	8,806	105,05°	96,61°	125,20°	741,07	3,89
Макарочкинит $(\text{Ca},\text{Na})_2(\text{Fe}^{2+},\text{Fe}^{3+},\text{Ti})_6 \times [\text{Si}_6\text{O}_{18}] \text{O}_2$	"	10,392	10,744	8,864	105,73	96,16	124,91	733,9	3,92
Дорррит $\text{Ca}_2\text{Mg}_2\text{Fe}^{3+}_4 \times [\text{Al}_4\text{Si}_2\text{O}_{18}] \text{O}_2$	"	10,505	10,897	9,019	106,26	95,16	124,75	772,5	3,959
Рёнит $\text{Ca}_2(\text{Mg},\text{Fe}^{2+})_4\text{Fe}^{3+}\text{Ti}^{4+} \times [\text{Si}_3\text{Al}_3\text{O}_{18}] \text{O}_2$	"	10,428	10,807	8,925	105,913	96,134	124,802	748,84	3,64
Криновит * $\text{Na}_2\text{Mg}_2\text{Cr}^{3+}_2 \times [\text{Si}_6\text{O}_{18}] \text{O}_2$	"	10,238	10,642	8,780	105,15	96,50	125,15	-	-

Макарочкиниту идентичен хёгтувант, описанный как новый минерал в 1994 г. [7]. Открытый ранее (1986) макарочкинит не был утвержден КНМ MMA в связи с недостаточностью структурных данных, но название использовалось в русскоязычной литературе. В 1990 г. расшифрована структура макарочкинита [8]. Авторы хёгтуванта позднее [7] отметили идентичность обеих структур. Название макарочкинит используется здесь как имеющее приоритет, хёгтувант – как синоним. М. Флейшер и Д. Мандарино (Fleischer, Mandarino, 1995) указывают оба минерала как самостоятельные виды.



Фиг. 92. "Шпинелевый" (ш) и "пироксеновый" (п) фрагменты в структуре рёнита (по Бонаккорси и др.)

В группе объединены силикаты с общей формулой $A_2M_6[T_6O_{18}]O_2$, где А – Na, Ca; M – Fe³⁺, Fe²⁺, Mg, Ti, Al, Cr³⁺, Sb⁵⁺; T – Si, Al, B, Be, Fe³⁺. Основной элемент их структур – открыто-разветвленная цепочка тетраэдров $[T_6O_{18}]_\infty$ с периодом повторяемости в шесть тетраэдров; дополнительные тетраэдры присоединены к каждому второму звену основной пироксеновой цепочки. Кремнекислородные цепочки скрепляют октаэдрические стенки шириной в 3 или 4 октаэдра, заполненные катионами М.

Минералы группы различаются заселенностью отдельных позиций: тетраэдрических Т(1)–Т(7), октаэдрических М(1)–М(7), семикоординационных А [2–4, 8–10].

Известны [4, 7, 8] изоморфные ряды: энгматит $Na_2(Fe_5^{2+}Ti^{4+})[Si_6O_{18}]O_2$ – с уилкинсонитом; рёнит – с дорритом и макарочкинитом.

По [2], структуры минералов данной группы формируются из двух различных фрагментов: пироксенового и шпинелевого (фиг. 92), что позволяет рассматривать их как члены полисоматической серии с конечными фазами пироксена и шпинели. Это согласуется с характерными для этих минералов ассоциациями.

Л и т е р а т у р а

1. Moore P.B., Araki T. // Amer. Miner. 1983. Vol. 68, № 7/8. P. 804.
2. Bonaccorsi E., Merlino S., Pasero M. // Europ. J. Miner. 1990. Vol. 2, № 2. P. 203.
3. Bonaccorsi E., Merlino S., Pasero M. // Ztschr. Kristallogr. 1989. Bd. 187, H. 1/2. S. 133.
4. Cosca M., Rouse R., Essene E. // Amer. Miner. 1988. Vol. 73, № 11/12. P. 1440.
5. Чесноков Б.В., Вилисов В.А., Бушмакин А.Ф., Котляров В.А., Белогуб Е.В. // Урал. минерал. сб. 1994. № 3. С. 2.
6. Munne W.G. // Neues Jb. Miner. Monatsh. 1988. H. 8. S. 359.
7. Grauch R.J., Lindahl I., Evans H.T., Jr., Burt M., Fitzpatrick J.J., Ford E.E., Graff P.R., Hysingjord J. Canad. Miner. 1994. Vol. 32, pt 2. P. 439.
8. Якубович О.В., Малиновский Ю.А., Поляков В.О. // Кристаллография. 1990. Т. 35, № 6. С. 1388.
9. Luggan M. // Amer. Miner. 1990. Vol. 76, № 5/6. P. 694.
10. Пущаровский Д.Ю. Структурная минералогия силикатов. М.: Недра, 1986. 159 с.

Уилкинсонит Wilkinsonite

$$\text{Na}_2(\text{Fe}_4^{2+}\text{Fe}_2^{3+})[\text{Si}_6\text{O}_{18}]\text{O}_2$$

Назван по фамилии австралийского минералога и петрографа Дж. Ф.Дж. Уилкинсона [1].

Характ. выдел. Неправильные зерна (до 5 мкм) [1].

Структ. и морф. крист. [1]. Трикл. с. Пр. гр. не установлена. $a_0 = 10,355$, $b_0 = 10,812$, $c_0 = 8,906$ Å; $\alpha = 105,05$, $\beta = 90,63$, $\gamma = 125,20^\circ$; $a_0:b_0:c_0 = 0,9577:1:0,8600$; $V = 741,07$ Å³; $Z = 2$.

Предполагается изоморфизм с энгматитом по схеме $\text{Fe}^{2+} + \text{Ti} \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{3+}$. Большая часть Fe^{3+} заселяет октаэдрическую позицию M(7), занятую в структуре энгматита Ti, а оставшаяся часть Fe^{3+} – места Ti в позициях M(1)–M(6), где в энгматите преобладает Fe^{2+} .

Физ. св. [1]. Изл. раковистый. Хрупкий. Тв. около 5. Уд.в. 3,89 (вычисл.). Цв. черный. Чертка бурая. Бл. стеклянный.

Микр. [1]. Плеохроизм: по Ng – темно-бурый, по Nm – серовато-бурый, по Np – оливково-зеленый. $Ng > Nm > Np$. При содержании $\text{TiO}_2 \approx 3\%$ плеохроизм с красноватым оттенком.

Оптическое изучение затрудняется густой окраской и сильной абсорбцией. Двусочный (+). $n_g = 1,90$, $n_m = n_p = 1,79$ (при $\lambda = 589$ нм); $2V < 10^\circ$ (вычисл.).

Хим. Теор. состав: $\text{Na}_2\text{O} - 7,13$; $\text{FeO} - 33,05$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 18,36$; $\text{SiO}_2 - 41,46$. В отличие от энгматита характеризуется низким содержанием TiO_2 (до 4,01). В небольших количествах отмечаются Al, Mn, Ca, Zr. Содержание Nb_2O_5 иногда достигает 4%. Состав минерала из Эфиопии (анализ 9), описанного как уилкинсонит [2], отличается низким содержанием Si, более высоким – Fe и Mg (другими методами не исследовался).

Анализы (микрозонд.):

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Na_2O	7,27	6,95	7,15	7,12	7,14	7,08	7,22	6,94	5,94
K_2O	0,09	<0,02	0,07	<0,02	0,02	0,02	0,08	0,08	0,75
MgO	<0,02	<0,02	0,03	0,08	0,08	0,08	0,18	0,03	5,50
CaO	0,21	0,40	0,40	0,29	0,42	0,25	0,18	0,08	0,68
MnO	1,26	1,20	1,20	1,18	0,84	1,64	1,35	1,59	2,07
FeO^*	46,42	45,40	45,98	45,35	45,57	44,10	43,24	47,35	–
Al_2O_3	0,76	1,49	0,91	0,69	0,98	0,30	0,57	0,20	0,06
SiO_2	40,58	38,97	40,07	40,63	38,85	39,81	41,30	42,95	29,29
TiO_2	0,02	1,26	1,50	1,73	4,01	3,38	1,68	0,16	0,04
ZrO_2	0,52	0,57	0,34	0,49	0,17	0,11	0,42	0,11	Не опр.
Nb_2O_5	1,11	1,81	0,75	0,71	0,28	0,42	1,32	Не опр.	"
Сумма	98,24	98,05	98,40	98,27	98,33	97,19	97,54	99,49	–
$\text{Fe}_2\text{O}_3^{2*}$	17,15	14,14	15,94	13,79	14,85	12,98	11,04	13,67	41,53
FeO	30,99	32,40	31,63	32,94	32,21	32,42	33,31	35,13	14,34
Сумма ^{3*}	99,64	99,49	99,99	99,65	99,82	98,49	98,65	–	100,414*

* Общее.

^{2*} Расчет на окисное и закисное железо, исходя из формулы энгматита (14 катионов и 20 атомов O).

^{3*} Количество < 0,02 в суммы не включены.

^{4*} В том числе $\text{Cr}_2\text{O}_3 - 0,06$ и $\text{NiO} - 0,15$.

1–6 – вулкан Уоррумбаиджл (Австралия) [1]: 1 – из содалитовых трахитов, 2 – из анальцимовых трахитов, 3 – из нефелиновых трахитов, 4, 5 – из трахитов. 6 – из кварцевых трахитов; 7 – из фонолитов вулкана Данедин (Новая Зеландия) [1]; 8 – из продуктов распада энгматита из нордмаркит-пегматита, Халдзан-Бурэгтэгский массив (Монгольский Алтай) (данные П.М. Карташова); 9 – из пирокластов сиенитового состава вулкана Уончи (Эфнотия) [2].

Пересчет анализов на 20 атомов О, ан. 9 – на 14 катионов:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Na	2,04	1,97	2,01	2,00	2,01	2,01	2,04	1,93	1,68
K	0,02	–	0,01	–	0,00	0,00	0,02	0,02	0,14
Mg	–	–	0,01	0,02	0,02	0,02	0,04	0,01	1,20
Ca	0,03	0,06	0,06	0,05	0,07	0,04	0,03	0,01	0,10
Mn	0,16	0,15	0,15	0,15	0,10	0,21	0,17	0,19	0,26
Fe ²⁺	3,76	3,97	3,83	4,00	3,91	3,98	4,07	4,21	1,75
Al	0,13	0,26	0,16	0,12	0,17	0,05	0,10	0,03	0,01
Fe ³⁺	1,87	1,59	1,74	1,51	1,62	1,43	1,21	1,47	4,56
Si	5,88	5,70	5,80	5,85	5,64	5,84	6,03	6,15	4,27
Ti	–	0,14	0,16	0,19	0,44	0,37	0,18	0,02	0,004
Zr	0,04	0,04	0,02	0,04	0,01	0,01	0,03	0,01	–
Nb	0,07	0,12	0,05	0,05	0,02	0,03	0,09	–	–
Cr	–	–	–	–	–	–	–	–	0,01
Ni	–	–	–	–	–	–	–	–	0,02

Нахожд. Породообразующий. Впервые установлен [1] в тонкозернистых недосыщенных SiO_2 трахитах вулкана Уоррумбанджл в центральной части Нового Южного Уэльса (Австралия). Наблюдается полный твердый раствор серии минералов от беститанового уилкинсонита до Ti-дефицитного энгматита. Ассоциирует с аортоклазом, эгирином-геденбергитом, содалитом, анальцимом, изредка с эвдиалитом и арфведсонитом. Отмечается [1] в фонолитах вулкана Данедин (Новая Зеландия). Предполагают, что образование происходило в узких температурных пределах при фугитивности кислорода, ограниченной фаялит-магнетит-кварцевым буфером.

Найден в продуктах распада энгматита в нордмаркит-пегматитах рудопроявления Цахирин-Худук на северной оконечности Халдзан-Бурэгтэгского массива (Монгольский Алтай) (устное сообщение П.М. Карташова). Наблюдается в неполных псевдоморфозах по уплощенным призматическим кристаллам энгматита (размером 10 × 2 × 0,2 см) вместе с новообразованным энгматитом, двумя ближе не определенными силикатами, ильменитом и магнетитом. По-видимому, распад энгматита связан с прогревом пегматита при внедрении последующих интрузивных фаз в условиях повышенного потенциала кислорода.

Искусств. Синтезирован [3] Fe-аналог энгматита, не содержащий Ti, – $\text{Na}_4\text{Fe}_7^{2+}\text{Fe}_6^{3+}(\text{Si}_2\text{O}_7)_6$.

Межплоскостные расстояния уилкинсонита из Австралии [1]

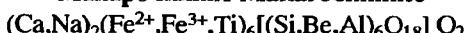
FeK_α-излучение, D = 114,6 мм

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
001	100	8,10	300	10	2,657	313	40	1,623
011	20	7,41	213	10	2,577	235	10	1,613
111	20	6,38	420	80	2,533	163	20	1,589
011	30	4,82	142	<10	2,457	623	10	1,551
012	10	4,39	022	10	2,418	643	20	1,511
221	30	4,18	440	20	2,338		30	1,494
122	20	3,770	301	20	2,304		50	1,481
002	40	3,702	333	70	2,115		30	1,465
230	20	3,474	411	30	2,070		10	1,374
121	10	3,221	230	20	2,005		10	1,347
012	100	3,149	152	20	1,965		20	1,333

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
031	60	2,935	302	10	1,941	10	1,325
331	10	2,844	023	20	1,917	10	1,223
122	20	2,808	213	20	1,734	10	1,210
311	30	2,750	354	10	1,683		
030	80	2,696	414	10	1,636		

Литература

1. Duggan M. // Amer. Miner. 1990. Vol. 75, № 5/6. P. 694.
2. Gaeta M., Mottana A. // Miner. Mag. 1991. Vol. 55, № 4. P. 529.
3. Ernst W.G. // J. Geol. Chicago. 1962. Vol. 70, № 6. P. 689.

Макарочкинит Makarochkinite

Назван по фамилии уральского минералога Б.А. Макарочкина [1–3].

Синон. Хёттувайт Høgtuvaite. Назван по месту находки (см. Введение к группе [4]).

Характ. выдел. Кристаллы (до 4 см в длину) и их радиальные агрегаты из трех или четырех индивидов [4], изометричные выделения (до 5–50 мм) [1–3].

Структ. и морф. крист. Трикл. с. $C_i^1-P\bar{1}$. $Z = 2$ [3, 4].

a_0 (Å)	b_0	c_0	α	β	γ	$a_0:b_0:c_0$	V (Å ³)	Местонахождение
10,392	10,744	8,864	105,73°	96,16°	124,91°	0,9635:1:0,8250	733,9	Ильмены, Урал [3]
10,317	10,724	8,855	105,77	96,21	124,77	0,9620:1:0,8257	730,4	Гора Хёттува, Норвегия [4]

Структурное исследование [3] проведено на несдвойникованном монокристалле, поэтому результаты более прецизионные, чем для других минералов группы.

В отличие от энгматита атомы Si в тетраэдрических цепочках частично замещены на Al и Be (фиг. 93); наблюдается небольшой разворот тетраэдров (на 1–4°). Заполнение октаэдрических позиций М и позиций А отличается от такового в энгматите.

Распределение катионов по позициям в кристаллической структуре макарочкинита [3]

(M – октаэдрические позиции, T – тетраэдрические позиции,

A – позиции в центрах семивершинника)

Позиция	Катион				Позиция	Катион			Позиция	Катион	
	Fe ³⁺	Fe ²⁺	Ti ⁴⁺	Mg ²⁺		Si ⁴⁺	Be ²⁺	Al ³⁺		Ca ²⁺	Na ⁺
M(1)	0,80	0,10	0,10		T(1)	0,4	0,5	0,1	A(1)	0,9	0,1
M(2)	0,90	0,10			T(2)	0,8		0,2	A(2)	0,85	0,15
M(3)		0,95	0,05		T(3)	0,7		0,3			
M(4)		0,95	0,05		T(4)	0,5		0,5			
M(5)		0,9	0,1		T(5)	1,0					
M(6)		1,0			T(6)	1,0					
M(7)			0,5								

Модель структуры отвечает формуле $(\text{Ca}_{1,75}\text{Na}_{0,25})(\text{Fe}_{3,80}^{2+}\text{F}_{1,35}^{3+}\text{Ti}_{0,60}^{4+}\text{Mg}_{0,25}^{2+})(\text{Si}_{4,4}\text{Al}_{0,6}\text{Be}_{1,0}) \times \text{O}_{18}\text{O}_2$ [3].

Позиция M(4) почти полностью занята атомами Fe²⁺ (в энгматите – на 3/4); в M(3)–M(6) наряду с Fe²⁺ присутствует небольшое количество атомов Ca, основная часть которого заполняет позицию A. В энгматите позиция A заселена атомами Na. Заполнение аналогичных позиций в рёните, образующем изоморфный ряд с макарочкинитом, см. с. 334.

Средние межатомные расстояния в структуре макарочкинита (в Å) [3]

М-октаэдры		Т-тетраэдры		А-семивершинники	
M-O	O-O	T-O	O-O	A-O	O-O
M(1)	2,073	2,931	T(1)	1,648	2,688
M(2)	2,090	2,954	T(2)	1,648	2,688
M(3)	2,114	2,980	T(3)	1,684	2,743
M(4)	2,123	2,994	T(4)	1,634	2,666
M(5)	2,101	2,965	T(5)	1,664	2,683
M(6)	2,136	3,017	T(6)	1,645	2,680
M(7)	2,028	2,872			

Кристаллы призматические, обычны полисинтетические двойники [4].

Физ. св. Сп. несовершенная по (110) и (101) [1, 3], у норвежского – хорошая по двум направлениям под углом около 55° [4]. Изл. раковистый. Хрупкий. Тв. 5,5–6. Уд.в. 3,87 (вычисл. 3,88 [1], 3,92 [3]), норвежского 3,85 (вычисл. 3,98) [4]. Цвет черный, в тонких скалах просвечивает зеленым цветом. Чертка зеленовато-черная. Бл. стеклянный [1], почти алмазный [4]. Не люминесцирует [4].

Микр. Оптическое изучение затрудняется густой окраской. В иммерсионных препаратах зеленый. В обычных шлифах плеохроирует слабо [1], в ультратонких – очень сильный плеохроизм: по Ng – бронзовый, по Np – зеленый [4]. Двусный (–). $n_g = 1,82$ [4], 1,86 [1]; $n_p = 1,78$ и 1,799. 2V большой.

Хим. Теор. состав: Na₂O – 1,53; CaO – 9,71; MgO – 1,00; BeO – 2,47; FeO – 27,01; Fe₂O₃ – 21,33; Al₂O₃ – 6,05; SiO₂ – 26,16; TiO₂ – 4,74 по структурной формуле.

Изоморфные замещения: Ca на Na и K; Fe²⁺ на Mn, возможно Ca; Fe³⁺ на Ti⁴⁺, Mg; Si на Al и Be [3]. Отношение Fe³⁺/Fe²⁺ = 0,61 [4].

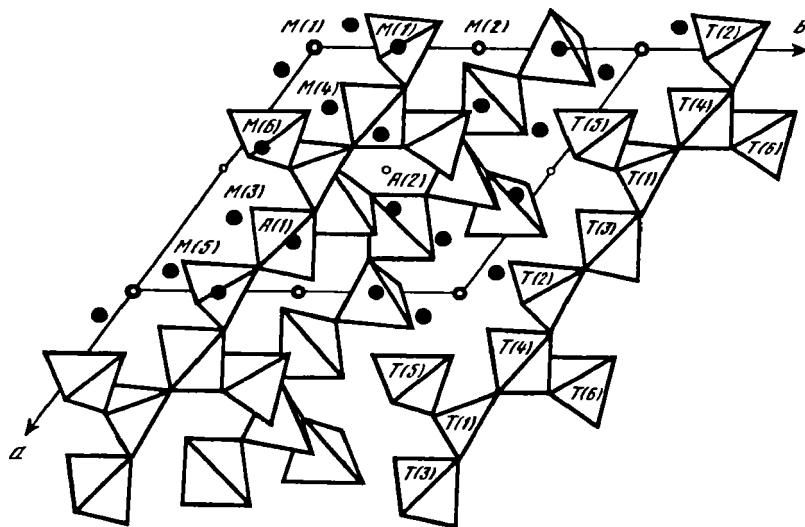
Анализы:

	1	2		1	2
Na ₂ O	1,35	1,52	SiO ₂	30,09	31,60
K ₂ O	0,30	–	TiO ₂	6,02	2,77
CaO	13,38	10,44	SnO ₂	Не опр.	0,53
MnO	1,26	0,27	Nb ₂ O ₅	Не обн.	Не опр.
MgO	2,74	0,42	H ₂ O ⁺	0,35	Не обн.
BeO	2,32	2,65	H ₂ O ⁻	0,18	–
FeO	26,91	28,06	П.п.	0,22	"
Fe ₂ O ₃	11,12	19,03	Сумма	100,28	99,93
Al ₂ O ₃	3,55	2,64			

1 – макарочкинит из гранитного пегматита (копь 400), Ильменский заповедник (Урал), анал. Черепивская [1, 3]; 2 – хётгтуванит из гнейсов Нордленда (Норвегия) [4]. Методом ИСП в хётгтуваните обнаружены следы (в ppm): В – 95; Ba – 10; Ce – 350; Co – 5; Cr – 5; Cu – 26; Eu – 1,5; Ho – 44; La – 145; Li – 50; Nb – 1,110; Nd – 165; Ni – 10; Pb – 170; Sc – 5; Sr – 35; Th – 570; U – 205; V – 23; Y – 1,250; Yb – 410; Zn – 570 [4].

Эмпирические формулы (рассчитаны по п.з.я.):





Фиг. 93. Структура макарочкинита в проекции на плоскость ab (по Якубович и др.)

Диагн. исп. П.п.тр. сплавляется в черный магнитный шарик [1]. Медленно без вскипания разлагается в HF; в других кислотах, а также в основаниях не растворяется [4].

Повед. при нагр. При нагревании до 100° теряет в весе около 0,25% (абсорбционная вода), небольшое увеличение в весе (окисление Fe) фиксируется около 800° [4].

Нахожд. Впервые найден как акцессорный минерал в гранитном пегматите (копь 400) в Ильменском заповеднике на Урале. Ассоциирует с орбитом (= алланитом), самарскитом-У, колумбитом, гельвином, фенакитом, гадолинитом, цирконом [1, 2]. Хёгтувает встречен в качестве позднего метаморфического минерала (содержание до 15%) в гнейсах, слагающих одно из нескольких крупных докембрийских тектонических окон в норвежских каледонидах в окрестностях горы Хёгтува в Нордленде (Норвегия) [4]. Наблюдался совместно с кварцем, альбитом, микроклином, биотитом, фенакитом, цирконом, флюоритом, кальцитом, хлоритом, магнетитом, пирофанитом, изредка с кассiterитом, с незначительными количествами гадолинита, даналита, гентельвина, алланита. В этом же районе обнаружен как второстепенный минерал в метаморфизованных мафических пегматитах.

Практ. знач. Используется как поисковый признак на бериллиевую руду [4].

Отл. Макроскопически похож на шпинель [1], роговую обманку. По оптическим свойствам близок к рёниту [4].

Межплоскостные расстояния макарочкинита (хёгтувата) из района Нордленд [4]

CrK α -излучение. Камера Гинье

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
010;001	90	8,048	322	10	2,7118	411	47	2,0747
011	15	7,388	241;203	48	2,6761	400;422	3	1,9973
111	13	6,353	300	18	2,6646	250;214	26	1,9829
011	28	4,739	340	9	2,5468	520	3	1,9678

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
021;012	3	4,385	242;420;213	100	2,5993	232;234	6	1,9472
201;221	13	3,178	113	7	2,5157	442	10	1,9391
122	15	3,762	322	6	2,5052	231;224	4	1,9035
022	19	3,695	033	14	2,4640	451;433	6	1,8759
230;212	17	3,435	211;202	9	2,4551	531	2	1,8426
111	8	3,345	221;223	20	2,4106	401;412	8	1,8029
311	2	3,247	022	5	2,3951	230;362	8	1,7704
121	2	3,222	313	8	2,3442	344	3	1,7560
102	3	3,188	140	6	2,3251	234;254	13	1,7349
211;222	4	3,176	440;422	3	2,3206	031	8	1,7163
021;012	46	3,125	410;421	13	2,3068	140	5	1,7118
122	7	3,057	042;024	3	2,1914	640	2	1,7070
212;232	1	2,9847	441;432	3	2,1804	124	2	1,7005
331	5	2,9732	041;014	2	2,1686	222;213;324	8	1,6741
031;013	59	2,9247	351	3	2,1394	650;632	3	1,6547
331	3	2,8084	104	5	2,1227	054;045	33	1,6191
122	10	2,7704	251;204	63	2,0979			
311	22	2,7550	402;442	10	2,0871			

L i t e r a t u r a

- Поляков В.О., Черепивская Г.Е., Щербакова Е.П. // Новые и малоизученные минералы и минеральные ассоциации Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1986. С. 108.
- Pekov I.V. // World Stones. 1994. № 4. Р. 10.
- Якубович В.О., Малиновский Ю.А., Поляков В.О. // Кристаллография. 1990. Т. 35, № 6. С. 1388.
- Grauch R.I., Lindahl I., Evans H.T., Jr., Burt D.M., Fitzpatrick J.J., Foord E.E., Graff P.R., Hysingjord J. // Canad. Miner. 1994. Vol. 32, pt 2. P. 439.

Доррит Dorrite

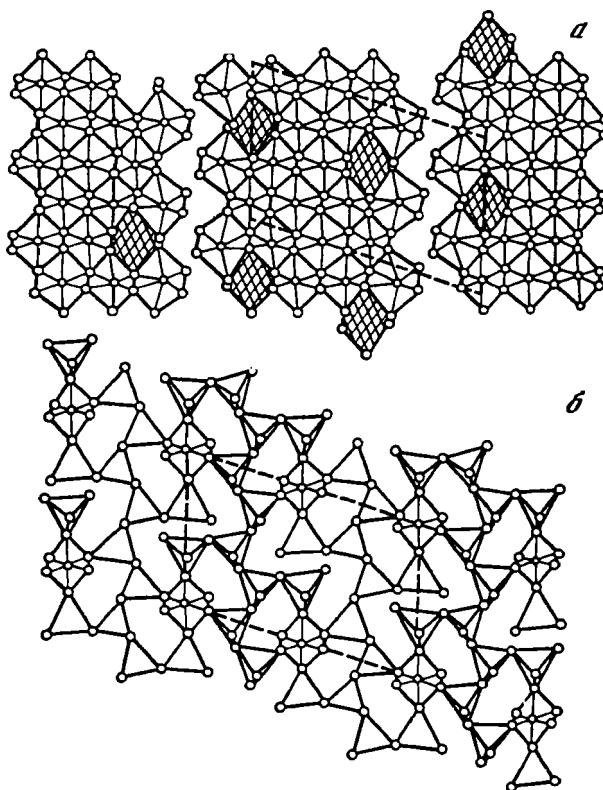
Назван в честь американского геолога профессора Дж. Дорра [1]. Предполагается [1], что описанные ранее [2] "минерал X₁" из Исландии и "Fe³⁺-мелилит" из бухитов (шт. Вайоминг, США) [3] идентичны дорриту.

Разнов. Малаховит, близок искусственному Fe-дорриту [4, 5].

Характ. выдел. Неправильные зерна и призматические кристаллы (до 0,4 мм в длину).

Структ. и морф. крист. Трикл. с. (псевдомонокл.). Пр.гр. для природного образца не установлена [1], у искусственного – $C_1^1-P\bar{1}$ [4]. $Z = 2$.

	a_0 (Å)	b_0	c_0	α	β	γ	V (Å ³)	Местонахождение	Ссылка
Доррит	10,505	10,897	9,019	106,26°	95,16°	124,75°	772,5	Бассейн Поудер- Ривер (США)	[1]
"	10,487	10,798	8,962	106,05	94,49	124,59	765,58	Челябин- ская обл. (Урал) Там же	[5]
Малахо- вит	10,58	10,90	9,10	107,08	95,02	124,45	783,22		[5]
Fe ³⁺ -дор- рит	10,546	10,920	9,061	106,31	95,65	124,38	–	Искусств.	[4]



Фиг. 94. Структура искусственного Fe-доррита (СРСА) (по Мамме)
а – октаэдрическая стенка; б – цепочки Si, Al- и Fe, Al-тетраэдров

Незначительное увеличение параметров ячейки обусловлено увеличением содержания Fe^{3+} [4].

Изоструктурен натуральному Fe^{3+} -дорриту, основу структуры которого [4] составляют тетраэдрические Т-О-цепочки, аналогичные энгматитовым, но с иным заполнением тетраэдров. Часть Т занимают атомы Fe, Al, часть – Al, Si (фиг. 94). Цепочки расположены слоями, чередующимися с октаэдрическими стенками (лентами) Ca, Fe- и Al-октаэдров, такими же, как в структуре сапфира.

Главные формы (в псевдомонокл. установке) [5]: $b(010)$, $m(110)$, $M(\bar{1}\bar{1}0)$, $k(111)$, $K(\bar{1}\bar{1}1)$, $R(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$, $r(111)$. На кристаллах малаховита, кроме того, отмечалась $a(100)$. На гранях кристаллов четкая двойниковая штриховка. Обычны двойники по (010) . Кристаллы таблитчатые.

Физ. св. Сп. совершенная по (010) и (001) [1], у уральских образцов не обнаружена [5]. Тв. 5–5,5. Хрупкий. Уд.в. (вычисл.) 3,959 [1], 3,600 [5], 4,096 [5] – у малаховита. Цв. уральского доррита густой коричнево-красный до красновато-черного, малаховита – черный с побежалостью [5]. Черта серая [1], коричневато-желтая, красновато-коричневая [5]. Бл. полуметаллический, смолистый [1, 5]. Прозрачен только в очень тонких кристаллах ($< 15 \text{ мкм}$) [1]. Мелкие частицы малаховита в иммерсии просвечивают коричневато-красным цветом [5].

Микр. [1]. В обычных шлифах почти непрозрачен. Обладает высоким рельефом. В ультратонких шлифах наблюдается очень сильный плеохроизм: по Ng –

зеленовато-бурый, по Nm – желтовато-бурый, по Np – красно-оранжевый до бурого. Двусный (–). $n_g = 1,86$, $n_m = 1,84$, $n_p = 1,82$; $2V \sim 90^\circ$. Очень сильная абсорбция.

Малаховит в полир. шлифах серый, $R \approx 14\%$. В скрещенных николях слабо анизотропен. Редко наблюдаются коричнево-красные внутренние рефлексы [5].

Хим. Теор. состав: 1 – $\text{Ca}_2(\text{Mg}_2\text{Fe}_4^{3+})(\text{Al}_4\text{Si}_2)\text{O}_{20}$; 2 – $\text{Ca}_2(\text{Fe}_2^{2+}\text{Fe}_4^{3+})(\text{Fe}_4^{3+}\text{Si}_2)\text{O}_{20}$.

	CaO	MgO	FeO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	SiO ₂
1	13,41	9,64	–	38,20	24,38	14,37
2	11,05	–	4,16	62,95	–	11,84

В отличие от рёниита, с которым образует изоморфный ряд, характеризуется отсутствием Ti и доминирующим содержанием Fe³⁺. Характерны изоморфные замещения Mg \leftrightarrow Fe²⁺, Al \leftrightarrow Fe³⁺. Состав зерен, обогащенных Fe, близок к идеальной формуле $\text{Ca}_2(\text{Fe}_2^{2+}\text{Fe}_4^{3+})(\text{Fe}_4^{3+}\text{Si}_2)\text{O}_{20}$ [1].

Анализы (микрозонд.):

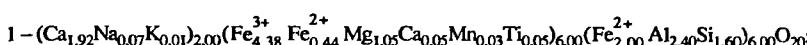
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Na ₂ O	0,23	He опр.	0,22	0,43	0,36	0,26	0,42	He опр.	He опр.
K ₂ O	0,03	"	–	–	–	–	–	"	"
MgO	4,59	12,34	9,57	6,65	7,90	8,16	7,77	5,91	2,67
CaO	12,08	14,20	12,79	12,63	12,60	12,79	12,73	12,33	13,70
MnO	0,22	0,41	0,31	0,49	0,40	0,39	0,52	0,35	–
FeO	3,42*	–	–	–	–	–	–	–	–
Fe ₂ O ₃	55,50*	35,01	42,39	51,87	47,26	47,19	48,11	60,09	69,73
Cr ₂ O ₃	0,01	He опр.	0,16	0,00	0,05	0,09	0,02	0,00	–
Al ₂ O ₃	13,33	20,17	15,98	13,27	14,57	14,52	13,40	11,85	6,85
SiO ₂	10,44	17,75	15,22	11,78	13,50	12,78	13,45	9,36	8,13
TiO ₂	0,41	0,78	2,84	2,96	2,83	3,48	2,99	0,57	0,39
Сумма	100,26	100,66	99,48	100,08	99,47	99,66	99,41	100,48**	101,47

* Рассчитано, исходя из формулы.

** В том числе NiO₂ – 0,02.

1 – из паралавы бассейна Поудер-Ривер (оригинал структурного изучения) [1]; 2 – из переплавленных пород горелого отвала Коркинского разреза [5]; 3–7 – "минерал X₁" из зоны контакта базальтовых потоков с коралловыми рифами, Исландия (в оригинале суммы: 4 – 99,82; 7 – 99,60) [2]; 8 – "Fe³⁺-мелилит" из бухитов, Баффало (в оригинале сумма 100,50) [3]; 9 – малаховит из переплавленных пород горелого отвала Коркинского разреза [5].

Эмпирические формулы (1 – на 14 катионов, 2 и 9 – на 20 атомов O):



В работе [1] приведены профильные анализы зерен доррита из ассоциаций с клинопироксеном и мелилитом.

Искусств. Образуется в шлаках при плавлении железных руд с известковым флюсом [4].

Найдено. Впервые [1] обнаружен в прирометаморфических плавленных породах (паралавах) бассейна Поудер-Ривер (шт. Вайоминг, США). Ассоциирует с эсценитом, титановым андрадитом, плагиоклазом, геленит-экреманитом, магнетит-магне-зиоферрит-шпинелевым твердым раствором. Часто находится в тесном срастании с

клинопироксеном и образует по нему псевдоморфозы. Содержит включения первичного магнетита. Изредка встречается в аортите, иногда в виде скоплений на стенках пустот. Скелетные кристаллы и воронкообразные зерна наблюдаются в других минералах и стекле, в котором часто присутствуют апатит и мелкие кристаллы калиевого полевого шпата. В ассоциации с титановым андрадитом обогащается железом. Образовался при высоких температурах и низком давлении в условиях повышенного потенциала кислорода.

В плавленных осадочных породах (бухитах), образовавшихся в результате близповерхностного пожара каменноугольного пласта Хили вблизи Баффало (шт. Вайоминг, США), встречен [3] вместе с эссенеитом, мелилитом, стеклом, описан как необычный Fe-мелилит.

Вместе с фассаитом, мелилитом и рёнитом найден (минерал X₁) в коралловых септах в зоне контакта коралловых рифов с потоком порfirитовых базальтов щелочной дифференцированной серии Питон-де-Неж в районе Сен-Ло, на о-ве Реюньон (Исландия). Кристаллизовался при $t \approx 1000^\circ$, давлении, близком атмосферному, и высокой фугитивности CO₂ [2].

В переплавленных породах (парабазальтах) горелого отвала Челябинского угольного бассейна (вблизи Копейска) типичен для пузыристых силикатных масс, окаймляющих ксенолиты карбонатных пород. Образует кристаллы (до 0,04 мм) на стенках газовых пузырей и в мелилитовой массе между пузырями вместе с эссенеитом, мелилитом, фторфлогопитом, Mg-ферритом, магнетитом и псевдобрукитом [5, 6].

Разнов. Малаховит – malakhovite, Ca₂(Fe³⁺, Mg, Ca)₆(Fe³⁺, Si, Al)₆O₂₀.

Назван в память об уральском геологе профессоре А.Е. Малахове (1899–1989) [5].

По составу близок искусственному Fe³⁺-дорриту – Ca_{2,3}Mg_{0,8}Fe_{8,3}Al_{1,5}Si_{1,1}O₂₀ [4]. Найден в переплавленных породах горелого отвала Челябинского угольного бассейна в парагенезисе, аналогичном дорриту.

Межплоскостные расстояния доррита из Поудер-Ривер [1]

FeK_α-излучение, D = 114,6 мм

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	I	$d(\text{\AA})$
001	20	8,1	213	80	2,558	10	1,695
011	20	7,5	202	80	2,515	15	1,626
111	5	6,4	221	5	2,453	20	1,613
111	10	4,87	140	10	2,349	20	1,544
221	5	4,39	241	5	2,257	30	1,511
102	5	4,22	310	5	2,205	30	1,482
212	10	3,46	442	60	2,125	5	1,456
120	100	2,971	540	20	2,035	5	1,432
113	5	2,895		5	1,842		
222	5	2,815		20	1,737		

Литература

1. Cosca M., Rouse R., Essene E. // Amer. Miner. 1988. Vol. 73, № 11/12. P. 1440.
2. Hayette A., Clochiatte R., Nativel P., Montaggioni L. // Bull. minér. 1982. Vol. 105, № 4. P. 364.
3. Foit F., Hooper R., Rosenberg P. // Amer. Miner. 1987. Vol. 72, № 1/2. P. 137.
4. Mumme W.G. // Neues Jb. Miner. Monatsh. 1988. Н. 8. S. 359.
5. Чесноков Б.В., Вилисов В.А., Баженова Л.Ф., Бушмакин А.Ф., Котляров В.А. // Урал. минерал. сб. 1993, № 2. С. 26.
6. Чесноков Б.В., Вилисов В.А., Бушмакин А.Ф., Котляров В.А., Белогуб Е.В. // Там же. 1994. № 3. С. 3.

Рёнит* Rhönite
 $\text{Ca}_2(\text{Mg},\text{Fe}^{2+})_4\text{Fe}^{3+}\text{Ti}^{4+}[\text{Si}_3\text{Al}_3\text{O}_{18}] \text{O}_2$

Описание рёнита без структурных данных см. т. III, вып. 2, с. 570.

	$a_0 (\text{\AA})$	b_0	c_0	α	β	γ	$V (\text{\AA}^3)$
1	10,428	10,807	8,925	105,91°	96,13°	124,80°	748,84
2	10,367	10,756	8,895	105,98	96,04	124,72	739,40

1 – из вулканической брекции Шарнхаузен (Германия) [1]; 2 – из метеорита Альенде [1].

От энгматита отличается составом кремнекислородной цепочки $[\text{T}_6\text{O}_{18}]_{\infty}$, где половина атомов Si замещена на Al, а также заполнением позиций M(8) и M(9) ионами Ca с к.ч. = 6 (правильный октаэдр) [1]. В энгматите все позиции T заполнены атомами Si, M(8)–M(9) – ионами Na с к.ч. = 8 (искаженные антипризмы). Предполагается ограниченный гетеровалентный изоморфизм $\text{CaAl} \rightleftharpoons \text{SiAl}$.

Средние длины связей M–O и T–O (в Å) и состав катионов [1]:

	В октаэдрах				В тетраэдрах	
	M(8),M(9)	M(5),M(6)	M(1)–M(4)	M(7)	T(1)–T(4)	T(5),T(6)
1*	2,523	2,110	2,076	2,001		1,708
	($\text{Ca}_{1,9}\text{Na}_{0,1}$)	($\text{Mg}_{1,4}\text{Fe}_{0,6}^{2+}$)	($\text{Mg}_{1,9}\text{Fe}_{1,1}^{3+}$)	Ti^{4+}		(Si_3Al_3)
2	2,511	2,100		2,034	1,700	1,740
	Ca_2	($\text{Mg}_{1,7}\text{Fe}_{0,3}^{2+}$)	($\text{Mg}_{1,2}\text{Al}_{0,5}\text{V}_{0,3}\text{Ti}_{0,8}^{3+}\text{Ti}_{1,2}^{4+}$)		(Si_2Al_2)	Al ₂

* Номера соответствуют таблице параметров ячейки.

В рёните из брекции Шарнхаузен с помощью электронной микроскопии высокого разрешения выявлен [1] новый восьмислойный политип на участке шириной 200 Å (рёнит 8 Å, последовательность слоев $t_1t_1t_2t_1t_1t_1t_2$).

Состав рёнита из метеорита Альенде [1] близок к таковому искусственной фазы "байковит", в которой аналитически подтверждено присутствие Ti^{3+} и Ti^{4+} [2].

Л и т е р а т у р а

1. Bonaccorsi E., Merlino S., Pasero M. // Europ. J. Miner. 1990. Vol. 2, № 2. P. 203.
2. Аракчеева А.В. // Кристаллография. 1995. Т. 40, № 2. С. 245.

Криновит* Krinovite
 $\text{Na}_2\text{Mg}_4\text{Cr}_2^{3+}[\text{Si}_6\text{O}_{18}]\text{O}_2$

Описание криновита см. т. III, вып. 2, с. 573.

В результате структурных исследований [1] установлена пр.гр. $C_i^1-P\bar{1}$. $a_0 = 10,238$, $b_0 = 10,642$, $c_0 = 8,780$ Å; $\alpha = 105,15$, $\beta = 96,50$, $\gamma = 125,15$ °.

Структура характеризуется стенками, построенными MgO_6 - и CrO_6 -октаэдрами и NaO_8 -антипризмами, скрепленными открыто разветвленными цепочками из Si-тетраэдров. Отличие от энгматита – в заполнении октаэдров MO_6 , образующих стенку между цепочками $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$.

Средние длины связей М–О и Т–О (в Å) и состав катионов (в %):

М-октаэдры				М-полиэдры				Si-тетраэдры	
M-O		Состав катионов		M-O		Состав катионов		Si-O	
M(1)	2,00	Cr	100	M(8)	2,513	Na	100	Si(1)	1,625
M(2)	2,013	Cr	100	M(9)	2,525	Na	100	Si(2)	1,629
M(3)	2,093	Mg	92, Fe 8					Si(3)	1,640
M(4)	2,084	Mg	94, Fe 6					Si(4)	1,616
M(5)	2,116	Mg	96, Fe 4					Si(5)	1,640
M(6)	2,093	Mg	98, Fe 2					Si(6)	1,640
M(7)	1,999	Cr	100						

Литература

1. Bonaccorsi E., Merlino S., Pasero M. // Ztschr. Kristallogr. 1989. Bd. 187, N. 1/2. S. 133.

СТРУКТУРА ТИПА ТОБЕРМОРИТА

ГРУППА ТОБЕРМОРИТА

Ранее группа включала: тоберморит, пломбьерит, риверсайдит и условно-такхеренит, окенит, некоит и относились к ленточным силикатам (см. т. III, вып. 3, с. 322). Однако среди трех структурно исследованных минералов в тоберморите основу структуры составляют цепочки $[Si_6O_{16}(OH)_2]$, а в окените и некоите – слои $[Si_6O_{15}]$.

	Сингония	a_0	b_0	c_0	β	Уд.в.
Клинотоберморит $Ca_5[Si_6(O, OH)_{18}] \cdot 5 H_2O$	Монокл.	11,331	7,353	22,67	96,59°	2,58
[Оелит] $Ca_{10}[Si_8B_2O_{29}] \cdot 12,5 H_2O$	Ромб.	11,23	7,24	20,46	–	2,62

Оелит отнесен к группе на основании близости параметров элементарной ячейки.

Клинотоберморит Clinotobermorite



Название отражает моноклинность и связь с тоберморитом [1].

Синон. Моноклинный 11 Å-тоберморит [2].

Характ. выдел. Кристаллы (до 5 мм) и их агрегаты [1].

Структ. и морф. крист. Монокл. с. C_s^4-Cc или C_{2h}^4-P2/c . $a_0 = 11,331$, $b_0 = 7,353$, $c_0 = 22,67$ Å; $\beta = 96,59^\circ$; $a_0 : b_0 : c_0 = 1,541 : 1 : 3,069$; $V = 1876,6$ Å³ [2].

Моноклинный полиморф ромбического тоберморита [1]. Элементарная ячейка выводится из тоберморитовой путем попеременного смещения слоев (001) на 0 и на $1/2 a$, т.е. удвоения по оси c [1, 2].

Микродвойникование по (001) [2]. Кристаллы таблитчатые по (001) или игольчатые вдоль оси b .

Физ. св. Сп. весьма совершенная по (001) и несовершенная по (100). Тв. 4,5; микротвердость 174–251 кгс/мм² при нагрузке 25 г. Уд.в. 2,58 (вычисл. 2,69). Цв. бесцветный или белый. Бл. стеклянный [1, 2].

ИК-спектр схожен с таковым тоберморита; полосы поглощения при 3450 и 1630 см^{-1} связаны с колебаниями OH-групп [1].

Микр. Бесцветный. Двусный. $n_g = 1,585$, $n_m = 1,580$, $n_p = 1,575$; $n_g - n_p = 0,010$. $2V$ не измерен из-за микродвойникования [1, 2].

Хим. Состав близок тоберморитовому; отличается лишь более низким содержанием Al и несколько повышенным содержанием Ca. Изоморфизм: Ca замещается на Mg и K; Si – на Al и В; OH – на F.

Анализ (микрозонд. и химические определения F, В и H_2O) [1, 2]: $\text{Na}_2\text{O} - 0,02$; $\text{K}_2\text{O} - 0,10$; $\text{MgO} - 0,11$; $\text{CaO} - 39,04$; $\text{MnO} - 0,06$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 0,36$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 0,01$; $\text{B}_2\text{O}_3 - 0,23$; $\text{SiO}_2 - 46,55$; $\text{TiO}_2 - 0,01$; $\text{H}_2\text{O} - 13,75$; F – 0,18; $-\text{O} = \text{F}_2 - 0,08$; сумма 100,34.

Эмпирическая формула (на $\text{Si} + \text{Al} + \text{B} = 6$): $(\text{Ca}_{5,29}\text{Mg}_{0,02}\text{K}_{0,02})_{5,33} \times (\text{Si}_{5,90}\text{Al}_{0,05}\text{B}_{0,05})_{6,00}(\text{O}_{16,54}\text{OH}_{1,39}\text{F}_{0,07})_{18,00} \cdot 5,1 \text{ H}_2\text{O}$.

Повед. при нагр. Теряет молекулярную H_2O при нагревании до 300° на воздухе, при этом межплоскостное расстояние $d(002)$ уменьшается от 11,3 до 9,3 Å [1, 2].

Найдж. Низкотемпературный минерал прожилков (1–2 см), секущих геленит-спирритовые скарны, которые развиты на контакте кварц-монцонитовых даек с известняками в районе Фука (преф. Окаяма, Япония) [1, 2]. Тесно ассоциирует с кальцитом, тоберморитом, пломбьеритом и апофиллитом, образующими прожилки по трещинам в контаминированной породе (эндоскарн), состоящей главным образом из полевого шпата, граната и пироксена. Выделяется позже тоберморита и рассматривается как его низкотемпературная модификация [1, 2].

Межплоскостные расстояния клинотоберморита из Фука [2]*

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	I	$d(\text{\AA})$
002	100	11,25	008;400;40 $\bar{2}$	41	2,811	10ш	2,005
004;200;11 $\bar{2}$	20	5,60	223;117	60	2,794	16ш	1,917
20 $\bar{2}$;112	20	5,27	20 $\bar{8}$;40 $\bar{4}$	27	2,641	13	1,875
202	10	4,782	118	11	2,495	14	1,837
204;006;11 $\bar{5}$	36	3,745	027;208	12	2,414	14ш	1,748
206;023	51	3,304	130;131 $\bar{1}$;40 $\bar{6}$	20	2,394	10	1,712
22 $\bar{1}$	45	3,068	316	15	2,380	17	1,670
221	60	3,034	00.10;42 $\bar{1}$	27	2,248	12ш	1,647
31 $\bar{4}$	37	3,012	42 $\bar{5}$;134	13	2,190	10	1,604
206;313	25	2,950	511;40 $\bar{8}$	8	2,117	17ш	1,593
22 $\bar{3}$	23	2,910	42 $\bar{5}$;11.10;512	20ш	2,075		

* Условия съемки не указаны.

Литература

1. Henmi C., Kusachi I. // Miner. Mag. 1992. Vol. 56, N 3. P. 353–348.
2. Henmi C., Kusachi I. // J. Miner., Petrol., Econ. Geol. 1989. Vol. 84, N 10. P. 374. На яп. яз., рез. англ.

Оелит Oyelite $\text{Ca}_{10}[\text{Si}_8\text{B}_2\text{O}_{29}] \cdot 12,5 \text{ H}_2\text{O}$

Назван в честь японского минералога, проф. университета Окаямы Д. Ое [1].

Синон. 10Å-тоберморит [2]; 10Å-гидрат (т. III, вып. 3, с. 326).

Характ. выдел. Параллельные сростки игольчатых кристаллов длиной 1–3 мм [1].

Структ. и морф. крист. Ромб. $a_0 = 11,23$, $b_0 = 7,24$, $c_0 = 20,42 \text{ \AA}$; $a_0 : b_0 : c_0 = 1,551 : 1 : 2,820$; $V = 1660 \text{ \AA}^3$ [3]; $a_0 = 11,25$, $b_0 = 7,25$, $c_0 = 20,46 \text{ \AA}$ [1].

Сходен с тоберморитом, но отличается базальным межплоскостным расстоянием $d(002)$, равным $\sim 10,3 \text{ \AA}$ (у тоберморита $11,3 \text{ \AA}$) [1]. Дегидратированные продукты обоих минералов имеют почти одинаковые $d(002)$ ($\sim 9 \text{ \AA}$) и дифракционные картины [1].

Физ. св. Тв. 5. Уд.в. 2,62. Цв. белый. Бл. стеклянный [1].

В ИК-спектре проявляются сильные полосы поглощения при $463, 857, 965, 1440, 3000\text{--}3500 \text{ см}^{-1}$ [3].

Микр. Бесцветный. Двуосный. $n_g = 1,613, n_m = 1,606, n_p = 1,602; n_g - n_p = 0,011$ [1].

Хим. Теор. состав: $\text{CaO} - 42,25; \text{B}_2\text{O}_3 - 5,25; \text{SiO}_2 - 36,21; \text{H}_2\text{O} - 16,29$.

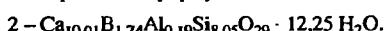
Изоморфизм незначительный: В замещается на Al; Ca – на Mg, Na, K. Содержание B_2O_3 колеблется от 4,4 до 4,8%. Отношение $\text{Ca/Si} = 1,2$. Количество молекул H_2O на формульную единицу изменяется от 9,5 до 12,5.

Анализы:

	1	2	3		1	2	3
Na_2O	0,01	0,01	0,1	SiO_2	35,76	36,06	35,3
K_2O	0,01	0,01	–	H_2O^+	16,53	16,78	16,7
MgO	00,02	0,02	–	H_2O^-			0,7
CaO	41,60	41,82	41,2	CO_2	–	–	0,4
B_2O_3	4,44	4,55	4,8	Сумма	99,58	100,00	99,5
Al_2O_3	1,21	0,75	0,3	Уд.в.	–	–	2,62

1, 2 – из Суйсё (преф. Миэ, Япония) [3]: 1 – с примесью 2% гидрогроссуляра, 2 – за вычетом примеси; 3 – из Фука (преф. Окаяма, Япония) [1, 2].

Эмпирическая формула (на 29 атомов O) [3]:



Повед. при нагр. [3]. На кривой ДТА оелита из Суйсё наблюдается эндотермический пик при 200° и экзотермический пик при 801° ; главная потеря массы происходит около 200° . При нагревании в течение 1 ч при 300° превращается в $9,3\text{\AA}$ -тоберморит; при 1000° – в волластонит; на ИК-спектре после нагревания до 300° проявляются полосы поглощения при $3600\text{--}3400, 1390, 970$ и 475 см^{-1} [3].

Нахожд. В геленит-спёрритовом скарне в районе Фука [1] (преф. Окаяма, Япония) является главным компонентом жилы видимой протяженностью около 2 м и мощностью 1–3 см, секущей спёрритовую зону скарна (первоначально описан [2] как "10\text{\AA}-тоберморит"). Ассоциирует с бултфонтейнитом, скоутитом, ксонотлитом и кальцитом. Оелит и скоутит – первичные минералы трещин заполнения, бултфонтейнит и ксонотлит – продукты изменения скоутита [1].

В серпентинитовом теле в долине Суйсё (преф. Миэ, Япония) [3] образует белые массивные агрегаты в родингитовой породе, развитой по габброидному пегматиту. Тесно ассоциирует с гидрогроссуляром, тоберморитом, бултфонтейнитом, этtringитоподобным минералом, апофиллитом и кальцитом. Формирование его связывается с воздействием гидротермальных, богатых BF_3 растворов в позднюю стадию родингитизации (кальциевого метасоматоза).

В Крестморе (шт. Калифорния, США) наблюдался в прорастании с тоберморитом, пломбьеритом и вилькеитом (описан как "10\text{\AA}-гидрат", см. т. III, вып. 3, с. 326).

Отл. От тоберморита отличается по содержанию бора, более высокому отношению Ca/Si .

Межплоскостные расстояния оелита из Суйсё, Япония [3]
CuK_α-излучение, Ni-фильтр. Дифрактометр

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
002	90	10,29	006	15	3,41	208	3	2,325
012	4	5,92	220	50	3,06	422;232;406	5	2,168
200	4	5,63	222;206	100	2,917	0010;424	20	2,043
004	3	5,12	400	40	2,812	426	10	1,869
202	20	4,92	008	20	2,558	040	15	1,813
204	20	3,78	404	3	2,463			

Л и т е р а т у р а

1. Kusachi I., Henmi C., Henmi K. // J. Jap. Assoc. Miner., Petrol., Econ. Geol. 1984. Vol. 79, N 7. P. 267.
2. Kusachi I., Henmi C., Henmi K. // J. Miner. Soc. Jap. 1980. Vol. 14. P. 314. На яп. яз.
3. Minakawa T., Inaba S., Noto S. // J. Jap. Assoc. Miner., Petrol., Econ. Geol. 1986. Vol. 81, N 4. P. 138.

С Т Р У К Т У Р А Т И ПА П Е Л ЛИИТА

	Сингония	<i>a</i> ₀	<i>b</i> ₀	<i>c</i> ₀	Уд.в.
Пеллиит Ba ₂ Ca(Fe, Mg) ₂ [Si ₆ O ₁₇]	Ромб.	15,611–15,690	7,142–7,156	14,201–14,238	3,51–3,56

Пеллиит Pellyite Ba₂Ca(Fe, Mg)₂[Si₆O₁₇]

Назван по местонахождению в верховьях реки Пелли (Канада) [1].

Характ. выдел. Зернистые массы (зерна до 2 мм), кристаллы.

Структ. и морф. крист. Ромб. с. D_{2h}^{17} —*Cmcm*. $a_0 = 15,611\text{--}15,690$, $b_0 = 7,142\text{--}7,156$, $c_0 = 14,201\text{--}14,238$ Å; $V = 1580\text{--}1598$ Å³; $Z = 4$ [1–3].

Кремнекислородный радикал [Si₆O₁₇]_∞ — циклически разветвленная цепочка из шестичленных колец, вытянутая вдоль оси *c*. Тетраэдры двух сортов: Si(2) связывают кольца в цепочку посредством общего атома (OH); Si(1) имеют по два общих атома O с Fe-тетраэдрами, объединяющими кремнекислородные радикалы в слои, параллельные плоскости *ac* (фиг. 95). Крупные катионы Ba и Ca располагаются в слоях, чередующихся в направлении *c*: Ba — в десятивершинниках на уровне центров колец в плоскости симметрии, Ca — в октаэдрах, в одном слое с Si(2)- и Fe-тетраэдрами [3].

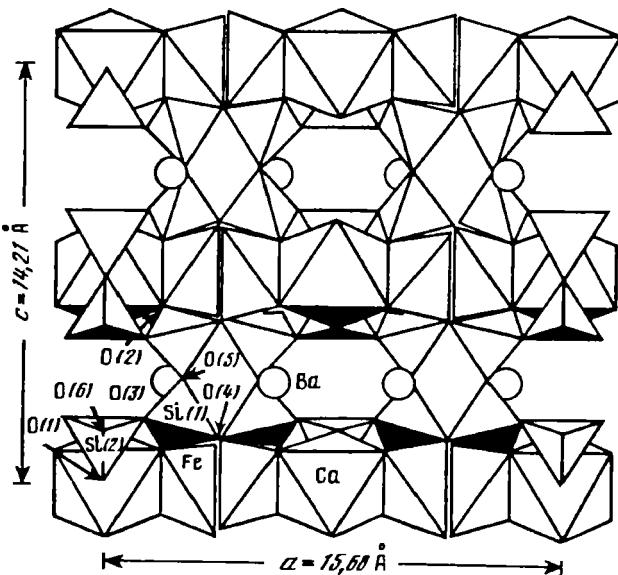
Межатомные расстояния (в Å): Si(1)—O = 1,622; Si(2)—O = 1,609 (среднее); Fe—O = 1,949–2,070; Ca—O = 2,321–2,410; Ba—O = 2,756–3,242.

Различия в длинах связей Si(1)—O и Si(2)—O вызвано, по-видимому, аномально высоким значением тепловых колебаний атома O(1), что приводит также к существенному отклонению валентного угла Si(2)—O(1)—Si(2) от 180° (он равен 167,9°) [3].

Кристаллы таблитчатые до 1 см в диаметре и около 1 мм толщиной [3].

Физ. св. Сп. слабо выражена, заметна лишь в шлифах. Изл. раковистый. Тв. 6. Уд.в. 3,51–3,56 [1, 3] (вычисл. 3,48) [1]. Бесцветный до светло-желтого. Бл. стеклянный.

Микр. Двусосный (+). $N_p = b$, $N_m = a$, $N_g = c$. $2V = 53\text{--}61^\circ$. $n_g = 1,641\text{--}1,649$, $n_m = 1,629\text{--}1,645$; $n_p = 1,627\text{--}1,643$; $n_g - n_p = 0,014\text{--}0,018$. Дисперсия очень сильная, $r > v$ [1, 3].



Фиг. 95. Структура пеллиита в проекции вдоль оси *b* (по Пабсту и Харрису)

Хим. Теор. состав: BaO – 35,38; CaO – 6,47; FeO – 16,57; SiO₂ – 41,58. Fe частично замещается на Mn, Zn, Mg, Al. Большая часть Al замещает кремний в Si(1)-тетраэдрах и распределяется в пределах зерен неравномерно.

Анализы (2–6 – микрозонд.):

	1	2	3	4	5	6
MgO	1,46	0,98	0,91	0,76	0,95	1,55
CaO	6,25	6,62	6,32	6,06	6,39	6,04
BaO	34,16	36,00	36,04	34,10	35,63	37,25
FeO	12,46	12,18	12,29	12,23	12,47	10,04
ZnO	1,05	1,20	0,24	0,20	0,16	0,61
MnO	0,57	1,54	1,36	1,44	1,39	2,91
Al ₂ O ₃	3,53	0,28	0,01	3,59	0,23	0,45
SiO ₂	40,50	40,86	41,47	41,03	41,88	42,44
Сумма	99,98	99,66	98,64	99,41	99,10	101,29

Пересчет анализов на 68 атомов О:

Si	22,73	23,70	24,14	23,05	24,04	23,98
Al ^{IV}	2,10	0,19	–	1,37	–	0,02
Al ^{VI}	0,23	–	0,01	1,00	0,16	0,28
Fe ²⁺	5,85	5,91	5,98	5,79	5,99	4,74
Zn	0,43	0,51	0,10	0,08	0,26	0,25
Mn	0,27	0,76	0,67	0,68	0,68	1,39
Mg	1,22	0,85	0,79	0,63	0,82	1,30
Ba	7,51	8,18	8,22	7,55	8,01	8,24
Ca	3,76	4,11	3,94	3,64	3,70	3,66

1 – из скаров в верховьях рек Пелли и Росс, Юкон (Канада), спектрально определены следы S, Sr, Na, В, Be, Ti и Zr [1]; 2 – верховья рек Пелли и Росс, Юкон [3]; 3 – пик Трамбл, округ Марипоса, Калифорния (США) [3]; 4, 5 – Биг Крик, округ Фресно, Калифорния (США) [3]; 6 – рудник Мадрелея, северное побережье Калифорнийского залива, шт. Нью-Мексико (США) [3].

Диагн. исп. Медленно разлагается в разб. HCl с образованием белого осадка [1].

Повед. при нагр. При медленном нагревании до 385° не изменяется, затем постепенно темнеет. В интервале температур 385–680° показатели преломления возрастают: n_g – на 0,091, n_m – на 0,063, n_p – на 0,055, a_0 увеличивается на 0,27 Å, b_0 и c_0 уменьшаются на 0,15 и 0,18 Å соответственно; V увеличивается на 840 Å³. При нагревании до 850° постепенно становится рентгеноаморфным и при 900° плавится с образованием коричневого стекла ($n = 1,68$).

Нахожд. Встречается в контактово-метаморфических породах, обогащенных барием. Впервые был обнаружен [1] в верховых рек Пелли и Росс (Юкон, Канада) в скарнах на контакте кварц-монцонитов и известняков. Скарны представлены кристаллическими джиллеспит-санборнитовыми породами, содержащими кварц, диопсид-салит, андродит, цельзиан, тарамеллит, мюириит, витерит, барит, халькопирит. Позже найден в горах Сьерра-Невада на пике Трамбл в округе Мариолоса (анализ 3) и в районе Биг Крик в округе Фресно (Калифорния, США), а также в руднике Мадрелена на северном побережье Калифорнийского залива (шт. Нью-Мексико). В этих месторождениях пеллиниты содержащие кварц-джиллеспит-санборнитовые породы слагают линзы и полосы в кварцитах (до нескольких метров протяженностью) вблизи контактов с крупными телами гранитов и гранодиоритов. Обычно содержится в небольших количествах наряду с тарамеллитом, витеритом, цельзианом, мюириитом, алфорситом, диопсид-салитом, tremolite-актинолитом, пиритом и пирротином, но в некоторых образцах является одним из основных минералов с размером зерен до 1 см [1, 3].

Межплоскостные расстояния пеллинита, Юкон (Канада) [1]

Си-излучение, Ni-фильтр. Дифрактометр

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
200	30	7,83	114	20	3,12	424	50	2,117
002	10	7,10	222	10	2,955	711	30	2,112
110	10	6,51	023	30	2,856	604	5	2,099
111	40	5,91	314	5	2,717	332	20	2,074
310	40	4,22	223	5	2,682	712	15	2,048
400	25	3,92	512	25	2,661	406;622;515	20	2,022
113	50	3,83	420	40	2,643	800	25	1,955
021	55	3,46	404	20	2,629	713	10	1,950
402	100	3,43	610;115;421	25	2,598	623	5	1,926
204	20	3,25	513;602	10	2,456	334	10	1,852
022	65	3,19	130;315	20	2,356	516	10	1,829
221	45	3,17	423	60	2,308	008	10	1,774
313	45	3,15	132;514	30	2,237			

Л и т е р а т у р а

- Montgomery J.H., Thompson R.M., Meagher E.P. // Canad. Miner. 1972. Vol. 11, pt 2. P. 444.
- Meagher E.P. // Amer. Miner. 1976. Vol. 61, N 1/2. P. 67.
- Pabst A., Harris G. // Canad. Miner. 1984. Vol. 22, pt 4. P. 653.

СТРУКТУРА ТИПА ДЖОНИННЕСИТА

	Сингония	a_0	b_0	c_0	α	β	γ	Уд.в.
Джониннесит	Трикл.	10,485	11,065	9,654	107,11°	81,17°	111,86°	4,48
$\text{Na}_2\text{Mn}_9(\text{Mg}, \text{Mn})_7 \times [Si_6O_{17}]_2(AsO_4)_2 \times$								
$\times (\text{OH})_8$								

Джониннесит Johninnesite
 $\text{Na}_2\text{Mn}_9(\text{Mg}, \text{Mn})_7[\text{Si}_6\text{O}_{17}]_2(\text{AsO}_4)_2(\text{OH})_8$

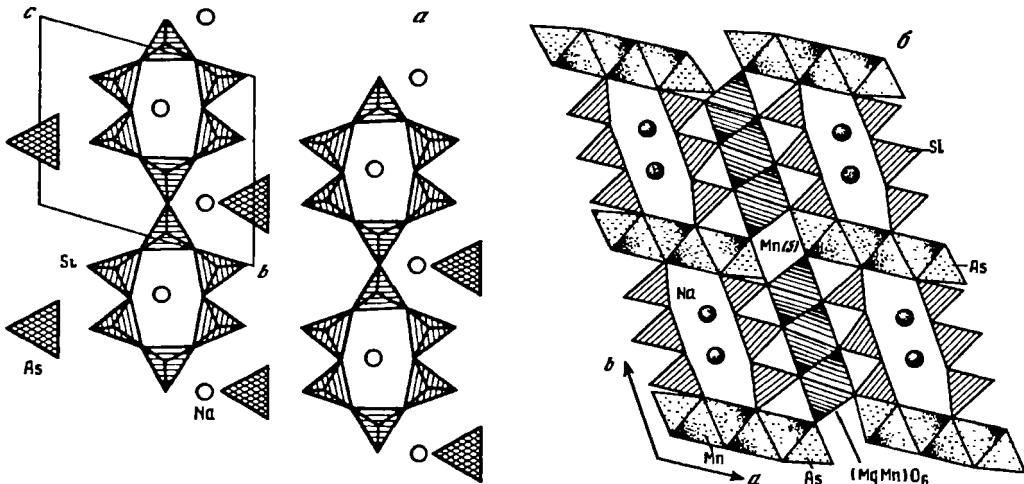
Назван по имени Джоиа Иннеса, главного минералога корпорации Тсумеба, внесшего большой вклад в изучение минералогии месторождений Комбат и Тсумеб [1].

Характ. выдел. [1]. Волокнистые агрегаты (до 2, редко до 4,5 см в длину).

Структ. и морф. крист. Трикл. с. $C_i^1-P\bar{1}$. $a_0 = 10,485$, $b_0 = 11,065$, $c_0 = 9,654 \text{ \AA}$; $\alpha = 107,11$, $\beta = 81,17$, $\gamma = 111,86^\circ$; $Z = 1$ [2]. $a_0 = 10,44$, $b_0 = 11,064$, $c_0 = 9,62 \text{ \AA}$; $\alpha = 107,43$, $\beta = 82,7$; $\gamma = 111,6^\circ$; $V = 894 \text{ \AA}^3$; $Z = 1$ [1].

Цепочечный силикат [2] с дополнительными тетраэдрическими анионами $(\text{AsO}_4)^{3-}$ и группами OH^- . Кремнекислородные анионы – циклически разветвленные цепочки из шестичленных колец $[\text{Si}_6\text{O}_{17}]_{\infty}$ вытянутые вдоль оси c (фиг. 96, а). Катионы Mn^{3+} и Mg^{2+} в октаэдрах из атомов О, часть которых принадлежит OH -группам; ионы Na^+ – в сильно искаженных кубах из атомов О. Структура описывается как упаковка чередующихся слоев трех типов: тетраэдрических (T), где расположены Si–O-цепи и AsO_4 -тетраэдры; октаэдрических (O) из связанных по ребру октаэдров $[(\text{Mn}, \text{Mg})\text{O}_6]$; октаэдрических (O'), в которых находятся изолированные цепочки $[\text{MnO}_6]$ -октаэдров, разделенных Na -полиэдрами (см. фиг. 96, б). Слои параллельны плоскости bc с чередованием вдоль оси a по типу ...OTOT...

Структура не имеет аналогов среди 13 известных арсеносиликатов, но по типу Si–O-цепей и характеру упаковки слоев из Si–O-тетраэдров и MO_6 -октаэдров



Фиг. 96. Структура джониннесита (по Грис и др.)

а – проекция на плоскость bc : тетраэдрический слой из Si–O-цепей и As-тетраэдров; б – проекция на плоскость ab : слои из тетраэдров и октаэдров, параллельные bc

ров сходна со структурой хауита $\text{Na}(\text{Mn}, \text{Fe})_{12}[\text{Si}_6\text{O}_{17}]_2(\text{O}, \text{OH})_{10}$, не содержащего As [1].

Средние межатомные расстояния (в Å): в шести независимых тетраэдрах $\text{Si}-\text{O} = 1,624\text{--}1,644$; $\text{As}-\text{O} = 1,710$; $\text{Mn}-\text{O}(\text{OH}) = 2,158\text{--}2,230$; $\text{Mg}-(\text{O}, \text{OH}) = 2,114\text{--}2,137$; $\text{Na}-\text{O}$ (индивидуальные) = $2,394\text{--}3,254$.

На кристалле ($20 \times 50 \times 450$ мкм) установлены грани (100) и (010), последняя плохо развита.

Физ. св. [1]. Сп. хорошая по (100), плохая по (010). Тв. не определена вследствие волокнистости агрегатов. Уд.в. 3,48 (вычисл. 3,51). Цв. светлый желтовато-коричневый. Черта коричневато-желтая. Бл. стеклянный.

Микр. [1]. Двуосный (–). $n_g = 1,699$, $n_m = 1,6968$, $n_p = 1,6742$; $n_g - n_p = 0,025$; $2V = 41,9^\circ$ (вычисл. 40,9°). Дисперсия ясная, $r > v$.

Хим. [1]. Анализ (микрозонд.): $\text{Na}_2\text{O} = 3,1$; $\text{MgO} = 8,2$; $\text{MnO} = 40,7$; $\text{FeO} = 0,1$; $\text{As}_2\text{O}_5 = 10,6$; $\text{H}_2\text{O} = 2,6$ (определен из отдельной навески); сумма 100,8.

Нахожд. [1]. Встречается на месторождении Комбат (Намибия) в толще слабо метаморфизованных пород в гидротермальных жилах, содержащих намбулит, манганинит, серандит, барит, кальцит, гипс, в ассоциации с родонитом, кентролитом и риختеритом.

Межплоскостные расстояния джониннесита из месторождения Комбат (Намибия) [1]
FeK_α-излучение, $D = 114,6$ мм. Камера Гандольфи

hkl	I	$d(\text{\AA})$	I	$d(\text{\AA})$	I	$d(\text{\AA})$
010	60	9,8	20	2,892	10	1,701
001	1	9,2	20	2,842	2	1,623
01̄1	2	7,8	100	2,676	30ш	1,606
0̄11	5	7,3	2	2,630	40ш	1,539
110	40	5,99	10ш	2,571	2	1,498
1̄21	10	5,26	40	2,479	10	1,441
02̄1	10ш	4,91	30	2,436	5	1,427
111	1	4,63	20	2,354	2	1,402
2̄21	10	4,39	10	2,288	2	1,386
2̄20	2	4,24	20	2,228	5	1,365
1̄22	30	4,06	10	2,190	2	1,359
12̄2	30ш	3,89	5	2,147	2	1,348
21̄1	30	3,67	20	2,044	2	1,301
1̄30	30	3,48	1	1,994	5	1,279
03̄1	40	3,38	30	1,866	2	1,262
3̄20	60	3,23	20	1,796	5	1,214
301	10	3,05	1	1,772		
	20	2,965	10	1,726		

Литература

1. Dunn P.J., Peacor D.R., Su S.C., Nelen J.A., Knorrung O. // Miner. Mag. 1986. Vol. 50, pt 4. P. 667.
2. Grice I.D., Dunn P.J. // Amer. Miner. 1994. Vol. 79, N 9/10. P. 991.

СТРУКТУРА ТИПА ХАУИИТА

ГРУППА ХАУИИТА

Ранее группа, включавшая хауиит и дирит, рассматривалась среди силикатов с лентами кремнекислородных тетраэдров (т. III, вып. 3, с. 339).

	Сингония	a_0	b_0	c_0	α	β	γ	Уд.в.
Танеямалит (Na,Ca) \times \times (Mn ²⁺ , Mg, Fe ³⁺ , Al) ₁₂ [Si ₆ O ₁₇] ₂ \times \times (O, OH) ₁₀	Трикл.	10,198	9,820	9,485	90°30'	70°32'	108°34'	3,30

В структуре хауиита и дирита установлены цепочки [Si₆O₁₇] и ленты MO₆-октаэдров. Танеямалит изоструктурен с хауиитом.

Танеямалит Taneyamalite
 $(\text{Na}, \text{Ca})(\text{Mn}^{2+}, \text{Mg}, \text{Fe}^{3+}, \text{Al})_{12}[\text{Si}_6\text{O}_{17}]_2(\text{O}, \text{OH})_{10}$

Назван по месту первой находки на месторождении Танеяма (преф. Кумамото, Япония) [1]. Ранее описан как хауиитоподобный марганцевый минерал [2].

Характ. выдел. Скопления тонких изогнутых чешуек, слагающих прослойки (до 1 см в поперечнике) и прожилки [1].

Структ. и морф. крист. [1]. Трикл. с. C_1^1-P1 или $C_i^1-P\bar{1}$. $a_0 = 10,198$, $b_0 = 9,820$, $c_0 = 9,485$ Å; $\alpha = 90^\circ 30'$, $\beta = 70^\circ 32'$, $\gamma = 108^\circ 34'$; $a_0 : b_0 : c_0 = 1,038 : 1 : 0,966$; $Z = 1$.

В структуре Mn²⁺ занимает октаэдрические позиции.

Физ. св. Сп. весьма совершенная по (010). Тв. агрегатов около 5. Уд.в. 3,30 (вычисл.). Цв. зеленовато-серо-желтый. Черта светло-желтая. Бл. стеклянный [1].

Микр. Плеохроизм сильный: по N_g – светло-желтый, по $N_p = N_m$ – почти бесцветный. $N_p \approx N_m < N_g$. Двуосный (–). Погасание почти прямое. Удлинение (+). $n_g = 1,676$, $n_m = 1,664$, $n_p = 1,646$; $n_g - n_p = 0,030$; $2V = 70^\circ$ [1].

Хим. Марганцевый аналог хауиита с Na > Ca, Mn²⁺ > (Mg, Fe³⁺, Al) и O > > (OH) [1].

Анализ образца из Ивайзава (микрозонд.) [1]: Na₂O – 1,80; MgO – 6,25; CaO – 0,02; MnO^{*} – 30,97; Al₂O₃ – 1,25; Fe₂O₃^{**} – 6,39; SiO₂ – 43,42; TiO₂ – 0,75; H₂O – 7,61 (вычисл.); сумма 98,46.

* Общий.

** Общее.

Эмпирическая формула (на Si = 12 и O + OH = 44): $(\text{Na}_{0,96}\text{Ca}_{0,01})_{0,97} \times (\text{Mn}_{7,20}^{2+}\text{Mg}_{2,58}^{2+}\text{Fe}_{1,33}^{3+}\text{Al}_{0,41}\text{Ti}_{0,16})_{11,67}\text{Si}_{12}(\text{O}_{29,98}\text{OH}_{14,02})_{44}$.

По М. Флейшеру и Д. Мандарино (Fleischer, Mandarino, 1995) и А. Кларку (Clark, 1993) формула: $\text{Na}(\text{Mn}^{2+}, \text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_{12}\text{Si}_{12}(\text{O}, \text{OH})_{44}$.

Найдено. Впервые отмечен как хауиитоподобный минерал с доминирующим Mn на месторождении Танеяма (преф. Кумамото, Япония) [2]. Позже найден и детально охарактеризован [1] в образцах из отвалов Mn-Fe руд месторождения Ивайзава (преф. Сайтама, Япония), приуроченного к триасовым слабо метаморфизованным роговикам. Образует небольшие прослойки (до 1 см в поперечнике) в массе карио-

пилита и прожилки, секущие кварц-гематитовые агрегаты. Содержит включения банистерита. В отвалах месторождения встречаются также браунит, родохрозит, кальцит, альбит, киноварь и пирит.

Некоторые образцы хауиита из Югославии [3] и Калифорнии (США) [4] по составу, вероятно, соответствуют танеямалиту.

Межплоскостные расстояния танеямалита из месторождения Ивайзава (Япония) [1]

Fe-Mn-излучение. Дифрактометр

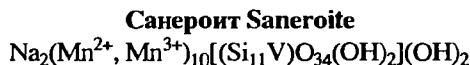
<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
010	80	9,29	1̄30	100	3,273	014;42̄3	35	2,216
1̄10	35	7,99	32̄1	10	3,151	34̄2	5	2,129
1̄20	15	4,84	1̄31	50	3,081	314	12	2,071
020	50	4,62	02̄2	15	3,049	51̄2	8	2,018
012	8	4,18	32̄2	8	2,900	62̄2;044	20	1,698
1̄21	5	4,11	212;031	12	2,833	261;1̄60	8	1,612
2̄20	25	3,99	231	35	2,790	523;601	6	1,583
211;211	10	3,77	032	22	2,678	135	5	1,569
120	40	3,65	023	28	2,630	245	5	1,450
210;1̄12	12ш	3,60	132	5	2,514	51̄6;653	10ш	1,431
212	12	3,39	240;401	8ш	2,408			
222	20	3,35	02̄3	10	2,380			

Л и т е р а т у р а

1. Matsubara S. // Miner. Mag. 1981. Vol. 44, N 333. P. 51.
2. Aoki Y., Isono K. // J. Geol. Soc. Jap. 1968. Vol. 74, N 2. P. 136. На яп. яз.
3. Schreyer W., Abraham K. // Neues Jb. Miner. Abh. 1977. Bd. 130, N. 1/2. S. 114.
4. Wood M.R. // Miner. Mag. 1979. Vol. 43, N 327. P. 363.

С Т Р У К Т У Р А Т И П А С А Н Е Р О И Т А

Сингония	<i>a</i> ₀	<i>b</i> ₀	<i>c</i> ₀	α	β	γ	Уд.в.	
Санероит $\text{Na}_2(\text{Mn}^{2+}, \text{Mn}^{3+})_{10}[(\text{Si}_{11}\text{V})\text{O}_{34} \times (\text{OH})_2](\text{OH})_2$	Трикл.	9,741	9,974	9,108	92,70°	117,11°	105,30°	3,47

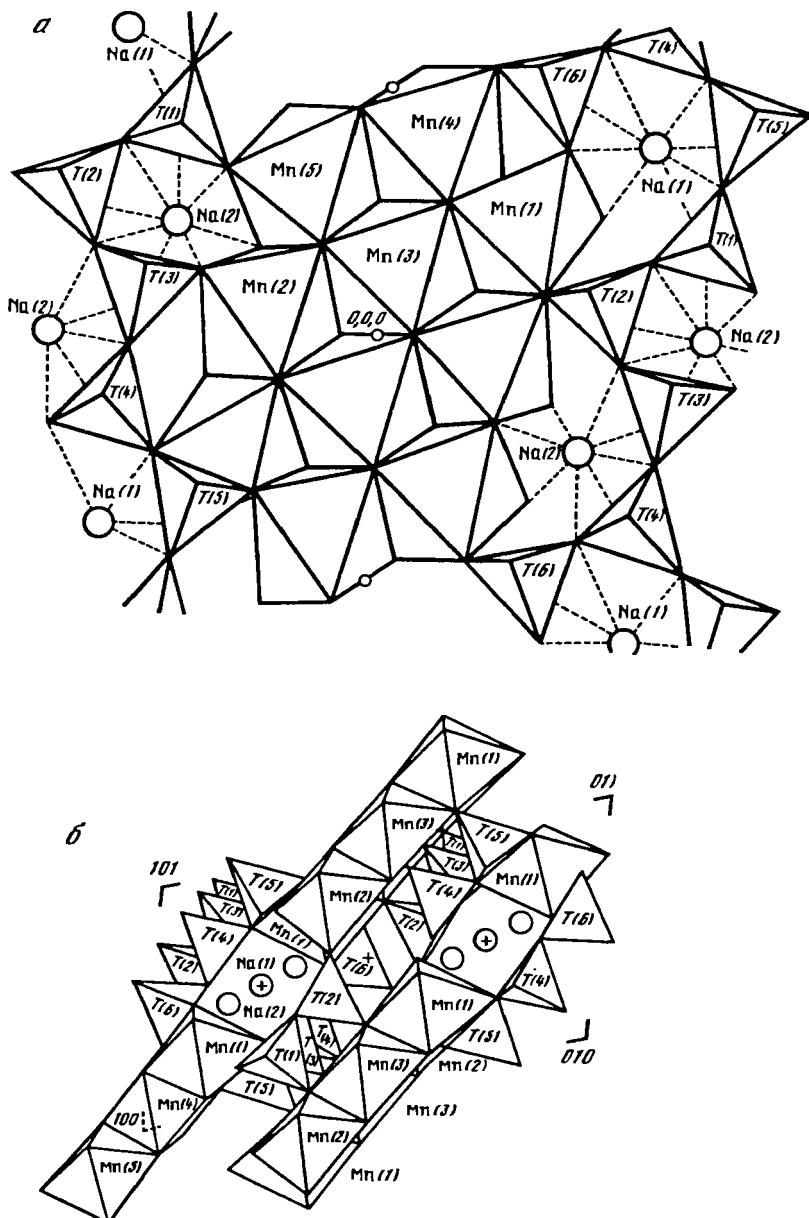


Назван по имени Е. Санеро, профессора минералогии в университете Генуи (Италия) [1]. Первое описание и расшифровка структуры были даны для минерала без названия [2, 3].

Характ. выдел. Кристаллы, образующие компактные агрегаты [2].

Структ. и морф. крист. Трикл. с. $C_i^1 - P\bar{1}$. $a_0 = 9,741$, $b_0 = 9,974$, $c_0 = 9,108$ Å; $\alpha = 92,70$, $\beta = 117,11$, $\gamma = 105,39$; $a_0:b_0:c_0 = 0,976:1:0,913$; $V = 745,1$ Å³; $Z = 1$ [2].

Основными структурными элементами являются одинарные открыто разветвленные цепочки SiO_4 -тетраэдров, вытянутые в направлении (110), и ленты из соединенных ребрами MnO_6 -октаэдров (фиг. 97) [3]. Цепочка состоит из шести повторяющихся тетраэдров, T(1)–T(5) заселены только атомами Si, примыкающий к T(4) тетраэдр T(6) заселен на 50% атомами Si и на 50% атомами V. Тетраэдрические цепочки образуют слой, параллельный (1̄11), который связан со слоями из MnO_6 -октаэдров. Пять кристаллографически независимых MnO_6 -



Фиг. 97.)

a – проекция вдоль [101]; *б* – проекция вдоль [110]

октаэдров образуют ленту в направлении [110], которая, повторяясь, создает слой с бесконечными каналами, занятymi атомами Na.

Средние межатомные расстояния (в Å) [3]: T(1–5)–O = 1,621–1,629; T(6)–O = 1,682; Mn–O = 1,196–2,256; Na–O = 2,492–2,616; H–O = 0,91 и 2,07; углы: O–T–O = 109,22–109,43; O–Mn–O = 64,24–81,14 и 168,01–178,66; O–H–O = 146°.

Кристаллы таблитчатые, реже призматические до шестоватых [2].

Физ. св. Сп. совершенная в двух направлениях. Уд.в. 3,47 (вычисл. 3,51). Цв. от светло- до темно-желтого. Часто зонален. Бл. смоляной на гранях кристаллов и на сколах [1]. Значение точки Кюри ($C = 3,97$) указывает на присутствие Mn в двух валентных состояниях (Mn^{2+} и Mn^{3+}) [1].

Микр. Плеохроизм: по Ng – желтовато-оранжевый, по Nm – лимонно-желтый, по Np – темно-оранжевый. Удлинение (+). Угол угасания около 15° . Двусочный (-). $n_g = 1,745\text{--}1,750$, $n_m = 1,740\text{--}1,745$, $n_p = 1,720$; $n_g - n_p = 0,025\text{--}0,030$. $2V = 40\text{--}48^\circ$ [2].

Хим. Анализ (микрозонд., среднее для двух различно окрашенных зон [1, 2]): $Na_2O = 4,53$; $CaO = 0,25$; $MnO = 40,13$; $Fe_2O_3 = 0,36$ (общее); $SiO_2 = 39,33$; $V_2O_5 = 6,60$; $As_2O_5 = 0,29$; $H_2O = 5,00$ (термогравиметрически); сумма 96,49.

Эмпирическая формула (на $Si + V + As = 12$): $Na_{2,40}(Mn_{9,32}^{2+}Fe_{0,07}^{3+}Ca_{0,07})_{9,46} \times (Si_{10,77}V_{1,19}^{5+}As_{0,04}^{5+})_{12}O_{35,30} \cdot 4,57 H_2O$.

Анализ баланса электростатических валентностей показал отношение $Mn^{2+}/Mn^{3+} = 9,29/0,71$, что соответствует содержанию 37,28% MnO и 3,17% Mn_2O_3 , или в форм. ед.: $Mn_{8,66}^{2+}Mn_{0,66}^{3+}$.

По данным изучения термического поведения магнитной восприимчивости $Mn^{2+}/Mn^{3+} = 8,2/1,8$, что отвечает содержанию 32,90% MnO и 8,04% Mn_2O_3 , или в форм. ед.: $Mn_{7,64}^{2+}Mn_{1,98}^{3+}$ [1]. Содержание V_2O_5 в различно окрашенных зернах: 5,6% (в темных) и 7,6% (в светлых) [1].

Повед. при нагр. Потеря веса при $760^\circ - 2,5\%$ (дегидратация) и при $970^\circ - 2,5\%$ (удаление OH). Допускается, что вода, выделяющаяся при 760° , связана с атомами Na в каналах структуры [1, 2].

Найджд. Встречен [2] в Валь-Гравеллия, область Лигурия, Северные Апennины (Италия), в виде тонких (1–2 мм) прожилков, секущих метаморфизованную марганцевую руду, в состав которой входят рансьеит, браунит, кариопилит, родонит, инезит, ганофиллит, Mn-аксинит, тиценит, сурсассит, карфолит, пьемонтит, тефрит, неотокит, родахрозит, Ca-кутногорит, суссексит, саркнит. Найден в ассоциации с кварцем, баритом, кариопилитом и ганофиллитом. Образовался в связи с гидротермальным выполнением трещин в условиях преин-пумпеллиитовой фации метаморфизма [1].

Межплоскостные расстояния санлероита из Италии [2]
MoK α -излучение. Дифрактометр

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
001	Средн.	7,90	411	Средн.	2,37	503;532;421	Слаб.	1,847
110		7,44	113	Оч.	2,31	514	Слаб.	1,777
111	Слаб.	6,58		слаб.		520;312		1,734
021	"	3,74	221	Слаб.	2,97	450	Средн.	1,682
131;221	Сильн.	3,06	042;214	"	2,23	433	"	1,678
321	Средн.	3,01	341	Средн.	2,20	534;425	Слаб.	1,651
231		2,98	340	Слаб.	2,13	316;206;		1,490
213	Сильн.	2,83	342;124	Средн.	2,09	643;254;		
220;112	"	2,70	311	Слаб.	2,06	535		
303	Средн.	2,65	430;433	Оч.	2,02	630;105;605	Средн.	1,433
232	"	2,62		слаб.				
013		2,43						

Л и т е р а т у р а

1. Lucchetti G., Penco A.M., Rinaldi R. // Neues Jb. Miner. Monatsh. 1981. H. 4. S. 161.
2. Cortesogno L., Lucchetti G., Penco A.M. // Rend. Soc. Ital. miner. e. petrol. 1979. Vol. 35, fasc. 1. P. 151.
3. Basso R., Della Giusta A.D. // Neues. Jb. Miner. Abh. 1980. Bd. 138, H. 3. S. 333.

СИЛИКАТЫ С ЦЕПОЧКАМИ ДЕВЯТИЧЛЕННЫХ ГРУПП КРЕМНЕКИСЛОРОДНЫХ ТЕТРАЭДРОВ

С Т Р У К Т У Р А Т И П А Л И Б А У И Т А

	Сингония	a_0	b_0	c_0	β
Либаут $\text{Ca}_3\text{Cu}_{10}^{2+} \times [Si_9O_{26}]$	Монокл.	10,160	10,001	19,972	91,56°

Либаут Liebauite $\text{Ca}_3\text{Cu}_{10}^{2+}[Si_9O_{26}]$

Назван по имени известного кристаллохимика проф. Ф. Либау [1].

Характ. выдел. Очень мелкие кристаллы (до 0,03 мм).

Структ. и морф. крист. [1]. Монокл. с. C_{2h}^6-C2 / c . $a_0 = 10,160$, $b_0 = 10,001$, $c_0 = 19,972 \text{ \AA}$; $\beta = 91,56^\circ$; $V = 2028,7 \text{ \AA}^3$; $Z = 4$.

Либаут – первый пример среди природных силикатов, где обнаружены девятичленные циклически разветвленные цепочечные SiO_4 -анионы. Основу структуры составляют изолированные цепочечные анионы $[Si_9O_{26}]$, построенные из шестичленных колец, связанных тремя мостиковыми SiO_4 -группами (фиг. 98, а, б). Цепи вытянуты вдоль $[10\bar{1}]$ и содержат по два циклических разветвления в единичном фрагменте из 18 $\text{Si}-\text{O}$ -тетраэдров.

Существенную роль в стабилизации структуры играют катионы Cu^{2+} , расположенные между атомами кислорода цепочечных SiO_4 -анионов. Координационные полиэдры трех независимых Cu^{2+} неодинаковы: два катиона Cu^{2+} находятся в центрах квадратных сечений искаженных октаэдров из атомов кислорода (координация [4 + 2]), третий Cu^{2+} – в квадратном основании пирамиды (координация [4 + 1]).

Межатомные расстояния (в \AA): $\text{Si}-\text{O} = 1,569-1,677$; кратчайшие $\text{Cu}-\text{O} = 1,943$, 1,972, 1,959. Валентные углы в SiO_4 -анионе: $\text{O}-\text{Si}-\text{O} = 101,8-119,0$; $\text{Si}-\text{O}-\text{Si} = 125,8-155,5^\circ$.

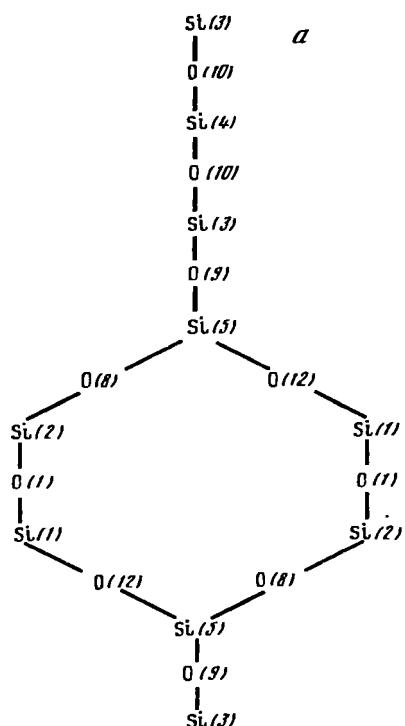
Физ. св. Тв. 5–6. Цв. голубовато-зеленый. Бл. стеклянный.

Микр. Плеохроизм не наблюдался. Двуосный (+). $n_g = 1,734$, $n_m = 1,723$, $n_p = 1,722$; $n_g - n_p = 0,012$. $2V = 72,8^\circ$ (вычисл.).

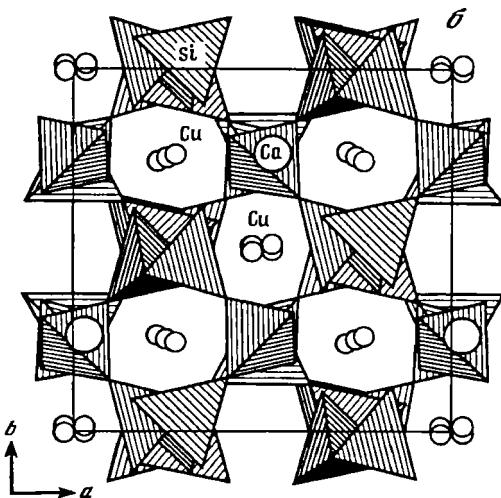
Хим. Анализ (микрозонд., среднее из 6 определений по 2 зернам) [1]: $\text{CaO} = 15,0$; $\text{CuO} = 34,9$; $\text{SiO}_2 = 48,5$; сумма 98,4.

Эмпирическая формула (на 26 атомов O): $\text{Ca}_{2,99}\text{Cu}_{4,91}\text{Si}_{9,05}\text{O}_{26}$.

Найдено. Найден в пустотах и трещинах небольшого (длиной около 0,5 м) ксенолита термально метаморфизованной породы в шлаковом конусе в Саттельберге, вблизи Круфта (Эйфель, Германия) (четвертичное вулканическое поле Восточного Эйфеля). Трещины в ксенолите выполнены санидином, клинопироксеном, кристо-



Фиг. 98. Структура либаута (по Цёллеру и Тиллмансу)
 a – схематическое изображение кремнекислородного мотива; b – проекция вдоль [001]



балитом, иногда муллитом, кордиеритом, псевдобрукитом, гематитом. Си-минералы (тенорит, вольбортит, кальциовольбортит, купроривант и либаут) очень редки.

Встречен также в ксенолитах в шлаковых конусах Никенихер Саттель (Восточный Эйфель) и Эммельберг (Западный Эйфель).

Межплоскостные расстояния либаута из Саттельберга (Германия) [1]
 $D = 57,3$ мм

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
	10	7,69*		310	40
110	60	7,13	131	90	3,12
111	70	6,70	312	100	3,00*
112	10	5,82	224	10	2,94
020	30	4,96	313	10	2,84
202	30	4,56	314	10	2,73
114	20	4,10	117	10	2,66
220	40	3,58	226	60	2,45
221	30	3,40	226	70	2,41
222	20	3,33*	440	50	1,78*

* Линии купрориванта.

Л и т е р а т у р а

1. Zöller M.H., Tillmanns E., Hentschel G. // Ztschr. Kristallogr. 1992. Bd. 200, N. 1. S. 115.

СИЛИКАТЫ С ЛЕНТАМИ КРЕМНЕКИСЛОРОДНЫХ ТЕТРАЭДРОВ

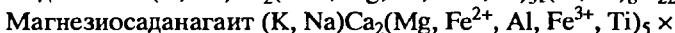
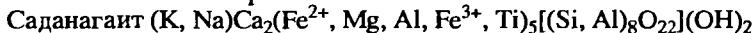
Строение ленточных радикалов в силикатах определяется числом кремнекислородных цепочек, образующих ленты (2, 3 и более), и типом цепочек (простые, открыто-или циклически-разветвленные, по Либау, 1988). Ленты могут состоять как из одинаковых, так и из разных цепочек. Периодичность ленты определяется общим числом атомов в каждом звене. Соотношения Si/O могут быть разными, но отличаются от 1/3.

СИЛИКАТЫ С ЛЕНТАМИ ЧЕТЫРЕХЧЛЕННЫХ ГРУПП КРЕМНЕКИСЛОРОДНЫХ ТЕТРАЭДРОВ

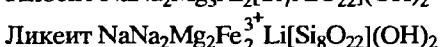
Структура типа амфиболов

Группа роговых обманок

Высокоглиноземистые роговые обманки



Группа глаукофана



Группа рихтерита



Структура типа ершовита



Структура типа нафертизита



Структура типа тинаксита

Группа тинаксита



СИЛИКАТЫ С ЛЕНТАМИ ШЕСТИЧЛЕННЫХ ГРУПП КРЕМНЕКИСЛОРОДНЫХ ТЕТРАЭДРОВ

Структура типа зорита



СИЛИКАТЫ С ЛЕНТАМИ ВОСЬМИЧЛЕННЫХ ГРУПП КРЕМНЕКИСЛОРОДНЫХ ТЕТРАЭДРОВ

Структура типа фенаксита

Группа фенаксита

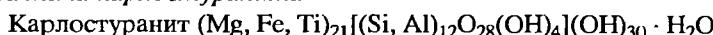


Структура типа ревдита



СИЛИКАТЫ С ЛЕНТАМИ ИЗ УТРОЕННЫХ ЧЕТЫРЕХЧЛЕННЫХ ЦЕПОЧЕК КРЕМНЕКИСЛОРОДНЫХ ТЕТРАЭДРОВ

Структура типа карлостуранита



СИЛИКАТЫ С ЛЕНТАМИ ЧЕТЫРЕХЧЛЕННЫХ ГРУПП КРЕМНЕКИСЛОРОДНЫХ ТЕТРАЭДРОВ

С Т Р У К Т У Р А Т И ПА А М Ф И Б О Л О В

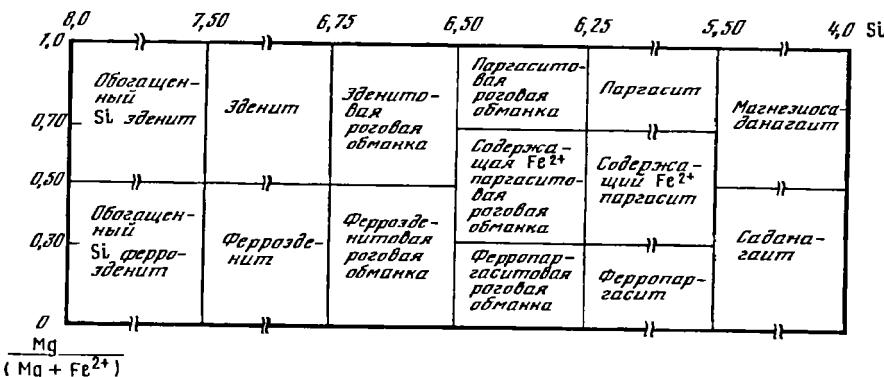
ГРУППА РОГОВЫХ ОБМАНОК

ВЫСОКОГПИНОЗЕМИСТЫЕ РОГОВЫЕ ОБМАНКИ

Среди этого типа роговых обманок были описаны (т. III, вып. 3, с. 100): паргасит, чермакит, магнезиочермакит*, феррочермакит, гастиングсит, феррогастиングсит*. Керсунит и феррокерсунит.

* Согласно классификации амфиболов, принятой MMA (Leak, 1978), минеральными видами не являются. Выделенный в качестве минерального вида магнезиогастиングсит считался синонимом паргасита.

	a_0	b_0	c_0	β	У.д.в.
Саданагаит (K, Na) $\text{Ca}_2(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg}, \text{Al}, \text{Fe}^{3+}, \text{Ti})_5(\text{Si}, \text{Al})_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$	9,922	18,03	5,352	105,30°	3,30
Магнезиосаданагаит (K, Na) $\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+}, \text{Al}, \text{Fe}^{3+}, \text{Ti})_5(\text{Si}, \text{Al})_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$	9,964	18,008	5,354	105,55	3,27



Фиг. 99. Положение саданагаита и магнезиосаданагаита в классификации кальциевых амфиболов (по Лику, 1978) при $(\text{Ca}+\text{Na})_B \geq 1,34$; $\text{Na}_B < 0,67$; $(\text{Na}+\text{K})_A \geq 0,50$; $\text{Ti} < 0,50$; $\text{Fe}^{3+} \leq \text{Al}^{VI}$

Саданагаит и магнезиосаданагаит относятся к кальциевым моноклинным амфиболам и изоструктурны с паргаситом [1]. Характеризуются наиболее высоким содержанием Al^{IV} – от 2,76 до 3,54 на 1 форм. ед. при расчете на 23 атома О и низким содержанием Si – менее 5 (фиг. 99). В их структурной формуле позиция В полностью занята двумя атомами Ca; позиция А – атомами K и Na при преобладании K над Na. Число катионов в позиции С близко 5,00.

Литература

1. Shimazaki H., Bunno M., Ozawa T. // Amer. Miner. 1984. Vol. 69, N 5/6. P. 465.

Саданагаит Sadanagaite (K, Na)Ca₂(Fe²⁺, Mg, Al, Fe³⁺, Ti)₅[(Si, Al)₈O₂₂](OH)₂

Назван в честь японского минералога Р. Саданага [1].

Разнов. Ферросаданагаит.

Характ. выдел. Кристаллы длиной до 1 мм, поликристаллические агрегаты.

Структ. и морф. крист. [1]. Монокл. с. C_2^3-C2 или C_s^3-Cm и C_{2h}^3-C2/m . $a_0 = 9,922$, $b_0 = 18,03$, $c_0 = 5,352$ Å; $\beta = 105,30^\circ$; $a_0:b_0:c_0 = 0,551:1:0,296$; $Z = 2$.

Кристаллы призматические.

Физ. св. [1]. Сп. совершенная по (110).

Тв. около 6. Уд.в. 3,30 (вычисл.). Цв. от темно-бурового до черного. Черта светло-бурая. Бл. стеклянный.

Микр. [1]. Плеохроизм: по Ng' – зеленовато-буровый, по Np' – светло-буровый. Двусочный (+). $cNg = 28^\circ$; $n_g = 1,697$, $n_m = 1,684$, $n_p = 1,673$; $n_g - n_p = 0,013$; $2V = 80-90^\circ$ (86° вычисл.).

Хим. Изоморфизм: K замещается на Na; Fe^{2+} – на Mg, Fe^{3+} , Al, Ti, Mn (при $\text{Fe}^{2+} > \text{Mg}$); Si – на Al.

Анализы (микрозонд.):

	1	2	3	4	5	6	7
Na ₂ O	1,0	0,6	0,6	1,2	1,04	1,26	1,40
K ₂ O	3,7	3,7	3,6	3,1	3,17	3,34	3,24
MgO	6,6	6,1	6,6	6,4	2,19	2,34	2,09
CaO	12,3	11,9	12,0	11,9	11,25	11,16	11,41
FeO*	15,2	17,4	16,2	17,8	20,85	21,17	22,37
MnO	0,1	0,3	0,4	0,5	0,12	0,09	0,00
Al ₂ O ₃	24,8	22,6	22,5	19,7	25,77	25,42	24,75
SiO ₂	30,2	29,9	31,1	33,5	28,94	28,20	27,86
TiO ₂	4,0	4,3	4,5	2,1	4,09	4,76	4,59
Сумма	97,9	96,8	97,5	96,2	97,42	97,74	97,71

* Общее.

Пересчет хим. анализов (1–4 – на 23 атома О, 5–7 – на 13 катионов):

	1	2	3	4	5	6	7
Si	4,61	4,66	4,77	5,24	4,52	4,42	4,40
Al ^{IV}	3,39	3,34	3,23	2,76			

	1	2	3	4	5	6	7
Al ^{IV}	1,07	0,81	0,85	0,88	4,75	4,69	4,61
Ti	0,46	0,50	0,51	0,25	0,48	0,56	0,55
Fe ³⁺	0,40	0,63	0,48	0,39	0,53	0,55	0,55
Fe ²⁺	1,55	1,63	1,60	1,94	2,19	2,22	2,40
Mn	0,02	0,04	0,05	0,06	0,02	0,01	0,00
Mg	1,50	1,41	1,52	1,48	0,51	0,55	0,49
Ca	2,01	1,99	1,97	2,00	1,88	1,87	1,93
Na	0,29	0,17	0,19	0,37	0,32	0,38	0,43
K	0,71	0,74	0,69	0,62	0,63	0,67	0,65

Примечание. Соотношение Fe²⁺ и Fe³⁺ – по уравнению Al^{IV} = Al^{VI} + Fe³⁺ + 2Ti + Na + K (анализы 1–4), с учетом формулы (анализы 5–7).

1–4 – из скарнов о-ва Югэ, Япония [1]; 5–7 – из роговиковоподобной породы среди мраморов, Западное Прибайкалье [2].

Нахожд. Встречен на о-ве Югэ (Япония) в скарновых прослоях (до 50 см) среди известняков. Скарновые пласты имеют симметричное строение; от известняков к центру пластов выделяются зоны: волластонитовая, гранат-везувиановая и везувиан-саданагаитовая или везувиановая. Кристаллы (длиной до 1 мм), мелко-кристаллические агрегаты саданагаита находятся в массе везувиана, сопровождаются небольшими количествами шпинели, титанита, ильменита и апатита. Считают, что скарны о-ва Югэ образовались из богатых Al, Fe и Ti осадков (возможно, латеритов), переслаивающихся с известняками, под воздействием гидротермальных растворов.

Разнов. Ферросаданагаит – ferrosadanagaite [2].

Характеризуется высоким содержанием Fe²⁺ (до 2,40 на форм. ед.) – см. хим. анализы 5–7.

$$a_0 = 9,945, b_0 = 17,998, c_0 = 5,355 \text{ \AA}; \beta = 105,41^\circ; V = 924 \text{ \AA}^3.$$

Неправильные зерна (до 0,75 мм) и их агрегаты. Цв. темно-бурый до черного. Плеохроизм: по Ng – коричневый, по Nm – грязно-зеленый, по Nr – коричневато-желтый. Окраска нередко неоднородная: коричневая в центре и зеленоватая по краям. $cNg = 16\text{--}18^\circ$; $n_g = 1,714\text{--}1,716$, $n_p = 1,964\text{--}1,696$; $n_g - n_p = 0,020\text{--}0,022$; $2V = 78\text{--}84^\circ$. Дисперсия, $r > v$.

Найден в линзе мелкозернистой роговиковоподобной породы среди мраморов, сложенной анортитом, магнетитом, шпинелью и саданагаитом (до 10%) и содержащей маргарит, биотит, клиноцизит, корунд, рутил, титанит, кальцит, в Приольхонье (Западное Прибайкалье).

Межплоскостные расстояния ферросаданагаита из Приольхонья [2]
FeK_α-излучение, $D = 57,3$ мм

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
110	10	8,34	370	3	2,01
111	4	4,95	262	1	1,952
040	4	4,53	172	3	1,857
150	5	3,38	010.0	1	1,798
240	4	3,26	210.0	3	1,687
201	5	3,12	333	5	1,651
221	4	2,94	113	3	1,612
151	10	2,70	153	6	1,595

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
002	10	2,58	641	3ш	1,554
260	2	2,52	263	4	1,530
421	4	2,35	0.12.0	2	1,500
312	2	2,31	153	3	1,478
042	2	2,24	4.10.1	5	1,448
261	5	2,16	621	1	1,406
402	4	2,05	512	5	1,372

Л и т е р а т у р а

1. Shimazaki H., Vinno M., Ozawa T. // Amer. Miner. 1984. Vol. 69, N 5/6. P. 465.

2. Савельева В.Б., Кориковский С.П. // Докл. РАН. 1996. Т. 351.

Магнезиосаданагаит Magnesiosadanagaite
(K, Na)Ca₂(Mg, Fe²⁺, Al, Fe³⁺, Ti)₅[(Si, Al)₈O₂₂](OH)₂

Назван по близости к саданагаиту и содержанию Mg [1].

Характ. выдел. Кристаллы и зерна.**Структ. и морф. крист.** Монокл. с. C_2^3-C2 или C_s^3-Cm и C_{2h}^3-C2/m . $a_0 = 9,964$, $b_0 = 18,008$, $c_0 = 5,354$ Å; $\beta = 105,55^\circ$; $a_0:b_0:c_0 = 0,553:1:0,297$; $Z = 2$.

Кристаллы короткокристаллические.

Физ. св. Сп. совершенная по (110). Тв. около 6. Уд.в. 3,27 (вычисл.). Цв. от темно-бурового до черного. Чертка светло-бурая. Бл. стеклянный.**Микр.** Плеохроизм: по Ng' – буровато-желтый, по Np' – бесцветный. Двусочный (+). $cNg = 26^\circ$; $n_g = 1,699$, $n_m = 1,686$, $n_p = 1,674$; $n_g - n_p = 0,025$; $2V = 90^\circ$ (88° вычисл.).**Хим.** Изоморфизм: K замещается на Na; Mg – на Fe²⁺, Al, Fe³⁺, Ti, Mn (при $Mg > Fe^{2+}$); Si – на Al.Анализ (микрозонд.) из скарнов о-ва Миодзин: Na₂O – 0,7; K₂O – 3,8; MgO – 8,0; CaO – 12,5; FeO – 13,7; MnO – 0,1; Al₂O₃ – 22,0; SiO₂ – 32,1; TiO₂ – 3,2; сумма 96,1.Эмпирическая формула (на 23 атома O): $(K_{0,75}Na_{0,22})_{0,97}(Mg_{1,84}Fe_{1,37}^{2+} \times Al_{0,94}Fe_{0,39}^{3+}Ti_{0,38}Mn_{0,01})_{4,93}(Si_{4,95}Al_{3,05})_{8,00}O_{23}$.**Нахожд.** Установлен на о-ве Миодзин (Япония) в скарнах, образующих линзы и неправильные стяжения до нескольких десятков сантиметров в кристаллических известняках. Тесно ассоциирует с титанистым фассаитом (=Fe-Al-диопсиду или авгиту, главный минерал), шпинелью, везувианом, флогопитом и небольшими количествами титанита, ильменита, магнетита, пирротина, апатита и перовскита.**Отл.** От саданагаита отличается цветами плеохроизма.**Межплоскостные расстояния магнезиосаданагита, о-в Миодзин (Япония) [1]****Дифрактометр**

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
020	10	9,00	350	13	2,392	282	5	1,695
110	80	8,48	421	16	2,355	391	2	1,685
111	5	4,97	312	5	2,317	461	30	1,654
200	15	4,80	242	3	2,238	480	5	1,643
040	10	4,50	261	55	2,162	1.11.0	3	1,614
111	3	4,01	202	12	2,051	600	5	1,599
131	40	3,39	351	15	2,020	402	10	1,559

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
240	100	3,28	370	5	2,004	263	3	1,529
310	70	3,15	510	10	1,909	551	6	1,507
221	50	2,951	461	3	1,892	153	3	1,476
330	30	2,823	442	3	1,865	311.0	5	1,457
331	45	2,766	530	5	1,829	661	10	1,452
151	60	2,707	010.0	5	1,801	512	5	1,370
061	35	2,594	512	2	1,778			
202	15	2,578	332	2	1,715			

Л и т е р а т у р а

1. Shimazaki H., Bunno M., Ozawa T. // Amer. Miner. 1984. Vol. 69, N 5/6. P. 465.

ГРУППА ГЛАУКОФАНА

В группе ранее описаны (т. III, вып. 3, с. 207): глаукофан, рибекит, магнезиорибекит, арфведсонит, экерманнит, коцулит.

	Сингония	<i>a</i> ₀	<i>b</i> ₀	<i>c</i> ₀	β	Уд.в.
Нибёйт $\text{NaNa}_2\text{Mg}_3\text{Al}_2[\text{Si}_7\text{AlO}_{22}](\text{OH})_2$	Монокл.	9,665	17,752	5,303	104,11°	—
Ликеит $\text{NaNa}_2\text{Mg}_2\text{Fe}_2^{3+}\text{Li}[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH})_2$	"	9,822	17,836	5,286	104,37	3,11
Корнит (K, Na) $(\text{Na}, \text{Li})_2 \times$	"	9,94	17,80	5,302	105,5	3,15
$\times [\text{Mg}_2\text{Mn}_{1,5}^{3+}\text{Fe}_{0,5}^{3+}\text{Li})_5 \times$						
$\times [\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH})_2$						

Нибёйт включен в группу на основании структурных данных. В ликеите в отличие от литиевого моноклинного амфибала клинохолмквистита ($\text{Li}, \text{Ca})_2(\text{Al}, \text{Mg}, \text{Fe})_3[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH}, \text{O}, \text{F})_2$ Li локализован в октаэдре M(3), а не в центре восьмивершинника M(4); Al в M(3) отсутствует. Корнит структурно не изучен; отличается от ликеита высоким содержанием Mn. На основании пересчета анализа в корните Li находится как в позиции M(4), так и в M(3), но в последней преобладает.

Нибёйт Nybøite $\text{NaNa}_2\text{Mg}_3\text{Al}_2[\text{Si}_7\text{AlO}_{22}](\text{OH})_2$

Назван по месту находки в Нибё (Норвегия) [1].

Синон. "Мияшироит" (miyashiroite) – гипотетический конечный член натриевых моноклинных амфиболов [2].

Разнов. Ферронибёйт.

Характ. выдел. Микроскопические таблитчатые зерна, порфиробластовые образования.

Структ. и морф. крист. Монокл. с. $C_{2h}^3 - C2 / m$. $a_0 = 9,665$, $b_0 = 17,752$, $c_0 = 5,303$ Å; $\beta = 104,11^\circ$; $a_0:b_0:c_0 = 0,544:1:0,298$; $V = 882,36$ Å³; $Z = 2$ [1]. Отмечаются колебания (в Å): a_0 от 9,634 до 9,684, b_0 от 17,52 до 17,784, c_0 от 5,296 до 5,303 Å; β от 104,06 до 104,23°; V от 879,27 до 883,90 Å³.

В отличие от структуры экерманнита Al входит не только в октаэдрическую M(2), но и в тетраэдрическую позицию.

Катионное заполнение структурных позиций:

	Na	K	Mg	Fe ²⁺	Ca	Fe ³⁺	Ti	Si	Al
A	0,596– 0,816	0,024							
M(1)			1,824– 1,958	0,042– 0,176					
M(2)			0,040– 0,400	до 0,20		0,040– 0,170	0,017		1,400– 1,510
M(3)			0,800– 1,000	0,046– 0,200					
M(4)	1,512– 1,760				0,240– 0,488				
T								7,186– 7,390	0,590– 0,814

Межатомные расстояния (среднее, в Å): T(1)–O = 1,642; T(2)–O = 1,629; M(1)–O = 2,079; M(2)–O = 1,965; M(3)–O = 2,097; M(4)–O = 2,498.

Микр. Плеохроизм: по Ng' – бесцветный, по Np' – светло-фиолетовый [3]; у ферронибёита – по Ng – пурпурный, по Nm – голубовато-зеленый, по Np – светло-желтовато-зеленый ($Np \ll Nm \ll Ng$) [4].

Хим. Теор. состав: Na₂O – 10,83; MgO – 14,13; Al₂O₃ – 23,82; SiO₂ – 49,08; H₂O – 2,10.

Анализы (1,2 – микрозонд., 1 – среднее из 19; 3–8 – энергодисперсионный анализ):

	1	2	3	4	5	6	7	8
Na ₂ O	9,26	8,55	8,42	8,32	8,03	7,95	7,85	7,61
K ₂ O	0,14	0,11	0,27	0,29	0,33	0,37	0,50	0,58
MgO	14,21	13,12	12,42	12,38	6,59	7,47	5,61	6,42
CaO	2,33	2,75	2,93	3,71	2,84	2,93	3,60	3,88
MnO	0,02	0,08	0,07	Не опр.	0,00	0,00	0,00	0,00
FeO*	5,03	5,75	9,76	10,64	18,97	17,28	20,06	19,55
NiO	0,11	0,11	–	–	–	–	–	–
Al ₂ O ₃	12,92	13,87	12,09	12,92	11,31	11,18	12,86	13,68
SiO ₂	53,84	52,63	50,89	48,87	47,64	48,86	46,91	45,90
TiO ₂	0,16	0,15	0,08	Не опр.	0,37	0,39	0,40	0,18
C1	0,01	0,02	–	–	–	–	–	–
Сумма	98,03	97,14	96,93	97,13	96,08	96,43	97,79	97,80

* Общее.

Пересчет анализов на 22 атома O + 2(OH) и 13 катионов за вычетом Fe³⁺ в позиции M(4):

	1	2	2a*	3	4	5	6	7	8
Si	7,333	7,247	7,237	7,196	6,947	7,124	7,225	6,969	6,775
Al	2,075	2,252	2,191	2,015	2,165	1,993	1,948	2,252	2,380
Mg	2,884	2,692	2,944	2,618	2,624	1,469	1,647	1,243	1,413
Fe ²⁺	0,572	0,662	0,611	0,822	0,799	1,997	1,899	2,273	1,896
Fe ³⁺	–	–	–	0,332	0,466	0,375	0,238	0,219	0,517
Ti	0,016	0,016	0,017	0,009	–	0,042	0,043	0,045	0,020
Mn	0,002	0,009	–	0,008	–	–	–	–	–
Ni	0,012	0,012	–	–	–	–	–	–	–
Ca	0,340	0,406	0,326	0,444	0,565	0,455	0,464	0,573	0,614

	1	2	2a*	3	4	5	6	7	8
Na	2,445	2,283	2,390	2,308	2,293	2,328	2,279	2,261	2,178
K	0,024	0,019	0,024	0,049	0,053	0,063	0,070	0,095	0,109
Сумма катионов	15,703	15,998	15,740	15,801	15,911	15,846	15,813	15,929	15,901
H ₂ O	-	-	2,19						

* Расчет по рентгеноструктурным данным.

1, 2 – из эклогитов Нибё (Норвегия) [1]; 3, 4 – из ядер порфиробластов эклогита области Дунхай (prov. Цзянсу, Китай) [3]; 5–8 – пурпурный ферронибёйт из жадеит-кварцевых (коэситовых) метаморфических фелсов массива Дора-Майра (Западные Альпы, Италия) [4].

Нахожд. Установлен при кристаллохимическом изучении амфиболов в образце из расслоенной линзы эклогитов, залегающей среди гнейсов амфиболитовых фаций Нибё (о-в Нордфиорд, Норвегия) [1]. Связан с ранней генерацией амфиболов, представленных также винчитом и барруазитом, ассоциирующих с гранатом и жадеитом.

В коэситсодержащем эклогите Цзяньчан в области Дунхай (северо-восток пров. Цзянсу, Китай) обнаружен [3] в виде порфиробластов, которые окружены каёмками тарамита и далее каёмками симплектита из роговой обманки, эгирина-авгита и альбита. Тесно ассоциирует с жадеитовым клинопиркосеном, гранатом и эпидотом. Стабилен в условиях высоких температур (740°) и очень высоких давлений (более 28 кбар) [3].

Ферронибёйт найден [4] в ультравысокобарических метаморфических фелсах в южной части массива Дора-Майра (Западные Альпы, Италия), первоначально сложенных жадеитом, гранатом, фенитом и кварцем (коэситом). Формировался на ранней стадии ретроградного метаморфизма вместе с омфацитом, катофоритом и альбитом, образуя реакционные каёмки вокруг альмандинового граната и идиобластические таблитчатые зерна в массе альбита, при температуре 500–570° и давлении 12–15 кбар.

Искусств. Высоконатриевый амфибол (~90 мол.%) – "мясироит" синтезирован при температуре 800–950° и давлении более 20 кбар [5]. Из смеси исходного валового состава $\text{Na}_3\text{Mg}_3\text{Al}_3\text{Si}_7\text{O}_{23} + \text{H}_2\text{O}$ при 600–900° и 19–32 кбар получен твердый раствор нибёита–глаукофана–катофорита–экмерманнита с содержанием первого до ~70 мол.% [6]; при тех же условиях из $\text{Na}_3\text{Mg}_3\text{Al}_3\text{Si}_7\text{O}_{23} + \text{кварц}$ образуется твердый раствор нибёита–глаукофана–катофорита с низким содержанием нибёита.

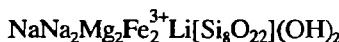
Синтезирован Sc-F-аналог нибёита [7] при температуре 1000° и давлении 1 бар путем плавления сухих смесей фтор-амфиболовой стехиометрии обычных реагентов. Параметры его элементарной ячейки: $a_0 = 9,8425$, $b_0 = 18,157$, $c_0 = 5,3381 \text{ \AA}$; $\beta = 103,979^\circ$; $V = 925,72 \text{ \AA}^3$. Атом Sc занимает позиции M(2).

Разнов. Ферронибёйт (ferro-пюбёите) – см. текст; хим. анализы 5–8 [4].

Л и т е р а т у р а

1. Ungaretti L., Smith D.C., Rossi G. // Bull. minér., 1981. Vol. 104, N 4. P. 400.
2. Phillips R., Layton W. // Miner. Mag. 1964. Vol. 33, N 267. P. 1097.
3. Hirajima T., Zhang R., Li J., Cong B. // Ibid. 1992. Vol. 56, N 1. P. 37.
4. Hirajima T., Compagnoni R. // Europ. J. Miner. 1993. Vol. 5, N 5. P. 943.
5. Carman J.H., Gilbert M.C. // Amer. J. Sci. 1983. Vol. 238-A. P. 414.
6. Pawley A.R. // Europ. J. Miner. 1992. Vol. 4, N 1. P. 171.
7. Raudsepp M., Turnock A.C., Hawthorne F.C. // Amer. Miner. 1987. Vol. 72, N 9/10. P. 959.

Ликеит Leakeite



Назван в честь проф. университета Глазго в Шотландии Бернарда Е. Лике, известного своими работами по химии и классификации амфиболов [1].

Характ. выдел. Удлиненные призматические кристаллы до 1 мм в длину.

Структ. и морф. крист. Монокл. с. C_{2h}^3-C2/m . $a_0 = 9,822$, $b_0 = 17,836$, $c_0 = 5,286 \text{ \AA}$; $\beta = 104,37^\circ$; $a_0 : b_0 : c_0 = 0,551 : 1 : 0,296$; $V = 897,1 \text{ \AA}^3$; $Z = 2$.

Может быть выведен из ферриэкерманнита, в котором два из четырех атомов Mg замещены на Fe³⁺ и Li. Альтернативно может быть рассмотрен как магне-зиорибекит с замещением ${}^A\text{Na} + {}^{M(3)}\text{Li} \rightleftharpoons {}^A\text{□} + {}^{M(3)}\text{Mg}$. В отличие от других литий-содержащих амфиболов атомы Li полностью упорядочены в позиции M(3). Распределение атомов по позициям: T(1) и T(2) = 1,00 Si, M(1) = 0,72 Mg + 0,28 (Fe + Mn), M(2) = 0,28 Mg + 0,72 (Fe + Mn), M(3) = 0,83 Li + 0,17 Mg, M(4) = 0,98 Na + 0,02 Ca, A ≈ 0,85 Na.

Средние межатомные расстояния (в Å): T(1)–O = 1,621; T(2)–O = 1,631; M(1)–O = 2,049; M(2)–O = 2,035; M(3)–O = 2,123; M(4)–O = 2,551; A–O = 2,656–2,903.

Кристаллы призматические, вытянутые по оси с.

Физ. св. Сп. по (110) совершенная. Угол между плоскостями спайности (110) : и (−110) около 56°. Тв. 6. Уд.в. 3,11 (3,107 вычисл.). Хрупкий. Цв. красный. Полупрозрачный. Бл. стеклянный.

Микр. Плеохроизм сильный: по Np и Nm – темно-лилово-красный, по Ng – светло-розово-красный; $Np = Nm > Ng$. Двусочный (−). Пл. опт. осей близка к (100). $cNp = 10^\circ$, $aNm = 4^\circ$, $Ng = b$; $n_g = 1,691$, $n_m = 1,675$, $n_p = 1,667$; $n_g - n_g = 0,024$ ($\lambda = 589,9 \text{ нм}$); $2V = 59\text{--}71^\circ$ (72° вычисл.). Дисперсия опт. осей сильная, $r \ll v$.

Хим. Анализы (микрозонд., среднее из 6): $\text{Li}_2\text{O}^* - 1,42$; $\text{Na}_2\text{O} - 9,69$; $\text{K}_2\text{O} - 1,12$; $\text{MgO} - 10,96$; $\text{CaO} - 0,50$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 1,27$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 12,23$; $\text{Mn}_2\text{O}_3 - 3,86$; $\text{SiO}_2 - 55,80$; $\text{TiO}_2 - 0,03$; $\text{H}_2\text{O}^{**} - 1,63$; $\text{F} - 1,08$; $-\text{O} \approx \text{F}_2 - 0,45$; сумма 99,14.

* Вычислен, исходя из дефицита октаэдрических катионов в сумме коэффициентов в формуле (=5).

** H_2O вычислена как OH при OH + F = 2.

Эмпирическая формула (на 23 атома O): $(\text{Na}_{0,75}\text{K}_{0,20})_{0,85}(\text{Na}_{1,92}\text{Ca}_{0,08})_2 \times (\text{Mg}_{2,32}\text{Fe}_{1,31}^{3+}\text{Mn}_{0,42}^{3+}\text{Al}_{0,14}\text{Li}_{0,81})_5(\text{Si}_{7,93}\text{Al}_{0,07})_8\text{O}_{22}(\text{OH}_{1,49}\text{F}_{0,51})_2$.

Методом атомной абсорбции определено около 2% Li_2O .

Нахожд. Установлен в обогащенных марганцем метаосадках марганцевого рудника Каджлидонгри, шт. Мадхья-Прадеш (Индия), в ассоциации с альбитом, браунитом и биксбиитом. Образуется в поздних секущих жилах за счет разложения первичных марганцевых минералов.

Межплоскостные расстояния ликеита из Каджлидонгри, Мадхья-Прадеш (Индия) [1]

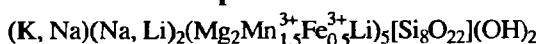
CuK_α-излучение. Дифрактометр

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
020	4	8,926	201	100	3,122	261	9	2,154
110	56	8,399	221	6	2,949	202	3	2,055
130	6	5,049	330	48	2,798	351	3	2,013
200	5	4,759	151	15	2,696	510	9	1,891
040	13	4,461	061	5	2,573	4.10.1	10	1,431

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
201	4	4,006	202	5	2,531	2.12.2	5	1,282
131	18	3,383	350	6	2,369			
240	20	3,254	171	4	2,274			

L i m e p a t t u r a

1. Hawthorne F.C., Oberti R., Ungaretti L., Grice J.D. // Amer. Miner. 1992. Vol. 77, N 9/10. P. 1112.

Корнит Kornite

Назван в честь немецкого геолога Германа Кориа, изучавшего минералогию марганцевых месторождений в пустыне Намиб (Юго-Западная Африка) [1].

Характ. выдел. Пучки тонких волокон, часто изогнутых (длиной до 0,2 мм. 5–20 мкм в диаметре) [1].

Структ. и морф. крист. Монокл. с. *P* (пр.гр. не уточнена). $a_0 = 9,94$, $b_0 = 17,80$, $c_0 = 5,302$ Å; $\beta = 105,5^\circ$; $a_0 : b_0 : c_0 = 0,558 : 1 : 0,298$; $V = 904$ Å³; $Z = 2$ [1].

Физ. св. Волокна удлиненные по [001], расщепляются параллельно [001], хрупкие. Уд.в. 3,15 (вычисл.). Цв. темно-красный до коричневато-сиреневого. Бл. стеклянный. Прозрачный. Не флюoresцирует в ультрафиолетовом свете.

Микр. Плеохроизм сильный: по *Ng* – оранжево-красный, по *Nm* – темно-красный, по *Np* – ярко-розовый; *Ng* = *Nm* > *Np*. Двуосный (†). *Ng* = *b*, *cNm* = 60–65°, *cNp* = 25–30°. Удлинение (–). $n_g = 1,696$, $n_m = 1,675$ (вычисл.), $n_p = 1,654$; $n_g - n_p = 0,042$; $2V = 88\text{--}92^\circ$.

Волокна нарастают на хенномартинит, занимают интерстиции между идиоморфными кристаллами сугилита и серандит-пектолита.

Хим. Анализ (микрозонд., среднее из 7) [1]: $Li_2O - 1,96$ (определен с помощью ионного зонда); $Na_2O - 7,61$; $K_2O - 3,56$; $MgO - 10,03$; $Mn_2O_3 - 13,17$; $Fe_2O_3^* - 4,93$; $SiO_2 - 56,06$; $H_2O - 2,68$ (по разности); сумма 100,0.

* Общее.

Эмпирическая формула (22O + 2(OH)): $(K_{0,65}Na_{0,31})_{0,96}(Na_{1,79}Li_{0,21})_{2,00} \times (Mg_{2,12}Mn_{1,43}^{3+}Fe_{0,52}^{3+}Li_{0,91})_{5,00}Si_8O_{22}(OH)_2$.

Нахожд. [1, 2]. В метаморфизованных и гидротермально измененных стратифицированных рудных залежах рудника Весселс марганцевой области Калахари (Южная Африка), где найден в ассоциации с хенномартинитом, сугилитом (70%), серандит-пектолитом (25%) в рудах, обогащенных В и Li и содержащих, кроме того, стурманит и godeffrauit.

Отл. [1]. От экерманнита отличается цветом, более высокими показателями преломления.

Межплоскостные расстояния корнита из рудника Весселс (Южная Африка) [1]

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
020	Средн.	8,890	151	Средн.	2,680	530	Слаб.	1,812
110	Средн.	8,427	002	Сильн.	2,553	082	Слаб.	1,689
130	Средн.	5,077	400	Средн.	2,391	600	Слаб.	1,594

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
200	Слаб.	4,756	350	Среди.	2,372	602	Средн.	1,558
040	Средн.	4,442	071	Слаб.	2,272	402	Средн.	1,558
131	Средн.	3,357	042	Слаб.	2,213	012,0	Слаб.	1,480
240	Сильн.	3,257	402	Средн.	2,038	012,2	Слаб.	1,283
310	Сильн.	3,132	202	Средн.	2,038	004	Слаб.	1,276
051	Слаб.	2,938	510	Средн.	1,900			
330	Сильн.	2,812	091	Слаб.	1,852			

Примечание. Таблица составлена на основании данных, полученных тремя методами: прецизионных рентгенограмм (MoK_{α} -излучение, Zr-фильтр), вейссенбергограммы (FeK_{α} -излучение, Mn-фильтр) и рентгенограммы вращения вокруг оси *c* (FeK_{α} -излучение).

Литература

1. Armbruster T., Oberhänsli R., Bermanec V., Dixon R. // Schweiz. miner. und petrogr. Mitt. 1993. Bd. 73, H. 3. S. 349.
2. Dixon R.D. // Trans. Geol. Soc. S. Afr. 1985. Vol. 88, N 1. P. 11.

ГРУППА РИХТЕРИТА

Ранее в группе описаны: рихтерит, винчит, катофорит, тарамит, барруазит, феррибарруазит (т. III, вып. 3, с. 187).

На основании классификации амфиболов, утвержденной КНМ ММА (Leake, 1978), в группе выделены как самостоятельные минералы крайние члены изоморфных рядов: рихтерит–феррорихтерит, винчит–ферровинчит, феррикатофорит–алюминокатофорит, алюминокатофорит–магнезиоалюминокатофорит, тарамит–магнезиотарамит, барруазит–ферробарруазит.

	Сингония	<i>a</i> ₀	<i>b</i> ₀	<i>c</i> ₀	β	Уд.в.
Калий-фтор-рихтерит $K(\text{Na}, \text{Ca})\text{Mg}_5[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{F}, \text{OH})_2$	Монокл.	9,978	17,991	5,269	104,90°	3,03
Фторрихтерит $\text{NaCaNa}(\text{Mg}, \text{Fe})_5 \times [\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{F}, \text{OH})_2$	"	9,828	18,040	5,195	103,17	2,974

Калий-фтор-рихтерит Potassium-fluor-richterite $K(\text{Na}, \text{Ca})\text{Mg}_5[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{F}, \text{OH})_2$

Назван по составу и структурной близости к рихтериту [1, 2].

Синон. Калий-фторрихтерит [2]; K-F-рихтерит.

Характ. выдел. Призматические кристаллы (до 0,5 см длиной) или мелкие зерна [1, 2].

Структ. и морф. крист. Монокл. с. C_{2h}^3-C2/m [1–3], $I2/m$ [3].

<i>a</i> ₀ (Å)	<i>b</i> ₀	<i>c</i> ₀	β	<i>V</i> (Å ³)	Уд.в.	Местонахождение	Ссылка
9,978	17,991	5,269	104,90°	914,2	3,06	Монте Сомма (Италия)	[1, 2]
9,970	17,985	5,273	104,81	914,05	3,03	То же	[4]
10,020	18,026	5,282	104,96	921,82	3,07	Зап. Кимберли (Австралия)	[4]
10,022	18,029	5,284	105,01	922,19	3,07	То же	[4]
10,025	18,034	5,286	104,98	923,13	3,07	"	[4]
9,948	17,977	5,267	104,80	910,60		Искусственный	[5]

$a_0(\text{\AA})$	b_0	c_0	β	$V(\text{\AA}^3)$	Уд.в.	Местонахождение	Ссылка
9,953	17,981	5,264	104,82°	910,78		Искусственный	[5]
9,944	17,972	5,260	104,79	908,90		"	[1-3]
9,985	17,984	5,267	104,85	914,30		"	[6]
9,992	17,972	5,260	105,80	908,90		"	[3]

(пр.гр. I 2/m)

$$a_0 : b_0 : c_0 = 0,555 : 1 : 0,293 \text{ (для образца из Италии [1, 2]); } Z = 2.$$

Параметры элементарной ячейки для синтезированных образцов, нагретых до 400, 600 и 800°, см. [3].

Как и в рихтерите, в структуре [3, 4] двойные тетраэдрические Si–O-цепи, вытянутые вдоль оси c , состоят из тетраэдров T(1) с тремя мостиковыми и одним немостиковыми атомами O и T(2) – с двумя мостиковыми и двумя немостиковыми атомами O. Тетраэдр T(1) имеет меньшие размеры и менее искажен, чем T(2). Широкие ленты из M-полиэдров вытянуты в том же направлении; они составлены M(1)-, M(2)-, M(3)-октаэдрами и M(4)-полиэдрами с к.ч. = 8; в октаэдры M(1) и M(3) входят 4 атома O и 2 (OH, F). Позиция A, расположенная между кольцами тетраэдрических цепей в большой полости, образованной 12 атомами O, занята атомами K неупорядоченно. Позиция заполнена целиком лишь при заселении атомами K; при наличии в ней Na – дефицитна. M(1)–(3)-октаэдры заняты Mg (Fe, частично Ti), M(4)^{VIII}-полиэдр – поровну Ca и Na. F располагается в позиции O(3).

Средние межатомные расстояния (в Å) [4]: T(1)–O = 1,622–1,623; T(2)–O = 1,639–1,646; M(1)–O = 2,059–2,062; M(2)–O = 2,087–2,095; M(3)–O = 2,051–2,055; A–O = 2,935–2,954; A(m)–O = 2,878–2,903.

T–O-расстояния и угол O(5)–O(6)–O(5), а также средние M–O-расстояния в природных образцах K-F-рихтерита больше, чем в синтезированном.

Физ. св. Сп. совершенная по (110). Тв. ≈ 5,5. Уд.в. 3,03–3,07 (вычисл. 3,03). Цв. светло-серый. Черта белая. Бл. стеклянный. Прозрачный. Не флюоресцирует в ультрафиолетовых лучах [1, 4].

На ИК-спектре [1, 2, 6, 7] главная полоса 3710·cm⁻¹ приписывается O–H-диполю в позиции O(3), связанному с тремя октаэдрическими катионами Mg. Дублет 3734–3730 cm⁻¹ на высокочастотной стороне полосы может быть вызван неупорядоченным распределением K по двум субпозициям A(4i). Слабый дублет 3673–3668 cm⁻¹ представляет расщепление полосы 3670 cm⁻¹, предположительно связанной с частично вакантной A-позицией. Распавшаяся полоса низкой интенсивности 3743 cm⁻¹ отмечена как в природных, так и в синтетических K-F-рихтеритах. Спектр несколько меняется в зависимости от содержания K и F [6].

Микр. Не плеохроирует. Двуосный (–). $n_g = 1,630$, $n_m = 1,623$, $n_p = 1,613$; $n_g - n_p = 0,017$; $2V = 79,4^\circ$ (вычисл.) [1]. Иногда содержит включения апатита [2].

Хим. Теор. состав (при F_{1,0}(OH)_{1,0} в формуле): K₂O – 5,63; Na₂O – 3,71; CaO – 6,70; MgO – 24,12; SiO₂ – 57,45; H₂O – 1,08; F – 2,27.

К K-F-рихтериту относят рихтерит с K/(K + Na) в позиции A ≥ 0,5 и F/(F + OH) в позиции O(3) ≥ 0,5 [2].

Анализы (микрозонд., среднее по 10–12 точкам):

	1	2	3	4	5
K ₂ O	3,75	4,09	5,46	5,51	5,50
Na ₂ O	4,63	4,36	3,51	3,31	3,39
CaO	7,34	7,39	6,69	6,73	6,76

	1	2	3	4	5
MgO	24,02	24,83	21,99	21,95	21,93
MnO	0,02	0,03	0,05	0,06	0,06
FeO*	0,15	0,11	2,46	2,45	(2,55)
Al ₂ O ₃	0,24	0,11	0,32	0,37	0,42
TiO ₂	0,07	0,02	3,01	3,73	3,98
SiO ₂	57,13	56,88	54,24	53,29	53,01
F	2,86	2,88	3,09	3,21	3,16
H ₂ O ^{2*}	—	0,80	0,65	0,59	0,56
Сумма	100,21	101,50	101,47	101,20	101,32
-O=F ₂	1,20	1,21	1,30	1,25	1,25
Сумма	99,01	100,29 ^{3*}	100,17	99,95	100,07 ^{4*}

* Общее.

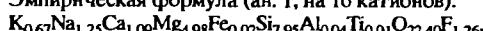
^{2*} Вычисл.

^{3*} В оригинале 100,28.

^{4*} В оригинале 100,05.

1, 2 – Монте Сомма (Италия): 1 – [1, 2], 2 – [4]; 3–5 – Зап. Кимберли (Австралия) [4].

Эмпирическая формула (ан. 1, на 16 катионов):



Нахожд. Встречен в карьере Сан Вито (Италия), в метаморфизованных карбонатных выбросах вулкана Монте Сомма среди пирокластических осадочных отложений в ассоциации с диопсидом и кальцитом, а также гумитом и гранатами. Предполагаемые условия образования – давление 1–2 кбар, 500 < *t* < 700–800° [1, 2]. Отмечен также в Западном Кимберли (Австралия) [4].

Искусств. Синтезирован из солей K₂CO₃, Na₂CO₃, CaCO₃, MgCO₃, SiO₂ с добавлением CaF₂ при 1244–791 и 1132–843°, давлении 1 кбар в течение 9 дней [5]. При замещении OH на F наблюдалось значительное уменьшение параметра *a*₀ и соответственно *V*, небольшое уменьшение *b*₀ и *c*₀. Обратный эффект отмечен при замене Na на K [5]. На основании определения структурных параметров при 24° и нагревании до 400, 600 и 800° [3] выяснено, что тетраэдрические расстояния при нагревании не изменяются, октаэдрические же в M(1)–(3) значительно увеличиваются, но меньше, чем в M(4)^{VIII}. Средние коэффициенты температурного расширения увеличиваются в последовательности: T(1) = T(2) ≪ M(3) < M(1) < M(2) ≪ M(4)^{VIII} < A^X. Различное расширение сопровождается выпрямлением тетраэдрических цепей и смещением их относительно друг друга.

Межплоскостные расстояния калий-фтор-рихтерита из Монте Сомма (Италия) [2]

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
110	95	8,490	061	3	2,583	010.0	4	1,799
200	10	4,817	202	3	2,536	601		
040	7	4,498	350	13	2,395		5	1,659
131	8	3,379	421			511		
240	80	3,288		7	2,345	210.1		
310	100	3,166	351				6	1,645
221	7	2,950	261			480		
151	4	2,931		4	2,164	621	15	1,633
			132			263		
			190	3	1,957	012.0	4	1,499

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
330	60	2,831	510	20	1,918	442		
331	4	2,754	172	6	1,840	—	4	1,452
151	9	2,701				661		

Л и т е р а т у р а

1. *Della Ventura G., Parodi G.C., Maras A.* // Rend. Fis. Accad. Lincei. Ser. 9. 1992. Vol. 3, N 3. P. 239.
2. *Della Ventura G., Maras A., Parodi G.C.* // Period. miner. 1983. Vol. 52, N 3. P. 617.
3. *Cameron M., Sueno S., Papike J.J., Prewitt C.T.* // Amer. Miner. 1983. Vol. 68, N 9/10. P. 924.
4. *Oberti R., Ungaretti L., Cannillo E., Hawthorne F.C.* // Europ. J. Miner. 1992. Vol. 4, N 3. P. 425.
5. *Huebner J.S., Papike J.J.* // Amer. Miner. 1970. Vol. 55, N 11/12. P. 1973.
6. *Robert J.-L., Della Ventura G., Thauvin J.-L.* // Europ. J. Miner. 1989. Vol. 1, N 2. P. 203.
7. *Mottana A., Griffin W.L.* // Amer. Miner. 1986. Vol. 71, N 11/12. P. 1426.

Фторрихтерит Ftorrichterite
NaCaNa(Mg, Fe)₅[Si₈O₂₂](F, OH)₂

Назван по составу и близости к рихтериту [1].

Характ. выдел. Зерна (0,1–2 мм), кристаллы (до 10 см).

Структ. и морф. крист. [1]. Монокл. с. C_{2h}^3-C2/m . $a_0 = 9,800\text{--}9,828$, $b_0 = 17,93\text{--}18,04$, $c_0 = 5,195\text{--}5,265$ Å; $\beta = 103,17\text{--}104,35^\circ$ (см. при хим. ан.).

В структуре позиция O(3) (в амфиболах заселяется F⁻, OH⁻, O²⁻) заселена F более чем на 50%, в конечном члене ряда рихтерит–фторрихтерит (анализ 4) – полностью F.

Кристаллы призматические, вытянутые вдоль оси *c*; хорошо развиты грани *a*(100), *b*(010), реже встречается *m*(110).

Физ. св. [1]. Сп. по (110) совершенная. Изл. занозистый. Хрупок. Тв. 5–6. Уд.в. 2,974 и 3,174 – для разных образцов (вычисл. 3,125 и 3,213). Цв. светло- и синезеленый. Черта белая. Бл. стеклянный. В сколах прозрачен.

ИК-спектр характеризуется полосами поглощения 1142, 1077, 972, 927, 744, 670, 515, 465, 410 см⁻¹, в области валентных колебаний гидроксильных групп – 3750, 3690–3720 и 3670 см⁻¹ (частоты на 30–50 см⁻¹ выше, чем у обычного рихтерита, что подтверждает наличие значительных количеств F в позиции O(3)).

Хим. Характеризуется преобладанием F над OH.

Анализы (4, 5 – микрозонд.):

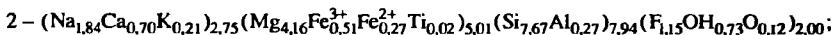
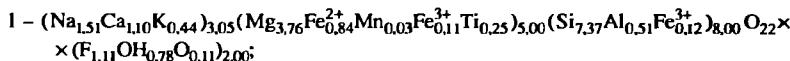
	1	2	3	4	5
Na ₂ O	5,36	6,75	4,20	8,3	7,30
K ₂ O	2,43	1,35	1,11	1,2	0,36
MgO	17,27	19,85	18,31	20,9	26,10
CaO	7,06	4,64	8,23	3,7	5,50
FeO	6,94	2,30	5,35	0,44	0,17
MnO	0,37	0,41	0,68	0,05	0,00
Al ₂ O ₃	3,09	1,44	1,19	0,38	0,15
Fe ₂ O ₃	2,05	5,65	3,33	–	–
Cr ₂ O ₃	–	–	–	3,5	–
SiO ₂	50,46	54,6	53,98	57,2	57,90
TiO ₂	2,39	0,18	0,05	2,2	0,01
H ₂ O ⁺	0,66		0,78	0,99	–
H ₂ O ⁻		0,16			–

	1	2	3	4	5
F	2,47	2,60	3,30	3,6	4,6
Сумма	100,71*	100,61	101,19	101,5	102,10
-O = F ₂	1,00	1,09	1,91	1,5	1,90
Сумма	99,71	99,52	99,28	100,0	100,2
Уд.в.	—	2,974	—	—	—
<i>n</i> _f	1,649	1,627	—	—	—
<i>n</i> _m	1,642	1,621	—	—	—
<i>n</i> _p	1,631	1,612	—	—	—
2V°	76	72	—	—	—
<i>a</i> (Å)		9,828	9,800	9,812	9,767
<i>b</i> ₀	—	18,040	—	17,924	17,966
<i>c</i> ₀	—	5,195	—	5,269	5,253
β	—	103,17°	—	104°10'	103°55'

* В том числе Li₂O – 0,025, Rb₂O – 0,009.

1 – из трахитоидного ийолита, гора Коашва, Хибинский массив [2]; 2 – из доломит-кальцитового карбонатита, Вишневые горы, Урал [1]; 3 – из апогипербазитового щелочного метасоматита, Ильменский заповедник, Урал [1]; 4 – из железистого метеорита – октаэдрита Каньон Дьябло (США) [3]; 5 – из энстатитового хондрита Аби (Канада) [3].

Эмпирические формулы (1–3 – на 13 катионов, 4 – на основе O = 24 – F):



См. также хим. анализы в статье "Рихтерит" (т. III, вып. 3, с. 158) № 6 [4] и № 15–17 [5].

Накажд. Описаны образцы с Урала: из фенитов Ильменских гор [1, 4] в ассоциации с микроклином, альбитом и флогопитом в виде мелких зерен (до 2 мм); из карбонатитов Вишневых гор [1, 6] и апогипербазитовых щелочных метасоматитов Ильменского заповедника [1], где ассоциирует с кальцитом, доломитом, флогопитом, магнетитом, пирохлором, цирконом, апатитом, пирротином, пиритом и ильменитом, образует крупные зерна и кристаллы размером до 10 см.

Известен в ийолит-уритах и хибинитах Хибинского массива [2, 5]. Обнаружен в метеоритах [3] – в энстатитовом хондрите Аби (Канада), в железных метеоритах-октаэдритах Каньон Дьябло и Вичита Каунти (США).

Искусств. Фторрихтерит Na(Ca, Na)Mg₅(Si₄O₁₁)₂F₂ с содержанием 4,62 и 4,74% F синтезирован из F-содержащих расплавов [7, 8].

Межплоскостные расстояния фторрихтерита из Ильменских гор (Южный Урал) [1]

CuK_α-излучение, Ni-фильтр

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	
	20	10,9		10	2,99		510	40	1,90
	70	9,9	221	30	2,93	530	20	1,817	
	20	9,2	330	70	2,82	461	30	1,650	
020	10	8,7		20	2,77	481	20	1,636	
110	50	8,4	331	20	2,73	1.11.0	20	1,611	
	20	7,9	151	40	2,70	600	40	1,591	

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	
040	10	6,7	20	30	2,66	620	20	1 534	
	20	4,5		061	2,58		551	30	1,505
	220	4,2		202	2,53		0.12.0	30	1,499
111	10	4,0	350	50	2,50	3.11.0	10	1,451	
	10	3,77		30	2,38		661	60	1,439
	131	3,69		351	2,33		10	1,386	
131	20	3,52	421	10	2,29	512	20	1,369	
	40	3,46		171	2,27		532	30	1,359
	100	3,34		132	2,22		263	30	1,310
240	50	3,27	261	30	2,16	2.12.2	50	1,254	
	60	3,18		20	2,10		20	1,193	
	90	3,13		202	2,07		30	1,126	
310	10	3,02	351	90	1,98		50	1,047	

Л и т е р а т у р а

1. Баженов А.Г., Недосекова И.Л., Петерсен Э.У. // Зап. ВМО. 1993. Ч. 122, вып. 3. С. 98.
2. Минералогия Хибинского массива / Ред. Ф.В. Чухров. М.: Наука, 1978. Т. 2. 584 с.
3. Olsen E., Huebner J.S., Douglas J.A.V., Plant A.G. // Amer. Miner. 1973. Vol. 58, N 9/10. P. 869.
4. Баженов А.Г., Иванов Б.Н. // Тр. Ильмен. гос. заповедника. 1976. Вып. 14. С. 133.
5. Иванова Т.Н., Дудкин О.Б., Козырева Л.В., Поляков К.И. Ийолит-уритты Хибинского массива. Л.: Наука, 1970. 178 с.
6. Недосекова И.Л. // Материалы к минералогии рудных районов Урала. Свердловск: Урал. отд АН СССР, 1988. С. 51.
7. Comerforo J.E., Hatch R.A., Eitel W. // Amer. Miner. 1951. Vol. 36, N 3/4. P. 312.
8. Kohn J.E., Comerforo J.E. // Ibid. 1955. Vol. 40, N 5/6. P. 410.

С Т Р У К Т У Р А Т И ПА Е Р Ш О В И Т А

	Сингония	<i>a</i> ₀	<i>b</i> ₀	<i>c</i> ₀	α	β	γ	Уд. в.
Ершовит	Трикл.	10,244	11,924	5,276	103,49°	96,96°	91,94°	2,75
$\text{Na}_4\text{K}_3(\text{Fe}^{2+}, \text{Mn}, \text{Ti})_2 \times$ $\times [\text{Si}_8\text{O}_{20}(\text{OH})_2](\text{OH}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O})$								

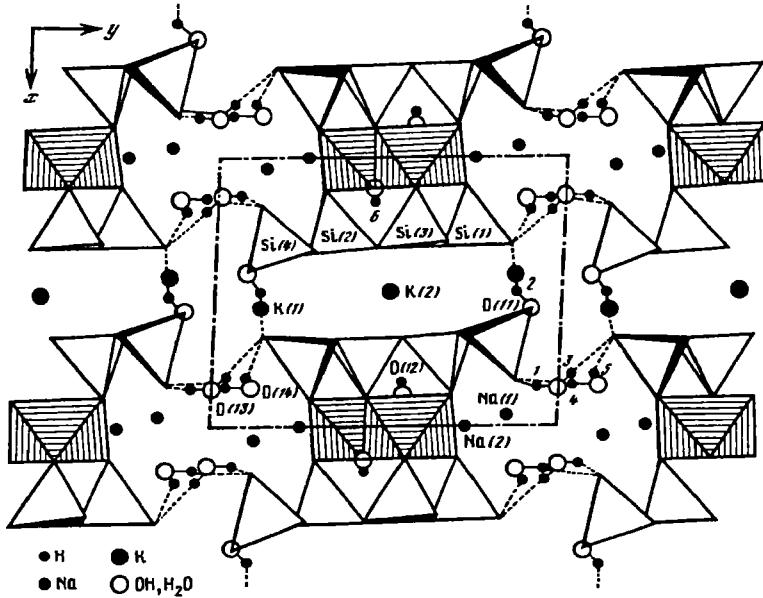


Назван в память русского геолога В.В. Ершова (1939–1989) [1]. Предварительное название "Na,K,Fe-силикат" [2].

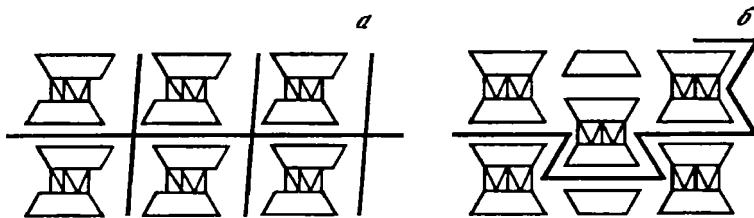
Характ. выдел. Удлиненные зерна (до 5 × 10 мм); параллельно-волокнистые агрегаты (до 1–3 см) [1].

Структ. и морф. крист. Трикл. с. $C_i^1-P\bar{1}$. $a_0 = 10,244$, $b_0 = 11,924$, $c_0 = 5,276$ Å; $\alpha = 103,491$, $\beta = 96,960$, $\gamma = 91,945^\circ$; $a_0 : b_0 : c_0 = 0,859 : 1 : 0,443$; $V = 620,8$ Å³; $Z = 1$ [1].

В структуре (фиг. 100) выделяется кремнекислородный радикал, аналогичный амфиболовым лентам [2]. Si-ленты, вытянутые вдоль оси *c* и параллельные плоскости (100), попарно соединяются M-октаэдрами (M – Fe²⁺, Mn, Ti, Mg, Ca), образуя трехслойные "брusъя". Из пяти позиций, занятых в амфиболах M-cationами сохраняются лишь две, и многорядная лента из M-октаэдров редуцируется в одинарную цепочку. В трех остальных октаэдрических позициях размещаются атомы Na. Трансляционно идентичные вдоль оси *a* "брusъя" объединяются крупными K-полиэдрами, формирующими слои, параллельные (100). Вдоль оси *b* "брusъя" соеди-



Фиг. 100. Структура ершовита в проекции на плоскость (001) (по Расцветаевой)
Штриховкой выделены М-цепочки; пунктиром показаны водородные связи



Фиг. 101. Схема укладки трехслойных "брусьев" в структуре ершовита (а) и в амфибилах (б) (по Расцветаевой)
Сплошными линиями показано направление спайности между "брусьями"

няются водородными связями за счет молекул воды, сосредоточенных в слоях, параллельных (010). Отличается от амфиболов присутствием молекулярной воды, преобладанием Na и K над M-катионами и способом укладки M,Si-“брусьев” (фиг. 101), что обусловливает иные физические свойства [1].

Волокна-кристаллы прямоугольной формы, ограниченные плоскостями (100) и (010) и вытянутые по оси с [1].

Физ. св. Сп. совершенная по (100) и (010), пересекающимся под углом ~90°. Тв. 2–3. Уд. в. 2,75 (вычисл. 2,73). Цв. оливково-зеленый с коричневатым, буроватым или желтоватым оттенком. Бл. стеклянный. Просвечивает, в тонких сколах прозрачный [1].

В ультрафиолетовых лучах не люминесцирует.

ИК-спектр содержит максимумы поглощения: 455, 505, 630, 670, 885, 960, 1015, 1055, 1660 и 3380 см⁻¹ [1].

Микр. Плеохроизм сильный: по Ng – темный оливково-зеленый, по Nm и Np – светло-зеленый или желтый; Ng > Nm ≥ Np. Двусны (+). Удлинение (+). Углы

наклона волокон к осям Np , Nm и Ng соответственно равны 86, 73 и 17°. $n_g = 1,590$, $n_m = 1,574$, $n_p = 1,569$; $n_g - n_p = 0,021$; $2V = 58^\circ$ (вычисл. 59°). Дисперсия средняя, $r > v$.

Хим. Анализ (микрозонд., анал. Г.Н. Нечелюстов) [1]: $\text{Na}_2\text{O} - 12,4$; $\text{K}_2\text{O} - 13,6$; $\text{MgO} - 0,5$; $\text{CaO} - 0,1$; $\text{MnO} - 4,7$; $\text{FeO} - 6,1$; $\text{SiO}_2 - 47,1$; $\text{TiO}_2 - 3,0$; H_2O (по разности) – 12,5; сумма 100,0.

Эмпирическая формула (в расчете на $\text{Si} = 8$) [1]): $\text{Na}_{4,08}\text{K}_{2,95}(\text{Fe}_{0,87}\text{Mn}_{0,68}\text{Ti}_{0,38})^{2+} \times \text{Mg}_{0,13}\text{Ca}_{0,02})_{2,08}\text{Si}_8\text{O}_{19,98}(\text{OH})_{4,04} \cdot 5,06\text{H}_2\text{O}$.

Закисная форма Fe принята условно; $\text{Fe}^{2+} > \text{Mn} > \text{Ti}$. Включение в формулу четырех OH-групп основано на результатах рентгеноструктурного анализа [2].

Диагн. исп. Легко разлагается при комнатной температуре слабыми растворами HCl , HNO_3 и H_2SO_4 с сохранением кремниевого остова.

Повед. при нагр. При нагревании до 300° не испытывает заметных изменений; до 500° – становится оптически изотропным и рентгеноаморфным.

Нахожд. Гидротермальный минерал поздних стадий формирования ультраагпайтовых пегматитов из пересыщенных щелочными и летучими компонентами остаточных силикатно-солевых жидкостей [1].

Обнаружен в Хибинском щелочном массиве (Кольский п-ов) в пегматитах гор Коашва и Расвумчорр [1]. Образует вкрапленность удлиненных зерен и волокнистые агрегаты в тесных срастаниях с очень сходными Mg -астрофиллитом и поздним волокнистым эгирином. Тесно ассоциирует также с термонатритом, накафитом, натритом, виллиомитом, стронциоапатитом, расвумитом, джерфишеритом, сфалеритом, молибденитом, пектолитом, щербаковитом, лампрофиллитом, содалитом.

Межплоскостные расстояния ершовита из Хибинского массива (Кольский п-ов) [1]

Fe K_α -излучение, $D = 57,3$ мм

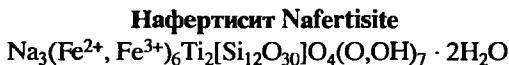
hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
010	10	11,58	211	2p	3,061	232	1	1,883
100	1	10,20	320;301;230	10	2,990	342	1	1,788
110	3	7,95	040;311;320	2	2,880	232;42	<1	1,721
110	3	7,37	031;321;131	3	2,760	070	8	1,652
020	4	5,78	141	8	2,709	271	2	1,619
120	4	5,17	131	7	2,608	023	3	1,531
101	<1	4,84	002;400	1	2,531	271;700	6ш	1,452
111;021	3	4,39	330;241	6	2,459	233;720	<1	1,429
111;121	1	4,15	132;420	1	2,381	650;523	4	1,407
220;030;211;	4	3,94	051;231	2	2,322	280	1	1,369
111			041;331;420	2	2,279	413	1	1,356
220	3	3,706	142	1	2,167	173	1	1,335
130;211	3	3,536	202	6	2,160	034	2	1,304
221;121;300	5	3,410	500;331	3	2,043	004;800	3	1,272
310	1	3,304	440	5	1,970	Кроме того, еще 23 слабые		
310	4	3,186	060;160	2	1,917	линии до 0,9844		

Л и т е р а т у р а

- Хомяков А.П., Меньшиков Ю.П., Расцветаева Р.К., Нечелюстов Г.Н. // Зап. ВМО. 1993. Ч. 122, вып. 1. С. 116.
- Расцветаева Р.К., Рехлова О.Ю., Хомяков А.П. // Кристаллография. 1991. Т. 36, № 4. С. 892.

СТРУКТУРА ТИПА НАФЕРТИСИТА

	Сингония	a_0	b_0	c_0	β	Уд.в.
Нафертисит $\text{Na}_3(\text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+})_6 \text{Ti}_2 \times [Si_{12}O_{30}]O_4(O, OH)_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Монокл.	5,353	16,176	21,95	94,6°	2,7



Назван по составу [1].

Характ. выдел. Параллельно-волокнистые (асбестовидные) агрегаты с волокнами диаметром до 0,1 мм.

Структ. и морф. крист. [2, 3]. Монокл. с. $C2/m$. $a_0 = 5,353$, $b_0 = 16,176$, $c_0 = 21,95 \text{ \AA}$; $\beta = 94,6^\circ$; $V = 1895 \text{ \AA}^3$; $Z = 2$.

Структура характеризуется новым типом ленточного кремнекислородного радикала, представленного разветвленной амфиболовой лентой шириной в шесть Si-тетраэдров ("нафертиситовая лента"). В основе структуры лежат трехслойные НОН слюдоподобные пакеты, в которых сердечник (О) из Fe-октаэдров обрамлен с обеих сторон гетерогенными слоями из лент Si-тетраэдров и Ti-октаэдров. Между пакетами локализуются щелочные катионы и молекулы воды. Структурная формула $(\text{Na}, \text{K})_3(\text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+})_6\{\text{Ti}_2\text{O}_4[\text{Si}_{12}\text{O}_{30}]\}(\text{OH}, \text{O})_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, где фигурными скобками выделен новый гетерослоистый титаносиликатный радикал, представляющий собой чередование вдоль оси b Si—O-лент с [100] шеренгами связывающих их Ti-октаэдров (фиг. 102).

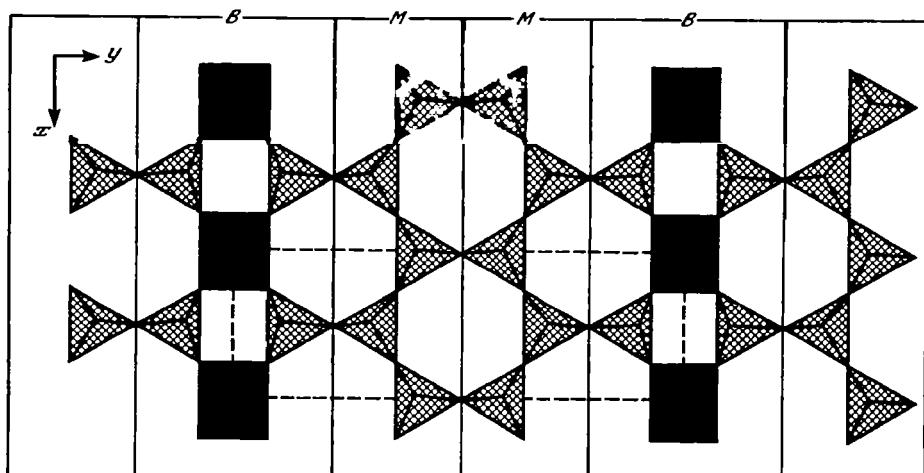
Выделена полисоматическая серия минералов, объединяющая титаносиликаты со слюдами, которая строится по механизму, известному в биопиритобалах из следующих (010) модулей:

B (бафертизитоподобный модуль) = (A, □)₂(Me, □)₄[X₂T₄O₁₄] {O', □};

M (слюдоподобный модуль) = (A, □)(Me, □)₃[T₄O₁₀] {O''}₂,

где

A (катионы межпакетного слоя) – Na, K, Ba, Sr, ...;



Фиг. 102. Структура нафертисита (по Феррарису и др.)

Гетерогенный слой из Si-тетраэдров и Ti-октаэдров; вертикальными линиями показаны границы между бафертизитовыми (B) и слюдоподобными (M) модулями

Ме (октаэдрические катионы сердечника) – Fe^{2+} , Mn, Mg, Ca, Fe^{3+} , ...;

Х (октаэдрические катионы Н-слоя) – Ti (основной), Nb, Zr, Al, ...;

Т (тетраэдрические катионы Н-слоя) – Si (основной), Fe^{3+} , Al, ...;

O' (= O, OH, H_2O) и O'' (= O, OH) – кислородные группировки, не связанные с тетраэдрическими катионами (Si).

Общая формула минералов серии – $(\text{A}, \square)_{2+2}(\text{Me}, \square)_{4+3}[\text{X}_2\text{T}_{4+4n}\text{O}_{14+10n}](\text{O}', \text{O}'', \square)_{6+2n}$. Бафертит, астрофиллит и нафертицит являются членами серии (полисомами) с $n = 0, 1$ и 2 соответственно. Члены серии имеют параметры a и c , близкие или кратные соответствующим параметрам слюд, но различаются величиной параметра b , который от одного члена серии к другому возрастает на $4,7 \text{ \AA}$, т.е. на толщину элементарного (010) слюдяного модуля, равную ширине пироксиевой цепочки. В направлении, перпендикулярном слоям НОН, структура нафертициита отличается от таковых астрофиллита и бафертицита введением соответственно одного и двух (010) слюдоподобных модулей (M) между соседними бафертицитовыми (B). Наличие общего слюдяного модуля сближает данную серию с биопириболами. В то же время она связана с полисоматической серией сейдоверит–накафит, включающей большое число титаносиликатов с трехслойным НОН-пакетом бафертицитового типа [4].

Волокна ограничены плоскостями совершенной спайности (010) и (001), уплощены по (001) и вытянуты вдоль оси a .

Физ. св. Сп. по (010) и (001) совершенная. Тв. 3. Уд. в. 2,7 (вычисл. 2,74). Цв. темный травяно-зеленый. Бл. стеклянный, шелковистый. Изл. волокнистый. Прочувствует. В ультрафиолетовых лучах не люминесцирует.

ИК-спектр содержит линии (подчеркнуты наиболее сильные): 3640, 3585, 3370, 1660, 1629, 1057, 998, 924, 690, 659, 564, 431 cm^{-1} . По общему характеру близок ИК-спектрам астрофиллита и бафертициита, в отличие от которых характеризуется повышенными значениями частот Si–O-валентных колебаний ($924\text{--}998\text{--}1057 \text{ cm}^{-1}$ против $937\text{--}988\text{--}1054$ в астрофиллите и $875\text{--}930\text{--}1025 \text{ cm}^{-1}$ в бафертициите). Смещение полос поглощения в высокочастотную область отражает усложнение кремнекислородного радикала.

Мессбауэровский спектр (асимметричный дублет с уширенными пиками) оказалось возможным разложить на два дублета от Fe^{2+} (изомерный сдвиг $\delta = 1,4 \text{ mm/c}$ относительно нержавеющей стали; квадрупольное расщепление $\Delta = 2,52$ и $1,63 \text{ mm/c}$) и два дублета от Fe^{3+} ($\delta = 0,75 \text{ mm/c}$ и $\Delta = 0,65$ и $1,20 \text{ mm/c}$). Площади дублетов указывают на существенное преобладание Fe^{3+} над Fe^{2+} .

Микр. Плеохроизм сильный: по Ng – темно-зеленый, по Nm – зеленый, по Np – красновато-коричневый. Погасание волокон прямое. Удлинение (+). Двуосный (–). $Ng \approx a$, $Nm = b$, $cNp = 5^\circ$ (в тупом углу β). Пл. опт. осей (010). $n_g = 1,693$, $n_m = 1,667$, $n_p = 1,627$; $n_g - n_p = 0,066$. Дисперсия средняя, $r < v$.

Хим. Анализ (микрозонд., среднее из 5 определений)*:

Na_2O	4,78 (4,10–5,45)	Al_2O_3	1,32 (1,15–1,50)
K_2O	1,64 (1,57–1,68)	SiO_2	38,92 (38,32–39,52)
MgO	1,28 (0,93–1,42)	TiO_2	8,32 (8,13–8,50)
MnO	0,79 (0,64–0,90)	Nb_2O_5	0,33 (0,24–0,40)
FeO^{2+}	34,80 (33,80–35,75)	H_2O^{3+}	7,85 –
FeO	21,04 –	Сумма	100,80
Fe_2O_3	14,53 –		

* В скобках указаны пределы колебаний.

** Общее Fe; разделение на Fe^{2+} и Fe^{3+} произведено по данным структурного исследования и мессбауэровской спектроскопии [1].

*** Определена из отдельной навески (анал. Мартынова).

Эмпирическая формула (на 43 атома O) с учетом структурных данных): $(\text{Na}_{2,47}\text{K}_{0,56})_{3,03} \times (\text{Fe}_{4,68}^{2+}\text{Fe}_{1,27}^{3+}\text{Mg}_{0,51}\text{Mn}_{0,18})_{6,64}(\text{Ti}_{1,67}\text{Al}_{0,41}\text{Nb}_{0,04})_{2,12}(\text{Si}_{10,36}\text{Fe}_{1,64}^{3+})_{12}\text{O}_{35,02}(\text{OH})_2 \cdot 5,97\text{H}_2\text{O}$; упрощенная формула: $(\text{Na}, \text{K})_3(\text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+})_6\text{Ti}_2(\text{Si}, \text{Fe}^{3+})_{12}\text{O}_{30}(\text{O}, \text{OH})_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Нахожд. Найден в ультраагпайтовом пегматите, сложенном в основном калиевым полевым шпатом, на горе Кукисумчорр (буровой керн с глубины 224 м от поверхности) в Хибинском щелочном массиве (Кольский п-ов). Наблюдался в виде нескольких небольших по размеру (0,5–1,5 см) асбестовидных выделений в интерстициях кристаллов полевого шпата. В пегматите содержатся также щелочной амфибол, эгирин, нефелин, содалит, канкринит, пектолит, эвдиалит, мозандрит, кальцит, бурбанкит, эвальдит, виллиомит и молибденит.

Является продуктом гидротермальной стадии кристаллизации пегматитового расплава-раствора.

Межплоскостные расстояния нафертисита из Хибинского массива (Кольский п-ов) [1]

СуК α -излучение. Камера Гинье

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
011	30	13,00	202	20	2,641
002	100	10,94	153	15	2,547
020	< 5	8,06	137;204;146	15	2,480
022	5	6,54	155	5	2,385
004	5	5,50	162;204	5	2,332
031	< 5	5,23	155	5	2,291
120	15	4,44	206	5	2,242
033;113	5	4,33	240;00.10	5	2,193
040;122;113;104	5	4,03	157;217	5 ш	2,116
131	5	3,80	206;166;148, 157	10 ш	2,045
006	10 ш	3,638	159;168;1.4.10	5	1,7839
124	10	3,571	2.0.10;271	5	1,7479
124	1	3,330	<322;271;1.3.11	< 5	1,7342
044;140	5	3,245	1.4.12;0.10.0	10 ш	1,6184
017	5	3,040	0.10.2;1.6.10	< 5 ш	1,6000
135	5	2,790	351	10 ш	1,5629
008;151;144	25	2,728	351;353	5	1,5462

Л и т е р а т у р а

- Хомяков А.П., Феррарис Дж., Ивальди Г., Нечелюстов Г.Н., Соболева С.В. // Зап. ВМО. 1995. Ч. 124, вып. 6. С. 101.
- Ferraris G., Kholmyakov A.P., Soboleva S.V., Belluso E., Ivaldi G., Pavese A. // Abstr. 16th Gen. Meet. of Intern. Miner. Assoc. Pisa, 1994. Р. 177.
- Ferraris G., Ivaldi G., Kholmyakov A.P., Soboleva S.V., Belluso E., Pavese A. // Europ. J. Miner. 1995. Vol. 8, № 2. Р. 241.
- Егоров-Тисменко Ю.К., Соколова Е.В. // Минерал. журн. 1990. Т. 12, № 4. С. 40.

С Т Р У К Т У Р А Т И ПА ТИНАКСИТА

Ранее со структурой подобного типа был описан лишь тинаксит (т. III, вып. 3, с. 350).

ГРУППА ТИНАКСИТА

Сингония	<i>a</i> ₀	<i>b</i> ₀	<i>c</i> ₀	α	β	γ	Уд. в.	
Тинаксит $K_2NaTiCa_2 \times [Si_7O_{18}(OH)]O$	Трикл.	10,361	12,153	7,044	90,79°	99,22°	92,83°	2,82
Токкоит $K_2Ca_4[Si_7O_{18}(OH)](F, OH)$	"	10,438	12,511	7,112	89,92	99,25	92,82	2,76

Для тинаксита (tinaksite*) приведена уточненная формула, полученная при структурных исследованиях, которые показали наличие в структуре радикала

[$\text{Si}_7\text{O}_{18}(\text{OH})$], а не [Si_7O_{19}], как это принималось раньше. В кристаллохимической классификации Ф. Либау (1988) отнесен к силикатам с гибридными кратными цепочками.

Токкоит образует изоморфный ряд с тинакситом с гетеровалентным замещением одновременно в катионной ($2 \text{Ca}^{2+} \rightleftharpoons \text{Ti}^{4+}\text{Na}^+$) и анионной ($(\text{F}, \text{OH})^- \rightleftharpoons \text{O}^{2-}$) частях [1].

Л и т е р а т у р а

1. Рождественская И.В., Никишова Л.В., Лазебник К.А. // Минерал. журн. 1991. Т. 13, № 4. С. 3.

Токкоит Tokkoite $\text{K}_2\text{Ca}_4[\text{Si}_7\text{O}_{18}(\text{OH})](\text{F}, \text{OH})$

Назван по месту находки на водоразделе рек Токко и Чары в Мурунском массиве (Якутия). По составу близок к теоретическому конечному члену изоморфного ряда тинаксит–токкоит [1].

Характ. выдел. Радиально-лучистые или шестоватые агрегаты из удлиненных и сильно уплощенных призматических индивидов [1].

Структ. и морф. крист. [2]. Трикл. с. $C_i^1-P\bar{1}$. $a_0 = 10,438$, $b_0 = 12,511$, $c_0 = 7,112\text{\AA}$; $\alpha = 89,92$, $\beta = 99,75$, $\gamma = 92,82^\circ$; $a_0:b_0:c_0 = 0,8343:1:0,5684$; $Z = 2$.

В отличие от тинаксита в структуре катионные стенки сложены Са-октаэдрами и скрепляются изогнутыми лентами из гибридных трехзвенных двойных цепочек $[\text{Si}_7\text{O}_{18}(\text{OH})]^{9-}$ (фиг. 103). Ti и Na находятся в тех же позициях, которые они полностью занимают в структуре тинаксита.

Атомы K и H локализуются в полостях между кремнекислородными радикалами. Протон H осуществляет водородную связь между кремнекислородными лентами, самые короткие из них (в \AA): H–O(10) = 2,36; H–O(9) = 2,67; H–O(8) = 2,58.

Средние межатомные расстояния (в \AA): Si–O = 1,616–1,626; Ca–O = 2,366–2,379; K–O = 2,974 и 3,233.

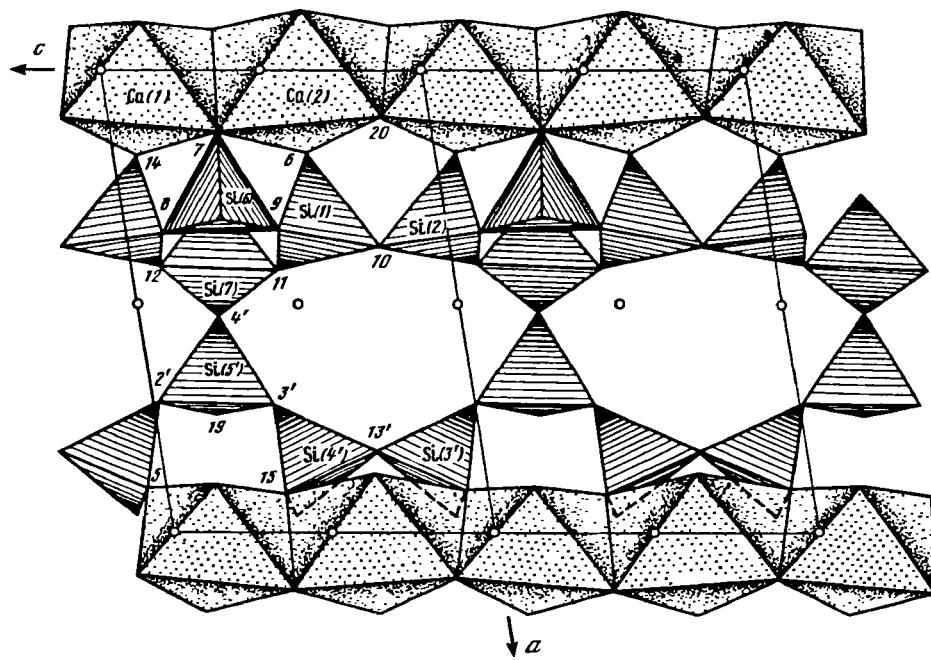
Физ. св. Сп. по (110) совершенная, по (010) весьма совершенная. Относительно легко расщепляется на сильно уплощенные и удлиненные призмы. Изл. занозистый. Тв. 4–5. Уд. в. 2,76. Цв. отдельных индивидов бледно-желтый, в больших массах светло-коричневый. Бл. стеклянный.

Распределение катионов в октаэдрических стенах в структуре токкоита (1) и тинаксита (2) [3]

	1	2	
Октаэдры	Состав катионов	Октаэдры	Состав катионов
Ca(1)	$\text{Ca}_{0,87}\text{Ti}_{0,13}$	Ti	$\text{Ti}_{0,95}\text{Fe}_{0,05}$
Ca(2)	$\text{Ca}_{0,85}\text{Na}_{0,15}$	Na	$\text{Na}_{1,0}$
Ca(3)	$\text{Ca}_{0,79}\text{Fe}_{0,15}\text{Mg}_{0,06}$	Ca(1)	$\text{Ca}_{0,95}\text{Fe}_{0,06}$
Ca(4)	$\text{Ca}_{0,92}\text{Mn}_{0,08}$	Ca(2)	$\text{Ca}_{0,95}\text{Mn}_{0,11}\text{Mg}_{0,02}$

ИК-спектр характеризуется широкой полосой поглощения в области валентных колебаний Si–O 1080–800 cm^{-1} с четкими максимумами 920–970–1020–1080 cm^{-1} и полосами 3450 и 1595 cm^{-1} , соответствующими валентными и деформационными колебаниями групп (OH).

Микр. Бесцветный. Удлинение (+). Двуосный (+). cNg до 15° ; $n_g = 1,577$, $n_p = 1,570$; $2V = 38^\circ$. Дисперсия, $r > v$.



Фиг. 103. Структура токкоита в проекции вдоль оси *b* (по Рождественской и др.)

Хим. Анализы (2 – микрозонд., среднее из 2) [1]:

	1	2		1	2
Na ₂ O	0,60	0,41	SiO ₂	55,65	54,17
K ₂ O	11,33	12,95	TiO ₂	1,42	1,18
MgO	0,30	0,98	H ₂ O	2,40	2,40*
CaO	25,10	24,15	F	1,50	1,50*
MnO	0,70	0,54	-O=F ₂	0,63	0,63
Fe ₂ O ₃	1,58	1,57	Сумма	99,26	99,22

* Данные химического анализа.

Эмпирические формулы (на сумму катионов = 11):



Спектральным анализом установлены: Sr – 0,1%, Zr, Nb – сотые доли %, Be, Cu, V, Ag, Y и Yb – тысячные.

Повед. при нагр. [1]. Кривая ДТА фиксирует постепенную потерю веса до 860° (0,5%) и резкий эндотермический эффект в интервале 860–990°, с которым связана потеря веса еще на 1,5%. После прокаливания приобретает бледно-сиреневую окраску.

Нахожд. [1]. Найден в чароититах южной части Мурунского массива. Слагает почти мономинеральные выделения в виде зон (ширина до первых сантиметров) и шлироподобных обособлений. Характерны тесные срастания с чароитом, тинакситом и мизеритом, сопутствуют эгирину и калиевый полевой шпат.

Образовался в связи с метасоматическими преобразованиями волластонит- и пектолитсодержащих пород.

Отл. От тинаксита отличается по составу и более низким показателем преломления; от чароита – по цвету, текстурным особенностям и характеру микродифракции; от мизерита – положительным знаком удлинения [1]

Межплоскостные расстояния токкоита из Мурунского массива [1]
Дифрактометр

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
020	10	12,5	270	15	2,888	471;382	14	2,059
100	45	10,3	181	13	2,847	153;223	11	2,008
120	12	7,8	181	10	2,790	233;2.10.2	7	1,984
111;101	8 ш	6,2	252	36	2,711	1.12.1;163	8	1,935
111	42	5,2	202;212	37	2,694	501;491	4	1,868
041;121	20	4,8	331;332	33	2,672	183;193	4	1,861
220;041	20	4,66	222;232	44	2,611	273;313	8ш	1,799
240	7	3,92	191	13	2,572	224;293	33	1,779
002	26	3,57	072;281	20	2,500	581;463	7ш	1,757
122, 231	42	3,43	172	10	2,455	193;503	23	1,712
310;300	23	3,39	182;133	20	2,401	620;4.11.0	18	1,673
310;041	55	3,34	380;123	26	2,369	622;483	11	1,648
260;132	85	3,32	023;262	16	2,325	661;522	13	1,617
132;161	49	3,26	223	12	2,292	293;164	15	1,604
142;112	100	3,15	411;282	14	2,248	154;184	12	1,597
261;122	85	3,125	461;262	14	2,222	174;443	9	1,568
171;261	62	3,075	182;432	14	2,196	393;660	13	1,550
340	91ш	3,044	461;442	27	2,157	094;651	8	1,534
340;171	30	2,944	253;441	29	2,103			

$$a_0 = 10,37, b_0 = 25,39, c_0 = 7,27 \text{ \AA}; \alpha = 91,67, \beta = 100,66, \gamma = 92,09^\circ; Z = 4 [1].$$

Л и т е р а т у р а

- Лазебник К.А., Никишова Л.В., Лазебник Ю.Д. // Минерал. журн. 1986. Т. 8, № 3. С. 1986.
- Rozhdestvenskaya I.V., Nikishova L.V., Lazebnik Yu.D., Lazebnik K.A. // Ztschr. Kristallogr. 1989. Bd. 189, H. 3/4. S. 195.
- Рождественская И.В., Никишова Л.В., Лазебник К.А. // Минерал. журн. 1991. Т. 13, № 4. С. 3.

СИЛИКАТЫ С ЛЕНТАМИ ШЕСТИЧЛЕННЫХ ГРУПП КРЕМНЕКИСЛОРОДНЫХ ТЕТРАЭДРОВ

С Т Р У К Т У Р А Т И П А З О Р И Т А

	Сингония	<i>a</i> ₀	<i>b</i> ₀	<i>c</i> ₀	Уд.в.
Зорит $\text{Na}_6\text{Ti}(\text{Ti}_{0,9}\text{Nb}_{0,1})_4[\text{Si}_6\text{O}_{17}]_2 \times (\text{O}, \text{OH})_5 \cdot 11\text{H}_2\text{O}$	Ромб.	23,241	7,238	6,955	2,4

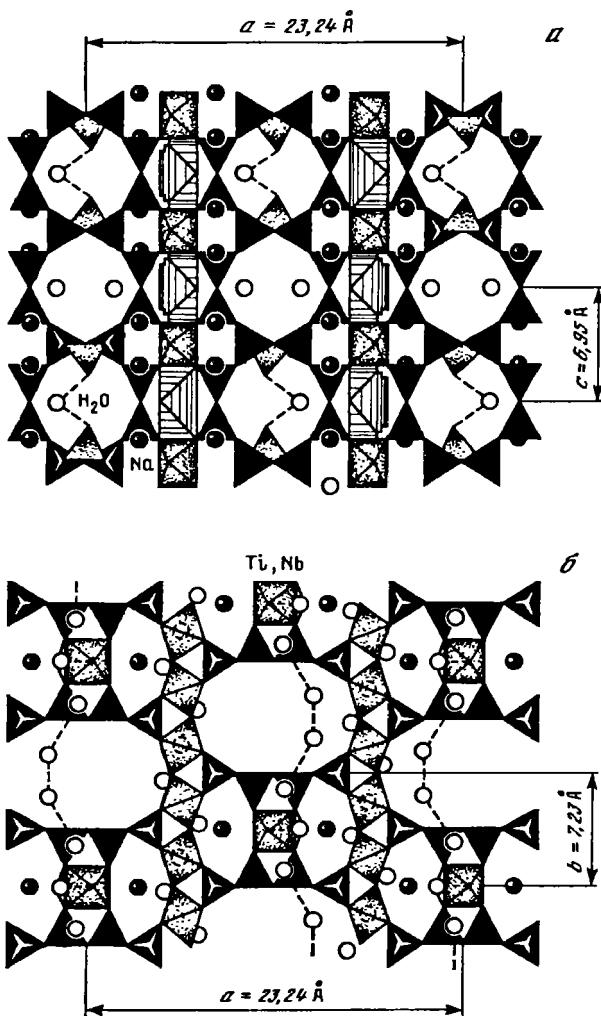
Зорит Zorite $\text{Na}_6\text{Ti}(\text{Ti}_{0,9}\text{Nb}_{0,1})_4[\text{Si}_6\text{O}_{17}]_2(\text{O}, \text{OH})_5 \cdot 11\text{H}_2\text{O}$

Назван по окраске от слов "збры", "збрька" [1].

Характ. выдел. [1]. Кристаллы, спутанно-волокнистые агрегаты, лучистые и сфероидальные сростки игольчатых кристалликов (1–2 мм длиной).

Структ. и морф. крист. [2]. Ромб. с. $D_{2h}^{19}-Cmmm$. $a_0 = 23,241$, $b_0 = 7,238$, $c_0 = 6,955$ Å; $V_0 = 1169,8$ Å³; $Z = 1$.

В структуре Si–O-анионы $[\text{Si}_6\text{O}_{17}]_{\infty}$ представлены ксонотлитоподобными лентами из восьмичленных колец, вытянутыми вдоль оси *c* (фиг. 104), скрепленными



Фиг. 104. Структура зорита (по Сандомирскому и Белову)
а – проекция вдоль оси *b*; б – проекция вдоль оси *c*

Ti-полуоктаэдрами и цепочками Ti,Nb-октаэдров. Катионы Na^+ частично расположены в октаэдрах из 4 атомов О и двух молекул H_2O , частично – в семивершинниках из атомов О.

Структура рассматривается как цеолитный каркас с двумя типами каналов: вдоль оси *b* (минимальный диаметр $d = 4,3 \text{ \AA}$) и вдоль *c* ($d = 4,6 \text{ \AA}$). Каналы статистически заполнены ионами Na^+ и молекулами воды. Структура имеет ОД-характер с упорядоченным стержневым фрагментом из атомов Ti, Si, Na, O, H_2O и трансляцией $b = 2b_0 = 14,476 \text{ \AA}$. Неупорядоченное расположение стержней приводит к нарушению периодичности вдоль осей *a* и *c*.

Межатомные расстояния (в \AA): $\text{Si}-\text{O} = 1,60–1,65$; в основании полуоктаэдра $\text{Ti}-\text{O} = 1,94–1,96$; в вершине полиэдра $\text{Ti}-\text{O} = 1,67$.

Кристаллы призматические и игольчатые.

Физ. св. [1]. Сп. по (010) и (001) совершенная, по (110) несовершенная. Тв. 3–4. Хрупкий. Уд. в. 2,27 (в агрегате), 2,36–2,40 (в кристаллах, плохо смачивается). Цв. розовый. Бл. стеклянный. Прозрачен.

ИК-спектр подтверждает присутствие в минерале H_2O и указывает на примесь CO_2 .

Микр. [1]. Плеохроизм ясный: по Ng – голубоватый, по Nm – почти бесцветный, по Np – розовый.

Хим. [1]. Анализ зорита из Ловозерского массива (анал. Кульчицкая): $\text{Na}_2\text{O} - 15,09$; $\text{K}_2\text{O} - 0,69$; $\text{CaO} - 0,58$; $\text{MgO} - 0,10$; $\text{MnO} - 0,10$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 0,53$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 4,92$; $\text{SiO}_2 - 41,70$; $\text{TiO}_2 - 15,21$; $\text{ZrO}_2 - 0,21$; $(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_5 - 5,95$; $\text{P}_2\text{O}_5 - 0,05$; $\text{H}_2\text{O}^+ - 11,31$; $\text{H}_2\text{O}^- - 3,17$; $\text{F} - 0,29$; $\text{CO}_2 - 0,18$; $-\text{O} = \text{F}_2 - 0,11$; сумма 99,97.

Спектроскопически определены следы Be , Pb , Ta и Ba .

Эмпирическая формула (расчет с учетом валентностей за вычетом примеси соды и фосфата Na): $[(\text{Na}_{1,86}\text{K}_{0,06}\text{Ca}_{0,04})_{1,96}(\text{Mg}_{0,01}\text{Mn}_{0,01})_{0,02}(\text{Ti}_{0,74}\text{Zr}_{0,01}\text{Nb}_{0,17}\text{Fe}_{0,03} \times \text{Al}_{0,08})_{1,03}]_{3,01}(\text{Si}_{2,70}\text{Al}_{0,30})_{3,00}(\text{O}_{8,90}\text{OH}_{0,02}\text{F}_{0,06})_{9,00} \cdot 1,5\text{H}_2\text{O} + 1,57aq$.

Диагн. исп. П. п. тр. спекается в белую пузыристую массу, затем плавится в бурое стекло. В воде и H_2SO_4 не растворяется. Разлагается медленно в 4%-ной HCl и 6%-ной HNO_3 при 20° , обесцвечиваясь и покрываясь гелем кремнекислоты.

Повед. при нагр. На кривой ДТА наблюдаются экзотермический прогиб около 170° и эндотермический эффект с максимумом при 360° . Общая потеря веса 13,2%: при $170^\circ - 2,9\%$, при $290^\circ - 6,8\%$, при $340^\circ - 12,1\%$. Начало плавления при 800° .

Нахожд. Обнаружен [1] в пегматоидной залежи Юбилейная Ловозерского щелочного массива (Кольский п-ов) в ассоциации с волокнистым эгирином, раитом, маунтинитом и мелкокристаллическим натролитом. Образуется на стенках трещин и пустот, выполняет также элатолитовые пустоты в центральной натролитовой зоне залежи. Отмечался в фойятах.

Изм. Продукты изменения – белые порошковатые массы.

Межплоскостные расстояния зорита из Ловозерских Тундр [2]

FeK_α-излучение. Дифрактометр

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
200	40	11,57	024	3	2,50
002;110	100	6,93	224	3	2,45
202	2	5,95	910	5	2,43
400	3	5,81	424	3	2,27
310	15	5,26	804	1	2,23
402	10	4,44	332	1	2,18
020	20	3,60	406	5	2,15
004;220	20	3,44	530	5	2,13
602	10	3,38	10,04	3	1,934
022	3	3,20	824	3	1,894
222	25	3,08	040	10	1,803
420	32	3,06	240	5	1,780
404	15	2,98	626;930	3	1,757
314	10	2,90	008	15	1,738
712	3	2,76	208	3	1,723
620	10	2,64	10,24	5	1,702
604	15	2,58	444	5	1,544

Л и т е р а т у р а

1. Мерьков А.Н., Буссен И.В., Гойко Е.А., Кульчицкая Е.А., Меньшиков Ю.П., Недорезова А.П. // Зап. ВМО. 1973. Ч. 102, вып. 1. С. 54.
2. Сандомирский П.А., Белов Н.В. // Кристаллография. 1979. Т. 24, № 6. С. 1198.

СИЛИКАТЫ С ЛЕНТАМИ ВОСЬМИЧЛЕННЫХ ГРУПП КРЕМНЕКИСЛОРОДНЫХ ТЕТРАЭДРОВ

С Т Р У К Т У Р А Т И ПА Ф Е Н А К С И Т А

ГРУППА ФЕНАКСИТА

Ранее со структурой этого типа был описан фенаксит (т. III, вып. 3, с. 361), имеющий трубчатую конфигурацию кремнекислородного радикала.

	Сингония	a_0	b_0	c_0	α	β	γ	Уд. в.
Манаксит $\text{Na}_2\text{K}_2\text{Mn}_2[\text{Si}_8\text{O}_{20}]$	Трикл.	6,993	8,219	10,007	105,11°	100,76°	114,79°	2,73

Манаксит Manaksite $\text{Na}_2\text{K}_2\text{Mn}_2[\text{Si}_8\text{O}_{20}]$

Назван по составу [1]. Первоначально описан как "минерал М-26" [2].

Характ. выдел. Зерна неправильной формы (1–3 мм) и их агрегаты (до 5 мм).

Структ. и морф. крист. [1, 2]. Трикл. с. $C_i^1-P\bar{1}$. $a_0 = 6,993$, $b_0 = 8,219$, $c_0 = 10,007$ Å; $\alpha = 105,11$, $\beta = 100,76$, $\gamma = 114,79^\circ$; $a_0:b_0:c_0 = 0,851:1:1,217$; $V = 474,5$ Å³; $Z = 1$.

Физ. св. Сп. по (001) весьма совершенная, по (010) совершенная. Изл. ступенчатый, занозистый. Хрупок. При истирании образует спутанно-волокнистую массу. Тв. 5. Уд. в. 2,73 (вычисл. 2,71). Бесцветный, кремовый, слегка розоватый. Бл. стеклянный до перламутрового (на плоскостях спайности). В ультрафиолетовых лучах не люминесцирует.

В ИК-спектре наблюдаются широкая полоса поглощения 1142–982 см⁻¹ с основным максимумом 1060 см⁻¹ и серия узких полос: 692, 605, 470, 430 см⁻¹ (сильные), 533 (средняя), 795, 770, 750, 632 (слабые).

Микр. Двусочный (–). Угол полюса спайности (001) с $N_p = 14^\circ$, $cNm = 76^\circ$, $cNg = 72^\circ$; $n_g = 1,557$, $n_m = 1,551$, $n_p = 1,540$; $n_g - n_p = 0,017$; $2V = 73^\circ$ (вычисл. 72°). Дисперсия отчетливая, $r > v$.

Хим. Марганцевый аналог фенаксита $\text{Na}_2\text{K}_2\text{Fe}_2[\text{Si}_8\text{O}_{20}]$. Анализ (микрозонд., среднее по 3 зернам, анал. Нечелюстов): $\text{Na}_2\text{O} - 8,9$; $\text{K}_2\text{O} - 10,8$; $\text{MgO} - 0,3$; $\text{CaO} - 0,2$; $\text{SrO} - 0,2$; $\text{MnO} - 17,2$; $\text{FeO}^* - 0,8$; $\text{SiO}_2 - 62,0$; сумма 100,4.

* Общее.

Эмпирическая формула: $(\text{Na}_{1,11}\text{K}_{0,89}\text{Ca}_{0,01})\text{Sr}_{0,01}(\text{Mn}_{0,94}\text{Fe}_{0,03})\text{Mg}_{0,03}\text{Si}_{3,99}\text{O}_{10}$.

Повед. при нагр. При 600° разлагается на несколько фаз, среди которых преобладает серандит (по рентгенограмме) [1].

Нахожд. Редкий акцессорный минерал, один из конечных продуктов кристаллизации пересыщенных щелочными, летучими и редкими элементами силикатно-солевых расплавов-растворов – наиболее поздних дифференциатов агпайтовых нефелин-сиенитовых магм. Обнаружен в пегматитах ультраагпайтового типа в районе горы Аллуайв в Ловозерском щелочном массиве на Кольском п-ове. Находится в тесной ассоциации с содалитом, канкринитом, паракелдыширом, приурочен к интерстициям кристаллов полевого шпата, нефелина и содалита; наблюдалась срастания с ломоносовитом, соболевитом, терскитом, аллуайвитом.

Межплоскостные расстояния макроксита гора. Аллуайв (Кольский п-ов) [1]
CrK_{α,β}-излучение, D = 114,6 мм

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
010	70	6,89	013	90	3,26
101	15	6,01	201;103;220	40	3,16
111	10	5,17	212;113	80	3,05
011	15	4,71	111;211;200	50	3,00
002	35	4,55	023	70	2,880
111	50	4,07	113;122	70	2,715
120	13	3,94	132;222;201	30	2,609
110	13	3,70	212	10	2,542
022;020	100	3,45	231;212	24	2,504
121	24	3,37	031	70	2,463

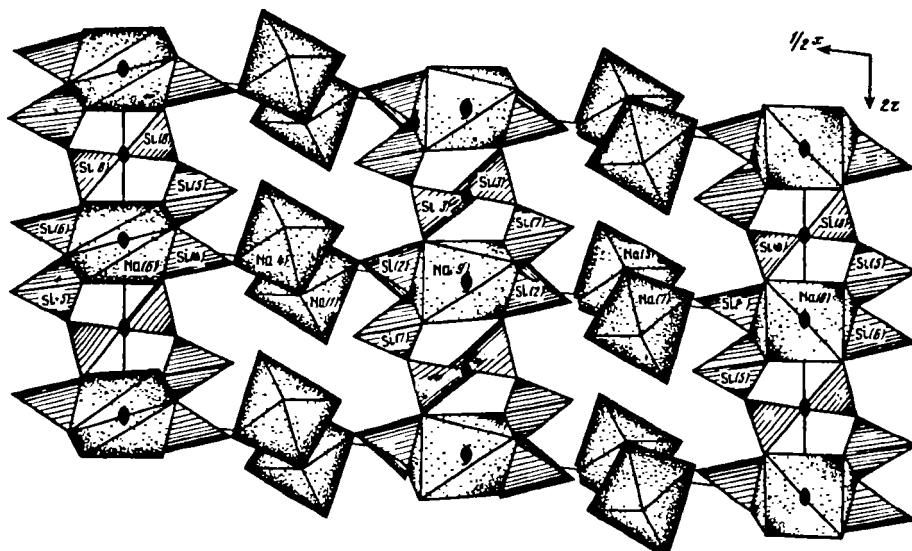
L i t e r a t u r a

- Хомяков А.П., Курова Т.А., Нечелюстов Г.Н. // Зап. ВМО. 1992. Ч. 121, вып. 1. С. 112.
- Хомяков А.П. Минералогия ультраагпайтовых щелочных пород. М.: Наука, 1990. 200 с.

СТРУКТУРА ТИПА РЕВДИТА

Сингония	Пр. гр.	<i>a</i> ₀	<i>b</i> ₀	<i>c</i> ₀	β	<i>V</i>	<i>Z</i>
Ревдит* Revdite Na ₁₆ ×[Si ₈ O ₁₅ (OH) ₆]× ×[Si ₄ O ₆ (OH) ₅] ₂ × ×(OH) ₁₀ · 28 H ₂ O	Монокл. <i>C</i> ₂ ³ -C2	53,83	9,972	6,907	96,78°	3680	2

До расшифровки структуры условно относился к слоистым силикатам со сложными тетраэдрическими радикалами, где описан с формулой Na₂[Si₂O₅] · 5H₂O в группе макатита (т. IV, вып. 2, с. 429).



Фиг. 105. Структура ревдита в проекции вдоль оси *y* (по Расцветаевой и др.)

В структуре обнаружено [1] неизвестное ранее сочетание двух Si—O-анионов: цепей $[Si_4O_6(OH)_5]$ и лент $[Si_8O_{15}(OH)_6]$. Цепи построены из четырехчленных колец; ленты составлены из двух таких цепей, смещенные одна относительно другой в направлении оси z и связанных общим фрагментом Si(8)—O—Si(8); атом O — на оси 2 (фиг. 105). Кольца в лентах содержат восемь тетраэдров $[SiO_4]$. Катионы Na^+ находятся в центрах октаэдров, тригональных антипризм и тетрагональных пирамид из атомов O, молекул H_2O и OH-групп. Часть этих полизедров образует ажурный каркас с каналами, вытянутыми вдоль оси z ; в каналах расположены параллельные друг другу цепи и ленты SiO_4 -тетраэдров.

Межатомные расстояния (среднее, в Å): Si—O = 1,42–1,81; Na—O(OH, OH₂) = 2,41–2,48 (в октаэдрах), 2,42 и 2,43 (в антипризмах), 2,33 и 2,34 (в тетрагональных пирамидах).

Л и т е р а т у р а

1. Расцветаева Р.К., Михеева М.Г., Ямнова Н.А., Пущаровский Д.Ю., Хомяков А.П. // Кристаллография. 1992. Т. 37, № 5. С. 1177.

СИЛИКАТЫ С ЛЕНТАМИ ИЗ УТРОЕННЫХ ЧЕТЫРЕХЧЛЕННЫХ ЦЕПОЧЕК КРЕМНЕКИСЛОРОДНЫХ ТЕТРАЭДРОВ

С Т Р У К Т У Р А Т И П А К А Р Л О С Т У Р А Н И Т А

	Сингония	a_0	b_0	c_0	β	Уд.в.
Карлостуранит $(Mg, Fe, Ti)_{21} \times [(Si, Al)_{12}O_{28}(OH)_4](OH)_{30} \cdot H_2O$	Монокл.	36,70	9,41	7,29	101,1°	2,63

Карлостуранит Carlosturanite $(Mg, Fe, Ti)_{21}[(Si, Al)_{12}O_{28}(OH)_4](OH)_{30} \cdot H_2O$

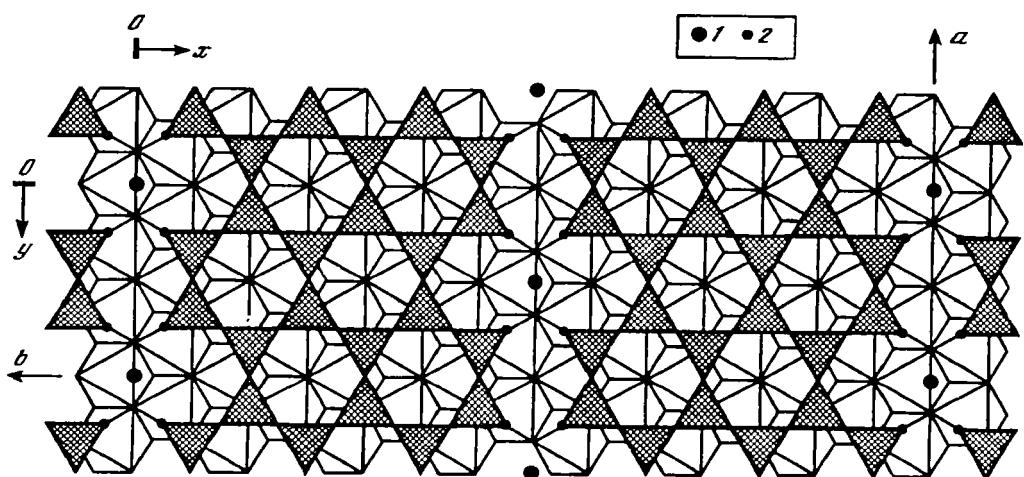
Назван в память о трагически погибшем итальянском геологе Карло Стурани [1]. Близкие по составу серпентины описывались ранее как гидрофит. инофит [1].

Характ. выдел. Асбестовидные массы, легко расщепляющиеся на пучки изогнутых, гибких волокон ||[010], длиной до нескольких сантиметров (обычно не более 0,2 мм) [1] при поперечных сечениях от 200 до 2000 Å [2].

Структ. и морф. крист. Монокл. с. C_{2h}^3-C2/m , C_s^3-Cm или C_2^3-C2 . $Z = 2$.

Хим. анализ	a_0 (Å)	b_0	c_0	β	$a_0 : b_0 : c_0$	Местонахождение	Ссылка
1	36,70	9,41	7,291	101,1°	3,900 : 1 : 0,775	Валь-Варанта (Италия)	[1]
2	36,55	9,31	7,27	101,05	3,926 : 1 : 0,781	Таберг (Швеция)	[2]

Структура расшифрована с помощью данных высокоразрешающей электронной микроскопии [3], по взаимному расположению и строению тетраэдрического (T) и октаэдрического (O) слоев близка к структуре серпентинов. В отличие от последней слой T имеет упорядоченный ряд вакансий, следствием чего является разделение его на Si—O-ленты из утрученных цепочек с четырехкратной периодичностью



Фиг. 106. Структура карлостуранита (по Меллини и др.)
1 – молекулы воды; 2 – гидроксил-ионы

(фиг. 106). В свободных вершинах ленты атомы О замещены на OH-группы. В октаэдрическом слое катионы Mg, Fe и Ti изоморфно замещают друг друга.

Разделение тетраэдрического слоя на ленты способствует сохранению плоского характера слоев при волокнистой морфологии выделений в отличие от изогнутых слоев, наблюдавшихся в структуре хризотилов.

По сравнению со структурой серпентина в карлостураните выше отношение октаэдрических катионов к тетраэдрическим и величина водной составляющей.

Предложено [3] выделять инофитовую полисоматическую серию, составленную из комбинации S модулей серпентина состава $M_3T_2O_5(OH)_4$ и X модулей состава $M_6T_2O_3(OH)_{14} \cdot H_2O$ (гипотетический гидросоросиликат), которая включает карлостуранит (S_5X) и другие полисомы, выявленные высокоразрешающей электронной микроскопией как дефекты его структуры.

Двойники обычны, плоскость двойникования (100), угол 22°.

Физ. св. Сп. совершенная по (001) [2]. Уд.в. 2,63 (вычисл. 2,606) [1] и 2,68 [2]. Цв. светло-коричневый [1], зеленый [2]. Черта беловатая. Бл. стеклянно-перламутровый.

ИК-спектр подобен спектру хризотила, особенно в области колебаний OH-групп ($3610\text{--}3700\text{ cm}^{-1}$). В области валентных колебаний SiO_4 -тетраэдра обнаружены две не характерные для хризотила полосы (850 и 950 cm^{-1}), обусловленные особенностями структуры карлостуранита.

Микр. Бесцветный (Таберг, Швеция) [2] или плеохроирует от оранжево-коричневого до бледно-оранжево-коричневого || и ⊥ [010] (Валь-Варанта, Италия) [1]. Удлинение (+). Двусный (+). $n_g = 1,54$ [2]; для итальянского образца $n = 1,605$ (вдоль волокон) и $1,600$ (поперек волокон) [1]; двупреломление низкое, || осьм волокон аномальная серо-голубая интерференционная окраска. $2V$ от небольшого (иногда псевдоодноосный) до умеренного. Характерны закономерные срастания с диопсидом и хризотилом: направление волокон карлостуранита [010] || [001] диопсида и хризотила; отмечены непрозрачные включения хроммагнетита и замещение закономерными срастаниями брукита и хризотила [1].

Хим. Анализы (микрозонд.):

	MgO	MnO	FeO	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	SiO ₂	TiO ₂	H ₂ O ⁺	Сумма
1	36,7–41,3 (39,28)	0,5–1,2 (0,72)	3,2–5,8 (4,03)	1,0–1,3 (1,07)	0,2–0,3 (0,24)	33,9–37,2 (35,53)	1,0–4,1 (2,24)	16,85	(99,96)
2	43,11	0,21	2,20	0,74	0,04	36,65	0,02	17,03	100,00

1 – светло-коричневый, Валь-Варанта, Италия [1] (в скобках – среднее из 15 анализов); 2 – зеленый, Таберг, Швеция [2].

Пересчет анализов на 63 атома О:

	Si	Al	Ti	Fe ²⁺	Cr	Mg	Mn
1	11,46	0,41	0,54	1,08	0,06	18,89	0,20
2	11,68	0,28	0,01	0,59	0,01	20,47	0,06

Идеализированная формула: (Mg, Fe, Ti, Mn, Cr, □)₂₁[(Si, Al)₁₂ × O₂₈(OH)₄]OH₃₀ · H₂O.

Для образца из Валь-Варанта отмечены незначительные вариации химического состава от волокна к волокну (прежде всего по Ti). В пределах индивидуальных волокон состав минерала стабилен [3].

Повед. при нагр. [1]. Потеря веса при 40° – 1% и продолжается плавно, составляя при 380° – 5,6, при 750° – 13, при 1000° – 16,85%.

Структура минерала (данные порошкограммы) сохраняется до 400°, затем образуются две фазы – хризотил (исчезает при 500°) и гематит, который присутствует до 1100°.

Нахожд. Встречен в жилах, секущих антигоритовые серпентиниты в оphiолитовой зоне Монвизо (Валь-Варанта, Италия). Распространен на площади в несколько квадратных километров в ассоциации с хризотилом, диопсидом и рудными минералами, локально – с клиногумитом, перовскитом и уваровитом [1]. Обнаружен также в серпентинитах Таберга (Швеция) и в Западных Альпах [2]. Предполагается более широкое распространение в метаморфизованных серпентинитах, а также в ретроградно метаморфизованных мafических и ультрамафических породах [2].

Стабильная ассоциация и совместный рост карлостураниита с хризотилом и диопсидом свидетельствуют о сходных условиях их формирования при $t = 250\text{--}300^\circ$ и $P_{H_2O} = 2$ кбар.

Отл. От хризотила и волокнистого антигорита отличается параметрами решетки, химическим составом [1, 2].

В шлифах сходен с баланджероитом, у которого выше показатель преломления и интенсивность плеохроизма [1].

Межплоскостные расстояния карлостураниита из Валь-Варанта (Италия) [1]

CuK_α-излучение

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
200	25	18,02	12.00; 10.01	5	2,988	17.10; 823	10	2,065
400	5	9,01	12.01			14.03; 932	10	1,9373
001; 201	100	7,17	331; 602	5	2,849	14.02; 333	15	1,9223
201; 401	10	6,28	10.02	5	2,818	15.30	5	1,9030
111; 510; 111	5	5,67	730	5	2,674	204; 604	5	1,8170
401; 601	15	5,15	14.01	15	2,586	18.21; 10.23	15	1,7098
601; 801	5	4,22	802	40	2,562	14.03	15	1,6030
020	10	4,71	12.02	20	2,539	060	20	1,5679
202	20	3,637	931; 403; 203	10	2,425	12.05; 24.03	5	1,3995

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
10.00;002	45	3,595	203	10	2,308	14·05;17.34	5	1,3671
801;10.01	10	3,513	803	15	2,293	16.04;463	5	1,2835
202	55	3,397	14.01; 16.01	35	2,280	24.04;10.63	5	1,2790
802	15	3,096	12.02; 15.11	5	2,101			

L i t e r a t u r a

1. Compagnoni R., Ferraris G., Mellini M. // Amer. Miner. 1985. Vol. 70, N 7/8. P. 767.
2. Mellini M., Zussman G. // Miner. Mag. 1986. Vol. 50, N 358. P. 675.
3. Mellini M., Ferraris G., Compagnoni R. // Amer. Miner. 1985. Vol. 70, N 7/8. P. 773.

СЛОИСТЫЕ СИЛИКАТЫ

СИЛИКАТЫ С СЕРПЕНТИНОВЫМИ И СЛЮДЯНЫМИ СЛОЯМИ

Структура типа серпентина

Группа магнезиальных серпентинов

Структура типа слюд

Группа мусковита

Боромусковит $KAl_2[Si_3BO_{10}](OH, F)_2$

Наньпинит $CsAl_2[(Si, Al)_4O_{10}](OH, F)_2$

Группа флогопита–биотита

Норришит $K(Mn_2^{3+} Li)[Si_4O_{10}]O_2$

СИЛИКАТЫ СО СМЕШАНОСЛОЙНОЙ СТРУКТУРОЙ

СМЕШАНОСЛОЙНЫЕ МИНЕРАЛЫ С УЧАСТИЕМ СЛЮДЯНЫХ СЛОЕВ

Салиотит $Na_{0,5}Li_{0,5}Al_3[(Si_3Al)O_{10}](OH)_5$

СМЕШАНОСЛОЙНЫЕ МИНЕРАЛЫ С УЧАСТИЕМ ПИРОФИЛЛИТОВЫХ СЛОЕВ

Луницзяньтайт $Li_{0,73}Al_{6,19}[Si_7AlO_{20}](OH, O)_{10}$

Феррисурит $(Pb, Ca)_{2-3}(Fe, Al)_2[(Si, Al)_4O_{10}](CO_3)_{1,5-2}(OH, F)_{0,5-1}(OH)_2 \times n H_2O$

СЛОИСТЫЕ СИЛИКАТЫ СО СЛОЖНЫМИ ТЕТРАЭДРИЧЕСКИМИ РАДИКАЛАМИ

СИЛИКАТЫ С ШЕСТИЧЛЕННЫМИ КОЛЬЦАМИ ТЕТРАЭДРОВ

Структура типа эканита

Эканит $ThCa_2[Si_8O_{20}]$

Структура типа орлиманита

Орлиманит $Ca_4Mn_3[Si_8O_{20}](OH)_6 \cdot 2H_2O$

Структура типа тунгусита

Тунгусит* $Ca_{14}Fe_9^{2+}[Si_8O_{20}]_3(OH)_{22}$

Структура типа штрёйтлингита

Группа штрёйтлингита

Штрёйтлингит $Ca_2Al[(SiAl\Box)O_2(OH)_4](OH)_6 \cdot 2,25H_2O$

Вертумнит $Ca_2Al[(Si_{1,25}Al\Box_{0,75})O_3(OH)_3](OH)_6 \cdot 2,45H_2O$

Структура типа амсталита

Амсталит $CaAl[Si_{3,2}Al_{0,8}O_8(OH)_2](OH)_2Cl_{0,2} \cdot 0,8H_2O$

Структура типа макатита

Группа макатита

Силинайт $Na_2Li_2[Si_4O_{10}] \cdot 4H_2O$

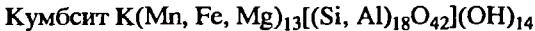
Структура типа пенквилксита

Пенквилксит $Na_4Ti_2[Si_4O_{11}]_2 \cdot 4H_2O$

СИЛИКАТЫ С ТРЕХ- И ШЕСТИЧЛЕННЫМИ КОЛЬЦАМИ ТЕТРАЭДРОВ

Структура типа зусманиита

Группа зусманиита



СИЛИКАТЫ С ЧЕТЫРЕХ- И ВОСЬМИЧЛЕННЫМИ КОЛЬЦАМИ ТЕТРАЭДРОВ

Структура типа джиллеспита



СИЛИКАТЫ С ШЕСТИ- И ДВЕНАДЦАТИЧЛЕННЫМИ КОЛЬЦАМИ ТЕТРАЭДРОВ

Структура типа уикенбергита



СИЛИКАТЫ С ВОСЬМИЧЛЕННЫМИ КОЛЬЦАМИ ТЕТРАЭДРОВ

Структура типа кванфьелдита



СИЛИКАТЫ С ШЕСТИ- И ДЕСЯТИЧЛЕННЫМИ КОЛЬЦАМИ ТЕТРАЭДРОВ

Структура типа лемуанита

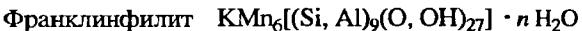
Группа лемуанита



СИЛИКАТЫ С ПЯТИ-, ШЕСТИ-, ВОСЬМИ- И ДВЕНАДЦАТИЧЛЕННЫМИ КОЛЬЦАМИ ТЕТРАЭДРОВ

Структура типа стильтномелана

Группа стильтномелана



СИЛИКАТЫ С СЕРПЕНТИНОВЫМИ И СЛЮДЯНЫМИ СЛОЯМИ

СТРУКТУРА ТИПА СЕРПЕНТИНА

ГРУППА МАГНЕЗИАЛЬНЫХ СЕРПЕНТИНОВ

Ранее (т. IV, вып. 1, с. 125) в группе описаны: лизардит, хризотил, антигорит, амезит.

А. Кларк (Clark, 1993), М. Флейшер и Д. Мандарино (Fleischer, Mandarino, 1995) вместо хризотила указывают три самостоятельных полиморфных минерала: ортохризотил, парахризотил, клинохризотил с химической формулой $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$.

Баумит ($\text{Mg, Mn}^{2+}, \text{Fe}^{2+}, \text{Zn})_3(\text{Si, Al})_2\text{O}_5(\text{OH})_4$, описанный как разновидность фрепонтита (т. IV, вып. 1, с. 202), рассматривается как самостоятельный минеральный вид (Clark, 1993; Fleischer, Mandarino, 1995); по преобладающему магнию в октаэдрической позиции должен быть отнесен к этой группе.

СТРУКТУРА ТИПА СЛЮД

ГРУППА МУСКОВИТА

В данной группе, относящейся к диоктаэдрическим слюдам, ранее описаны мусковит, гидромусковит*, иллит, железистый иллит^{2*}, фенгит^{3*}; лейкофиллит^{2*}, фуксит^{4*}, эллахерит^{2*}, роскоэлит, черныхит, тобелит, гюмбелит^{2*} (т. IV, вып. 1, с. 271).

* = иллит (Флейшер, 1990), измененный мусковит или его разновидность (Clark, 1993).

^{2*} Минеральными видами не числятся.

^{3*} Разновидность мусковита (Флейшер, 1980; Clark, 1993).

^{4*} = хромовый мусковит.

	Сингония	a_0	b_0	c_0	β	Уд.в.
Боромусковит $KAl_2[Si_3BO_{10}](OH, F)_2$	Монокл.	5,075	8,794	19,815	95,59°	2,81
Наныгинит $CsAl_2[(Si, Al)_4O_{10}](OH, F)_2$	"	5,362	8,86	21,42	95,77	3,11

Боромусковит Boromuscovite
 $KAl_2[Si_3BO_{10}](OH, F)_2$

Назван по аналогии с мусковитом и преобладанию В [1].

Характ. выдел. Фарфоровидные корочки и снегоподобные налеты толщиной до 1 см, сложенные зернами размером в среднем 3–4 мкм.

Структ. и морф. крист. Монокл. с. Смесь политипов 2M₁ и 1M с параметрами соответственно: $a_0 = 5,075$ и $5,077$, $b_0 = 8,794$ и $8,775$, $c_0 = 19,815$ и $10,061\text{ \AA}$; $\beta = 95,59$ и $101,31^\circ$; $a_0 : b_0 : c_0 = 0,577 : 1 : 2,253$ и $0,578 : 1 : 1,146$; $V = 879,7$ и $439,53\text{ \AA}^3$ [1].

Тетраэдрическая позиция занята Si и В.

Кристаллы – псевдогексагональные таблички до 5 мкм в поперечнике [1].

Физ. св. Сп. весьма совершенная по (001); отдельность плохая по (010). Изл. полураковистый (в агрегатах). Тв. 2,5–3. Уд.в. 2,81 (вычисл. 2,89 для политипа 2M₁ и 2,90 для политипа 1M). Цв. от белого до светло-кремового и темно-желтого. Черта белая. Бл. землистый до фарфоровидного. Непрозрачный.

Не стабилен в электронном пучке и в секунды становится аморфным.

ИК-спектр сходен с мусковитовым. Полосы поглощения при 800 – 1200 cm^{-1} отвечают колебаниям $(Si, Al, B)O_4$; полосы при 3440 и 1650 cm^{-1} – соответственно OH и H₂O. Некоторые различия в ИК-спектрах боромусковита и мусковита проявляются при 500 и 750 cm^{-1} , причем колебания при 750 cm^{-1} , очевидно, являются результатом замещения тетраэдрического Al на В.

Микр. Бесцветный. Не плеохроирует. Двусочный (–). Для политипа 2M₁ пл. опт. осей $\perp (010)$, $aNm = 2^\circ$ в тупом углу β , $Ng = b$, $cNp = 1^\circ$ в остром углу β ; $n_g = 1,593$, $n_m = 1,587$, $n_p = 1,557$ (при 589 нм и 22°); $2V = 44^\circ$ (вычисл. $47,5^\circ$). Дисперсия слабая, $r > v$.

Хим. Теор. состав. для $KAl_2[Si_3BO_{10}](OH)_2$: K₂O – 11,84; Al₂O₃ – 25,61; B₂O₃ – 8,75; SiO₂ – 45,24; H₂O – 8,55.

Отмечается широкий изоморфизм: К замещается на Rb, Ca; Al в октаэдрической позиции – на Li, Mg; В – на Al; OH – на F.

Анализ (микрозонд. и рентгенофлюоресцентный – на главные элементы) боромусковита из Калифорнии [1]: K₂O – 11,0; Li₂O^{*} – 0,05; Rb₂O^{2*} – 0,52; Cs₂O^{2*} – 0,05; MgO – 0,15; Mn – 0,08; CaO – 0,1; B₂O₃^{*} – 7,0; Al₂O₃ – 28,1; Fe₂O₃ – 0,1; SiO₂ – 48,1; H₂O⁺ – 4,55^{3*}; H₂O⁻ – 0,22; F^{4*} – 0,76; –O = F₂ – 0,32; сумма^{5*} 100,46.

* Индуктивно-ионная плазменная спектрометрия.

^{2*} Эмиссионная спектроскопия и атомная абсорбция.

^{3*} Микрокулонометрия [1].

^{4*} Ион-селективный электрод.

^{5*} Na₂O, TiO₂, P₂O₅ не обн.

Эмпирическая формула на основе 12(O + OH + F): (K_{0,89}Rb_{0,02}Ca_{0,01})_{0,92} × (Al_{1,93}Li_{0,01}Mg_{0,01})_{1,95}(Si_{3,06}B_{0,77}Al_{0,17})_{4,00}O_{9,82}[(OH)_{2,02}F_{0,16}]_{2,18}.

Нахожд. [1]. Поздний гидротермальный минерал миароловых пустот главной пегматитовой дайки Литтл-Три в пегматитовом районе Рамона, округ Сан-Диего, шт. Калифорния (США). Обнаружен в крупном гнезде Нью-Сполдинг, разрабатываемом на драгоценные и высококачественные турмалин и топаз. Образует белые или кремовые фарфоро- и снегоподобные корочки и налеты на первичных минералах – кварце, лепидолите, микроклине, топазе, а также на обломках топаза, эльбита и других минералов на дне гнезда. В корочках боромусковита встречаются включения обломков топаза, альбита, эльбита и др. В краевых участках гнезда присутствуют только снегоподобные корочки боромусковита с мусковитом или кукеитом. Глинистое вещество, заполняющее миаролы, представлено главным образом монтмориллонитом.

Образовался из гидротермальных растворов при температуре 350–400° и давлении 1–2 кбар (предполагается на основе экстраполяции температур гомогенизации газово-жидких включений в миароловых минералах из других пегматитов района). Совместное отложение политипов 2M₁ и 1M боромусковита также, вероятно, отражает низкие температуры его кристаллизации.

Искусств. В-содержащий мусковит вместе с санидином был синтезирован [2] из смеси K₂O + 6SiO₂ + Al₂O₃ + H₃BO₃ в водном флюиде во время гидротермального эксперимента при температуре 300° за 660 ч и при 400° за 648 ч при *P*_{H₂O} = 2 кбар.

Межплоскостные расстояния боромусковита из Нью-Сполдинга, шт. Калифорния (США) [1]

CuK_α-излучение. Камера Гинье

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	По- ли- тип	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	По- ли- тип	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	По- ли- тип
002	60	9,862	2M ₁	025	<10	2,930	2M ₁	202	10	2,066	1M
001	60	9,862	1M	113	20	2,865	1M	221	10	2,043	1M
004	20	4,929	2M ₁	201	30	2,5332,5	1M	00.10		1,972	2M ₁
002	20	4,929	1M	200	40	24	2M ₁		30		
110	80	4,391	2M ₁	131	80	2,505	1M	005		1,972	1M
111	<10	4,350	2M ₁	200	40	2,489	1M	204	10	1,954	1M
111	40	4,239	1M	117	<10	2,467	2M ₁	113	10	1,910	1M
111	<10	4,194	2M ₁	113	10	2,427	1M	208	<10	1,857	2M ₁
022	40	4,007	2M ₁	202	10	2,421	1M	224	10	1,756	1M
113	10	3,799	2M ₁	131	20	2,388	1M	311;106	10	1,661	1M
023	10	3,652	2M ₁	204	30	2,341	2M ₁	20.10	10	1,633	2M ₁
112	100	3,569	1M	201	20	2,309	1M	204;152	10	1,601	1M
								154	10	1,590	2M ₁

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	По-ли-тип	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	По-ли-тип	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	По-ли-тип
114	10	3,418	2M ₁	221;040	40	2,195	1M	313	<10	1,588	1M
006		3,287	2M ₁	204	20	2,165	2M ₁	243	<10	1,555	1M
	40										
003		3,287	1M	041	10	2,141	1M	02.12	<10	1,539	2M ₁
024	20	3,280	2M ₁	222	10	2,119	1M	206;323	<10	1,515	1M
114	10	3,142	2M ₁	206	30	2,104	2M ₁	135	<10	1,485	1M
112	80	3,008	1M	135	10	2,087	2M ₁	060	40	1,465	2M ₁

Л и т е р а т у р а

1. Food E.E., Martin R.F., Fitzpatrick J.J., Taggart J.E., Crock J.G. // Amer. Miner. 1991. Vol. 76, N 11/12. P. 1998.
 2. Eugster H.P., Wright T.L. // US Geol. Surv. Profess. Pap. 1960. N 400-B. P. 441.

Наильпинит Nanpingite CsAl₂[(Si, Al)₄O₁₀](OH, F)₂

Назван по месту находки близ г. Наньпин (Китай) [1].

Характ. выдел. Пластинки и чешуйки диаметром до 10 мм (обычно 1–5 мм), редко псевдогексагональные кристаллы; радиальные и гребенчатые агрегаты.

Структ. и морф. крист. Монокл. с. C_{2h}^6 –C2/c; политип 2M₁. $a_0 = 5,362$, $b_0 = 8,86$, $c_0 = 21,42\text{ \AA}$; $\beta = 95,77^\circ$; $a_0 : b_0 : c_0 = 0,605 : 1 : 2,418$; $Z = 4$.

Изоструктурен с мусковитом 2M₁. Межслоевая позиция занята Cs, частично K и Rb.

Физ. св. [1]. Сп. весьма совершенная по (001). Хрупкий (более, чем мусковит), гибкий (менее, чем мусковит). Тв. 2–3. Уд.в. 3,11 (вычисл. 3,19). Цв. белый, серебристо-белый. Черта белая. Бл. стеклянный; перламутровый на плоскостях спайности. В тонких чешуйках прозрачен.

Микр. [1]. Двусочный (–). $Ng = b$. $n_g = 1,588$, $n_m = 1,584$, $n_p = 1,551$; $n_g - n_p = 0,037$; $2V = 46^\circ$. Дисперсия слабая, $r > v$.

Хим. Цезиевый аналог мусковита. Теор. состав для CsAl₂(Si₃Al)O₁₀(OH)₂: Cs₂O – 27,76; Al₂O₃ – 30,10; SiO₂ – 35,45; H₂O – 6,69.

Изоморфизм: Cs замещается на K и Rb; Al^{VI} – на Mg, Fe, Li; OH – на F [1].

Анализ (комбинированный – весовой и микрозонд.) [1]:

Li ₂ O	0,44	Al ₂ O ₃	25,61
Na ₂ O	0,00	SiO ₂	38,54
K ₂ O	0,54	TiO ₂	0,002
Cs ₂ O	25,29	H ₂ O	3,27
Rb ₂ O	0,25	F	1,00
MgO	1,78	Сумма	99,23
CaO	0,007	–O = F ₂	0,42
MnO	0,07	Сумма	98,81
FeO	2,44		

Эмпирическая формула (на Si + Al^{IV} = 4): (Cs_{0,88}K_{0,06}Rb_{0,01})_{0,95}(Al_{1,64}Mg_{0,22}F_{0,17} × Li_{0,15})_{2,18}[(Si_{3,16}Al_{0,84})₄O_{9,95}][(OH)_{1,79}F_{0,26}]_{2,05}.

Нахожд. [1]. В прожилках в богатой поллуцитом средней зоне мусковит-альбит-сподуменового пегматита района Наньпин (пров. Фуцзян, Китай); ассоциирует с монтебразитом, кварцем и апатитом.

Межслоистные расстояния наньпинита из Наньпина (Китай) [1]

Си-излучение. Дифрактометр

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
114	5	3,622	202	14	2,654
114	6	3,329	0.0.10	85	2,129
115	5	2,993	223	16	2,122
116	5	2,919	315	6	1,562
008	100	2,664	067	14	1,328

Л и т е р а т у р а

1. Yang Y., Ni Y., Wang L., Wang W., Zhang Y., Chen Ch. // Yanshi Kuangwuxue Zashi. 1988. Vol. 7. P. 49 (на кит. яз., рез. англ.); Amer. Miner. 1990. Vol. 75, N 5/6. P. 708.

ГРУППА ФЛОГОПИТА-БИОТИТА

Ранее в группе, относящейся к триоктаэдрическим слюдам, описаны: флогопит, биотит, аннит, сидерофиллит, манганофиллит*, монтдорит, хендриксит, буркхардтиит (т. IV, вып. 1, с. 391).

* = марганцовистый биотит (Флейшер, 1990).

	Сингония	<i>a</i> ₀	<i>b</i> ₀	<i>c</i> ₀	β	Уд.в.
Норришит $K(Mn_2^{3+}Li)_x \times [Si_4O_{10}]O_2$	Монокл.	5,293	8,936	10,077	98,0°	3,264

Норришит Norrishite



Назван в честь австралийского минералога К. Норриша [1].

Синон. Марганцевый биотит [2].

Характ. выдел. Чешуйки до 1,5 мм в попечнике.

Структ. и морф. крист. Монокл. с. C_{2h}^3-C2/m или $C2$ и Cm ; политип 1M. $a_0 = 5,293$, $b_0 = 8,936$, $c_0 = 10,077$ Å; $\beta = 98,0^\circ$; $a_0 : b_0 : c_0 = 0,591 : 1 : 1,127$; $Z = 2$ [1].

Триоктаэдрическая слюда с межслоевым ионом К ряда флогопит–биотит. По заполнению тетраэдрических позиций (см. хим.) слюда определяется как чисто кремниевая. Октаэдрические позиции M(1) заселены Li, M(2) – катионами Mn³⁺. Присутствие в минерале Mn в трехвалентном состоянии подтверждается характером спектра поглощения и кристаллохимическими данными, а также согласуется с общей окисной природой вмещающей породы и ассоциацией с другими Mn³⁺-содержащими минералами.

Физ. св. Сп. весьма совершенная по (001), несовершенная по (010) и (100). Тв. 2,5. Уд.в. 3,264 (вычисл. 3,255). Цв. черный. Бл. сильный. Спектр оптического поглощения по *Nm* и *Ng* показывает интенсивные широкие области поглощения при 450 нм (22 000 см⁻¹). Поглощение по *Ng* имеет также плечо при ~515 нм (19 500 см⁻¹) и слабую полосу поглощения при 570 нм (17 500 см⁻¹). Эти полосы поглощения характерны для Mn³⁺ в синтетическом флогопите, пьемонтите и

канонаите. Кроме того, в спектре по Ng наблюдаются две очень резкие линии поглощения – при 551 нм ($18\ 150\text{ см}^{-1}$) и 470 нм ($21\ 300\text{ см}^{-1}$); линии при 551 нм наблюдаются и в спектре по Nm .

ИК-спектр отличается от таковых большинства слюд почти полным отсутствием полос поглощения в области 3500 см^{-1} , что согласуется с меньшим содержанием воды по сравнению с другими слюдами.

Микр. Плеохроизм: по Ng – желто-бурый, по Nm – лимонно-до оливково-зеленого (наблюдается цветовая зональность – зеленое ядро, желтая кайма), по Np – желтый. Двусный (+). Пл. опт. осей под углом 70° к (001); $Ng \parallel b$; $aNm = 20^\circ$. $n_g = 1,785$, $n_m = 1,687$, $n_p = 1,636$; $n_g - n_p = 0,049$; $2V = 74^\circ$ (вычисл. 75°). Дисперсия сильная, $r > v$ (в синем свете $2V = 71^\circ$, в красном – 75°).

Хим. Теор. состав $\text{KMn}_2\text{LiSi}_4\text{O}_{12}$: $\text{K}_2\text{O} = 10,23$; $\text{Li}_2\text{O} = 3,24$; $\text{Mn}_2\text{O}_3 = 34,33$; $\text{SiO}_2 = 52,20$.

Отмечается широкий изоморфизм: К замещается на Na, Ca, Ba; Mn^{3+} – на Fe^{3+} , Mg , Ti; Si – на Al. Содержание H_2O крайне низкое – 0,65, что эквивалентно 0,07% H.

Анализы (1 – микрозонд., среднее из 8 определений по 4 кристаллам, оригинал структурных исследований; 2 – плазменно-наведенная атомно-эмиссионная спектроскопия):

	1	2		1	2		1	2
Na_2O	0,03	0,18	CaO	0,02	0,03	TiO_2	0,05	0,11
K_2O	9,84	9,35	Al_2O_3	0,72	0,93	H_2O^+	0,65 ^{2*}	0,66
Li_2O	3,2*	3,2	Fe_2O_3	0,05	0,05	F	0,07	0,0
MgO	0,21	0,23	Mn_2O_3	33,34	31,22	Сумма	99,23 ^{3*}	97,86 ^{4*}
BaO	0,07	0,04	SiO_2	50,98	51,6			

* Атомно-абсорбционный анализ.

^{2*} ТГА.

^{3*} В оригинале 98,94.

^{4*} В том числе: Sr – 0,01, S – 0,11, Ni – 0,02 Cu – 0,05, Pb – 0,01, Zn – 0,01, Co – 0,05; в оригинале сумма 97,90.

Эмпирическая формула (ан. 1 – расчет по п.э.я. и уд. в.): $(\text{K}_{1,94}\text{Na}_{0,01}\text{Ca}_{0,02} \times \text{Ba}_{0,07})_{2,04}(\text{Mn}_{3,92}^{3+}\text{Mg}_{0,05}\text{Ti}_{0,02})_{3,99}\text{Li}_{2,00}(\text{Si}_{7,88}\text{Al}_{0,13})_{8,01}\text{O}_{24,22}$ или $\text{K}_{1,02}(\text{Mn}_{1,86}^{3+} \times \text{Mg}_{0,03})_{1,89}\text{Li}_{1,00}(\text{Si}_{3,94}\text{Al}_{0,06})_{4,0}\text{O}_{11,9}(\text{OH})_{0,3}$.

Повед. при нагр. При нагревании до 110° на воздухе и в атмосфере азота с использованием окислителя CuO выделяется соответственно 0,04 и 0,27% H_2O ; при нагревании в тех же условиях до 1100° – соответственно 0,65 и 0,67% H_2O .

Найдж. Породообразующий минерал богатых Mn кристаллических сланцев месторождения Хоскинс близ Гренфелл (Новый Южный Уэльс, Австралия). Главный минерал (до 25%) ассоциации амфибол + клинопироксен + браунит + марганцевый пектолит + норришит \pm карбонат \pm полевой шпат. Наблюдаются отдельные прослойки (шириной до 6 мм), содержащие более 40% норришита. Более редкая ассоциация – кварц + амфибол + клинопироксен + норришит (до 5%) \pm пектолит \pm карбонат. Предполагается стабильное сосуществование с другими первичными минералами (никаких текстур замещения не наблюдается). В норришите спорадически встречаются включения пластинчатых зерен амфиболя, клинопироксена и браунита, строго ориентированные копланарно складчатости породы.

Отл. От других слюд отличается схемой плеохроизма, косым угасанием и положительным оптическим знаком, а также проявлением заметной спайности по (100) и (010), кроме обычной весьма совершенной базальной спайности.

Межплоскостные расстояния норришита из месторождения Хоскинс (Австралия) [1]

CuK α -излучение. Дифрактометр

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
001	10	10,01	131	5	2,549	223	2	1,98
002	0,5	4,99	004	2	2,495	134	1	1,735
020	5	4,464	201	3	2,452	204	3ш	1,695
111	4	4,322	132	6	2,365	006	2	1,663
021	2	4,08	114	1	2,306	135	4	1,638
112	6	3,571	200;221	2	2,26	243	2ш	1,573
003	8	3,329	132	1	2,24	153;135	2ш	1,535
112	7	3,160	202	1	2,198	331	4	1,517
113	1	2,86	041	3	2,177	060	3	1,490
023	3	2,671	221	1	2,15	007	1	1,425
200	5	2,620	133	4	2,116	136;245	4	1,357
130	2	2,586	005	2	1,996	008	1	1,247

Литература

1. Eggleton R.A., Ashley P.M. // Amer. Miner. 1989. Vol. 74, N 11/12. P. 1360.

2. Ryall A.R. Geology of the Grenfell area, New South Wales: B.A. Honours thesis / Macquarie University. Sydney, 1974.

СИЛИКАТЫ СО СМЕШАНОСЛОЙНОЙ СТРУКТУРОЙ

СМЕШАНОСЛОЙНЫЕ МИНЕРАЛЫ
С УЧАСТИЕМ СЛЮДЯНЫХ СЛОЕВ

Ранее описанные среди этих минералов Na-ректорит, K-ректорит, иллит-смектиты, тарасовит, слюда-вермикулиты (т. IV, вып. 2, с. 250), согласно А. Кларку (Clark, 1993) и М. Флейшеру и Д. Мандарино (Fleischer, Mandarino, 1995), к минеральным видам не относятся.

	Сингония	<i>a</i> ₀	<i>b</i> ₀	<i>c</i> ₀	β	Уд.в.
Салиотит Na _{0,5} Li _{0,5} Al ₃ [(Si ₃ Al)O ₁₀](OH) ₅	Монокл.	5,158	8,914	23,83	94°23'	2,75

Салиотит Saliotite
Na_{0,5}Li_{0,5}Al₃[(Si₃Al)O₁₀](OH)₅

Назван по имени французского геолога Пьера Салиота [1].

Характ. выдел. Изогнутые чешуйки (0,25–1 мм длиной, 0,05–0,1 мм шириной), розетковидные агрегаты (до 0,5 мм в диаметре), симплектитовые сростки с кукеитом и парагонитом.

Структ. и морф. крист. Монокл. с. $C2/m$. $a_0 = 5,158$, $b_0 = 8,914$, $c_0 = 23,83$ Å; $\beta = 94^\circ 23'$; $a_0 : b_0 : c_0 = 1,728 : 1 : 4,620$; $V = 1093$ Å³; $Z = 4$ [1, 2].

В структуре [1] идеально правильно 1 : 1 упорядоченно ($R = 1$) чередуются слои кукеита (ди-триоктаэдрического хлорита, 14 Å) и парагонита (диоктаэдрической слюды, 9,5 Å, политип IМ), что подтверждено наблюдениями под электронным микроскопом высокого разрешения. Периодичность, измеренная вдоль нормали к слою, колеблется в пределах 22,5–23,5 Å, что меньше рассчитанного значения и отражает колебания периода вдоль слоя из-за его уплотнения под воздействием электронного пучка.

Физ. св. [1]. Сп. совершенная по (001). Уд.в. 2,75 (вычисл.). Цв. жемчужно-белый. Бл. перламутровый.

Микр. [1]. Бесцветный, не плеохроирует. Удлинение (+). Двуосный (–). $Ng = b$,

$Nm = a$, $cNp = 4^\circ$. $n_g = 1,592$, $n_m = 1,588$, $n_p = 1,584$; $n_g - n_p = 0,008$; $2V$ (изм.) = 30–50°. По оптическим свойствам – промежуточный между кукситом и парагонитом.

Хим. [1]. Теор. состав: $\text{Na}_2\text{O} - 3,43$; $\text{Li}_2\text{O} - 1,66$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 45,13$; $\text{SiO}_2 - 39,82$; $\text{H}_2\text{O} - 9,50$. Содержит незначительные количества Ca, Mg и K, изоморфные с Na, и Fe, вероятно, замещающие Al.

Анализы (электронный и ионный микрозонд):

	1	2	3		1	2	3
Na_2O	2,59	2,79	2,54–3,14	FeO	0,39	0,47	0,31–0,59
K_2O	0,35	0,41	0,25–0,54	Al_2O_3	45,40	43,65	42,14–45,46
Li_2O	1,64	1,67	1,64–1,71	SiO_2	40,40	41,22	40,40–42,11
MgO	0,06	0,05	0,02–0,06	Сумма	91,18	90,51	88,60–91,63
CaO	0,29	0,25	0,15–0,38	H_2O^*	8,82	9,49	11,40–8,37
MnO	0,00	0,00		Сумма	100,00	100,00	

* По разности.

1 – "типичный" салиотит с высоким содержанием Al_2O_3 и Na_2O ; 2 – среднее из 14 анализов; 3 – пределы колебаний.

Эмпирическая формула для анализа 2 (расчитанная по средним значениям): $\text{Si}_{3,1}\text{Al}_{3,8}\text{Mg}_{0,01}\text{Fe}_{0,03} \times \times \text{Ca}_{0,02}\text{K}_{0,04}\text{Na}_{0,41}\text{Li}_{0,5}\text{O}_{9,86}(\text{OH})_5$.

Нахожд. [1, 2]. Породообразующий минерал метаосадочных пород. Обнаружен среди пермо-триасовых сланцев в горах Сьерра Аламилья в Андалузии (Испания), а также в виде реликтов среди метапелитов Западного Крита (Греция). Ассоциирует с Fe-Mg-карфолитом, пирофиллитом и арагонитом, что отвечает стадии метаморфизма низких температур и высоких давлений (около 280–330° и 8 кбар). В этих условиях из Al-Si-растворов, содержащих Li и Na, вместо куксита и парагонита образуется салиотит, имеющий вдвое меньший объем: $V_{\text{сал}} = 1093 = 0,5 (877_{\text{кук}} + 1303_{\text{пар}}) \text{ \AA}^3$. Куксит и парагонит широко распространены в более поздних сланцах, где салиотит не встречается. О ранней кристаллизации салиотита свидетельствуют деформированность его чешуек по отношению к первичной сланцеватости и наличие включений салиотита в жилах кальцита с реликтами арагонита.

Изм. [1]. Под электронным пучком в течение нескольких секунд уплотняется, затем аморфизуется и разрушается.

Межплоскостные расстояния салиотита из Андалузии, Испания [1]
CuK α -излучение. Камера Гандольфи

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
001		23,76*	113	<10	3,781	312	30	1,684
002	70	11,89	007	<10	3,395	1.1.14	50	1,623
003	30	7,93	008	20	2,966	0.0.16	90	1,486
004	10	5,93	131	100	2,547	332	20	1,462
005	50	4,75	133	70	2,476	064	30	1,442
110	90	4,456	134	30	2,398	065	10	1,418
111	90	4,325	135	20	2,229	335	10	1,393
112	20	4,267	205	10	2,195	2.0.15	40	1,307
112	<10	4,087	045	40	2,018	400	10	1,286
006	<10	3,961	0.0.12	30	1,982			

* Рефлекс наблюдается только на дифрактограмме.

Литература

1. Goffe B., Baronne A., Morin G. // Europ. J. Miner. 1994. Vol. 6, N 6. P. 897.
2. Goffe B., Baronne A., Jullien M., Morin G. // Abstr. 16th Gen. Meet. of Intern. Miner. Assoc. Pisa, 1994. P. 148.

**СМЕШАНОСЛОЙНЫЕ МИНЕРАЛЫ
С УЧАСТИЕМ ПИРОФИЛЛОВЫХ СЛОЕВ**

Ранее смешанослойные силикаты, содержащие пирофиллитовые слои, среди минералов не описывались.

	Сингония	a_0	b_0	c_0	β	Уд.в.
Луницзяньлаит	Монокл.	5,09	8,97	$c_0 \sin \beta = 23,397$		2,75
$\text{Li}_{0,73}\text{Al}_{6,19}[\text{Si}_7\text{AlO}_{20}](\text{OH}, \text{O})_{10}$						
Феррисурит $(\text{Pb}, \text{Ca})_{2-3}(\text{Fe}, \text{Al})_2 \times [\text{Si}, \text{Al}]_4\text{O}_{10})(\text{CO}_3)_{1,5-2} \times (\text{OH}, \text{F})_{0,5-1}(\text{OH})_2 \cdot n \text{H}_2\text{O}$		5,241	9,076	16,23	90,03°	4,0

Луницзяньлаит Lunijianlaite



Название от китайских слов, означающих "хлорит между пирофиллитом" [1], что, согласно номенклатурным требованиям MMA, отражает групповые названия составляющих слоев.

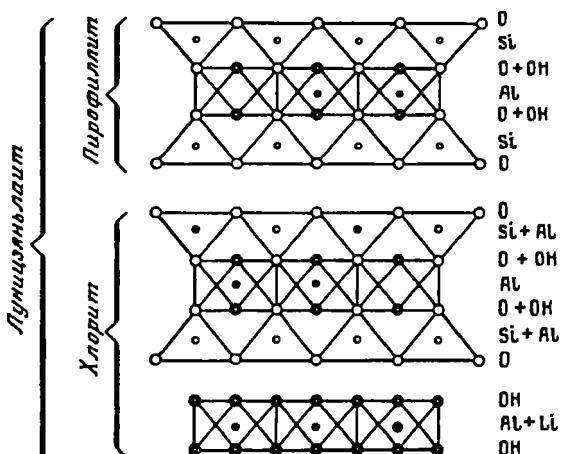
Характ. выдел. Игольчатые кристаллы длиной до 0,4–1,2 мм; радиально-лучистые агрегаты диаметром 0,8–2,0 мм [1].

Структ. и морф. крист. Монокл. с. $a_0 = 5,09$, $b_0 = 8,97$; $c_0 \sin \beta = 23,397 \text{ \AA}$.

Упорядоченный смешанослойный 1 : 1 кукейт (хлорит) – пирофиллит. На дифрактомограмме присутствуют все $00l$ -линии (l от 1 до 18), что указывает на упорядоченность переслаивающихся пирофиллитовых и кукейтовых слоев. Средняя толщина слоя $d(001)$ равна 23,397 Å; при этом толщина слоя пирофиллита 9,233 Å и кукейта 14, 164 Å (фиг. 107).

Наблюдения в высокоразрешающем просвечивающем электронном микроскопе структуры вдоль [001], [110] и [100] показали [2] закономерное переслаивание пирофиллитовых и кукейтовых слоев вдоль оси c в стабильных доменах луницзяньлаита (толщиной 200 Å), а также микросегрегацию кукейтовых доменов, неупорядоченность по осям a и b и ошибки упаковки отдельных слоев.

Физ. св. Сп. весьма совершенная по (001). Тв. 2. Уд.в. 2,75. Бесцветный до белого цвета. Прозрачный.



Фиг. 107. Схема структуры луницзяньлаита (по Кону и др.).

В ИК-спектре наблюдаются интенсивные полосы поглощения [1]: 355, 483, 520, 541, 577, 747, 880, 947, 986, 1010, 1050, 1069, 1123, 3360, 3380, 3530, 3604, 3667 см⁻¹.

Микр. [1]. Бесцветный, прозрачный. Двусный (–). Погасание волнистое (до 2–6°). $n_g = 1,587$, $n_m = 1,582$, $n_p = 1,576$; $n_g - n_p = 0,011$; $2V = 60^\circ$.

Хим. Анализ (микрозонд., атомно-адсорбционная спектро-графия – Li, ТГ – H₂O): Na₂O – 0,063; K₂O – 0,012; Li₂O – 1,57; Al₂O₃ – 44,80; Fe₂O₃ – 0,60; SiO₂ – 41,61; H₂O⁺ – 11,296; сумма 99,951.

Рассчитанная идеальная формула, соответствующая 1 : 1 слоям кукеита и пирофиллита: $\text{Li}_{0,732}\text{Al}_{4,189}[\text{Si}_3\text{AlO}_{10}](\text{OH}, \text{O})_8 \cdot \text{Al}_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2$.

Нахожд. Встречен в корундовых выделениях на пирофиллитовом месторождении Цинтянь (prov. Чжихэ, Китай), приуроченных к гидротермально измененным риолитам. Иногда на контактах между корундом и луницзяньлаитом присутствует диаспор. Отмечаются также пирофиллит, хлорит, иллит, галлуазит, сванбергит, цеолит и гематит.

Межплоскостные расстояния луницзяньлаита из Цинтяня (Китай) [1]

Дифрактометр

лун	<i>hkl</i>		<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>		<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
	кук	пир			лун	кук		
001			6	23,500		205;007	7	2,019
	001		22	14,267	00.12	204	6	1,946
002			15	11,788		206	2	1,838
	002		5	9,252	00.13		5	1,795
003			22	7,802		008	3	1,767
	002		20	7,113	00.14		<0,5	1,677
004			5	5,852			1	1,645
005	003		100	4,704			1	1,628
006			8	3,899	00.15	206	2	1,556
	004		45	3,539		208	1	1,532
007			47	3,343		060	0,5	1,489
	006		12	3,069	00.16	062	1	1,459
008			40	2,919		00.10	3	1,412
	005		22	2,832			0,5	1,396
009			1	2,596	00.17	064;208	2	1,373
	202		1	2,509			1	1,313
00.10	203		8	2,337	00.18		1	1,296
	202		1	2,300			1	1,177
	204		0,5	2,201	00.20		1	1,167
00.11			2	2,122				

Литература

- Kong Youhua, Peng Xiumen, Tian Dehui // Acta Miner. Sinica. 1990, Vol. 10, N 4. P. 289. На кит. яз., рез. англ.
- Kong Youhua, Peng Xiumen, Tian Dehui // Ibid. 1992. Vol. 12, N 1. P. 7.

Феррисурит Ferrisurite



Железистый аналог сурита [1].

Сурит описан (т. IV, вып. 2, с. 234) среди триоктаэдрических хлоритов. Однако отсутствие бруцитоподобных и наличие церусситоподобных слоев указывает на принадлежность его к силикатам со смешанослойной структурой с участием пирофиллитоподобных слоев.

Характ. выдел. Радиально-лучистые или перистые агрегаты игольчатых или уплощенных кристаллов, до 2 мм по удлинению при толщине 0,01–0,04 мм.

Структ. и морф. крист. [1]. Монокл. с. $C_2^2-P2_1$ или $C_{2h}^2-P2_1/m$. $a_0 = 5,241$, $b_0 = 9,076$, $c_0 = 16,23$ Å; $\beta = 90,03^\circ$; $a_0 : b_0 : c_0 = 0,577 : 1 : 1,788$; $V = 772$ Å³; $Z = 2$. Параметры ячейки и ее объем несколько выше, чем у сурита. Уточненные параметры ячейки сурита: $a_0 = 5,241$, $b_0 = 8,95$, $c_0 = 16,20$ Å; $\beta = 90,0^\circ$; $a_0 : b_0 : c_0 = 0,586 : 1 : 1,810$; $V = 760$ Å³ [1].

Кристаллы вытянуты по оси *a*. Преобладающая форма (010); другие формы не измерялись. Двойники не наблюдались.

Физ. св. [1]. Сп. по (010) совершенная. Иголочки и отдельные кристаллы весьма упругие. Тв. 2–2,5. Уд.в. 4,0 (вычисл. 3,89). Цв. светло-желто-зеленый. Черта зеленовато-желтая. В плотных агрегатах: цв. темно-зеленый, черта оливково-зеленая. Бл. шелковистый. Прозрачный до полупрозрачного.

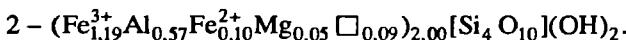
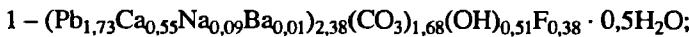
ИК-спектр подобен таковому сурита и характеризуется полосами поглощения при 1019, 878, 819, 491 и 425 см⁻¹, сопоставимыми по положению и интенсивностям с полосами поглощения ИК-спектра смектита, которые могут быть приписаны структуре силиката. Полосы 3452 и 1622 см⁻¹ соответствуют H₂O, а 3543 см⁻¹ – OH-группам. Полосы 1422, 853 и 691 см⁻¹ сравнимы с таковыми в ИК-спектре церуссита и могут быть приписаны карбонатным группам.

В ультрафиолетовом свете не флюоресцирует.

Микр. Плеохроизм: по *Np* – желтый, по *Nm* – коричневый, по *Ng* – светло-зеленый. Двусочный (+). *Np* = *c*, *Nm* = *b*, *Ng* = *a*. Показатели преломления намного выше, чем у сурита: *n_g* = 1,773, *n_m* = 1,763, *n_p* = 1,757; *n_g* – *n_p* = 0,016; 2*V* = 76° (вычисл.).

Хим. Анализ (микрозонд., среднее из 3) [1]: Na₂O – 0,3; MgO – 0,2; CaO – 3,4; BaO – 0,1; FeO – 0,8; PbO – 42,7; Al₂O₃ – 3,2; Fe₂O₃ – 10,5; SiO₂ – 26,6; F – 0,8; CO₂ – 8,2; H₂O – 3,5; –O = F – 0,3; сумма 100,0. H₂O определена методом Фишера (из 15 мг), CO₂ – колориметрическим методом (9 мг), Fe²⁺ – потенциометрическим методом (23 мг).

Исходя из предложенной [2] для сурита церуссит-смектитовой смешанослойной модели, формула феррисурита (на 4 Si):



1 – межслоевой церусситовый промежуток; 2 – смектитовый слой.

Уточненная формула для сурита, рассчитанная из данных [2]: ($\text{Pb}_{1,84}\text{Ca}_{0,77} \times \text{Na}_{0,23}\text{Cu}_{0,01} \times \text{Al}_{0,43}\text{O}_{10}$)₂(CO₃)_{1,95}(OH)_{0,59} 0,58 H₂O(Al_{1,58}Mg_{0,29}Fe_{0,05}□_{0,08})_{2,00}[Si_{3,57} ×

× Al_{0,43}O₁₀](OH)₂.

Диагн. исп. Растворяется с шипением и выделением пузырьков в HCl 1 : 1 при комнатной температуре с образованием студенистого осадка.

Нахожд. Найден вблизи Биг Дод Спринг в районе Иньо, восточнее Лон Пайн в Долине смерти (шт. Калифорния, США), в слабо окисленных свинцовых рудах в контактово-метаморфизованных сланцеватых илистых известняках. Образует лучистые агрегаты в прожилках или игольчатые кристаллы, пронизывающие зерна кварца и церуссита. Ассоциирует с галенитом, пиритом, халькопиритом, кварцем, кальцитом, рутилом, вульфенитом, церусситом, миметитом, ковеллином, халькоzinом, малахитом и гематитом. Образуется на ранних стадиях окисления, при изменении силикатов в непосредственной близости с галенитом.

Межплоскостные расстояния феррисурита из Биг Дод Спринг, шт. Калифорния (США)
CuK_α-излучение, Ni-фильтр, *D* = 114,6 мм. Камера Гандольфи

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
001	40	16,1	204;̄204	10	2,199
002	5	8,15	043;223;̄223	15ш	2,090
003	25	5,40	231;231;018;044;224;̄224	20ш	1,973

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (\AA)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (\AA)
110;020	100	5,43	225;225;045;233;233	< 5	1,864
021;111;111	10	4,36	009	5	1,811
004	10	4,05	150;240;310	25	1,715
014;103	35ш	3,727	303;303;029;119;119	< 5	1,668
113;023;113	10	3,470	227;227;047;321;321;0.0.10	5ш	1,622
121;121	< 5	3,354	305;305	5	1,541
104;104;005	90ш	3,240	330;060	20	1,512
024;114;114	10	3,025	401;401;260;400	10	1,309
032	< 5	2,829	170;350;420	10	1,259
006	5	2,704			
201;201;200;130	80ш	2,612			
026;116;116	5	2,322			
220;040	50	2,272			

Л и т е р а т у р а

1. Kampf A.R., Jackson L.L., Sidder G.B., Foord E.E., Adams P.M. // Amer. Miner. 1992. Vol. 77, N 9/10. P. 1107.
2. Hayase K., Dristas J.A., Tsutsumi S., Otsuka R., Tanabe S., Sudo T., Nishiyama T. // Ibid. 1978. Vol. 63, N 11/12. P.1175.

СЛОИСТЫЕ СИЛИКАТЫ СО СЛОЖНЫМИ ТЕТРАЭДРИЧЕСКИМИ РАДИКАЛАМИ

СИЛИКАТЫ С ШЕСТИЧЛЕННЫМИ КОЛЬЦАМИ ТЕТРАЭДРОВ

С Т Р У К Т У Р А Т И П А Э К А Н И Т А

	Сингония	<i>a</i> ₀	<i>c</i> ₀	Уд.в.
Эканит ThCa ₂ [Si ₈ O ₂₀]	Тетраг.	7,483	14,893	3,42

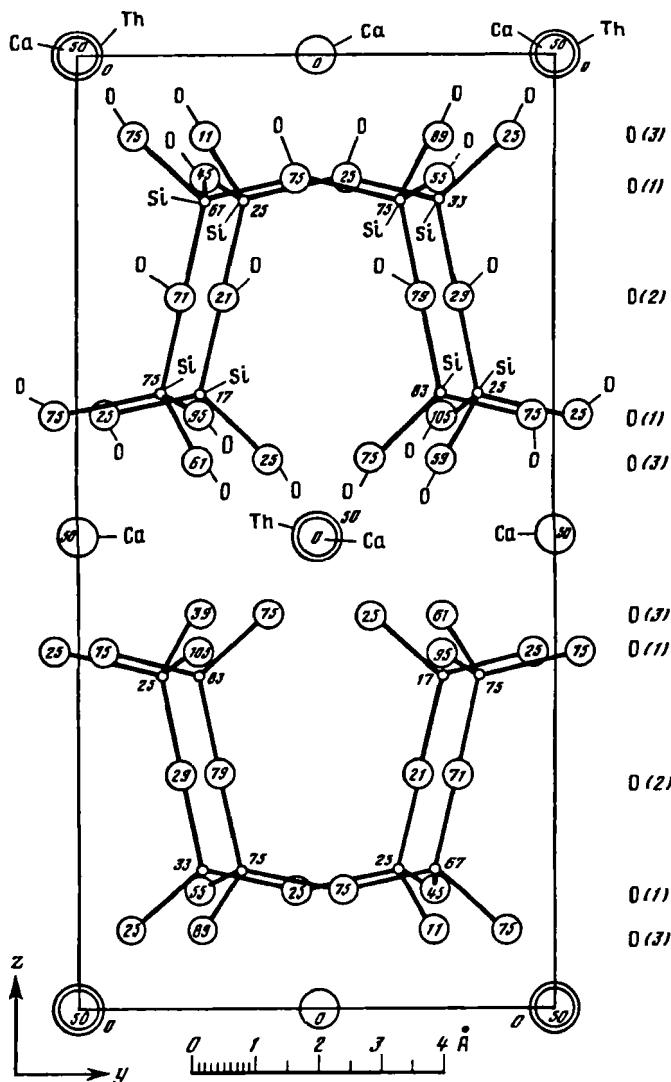
Эканит Ekanite ThCa₂[Si₈O₂₀]

Ранее (т. III, вып. 2, с. 47) под названием "эканит" [1] описаны два минерала: собственно эканит и стиснит, который долгое время считался эканитом и в качестве самостоятельного был утвержден только в 1982 г. [2](см. с. 230). В отличие от стиснита эканит не содержит K и Na и является не кольцевым, а слоистым силикатом [3].

Характ. выдел. Зерна, кристаллы (около 2–3 мм).

Структ. и морф. крист. Тетраг. с. D_4^9 -I422. $a_0 = 7,483$, $c_0 = 14,893 \text{ \AA}$; $a_0 : c_0 = 1 : 1,990$; $Z = 2$ – кристаллический из Канады [3]. $a_0 = 7,46$, $c_0 = 14,96$; $a_0 : c_0 = 1 : 2,005$ – метамиктный после прокаливания, из Шри-Ланки [1].

Структура, описанная ранее (т. III, вып. 2, с. 47), относится к стисниту. В структуре собственно эканита [3] группы [Si₈O₂₀], соединяясь мостиковыми кислородами O(1), образуют гофрированный бесконечный в направлении *x* и *y* слой. Si–O-слой состоит из двух частей (на $z = 1/8$ и $z = 3/8$), соединенных атомами O(2). Он соединяется посредством Th- и Ca-полиэдров с другим Si–O-слоем, симметрично расположенным на расстоянии *c*/2 (фиг. 108). Атомы Th и Ca находятся в восьмерной



Фиг. 108. Структура эканита и проекции уз (по Шиманскому и др.). Цифры – высота атомов ($\times 100$)

координации. Th координируется атомами кислорода в форме квадратной призмы ($\text{Th}-\text{O}(3) = 2,405 \text{ \AA}$), Ca – атомами кислорода, четыре из которых являются общими с кремнекислородными тетраэдрами ($\text{Ca}-\text{O}(1) = 2,688 \text{ \AA}$), а другие четыре – с полиэдрами Th ($\text{Ca}-\text{O}(3) = 2,342 \text{ \AA}$).

Характерны цеолитоподобные каналы (диаметром около 4 \AA), которые проходят через силикатные слои в направлении x и y и содержат неструктурную воду. По Ф. Либау (1988), относится к силикатам с неразветвленными изолированными слоями.

На кристаллах отмечены грани (001), (100), (110) и (101) [3].

Физ. св. Сп. по (101) совершенная, по (001) несовершенная. Тв. 4,5. Уд.в. 3,42 (вычил. 3,38). Цв. соломенно-желтый до темно-красного. Бл. стеклянный.

Микр. Метамиктный из Шри-Ланки, изотропный, $n = 1,590\text{--}1,609$ [4]. Кристаллический – одноосный (–). $n_e = 1,568$, $n_o = 1,580$; $2V = 10\text{--}15^\circ$ [3]. После нагревания метамиктного эканита при 510° в течение 24 ч показатель преломления и уд.в. уменьшились незначительно [1].

Хим. Теор. состав: $\text{CaO} - 13,09$; $\text{SiO}_2 - 56,10$; $\text{ThO}_2 - 30,81$.

Анализы (1 – микрозонд., среднее из 4):

	1*	2	3		1	2	3
CaO	9,0	13,7	12,00	Fe_2O_3	–	0,5	–
FeO	0,3	–	–	SiO_2	45,1	55,6	55,0
MnO	0,2	Сл.	–	UO_2	1,9	2,1	3,0
PbO	–	0,8	0,65	ThO_2	36,0	27,6	28,0
Al_2O_3	0,5	Сл.	0,8	Сумма	93,0	100,3	99,45

* Отклонение от теор. состава связано с примесью торита или торогуммита [3].

1 – кристаллический, из галек сиенитов, Томбстоун-Маунтин, территория Юкон (Канада) [3]; 2,3 – метамиктный, из речных россыпей, Шри-Ланка (2 – аиал. Босуэлл, 3 – аиал. Вейбел) [5].

Повед. при нагр. При нагревании до 900° кристаллического эканита из Канады потеря веса составляет около 9%, что связано с содержанием в минерале неструктурной воды и частично воды, входящей в состав примеси торогуммита [3].

Найдж. Впервые эканит (метамиктный) обнаружен в речных россыпях района Эхелиагода в Шри-Ланке в обломках весом до 44 г вместе с андалузитом, диопсидом, корнерупином, сингалитом, спессартином, сапфирином, шпинелью, турмалином, цирконом [1]. Кристаллический эканит найден в гальке сиенитов в Томбстоун-Маунтин, территория Юкон (Канада), в ассоциации с флюоритом, гранатом, кварцем, плагиоклазом, гематитом, торогуммитом, цирконом и титанитом [3].

Межплоскостные расстояния эканита из Томбстоун-Маунтин, территория Юкона (Канада) [3]
 CuK_α -излучение, $D = 114,60$ мм

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
002	58	7,45	206;321	17	2,060	512;336;503	11	1,436
101	61	6,70	314	13	1,996	426;20.1.0;521	14	1,385
110	9	5,28	323;305	20	1,913	514	5	1,363
112	14	4,31	400;008	17	1,868	523;505;435;	9	1,335
103	100	4,14	402;226	19	1,810	10.11		
202	96	3,343	411;217	26	1,796	408	6	1,319
211	65	3,265	118	11	1,758	329	8	1,294
114	13	3,044	413;325	19	1,702	532;516	9	1,261
213;105	23	2,766	420;404;208	15	1,671	444;428;602	9	1,245
220;204	54	2,642	422	12	1,632	611;437;419	12	1,224
222;006	18	2,494	307;109	9	1,618			
301	22	2,460	415	8	1,547			
310	7	2,361	424;228	8	1,524			
312;116	14	2,254	406;431	9	1,489			
303;215	22	2,225	318	6	1,461			
224	22	2,157						

Литература

- Anderson B.W., Claringbull G.F., Davis R.J., Hill D.K. // Nature. 1961. Vol. 190, N 4780. P.997.
- Perrault G., Szymanski J.T. // Canad. Miner. 1982. Vol. 20, pt 1. P. 59.
- Szymanski J.T., Owens D.R., Roberts A.C., Ansell H.G., Chao G.Y. // Ibid. P. 65.
- Richard P., Perrault G. // Acta crystallogr. 1972. Vol. 28, pt 7. P. 1194.
- Gübelin H.J. // Gems and Gemology. 1961. Vol. 10, N 6. P. 163, 191.

СТРУКТУРА ТИПА ОРЛИМАНИТА

	Сингония Триг.	a_0 9,60	b_0 —	c_0 35,92	Уд.в. 2,7
Орлиманит $\text{Ca}_4\text{Mn}_3[\text{Si}_8\text{O}_{20}](\text{OH})_6 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$					

Орлиманит Orlimanite
 $\text{Ca}_4\text{Mn}_3[\text{Si}_8\text{O}_{20}](\text{OH})_6 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Назван в память коллекционера минералов Орландо Лимана, в коллекции которого был установлен минерал [1].

Характ. выдел. Радиально-лучистые сферолитовые розетки (2–3 мм в диаметре); неправильные агрегаты с колломорфной текстурой в разрезе [1].

Структ. и морф. крист. Триг. с. $C_{3t}^1-P\bar{3}$ или C_3^1-P3 . $a_0 = 9,60$, $c_0 = 35,92 \text{ \AA}$; $a_0 : c_0 = 1 : 3,741$; $Z = 5$ [1].

Структура слоистая: выделяются двухэтажные тетраэдрические слои и октаэдрические слои, подобные октаэдрическим слоям в гиролите. Однако в отличие от гиролита наряду с крупным катионом Ca^{2+} присутствует и небольшой катион Mn^{2+} . Группы OH координируют катионы Ca или Mn, образуя бруситоподобные слои. Молекулы H_2O располагаются либо в пустотах в двухэтажных тетраэдрических слоях, либо в способном расширяться слое, соединенном с двумя двухэтажными тетраэдрическими слоями, как в структуре типа гиролита.

Волокна удлинены по оси a (необычная ориентировка для гексагональных кристаллов).

Физ. св. Сп. совершенная по (001). Тв. 4–5. Уд.в. 2,7–2,8 (вычисл. 2,93). Цв. темно-бурый. Бл. стеклянный. Цвет черты светло-бурые. В ультрафиолетовых лучах не люминесцирует [1].

Микр. Плеохроизм: по No – светло-бурые, по Ne – темно-бурые. Одноосный (–). $n_o = 1,598$, n_e – не опр. [1].

Хим. Анализ (микрозонд., H_2O – метод Пенфильда): $\text{Na}_2\text{O} = 0,6$; $\text{MgO} = 1,6$; $\text{CaO} = 21,6$; $\text{MnO} = 19,7$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,8$; $\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,2$; $\text{SiO}_2 = 46,8$; $\text{H}_2\text{O} = 8,68$; сумма 99,98 (в оригинале сумма 100,0) [1].

Эмпирическая формула: $(\text{Ca}_{18,62}\text{Mn}_{13,43}\text{Mg}_{2,39}\text{Na}_{0,74}\text{Fe}^{3+}_{0,48})_{35,66}(\text{Si}_{37,66}\text{Al}_{0,19})_{37,85} \times \text{O}_{111,24} \cdot 23,29\text{H}_2\text{O}$.

Найден. [1]. Обнаружен лишь в одном образце из рудника Весселс в ЮАР (коллекция О. Лимана), где представлен темно-коричневыми радиально-лучистыми сферолитами в светло-коричневой тонкой смеси орлиманита и других неидентифицированных фаз (~1 мкм) с редкими выделениями инезита (кристаллы, сферолиты до 1 см в диаметре) и землистого гематита.

Межплоскостные расстояния орлиманита из Южной Африки [1]

FeK_α-излучение, Mn-фильтр, $D = 114,6$ мм Камера Гандольфи

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
005	70	7,15	00.14;11.12	40 ш	2,545
006	10 ш	5,98	219;10.14	40 ш	2,469
200	70	4,18	226;315	10	2,210
009	5	4,00	11.15;228;00.17	5ш	2,123
109;025;00.10	100	3,60	10.19;409;235;11.18;21.16;31.12	90	1,840
210;211	80 ш	3,13	12.19;505;30.18;41.10;40.14	20	1,619
216;300;00.13;301	5 ш	2,77	22.17;14.11;333;02.21;507	10	1,585

Межплоскостные расстояния текстурированного образца по (001) [1]
CuK_α-излучение. Дифрактометр

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
003	4	12,01	006	19	6,00	009	24	4,00
004	4	8,97	007	6	5,14	0010	100	3,60
005	56	7,19	008	4	4,45	0011	9	3,28

Л и т е р а т у р а

1. Peacor D.R., Dunn P.J., Nelen J.A. // Amer. Miner. 1990. Vol. 75, N 7/8. P. 923.

СТРУКТУРА ТИПА ТУНГУСИТА

	Сингония	<i>a</i> ₀	<i>b</i> ₀	<i>c</i> ₀	α	β	γ	Уд.в.
Тунгусит [*] Tungusite	Трикл.	9,715	9,719	22,08	90,1°	98,4°	120,0°	2,59
Ca ₁₄ Fe ₉ ²⁺ [Si ₈ O ₂₀] ₃ (OH) ₂₂								

Описан в т. IV, вып. 2, с. 604.

Кристаллическая структура [1] представляет собой расщепленный двухэтажный Si—O тетраэдрический слой, внутри которого находится Ca—OH-слой, как у рейерита [2], и триоктаэдрический Fe—OH-слой, содержащий максимум 9 катионов.

Структурная формула: [Ca₁₄(OH)₈](Si₈O₂₀)(Si₈O₂₀)₂[Fe₉(OH)₁₄]. Возможно наличие политипов.

Между тунгуситом и гиролитом существует твердый раствор, отвечающий формуле [Ca₁₄(OH)₈](Si_{24-y}Al_yO₆₀)[Na_xM_{9-(x+z)}□_z(OH)_{14-(x+y+2z)}]·(x + y + 2z)H₂O. Для тунгусита M = Fe²⁺, x = y = z = 0; для гиролита M = Ca²⁺, x = 1, y = 1, z = 6.

Л и т е р а т у р а

1. Ferraris G., Pavese A., Soboleva S.V. // 16-th General meeting Intern. Mineral. Association, 4–9 sept. 1994. Pisa, Italy Abstracts. P. 117; Miner. Mag. 1995. Vol. 59, N 3. P. 535.
 2. Merlino S. // Miner. Mag. 1988. Vol. 52, N 365, pt 2. P. 247.

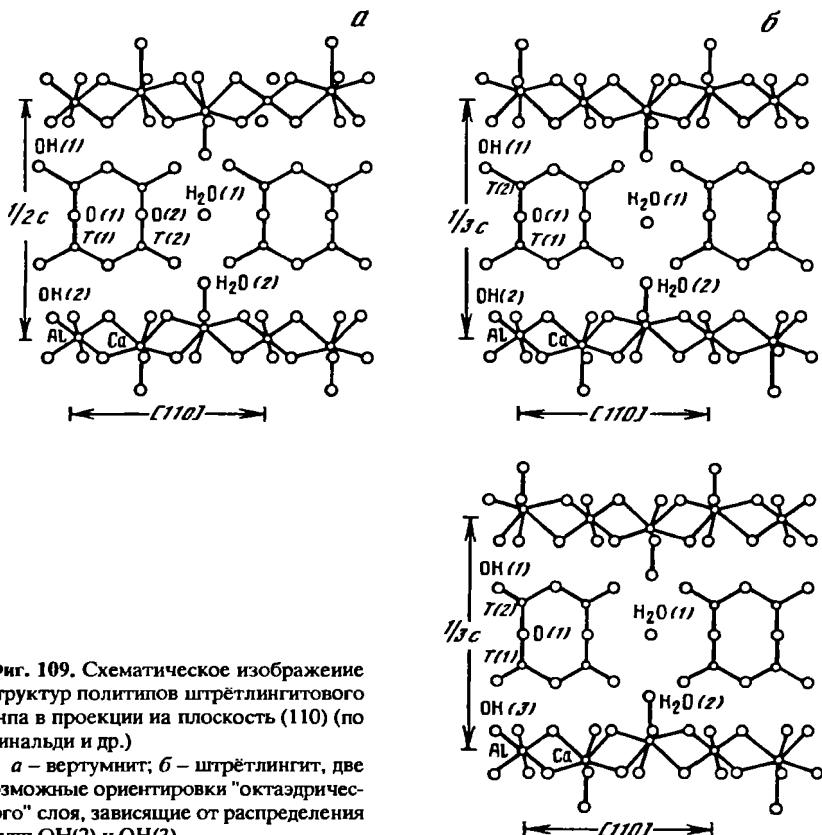
СТРУКТУРА ТИПА ШТРЕТЛИНГИТА

ГРУППА ШТРЕТЛИНГИТА

	Сингония	<i>a</i> ₀	<i>b</i> ₀	<i>c</i> ₀	β	<i>Z</i>	Уд.в.
Штрётлингит Ca ₂ Al[(SiAl□)O ₂ (OH) ₄](OH) ₆ × × 2,25H ₂ O	Триг.	5,745	—	37,77	—	3	1,95
Вертумнит Ca ₂ Al[(Si _{1,25} Al _{0,75} □O ₃ (OH) ₃] × × (OH) ₆ · 2,45	Монокл.	5,744	5,766	25,121	119,72°	2	1,94

В общем виде для обоих минералов Ca₂Al[(Si,Al,□)₃(OH, O)₆](OH)₆ · *n* H₂O.

Штрётлингит и вертумнит – политипы, отличающиеся последовательностью расположения в направлении оси *c* пачек из бруситоподобных – "октаэдрических" и тетраэдрических слоев (фиг. 109) [1, 2]. "Октаэдрические" слои состава [Ca₂Al(OH)₆ · 2H₂O]⁺ соединены водородными связями с двойными тетраэдрическими слоями [(T, □)₄(OH, O)₈ · 0, *n* H₂O][–], которые у штрётлингита и вертумнита отличаются по степени занятости вакансий в тетраэдрических позициях и по количеству



Фиг. 109. Схематическое изображение структур политипов штрётлингитового типа в проекции на плоскость (110) (по Ринальди и др.)

a – вертумнит; *б* – штрётлингит, две возможные ориентировки "октаэдрического" слоя, зависящие от распределения групп OH(2) и OH(3)

гидроксилов. "Октаэдрический" слой представлен правильными AlO_6 -октаэдрами, соединенными общими ребрами с шестью соседними Ca -семивершинными полизэдрами, направленными вершинами попеременно вниз и вверх. Седьмая вершина каждого Ca -полиздра соединена посредством водорода молекул воды в позиции $\text{H}_2\text{O}(2)$ с двойным тетраэдрическим слоем, который состоит из двух отдельных тетраэдрических слоев, связанных друг с другом апикальными атомами кислорода $\text{O}(1)$. Молекулы $\text{H}_2\text{O}(1)$ распределяются статистически внутри шестичленных кремнекислородных колец. Тетраэдры двойного тетраэдрического слоя заселены не полностью; вакансию составляют у штрётлингита 45% позиций T , у вертумнита – 36%. С наличием вакансий, очевидно, связано необычно большое расстояние $\text{T}-(\text{OH})$, около 1,80 Å. У штрётлингита через апикальные атомы O и молекулы $\text{H}_2\text{O}(1)$ проходит центр инверсии, у вертумнита через $\text{O}(1)$ и $\text{O}(2)$ – плоскость отражения. В связи с этим элементарная ячейка штрётлингита включает три пачки из "октаэдрических" и тетраэдрических слоев, а элементарная ячейка вертумнита – две. Отсюда параметр c вертумнита равен $2/3c$ штрётлингита (параметр c каждой пачки, состоящей из "октаэдрического" и тетраэдрического слоев, равен 12,6 Å). Однако возможно нарушение последовательности расположения слоев в этих политипах, о чем свидетельствуют, например, отмеченные у штрётлингита две различные конфигурации "октаэдрического" слоя в соответствии с 50% занятости позиций гидроксилов $\text{OH}(2)$ или $\text{OH}(3)$.

Структурные различия штрётлингита и вертумнита определяют некоторые различия физических свойств этих минералов, в частности наличие спайности у штрётлингита и отсутствие ее у вертумнита [2].

Аналогичную структуру с бруситоподобными $[Ca_2Al(OH)_6]^+$ и тетраэдрическими $[(SiAl)O_3(OH)_2 \cdot 4H_2O]^-$ слоями имеет водный геленит состава $2CaO \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2 \cdot 8H_2O$, известный под названием "соединение Штрётлинга" [3, 4].

Ли т е р а т у р а

1. Galli E., Passaglia E. // Tschermaks miner. und petrogr. Mitt. 1978. Bd. 25, N 1. S. 33.
2. Rinaldi R., Sacerdoti M., Passaglia E. // Europ. J. Miner. 1990. Vol. 2, N 6. P. 841.
3. Strassen H., Stratling W. // Ztsch. anorg. allgem. Chem. 1940. Bd. 245. S. 257.
4. Kuzel H.J. // Neues Jb. Miner. Monatsh. 1976. N 7. S. 319.

Штрётлингит Strötlingite



Назван в честь В. Штрётлинга, впервые синтезировавшего соединение такого состава [1].

Характ. выдел. Кристаллы в виде гексагональных табличек (0,1–0,5 мм).

Структ. и морф. крист. Триг. с. $D_{3d}^5 - R\bar{3}m$. $a_0 = 5,745$, $c_0 = 37,77 \text{ \AA}$; $a_0 : c_0 = 1 : 6,574$; $Z = 3$ [1].

Описание структуры см. Введение к группе. Межатомные расстояния (в \AA) [2]: в октаэдрах $Al-OH = 1,91$, $Ca-OH = 2,36-2,44$; в тетраэдрическом слое $T-O = 1,64-1,81$; возможные водородные связи между слоями $OH-OH = 3,07$; $H_2O-H_2O = 3,23$; $OH-H_2O = 3,03$.

Физ. св. Сп. по (0001) совершенная. Бесцветный до бледно-зеленого. Уд.в. 1,95 (вычисл.) [1].

Микр. Одноосный (–), иногда аномально двуосный с малым $2V$. $n = 1,534$ [1].

Хим. Теор. состав: $CaO - 27,71$; $Al_2O_3 - 25,18$; $SiO_2 - 14,84$; $H_2O - 32,27$.

Анализы (микрозонд.) [2]:

	1	2		1	2
Na ₂ O	0,04	0,13	Al ₂ O ₃	24,15	23,22
K ₂ O	0,01	0,18	SiO ₂	15,95	17,55
CaO	25,60	25,13	H ₂ O ⁺	28,00	
SrO	0,74	1,09	H ₂ O ⁻	4,5	31,80
BaO	0,81	0,90			
			Сумма	99,82*	100,00**

* H_2O – по кривой ТГА.

** H_2O – по разности.

1 – из фонолита, Монтальто-де-Кастро (Италия); 2 – из базальта Беллеберга (Германия).

Эмпирические формулы рассчитаны на 2(Ca+Sr+Ba+Na+K) [2]:

1 – $(Ca_{1,94}Sr_{0,03}Ba_{0,02}Na_{0,01})Al(Si_{1,13}Al_{1,02})O_{1,85}(OH)_{10,85} \cdot 2.25H_2O$;

2 – $(Ca_{1,90}Sr_{0,04}Ba_{0,01}Na_{0,02}K_{0,01})Al(Si_{1,24}Al_{0,93})O_{2,13}(OH)_{10,44} \cdot 2.25H_2O$.

Диагн. исп. Быстро разлагается разб. HCl [1].

Нахожд. Найден в базальте Беллеберга, рудник Майнен (Германия), с нефелином, мелилитом, томсонитом, жисмондином, этtringитом, гидрокалиюмитом [1]. В Кампоморто, вблизи Монтальто-де-Кастро, пров. Витербо (Италия), встречен в фонолите вместе с тоберморитом, кальцитом, этtringитом, вертумнитом [2, 3].

Искусств. Состав $2\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2\cdot8\text{H}_2\text{O}$ под названием "соединение Штрёлинга" или "водный геленит" синтезирован при реакции метакаолинита с насыщенным раствором $\text{Ca}(\text{OH})_2$ при комнатной температуре [4], а также при медленной гидратации стекол состава $2\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$ или $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$ в насыщенном известковом растворе при температуре 20° в течение 120 дней [5]. Межплоскостные расстояния искусственного соединения аналогичны природному штрёлингиту [1, 5].

Отл. От вертумнита отличается совершенной спайностью, оптическими свойствами, сингонией, порошковой рентгенограммой.

Межплоскостные расстояния штрёлингита из Монтальто-де-Кастро (Италия) [2]

CuK_α -излучение, Ni-фильтр, $D = 114,6$ мм

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
003	9	12,69	021	6	2,488	214	8	1,848
006	6	6,28	024	5	2,426	0.0.21	3	1,806
101	3	4,902	205	6	2,366	0.1.20	2	1,766
009	9	4,200	1.0.16	2	2,135	300	5	1,662
015	5	4,155	0.2.10	1	2,076	2.020	1	1,512
110	8	2,874	2.0.11	3	2,007	1.0.25	1	1,445
113	5	2,810	0.2.13	2	1,892		3	1,436
116	5	2,609						

Л и т е р а т у р а

1. Hentschel G., Kuzel H.J. // Neues Jb. Miner. Monatsh. 1976. H. 7. S. 326.
2. Rinaldi R., Sacerdoti M., Passaglia E. // Europ. J. Miner. 1990. Vol. 2, N 6. P. 841.
3. Passaglia E., Turconi B. // Riv. miner. ital. 1982. Vol. 4. P. 97.
4. Strassen H., Strätling W. // Ztsch anorg. allgem. Chem. 1940. Bd. 245. S. 257.
5. Kuzel H.J. // Neues Jb. Miner. Monatsh. 1976. H. 7. S. 319.

Вертумнит Vertumnite
 $\text{Ca}_2\text{Al}[(\text{Si}_{1,25}\text{Al}_{0,75})\text{O}_3(\text{OH})_3](\text{OH})_6\cdot2,45\text{H}_2\text{O}$

Назван по имени бога Вертумнус, которому поклонялся древний этруссский народ, живший в районе находки минерала [1].

Характ. выдел. Кристаллы (0,05–4 мм).

Структ. и морф. крист. Монокл. с. $C_{2h}^2-P2_1/m$. $a_0 = 5,744$, $b_0 = 5,766$, $c_0 = 25,121$ Å; $\beta = 119,72^\circ$; $a_0 : b_0 : c_0 = 0,996 : 1 : 4,356$; $Z = 2$ [1–3]. Псевдо-гексагональная ячейка: $P6_3/m$; $a_0 = 5,755$, $c_0 = 25,12$ Å.

Описание структуры см. Введение к группе.

Межатомные расстояния (в Å) [2]: "октаэдрический" слой $\text{Al}-\text{OH} = 1,918$, $\text{OH}-\text{OH} = 2,611$, $2,809$, $\text{Ca}-\text{OH} = 2,373$, $2,440$ и $2,502$, $\text{OH}-(\text{OH}, \text{H}_2\text{O})$ – среднее 3,115; тетраэдрический слой $\text{T}(1)-\text{O} = 1,615$, $\text{T}(1)-(\text{O}, \text{OH}) = 1,801$, $\text{O}(1)-(\text{O}, \text{OH}) = 2,805$, $2,925$, $\text{T}(2)-\text{O}(2) = 1,621$, $\text{T}(2)-(\text{O}, \text{OH}) = 1,784$, $\text{O}(2)-(\text{O}, \text{OH}) = 2,796$, $2,897$; углы: $\text{O}(1)-\text{T}(1)-(\text{O}, \text{OH}) = 108,6$, $110,3$, $\text{O}(2)-\text{T}(2)-(\text{O}, \text{OH}) = 108,6$, $110,3$, $\text{T}(1)-(\text{O}, \text{OH})-\text{T}(2) = 135,9^\circ$.

Кристаллы – уплощенные гексагональные призмы, представляющие собой двойники из шести индивидов с плоскостями срастания, параллельными оси c . В плоскости базиса двойников наблюдается правильный гексагон из шести равносторонних треугольников [1].

Физ. св. Сп. отсутствует. Тв. 5. Уд.в. 2,15 (вычисл. 1,94). Бесцветный. Бл. стеклянный. Изл. раковистый. Хрупок. Прозрачен [1].

ИК-спектр поглощения [1] характеризуется интенсивными полосами при 1000 cm^{-1} с плечом 1160 cm^{-1} (валентные колебания Si—O), 3440 cm^{-1} с плечом 3610 cm^{-1} (колебания OH), 1650 и 1440 cm^{-1} (колебания связей H—O—H); кроме того, присутствуют полосы 865 , 550 , 435 и 320 cm^{-1} .

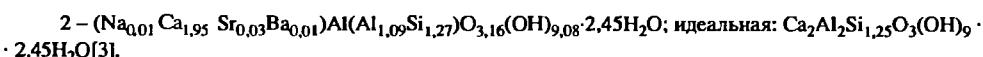
Микр. Пл. опт. осей $\perp (001)$. $Np = c$, $bNg = 16^\circ$ (в тупом углу). Двуосный (—). $n_g = 1,541$, $n_m = 1,535$, $n_p = 1,531$; $n_g - n_p = 0,010$; $2V = 52^\circ$. Дисперсия неразличима [1].

Хим. Первоначально (согласно анализу 1) принималась формула $\text{Ca}_4\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{12}(\text{OH})_{24}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (при $Z = 1$) с отношением Al : Si = 1 : 1 [1] (Флейшер, 1990). Уточнение химического состава (анализ 2) показало большую близость его к штрёлингиту (Al : Si = 2 : 1).

Анализы (микрозонд., H_2O — термогравиметрически) вертумнита из Монтальто-де-Кастро (Италия):

	1	2		1 [1]	2 [3]
Na_2O	0,06	0,07	SiO_2	21,67	18,01
K_2O	0,10	0,02	P_2O_5	0,20	—
CaO	22,56	25,88	H_2O^+	23,74	23,74
SrO	0,64	0,81	H_2O^-	5,96	5,96
BaO	0,16	0,18	Сумма	99,92	99,93
Al_2O_3	24,83	25,26			

Эмпирические формулы (при $Z = 2$) рассчитаны: 1 — на 9 атомов O, 2 — на 2(Ca+Sr + Ba + Na + K):



Диагн. исп. Растворяется в холодной HCl [1].

Повед. при нагр. Кривая нагревания показывает постепенную потерю веса вплоть до 500° . На кривой ДТА фиксируются четыре эндотермических пика: при 120 , 235 , 280 и 360° и двойной экзотермический при 928 и 952° , связанный с кристаллизацией геленита. До 180° порошковая рентгенограмма не изменяется; нагревание до 250° приводит к разрушению минерала, при 1000° сохраняются только рефлексы геленита [1].

Найдожд. Найден в Кампоморто, вблизи Монтальто-де-Кастро, пров. Витербо (Италия), внутри жеоды в фонолите [1]. Нарастает на слое молочно-белого тоберморита. В трещинке около полости с вертумнитом наблюдались прозрачные белые кристаллы этtringита в ассоциации с тоберморитом. Там же встречен штрёлингит [3].

Искусств. О получении синтетического соединения $2\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2\cdot 8\text{H}_2\text{O}$ см. статью "Штрёлингит".

Отл. От штрёлингита отличается отсутствием спайности, оптическими свойствами, сингонией и порошковой рентгенограммой.

Межплоскостные расстояния вертумнита из Монтальто-де-Кастро (Италия) [1]

СиK_α-излучение. Дифрактометр

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
002	70	12,51	113;̄123;̄213	3	2,717	118;̄128;̄218	5	2,121
004	65	6,275	018;108;118	4	2,656	0.1.11;1.0.11;	10	2,077
010;109;̄110	3	4,966	014;124;214	8	2,613	1.1.11		
011;101;111	5	4,878				027;207;227	4	2,044

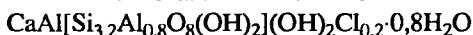
<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
012;102;112	3	4,624	0.0.10	6	2,511	1.1.10;1.2.10;	6	1,891
013;103;113	16	4,275	115;020;125;	10ш	2,493	2.1.10		
006	100	4,187	200;215;220			029;209;229	8	1,857
015;105;115	8	3,534	019;109;119	11	2,436	0.0.14	5	1,795
110;120;210	17	2,873	023;203;223;116;	8	2,380	126;216		

Л и т е р а т у р а

1. Passaglia E., Galli E. // Tschermaks miner. und petrogr. Mitt. 1977. Bd. 24, N. 1/2. S. 57.
2. Galli E., Passaglia E. // Ibid. 1978. Bd. 25, N. 1. S. 33.
3. Rinaldi R., Sacerdoti M., Passaglia E. // Europ. J. Miner. 1990. Vol. 2. N 6. P. 841.

С Т Р У К Т У Р А Т И П А А М С Т А Л Л И Т А

	Сингония	<i>a</i> ₀	<i>b</i> ₀	<i>c</i> ₀	β	Уд.в.
Амсталлит $\text{CaAl}[\text{Si}_{3,2}\text{Al}_{0,8}\times \times \text{O}_8(\text{OH})_2](\text{OH})_2\text{Cl}_{0,2}\cdot 0,8\text{H}_2\text{O}$	Монокл.	18,830	11,517	5,190	100,86°	2,40

Амсталлит Amstallite

Назван по месту находки близ Амсталля, Австрия [1].

Характ. выдел. Кристаллы (10 мм в длину и 0,5 мм в диаметре).

Структ. и морф. крист. Монокл. с. C_{2h}^6-C2/c ; $a_0 = 18,830$, $b_0 = 11,517$, $c_0 = 5,190$ Å; $\beta = 100,86^\circ$; $a_0 : b_0 : c_0 = 1,635 : 1 : 0,451$; $Z = 4$.

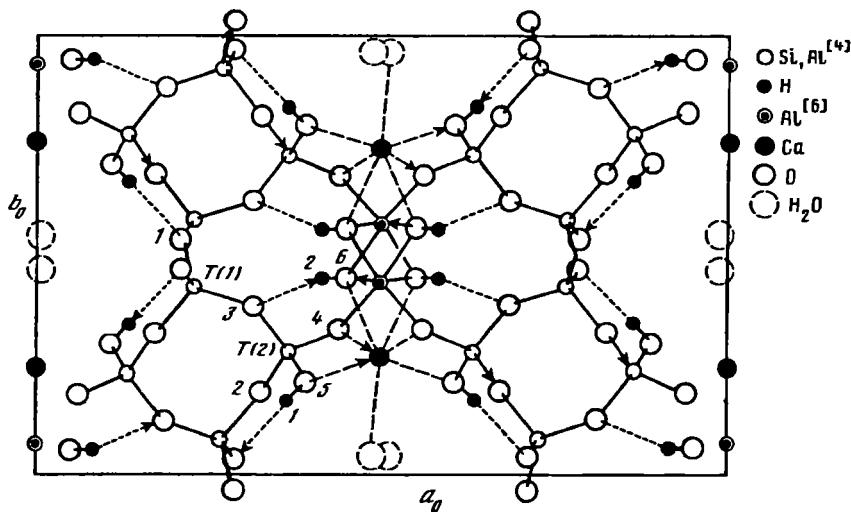
Структура (фиг. 110) [1] образована алюмосиликатными слоями состава $[\text{Si}_{3,2}\text{Al}_{0,8}\text{O}_8(\text{OH})_2]$, параллельными (100) и соединенными лентами $\text{AlO}_6(2\text{O} \text{ и } 4\text{OH})$ -октаэдров и $\text{CaO}_7(2\text{O}, 4\text{OH}, 0,8\text{H}_2\text{O} + 0,2\text{Cl})$ -полиэдров, которые вытянуты вдоль [001]. В кремне-алюмокислородном слое находятся два независимых тетраэдра: $\text{T}(1)\text{O}_4$, делящий вершины с четырьмя соседними тетраэдрами, и $\text{T}(2)\text{O}_4$, соединенный только с двумя тетраэдрами (Al^{IV}) находится преимущественно в $\text{T}(1)\text{O}_4$ -тетраэдрах). В результате формируются четырехчленные кольца тетраэдров, соединение которых осуществляется через $\text{T}(1)\text{O}_4$ -тетраэдры. Ф. Либау (1988) характеризует такой алюмосиликатный слой как открыто разветвленный. Топологически близкий, но несколько иначе разветвленный тетраэдрический слой наблюдается у пренита. Ca, связанный с молекулами воды, занимает в структуре каналы || [001].

Средние межатомные расстояния (в Å): $\text{T}(1)-\text{O} = 1,660$; $\text{T}(2)-\text{O} = 1,616$; $\text{Ca}-\text{O} = 2,457$; $\text{Al}-\text{O} = 1,901$; углы: $\text{O}-\text{T}(1)-\text{O} = 105,6-110,9^\circ$; $\text{O}-\text{T}(2)-\text{O} = 106,1-111,5^\circ$; $\text{O}-\text{Al}-\text{O} = 77,8-174,7^\circ$; водородные связи: $\text{H}-\text{O} = 0,62-2,40$ Å; углы $\text{O}-\text{H}-\text{O} = 142$ и 176° .

Кристаллы призматические до игольчатых, вытянутые и исщтрихованные параллельно [001]. Поперечные сечения ромбовидной и гексагональной формы.

Физ. св. Сп. хорошая по (100). Тв. около 4. Уд.в. 2,40 (вычисл. 2,38). Бесцветный. Полупрозрачный до прозрачного. Бл. стеклянный. Изл. раковистый.

Микр. Двусосный (+). $Ng \parallel b$, $cNm = 10^\circ$. $n_g = 1,5378$, $n_m = 1,5340$, $n_p = 1,5328$; $2V = 57^\circ$. Дисперсия сильная, $r < v$.



Фиг. 110. Структура амсталлита в проекции вдоль [001] (по Квинту)

Хим. Анализ (микрозонд.) [1]: CaO – 13,80; Al₂O₃ – 22,84; SiO₂ – 49,41; H₂O – 12,40; Cl – 1,75; сумма 100,20; –O = Cl₂ – 0,39; сумма 99,81.

Эмпирическая формула (при O + Cl = 13): Ca_{0,98}Si_{3,26}Al_{1,78}O_{12,80}Cl_{0,20}H_{5,46}.

Нахожд. Встречен в графитовом карьере близ Амсталль (Австрия), в пегматоидном шлире с апатитом, рутилом, сидеритом, альбитом, ломонитом, кальцитом и редким вивианитом [1].

Межплоскостные расстояния амсталлита из Амсталль (Австрия) [1]
CuK_α-излучение

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
110	100	9,75	040;331	15	2,878	840;602	10	1,803
200	5	9,24	421	< 5	2,758	11.3.1;313	10	1,550
020	15	5,75	240	10	2,745	371	< 5	1,539
310	70	5,43	800	< 5	2,312	062;950	5	1,533
220	30	4,888	512	10	2,266	533;11.1.2	5	1,529
111	60	4,714	621	< 5	2,247	860	< 5	1,476
400	25	4,623	531;422	5	2,239	443	< 5	1,465
111	15	4,342	602;730	10	2,175	823;043	< 5	1,462
311	40	4,069	132;820	15	2,146	333;12.0.2	< 5	1,447
021	90	3,816	441	40	2,122	080;913	< 5	1,439
130	10	3,756	151	10	2,102	13.1.1;10.4.2	< 5	1,432
221	10	3,718	132;402	< 5	2,073	10.4.1	< 5	1,426
420	100	3,603	351	< 5	2,036	11.3.1;243	5	1,409
510	15	3,523	910	5	2,023	12.2.2	< 5	1,402
311	25	3,442	242	15	1,923	770	< 5	1,396
221	25	3,366	060;332	5	1,917	172	< 5	1,389
511;421	60	3,175	731;802	15	1,899	11.5.0;933	< 5	1,358
600	5	3,082	551	10	1,889			
131	< 5	2,970	242	< 5	1,819			

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
620	< 5	2,717	241	5	2,364	133;802	10	1,570
511	5	2,682	222	< 5	2,360	862	5	1,350
530	< 5	2,664	0,61;732	< 5	1,798	662	< 5	1,314
331	40	2,628	261;841	5	1,785	204;753	< 5	1,295
202	5	2,586	460	5	1,772	11.1.2;681	< 5	1,288
710	< 5	2,577	912	< 5	1,751	114	< 5	1,279
112	10	2,526	11.1.1	< 5	1,677	391;972	< 5	1,206
531;041	20	2,504	11.1.0	< 5	1,664	314;913	< 5	1,196
711	< 5	2,491	113	10	1,645	772	< 5	1,176
241	5	2,479	932	< 5	1,608	4.10.1;15.3.1	< 5	1,102
312	< 5	2,471	352	5	1,595			
402	15	2,434	10.2.2;370	< 5	1,589			
112	10	2,407	751	5	1,584			

Литература

1. Quint R. // Neues Jb. Miner. Monatsh. 1987. N. 6. S. 253.

СТРУКТУРА ТИПА МАКАТИТА

ГРУППА МАКАТИТА

Ранее в группе описаны (т. IV, вып. 2, с. 425): макатит, ревдит и условно включенные канемит, магадинит и кенияйт.

	Сингония	<i>a</i> ₀	<i>b</i> ₀	<i>c</i> ₀	β	Уд.в.
Силинайт $\text{Na}_2\text{Li}_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}]\cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Монокл.	5,061	8,334	14,383	96,67°	2,24

Силинайт Silinaite
 $\text{Na}_2\text{Li}_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}]\cdot 4\text{H}_2\text{O}$

Назван по химическому составу – Si, Li, Na [1]. Первоначальное название "минерал UK-81" [2].

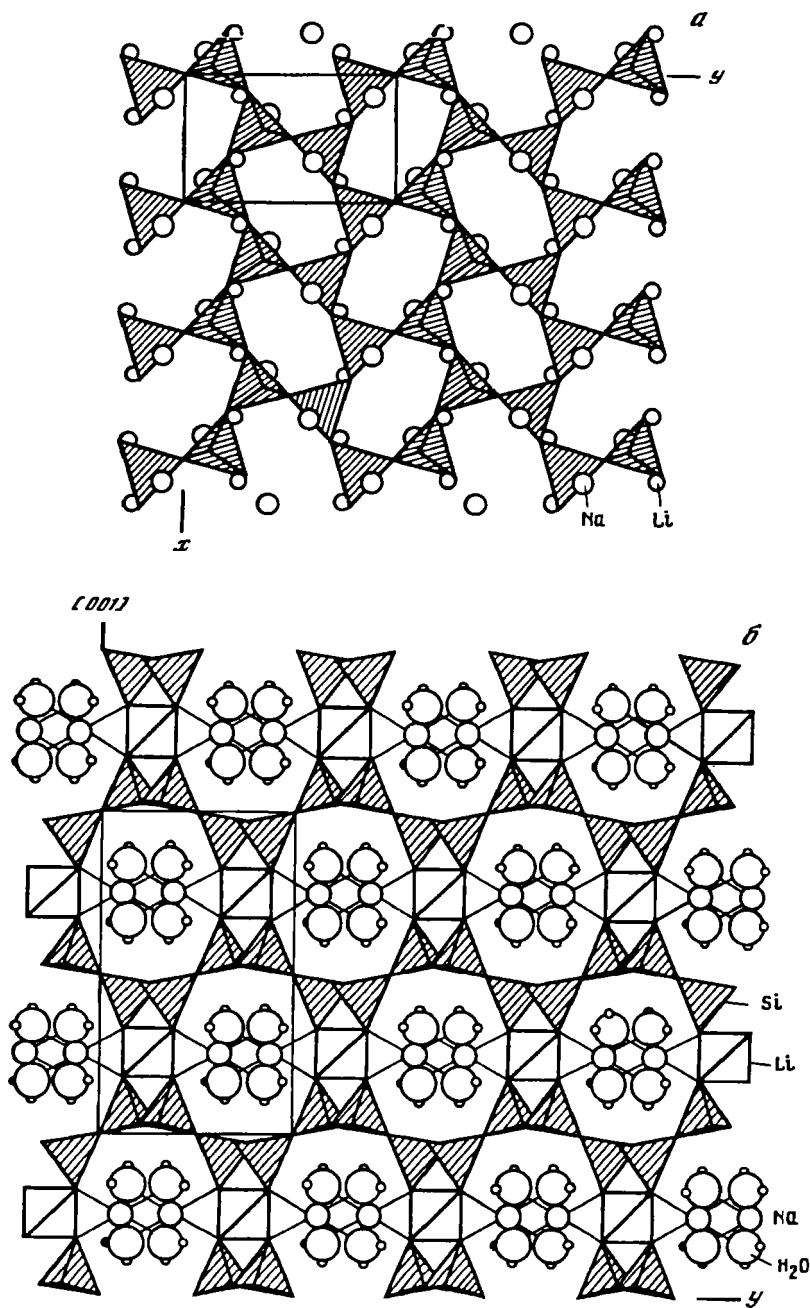
Характ. выдел. Таблитчатые и призматические кристаллы (до 2 мм); волокнистые скопления; мелоподобные, землистые и порошковатые агрегаты [1].

Структ. и морф. крист. Монокл. с. A2/n. $a_0 = 5,061$, $b_0 = 8,334$, $c_0 = 14,383$ Å; $\beta = 96,67^\circ$; $a_0 : b_0 : c_0 = 0,607 : 1 : 1,724$; $Z = 4$ [1, 3].

Структура [3] состоит из кремнекислородных слоев, параллельных (001). Si–O-тетраэдры в слое (фиг. 111, а) образуют шестерные кольца и имеют две противоположные ориентировки относительно плоскости (001). Они образуют двойные цепочки $[\text{SiO}_4]$ пироксенового типа, параллельные оси *a*, но с противоположным направлением вершин тетраэдров в соседних цепочках. Si–O-слои связаны через слои, состоящие из Li-тетраэдров и октаэдров $[\text{Na}(\text{H}_2\text{O})_4\text{O}_2]$ (см. фиг. 111, б). Такая структура объясняет совершенную спайность по (001) и (010), а также двойникование при вращении на 180° вокруг оси [001] с плоскостью двойникования (001) через атомы Li.

Средние межатомные расстояния (в Å): Si–O = 1,619; Li–O = 1,994; Na–O = 2,451 [3].

На кристаллах таблитчатого габитуса определена простая форма (001) [1].



Фиг. 111. Структура силинаита (по Грайсу)

a – слой $\text{Si}-\text{O}$ -тетраэдров, параллельный (001), построенный из цепочек пироксенового типа, вытянутых вдоль оси *a*; *б* – проекция вдоль оси *a*; между SiO_4 -и LiO_4 -тетраэдрами находятся октаэдры $[\text{Na}(\text{H}_2\text{O})_4\text{O}_2]$

Физ. св. [1]. Сп. весьма совершенная по (001), совершенная по (010) и несовершенная по (110). Изд. раковистый. Тв. ~4,5. Хрупкий. Уд.в. 2,24 (вычисл. 2,23). Цв. белый до бесцветного. Чета белая. Бл. стеклянный до тусклого. Непрозрачный до полупрозрачного или прозрачный.

Микр. [1]. Двусный (+). $Np = b$, $cNg = 16^\circ$ в остром углу β . Волокнистые разности имеют удлинение (+) или (−); $n_g = 1,518$, $n_m = 1,516$, $n_p = 1,515$; $n_g - n_p = 0,003$; $2V = 64^\circ$ (вычисл. 71°). Дисперсия сильная, $r > v$.

Двойникование по (001).

Хим. Теор. состав для $\text{NaLi}[\text{Si}_2\text{O}_5] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$: $\text{Li}_2\text{O} - 7,40$; $\text{Na}_2\text{O} - 15,35$; $\text{SiO}_2 - 59,42$; $\text{H}_2\text{O} - 17,83$.

Анализы (микрозонд.) силинита из Сент-Илер [1]:

	1	2
Li_2O^*	(7,28)	(7,25)
Na_2O	14,96	13,66
CaO	0,14	0,42
Al_2O_3	0,01	0,00
SiO_2	58,54	58,72
H_2O^*	(17,56)	(17,47)
Сумма	98,49	97,52

* Вычислены по стехиометрическим коэффициентам в эмпирических формулах.

1 – среднее из 8 определений, анал Джонс; 2 – анал. Голт.

Эмпирические формулы (на 7 атомов О):

1 – $(\text{Na}_{0,99}\text{Ca}_{0,01})\text{LiSi}_{2,00}\text{O}_5 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$;

2 – $(\text{Na}_{0,91}\text{Ca}_{0,02})\text{LiSi}_{2,02}\text{O}_5 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Диагн. исп. Медленно растворяется в конц. HCl и HNO_3 и еще медленнее – в H_2SO_4 с выделением желатинообразного осадка [1].

Нахожд. Встречен [1] в содалит-сиенитовых ксенолитах в нефелиновых сиенитах карьера Пудретте на горе Сент-Илер (Квебек, Канада) в пустотках в уссингите и виллиомите. Ассоциирует с большим числом редких минералов, таких, как эрдит, когаркоит, тутгупит, витусит-(Се), макатит, талкусит, чкалловит, сажинит-(Се), сидоренкит, ревдит, расвумит, натрофосфат, и рядом неопределенных минералов.

Относится либо к поздней стадии минералообразования при внедрении содалитового сиенита, либо к kontaktово-метамофическому или метасоматическому минералообразованию во время внедрения нефелиновых сиенитов.

Межплоскостные расстояния силинита из Сент-Илер (Канада) [1]

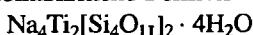
CuK_α -излучение, $D = 114,6$ мм. Камера Гандольфин

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
001	100	7,14	131	20	2,381	008	5	1,785
111	80	4,24	211	5	2,332	215	10	1,746
013	100	4,14	124	20	2,301	311	40	1,610
111	80	4,02	213	5	2,255	151	5	1,575
022	20	3,599	133	5	2,214	322	40	1,557
004	20	3,574	204	10	2,180	226	10	1,523
113	10	3,366	220	5	2,154	244	5	1,509
120	20	3,208	133	5	2,118	0010	10	1,428
113	20	3,046	040	10	2,086	331	15	1,415
122	20	3,014	213	10	2,051	251	10	1,392

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
122	100	2,847	042	5	2,004	208	10	1,380
015	50	2,698	126	10	1,980	139	10	1,366
200	20	2,514	117	5	1,918	12.10	10	1,342
124	20	2,484	142	10	1,873	253	20	1,311
202	20	2,464	126	20	1,846			
111	20	2,417	135	5	1,804			

Л и т е р а т у р а

- Chao G.Y., Grice J.D., Gault R.A. // Canad. Miner. 1991. Vol. 29, pt 2. P. 359.
- Chao G.Y., Conlon R.P., Van Velthuizen J. // Miner. Rec. 1990. Vol. 21, N 4. P. 363.
- Grice J.D. // Canad. Miner. 1991. Vol. 29, pt 2. P. 363.

С Т Р У К Т У Р А Т И ПА П Е Н К В И Л К С И Т А**Пенквилксит Penkvilksite**

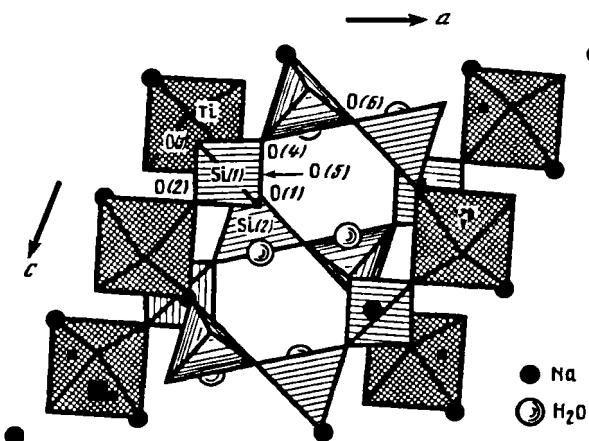
Описанный ранее структурно неизученный пенквилксит из Ловозерского массива (Кольский п-ов) условно был отнесен к группе нарсарсукита (т. III, вып. 3, с. 360). Структурными исследованиями, включающими и новые находки минерала в Хибинах, установлены два политипа: пенквилксит-2 О (из Ловозера), пенквилксит-1 М (из Хибин) [1].

Ниже приводятся новые данные по структуре и описание пенквилксита-1М из Хибин.

Структ. и морф. крист. [1]. Ромб. с. D_{2h}^{14} – $Pnca$. $a_0 = 16,372$, $b_0 = 8,749$, $c_0 = 7,402$ Å; $V = 1060,3$ Å³; $Z = 2$ (для политипа 2 О). Монокл. с. C_{2h}^5 – $P2_1/c$. $a_0 = 8,956$, $b_0 = 8,727$, $c_0 = 7,387$ Å; $\beta = 112,74^\circ$; $V = 532,5$ Å³; $Z = 1$ (для политипа 1 М).

В структуре установлен [1] новый двухэтажный кремнекислородный мотив – слоистый анион состава Si₄O₁₁. Двухэтажный слой состоит из параллельных друг другу спиральных цепей из SiO₄-тетраэдров, соединенных общими вершинами. Соседние спиральные цепи имеют противоположный ход (по и против часовой стрелки). Они вытянуты вдоль [010] и имеют период повторяемости 6 SiO₄. Атомы Si в цепях двух сортов: Si(1) использует в образовании цепи по 2 атома кислорода – O(1) и O(4), Si(2) – по 3 атома – O(1), O(4) и O(6). Атомы O(6) тетраэдров Si(2) располагаются в центрах инверсии (1/2, 0, 0), и тетраэдры Si(2) за счет обобществления фрагментов Si(2) – O(6) – Si(2) объединяют соседние спирали в слои, параллельные (100) (фиг. 112). Оставшиеся "свободными" атомы кислорода O(2), O(3) и O(5) образуют искаженные октаэдры, в центрах которых размещаются катионы Ti. Октаэдры TiO₆ разделяют анионные слои в направлении [100]. Катионы Na⁺ окружены 7 атомами кислорода: O(1), O(2), O(3), O(4), O(5) и 2 атомами О молекул воды. Молекулы H₂O, кроме того, образуют по две Н-связи с атомами кислорода O(1) и O(5).

Межатомные расстояния (в Å): Si(1)–O = 1,599–1,651; Si(2)–O = 1,600–1,635 (среднее 1,629 и 1,619); Ti–O = 1,917–1,991; Na–O = 2,340–2,954; Na–O(H₂O) = 2,252 и 2,073; O(H₂O)–O = 2,699 и 2,686. Валентные углы O–Si–O в тетраэдрах Si(1) и Si(2) в среднем одинаковые и равны 109,4°.



Фиг. 112. Слон $[SiO_4]$ -тетраэдров и TiO_6 -октаэдров в структуре пенквилксита-1М в проекции вдоль [010] (по Мерлино и др.)

Оба политипа принадлежат к одному семейству ОД-структур и представляют собой две (из четырех возможных) максимально упорядоченные структуры этого семейства.

Физ. св. Бесцветный, просвечивает. Чертка белая. Бл. стеклянный. Уд. в. 2,63 (вычисл. 2,61). Свойства пенквилксита-2О см. т. III, вып. 3, с. 360.

Микр. Двусосный (+). $n_g = 1,675$, $n_m = 1,646$, $n_p = 1,640$; $n_g - n_p = 0,029$; $2V = 50^\circ$ (вычисл. 50°). Дисперсия сильная, $r < v$.

Хим. Анализ (микрозонд., среднее из 5) пенквилксита-1М из Хибинского массива: $Na_2O = 14,39$; $K_2O < 0,05$; $CaO < 0,1$; $MnO < 0,1$; $Al_2O_3 < 0,1$; $Fe_2O_3 = 0,20$; $SiO_2 = 55,21$; $TiO_2 = 17,70$; $ZrO_2 < 0,15$; $Nb_2O_5 = 0,73$; $H_2O = 8,29^*$; сумма 96,52 [1].

* Вычислена из расчета $4H_2O$ в формуле.

Эмпирическая формула (на 26 атомов О): $Na_{4,04}(Ti_{1,93}Nb_{0,05}Fe_{0,02})Si_{7,99}O_{22} \cdot 4H_2O$.

На основе пересчета опубликованного ранее анализа эмпирическая формула пенквилксита-2 О (при О + F = 22 и $4H_2O$ в формуле): $Na_{3,66}Ca_{0,25}K_{0,02}(Ti_{1,72} \times Zr_{0,15}Nb_{0,07}Fe_{0,02})(Si_{7,87}Al_{0,13})O_{21,98}F_{0,02} \cdot 4H_2O$ [1].

Нахожд. Найден в керне скважины на горе Рестиныон в северо-западной части Хибинского щелочного массива (Кольский п-ов). Встречается в виде мелких (0,1–1 мм) неправильных кристаллов в ассоциации с кальцитом, эльпидитом, лоренценитом, флогопитом, баритом и сфалеритом.

Межплоскостные расстояния пенквилксита-2 О из Ловозерского массива [1]

CuK α -излучение. Дифрактометр

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
200	100	8,2118	230	24	2,7464	820	4	1,8515
210	35	5,9878	031	22	2,7134	233	8	1,8357
011	13	5,6551	131	56	2,6759	613	9	1,7917
111	62	5,3441	412	5	2,6166	333	15	1,7801
211	30	4,6526	231	28	2,5761	214	7	1,7681
020	16	4,3770	322	12	2,5094	812	3	1,7540
400	20	4,0949	521	14	2,4715	911	5	1,7297
311	14	3,9269	611	19	2,4553	640	24	1,7050

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
220	5	3,8592	331	7	2,4295	404	4	1,6853
410	9	3,7034	512	12	2,3594	224	5	1,6675
102	8	3,6116	213	7	2,2811	822	5	1,6555
221	29	3,4224	132	6	2,2661	533	5	1,6325
202	69	3,3727	040	13	2,1874	504	4	1,6100
411	49	3,3123	240	3	2,1135	10.1.1	8	1,5713
212	12	3,1477	141	2	2,0805	813	12	1,5493
321	48	3,1003	413	7	2,0544	10.2.0	10	1,5306
302	56	3,0621	241	6	2,0327	10.0.2	9	1,4968
420	3	2,9901	721	10	1,9885	10.1.2	1	1,4745
312	5	2,8802	341	4	1,9590	115	3	1,4539
511	43	2,8326	811	7	1,9220			
122	7	2,7853	133	2	1,8711			

Межплоскостные расстояния паквилексита-1 М из Хибинского массива [1]

FeK_α-излучение, *D* = 114,6 мм

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
100	Сильн.	8,287	211	Сильн.	2,884	302	Слаб.	1,827
110	Средн. слаб.	6,020	302	Слаб.	2,723	312	Слаб.	1,790
111	Средн. слаб.	5,300	022	Слаб.	2,689	333	Сред. слаб.	1,772
200	Оч. слаб.	4,140	222	Слаб.	2,658	004	Сред. слаб.	1,704
111	Сред. сильн.	3,990	113	Слаб.	2,358	433	Сред. слаб.	1,621
121	Слаб.	3,674	013	Оч. слаб.	2,197	402	Сред. слаб.	1,528
002	Сред. слаб.	3,393	313	Оч. слаб.	2,160	350	Слаб.	1,480
202	Сильн.	3,339	321	Слаб.	2,015			
121	Сред.	3,130	420	Слаб.	1,872			

Л и т е р а т у р а

1. Merlino S., Pasero M., Artioli G., Khomyakov A.P. // Amer. Miner. 1994. Vol. 79, N 11/12. P. 1185.

СИЛИКАТЫ С ТРЕХ- И ШЕСТИЧЛЕННЫМИ КОЛЬЦАМИ ТЕТРАЭДРОВ

С Т Р У К Т У Р А Т И П А З У С М А Н И Т А

Ранее со структурой данного типа был описан зусманит (т. IV, вып. 2, с. 445).

ГРУППА ЗУСМАНИТА

	Сингония	<i>a_h</i>	<i>c_h</i>	Уд.в.
Кумбсит K(Mn, Fe, Mg) ₁₃ [(Si, Al) ₁₈ O ₄₂](OH) ₁₄	Гексаг.	11,828	29,146	3,01

Кумбсит Coombsite K(Mn, Fe, Mg)₁₃[(Si, Al)₁₈O₄₂](OH)₁₄

Назван по имени проф. университета Оtago Д.С. Кумбса [1].

Характ. выдел. Агрегаты, часто полусферические (до нескольких мм в диаметре), волокнисто-чешуйчатых кристаллов (длиной до 20 мкм).

Структ. и морф. крист. Гексаг. с. *a_h* = 11,828, *c_h* = 29,146 Å; *V* = 3531 Å³. *a_{rh}* = 11,875; *α_{rh}* = 59,74°; *V* = 1177 Å³. Изоструктуриен зусманиту.

Физ. св. Уд. в. 3,01 (вычисл. 3,06). Цв. коричневый.

Микр. Светлый коричневато-желтый. Плеохроизм очень слабый, $No > Ng$. Угасание прямое. Одноосный (+). $n_o = 1,619$, $n_e = 1,600$; $n_o - n_e = 0,019$.

Хим. Марганцевый аналог зусманита.

Анализ (микрозонд., среднее из 5): $\text{Na}_2\text{O} - 0,08$; $\text{K}_2\text{O} - 2,19$; $\text{CaO} - 0,03$; $\text{MnO} - 38,19$; $\text{MgO} - 1,08$; $\text{FeO}^* - 1,00$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 1,41$; $\text{SiO}_2 - 45,18$; $\text{TiO}_2 - 0,01$; сумма 93,63.

* Общее.

Эмпирическая формула (на 49 атомов О): $\text{K}_{1,0}\text{Na}_{0,1}(\text{Mn}_{11,8}\text{Fe}_{1,0}\text{Mg}_{0,6}) \times (\text{Si}_{16,4}\text{Al}_{1,5})_{17,9}\text{O}_{42}(\text{OH})_{14}$.

Нахожд. Найден в небольшой ($0,5 \times 1$ м) родонит-кварцевой линзе, залегающей в метаграуваково-аргиллитовых породах, переходных от пумпеллиит-актинолитовой к пумпеллиит-пренитовой фации метаморфизма (Уотсон Бич, юго-восточная часть района Оtago, Новая Зеландия). В подчиненных количествах встречаются рдохрозит, апатит, парсеттенсит, кариопилит. Образует включения в родоните и кварце; иногда ассоциирует с парсеттенситом и спессартином.

Межплоскостные расстояния кумбсита из Новой Зеландии [1]

СиК $_{\alpha}$ -излучение. Дифрактометр

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
003	100	9,68	309; 317	10	2,349
006	30	4,835	410; 324	50	2,241
107; 205	5	3,844	3.1.10; 416	10	2,034
116; 212	15	3,737	3.1.11; 2.1.13	10	1,940
009; 207	25	3,241	3.1.14	12	1,6796
119; 217	*	2,845	435; 520	20	1,6385
306; 312	70	2,793	0.0.18; 345	15	1,6187
315; 401	90	2,556	1.3.16	10	1,5334
0.0.12	5	2,426			

* Перекрывается пиком рдохрозита.

Л и т е р а т у р а

1. Sameshima T., Kawachi Y. // N.Z.J. Geol. and Geophys. 1991. Vol. 34, N 3. P. 329.

СИЛИКАТЫ С ЧЕТЫРЕХ- И ВОСЬМИЧЛЕННЫМИ КОЛЬЦАМИ ТЕТРАЭДРОВ

С Т Р У К Т У Р А Т И П А Д Ж И Л Л Е С П И Т А

ГРУППА ДЖИЛЛЕСПИТА

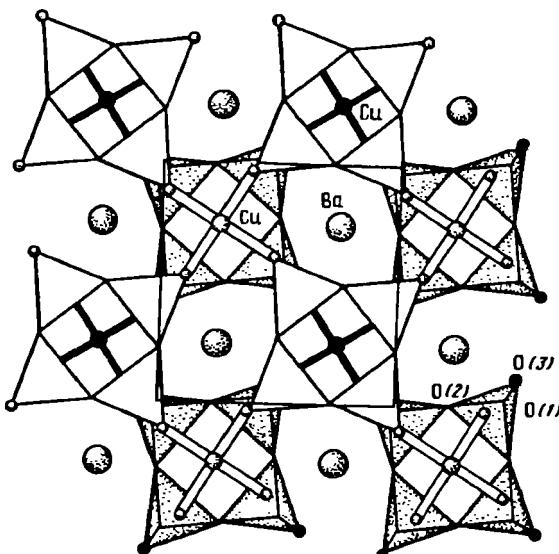
В группе были описаны джиллеспит и купроривант (т. IV, вып. 2, с. 454).

	Сингония	a_0	c_0	Уд. в.
Эффенбергерит $\text{BaCu}[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$	Тетраг.	7,442	16,133	3,52

Эффенбергерит Effenbergerite $\text{BaCu}[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$

Назван в честь минералога и кристаллографа Венского университета (Австрия) Г.С. Эффенбергер, многие работы которой посвящены расшифровке кристаллических структур новых минералов и изучению стереохимии Cu^{2+} [1].

Характ. выдел. Идиоморфные пластинки (до $8,0 \times 8,0 \times 0,1$ мм).



Фиг. 113. Фрагмент структуры эффенбергерита в проекции одного слоя вдоль оси с (по Гистеру и Рику)

Кром обозначены Si-тетраэдры нижней части слоя

Структ. и морф. крист. Тетраг. с. D_{4h}^8 -P4/ncc. $a_0 = 7,442$, $c_0 = 16,133 \text{ \AA}$; $V = 893,50 \text{ \AA}^3$; $Z = 4$.

Как в джиллеспите $\text{BaFe}[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$ и купроривайте $\text{CaCu}[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$, основу структуры составляют параллельные (001) слои $[\text{Si}_4\text{O}_{10}]_\infty$ из четырех- и восьмичленных колец $\text{Si}-\text{O}$ -тетраэдров (фиг. 113).

Межатомные расстояния (в \AA): $\text{Si}-\text{O} = 1,581$ – $1,627$ (среднее 1,607); $\text{Cu}-\text{O} = 1,925$; $\text{Ba}-\text{O} = 2,748$ и $2,893$. Обычна грань (001), реже развиты грани (100), (110) и (102). Двойникование не наблюдалось.

Физ. св. Сп. по (001) совершенная, по (110) плохая. Изл. полураковистый. Тв. 4–5. Уд. в. 3,52. Цв. голубой. Чертка бледно-голубая. Бл. стеклянный на плоскостях спайности, смолистый на гранях, стекловатый в изломе. Прозрачный. Не флюоресцирует ни в длинно-, ни в коротковолновой части спектра.

В ИК-спектре наблюдались полосы: 5200, 3500, 1600 cm^{-1} , в одном образце – 3300 cm^{-1} .

Микр. Плеохроизм сильный, от интенсивного голубого до бледно-голубого. Одноосный (–). $n_o = 1,633$, $n_e = 1,593$; $n_o - n_e = 0,040$. Дисперсия слабая, $r > v$.

Хим. Природный аналог синтетического $\text{BaCu}[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$. Теор. состав: $\text{BaO} - 32,40$; $\text{CuO} - 16,81$; $\text{SiO}_2 - 50,79$.

Анализ (микрозонд., среднее из 14, в скобках – пределы колебаний): $\text{BaO} - 32,48$ (30,41–33,77); $\text{CuO} - 16,52$ (15,24–17,73); $\text{SiO}_2 - 50,76$ (48,84–53,33); сумма 99,76.

Эмпирическая формула (на 10 атомов O): $\text{Ba}_{1,00}\text{Cu}_{0,98}[\text{Si}_{3,99}\text{O}_{10}]$.

Кроме того, определены: $\text{Al}_2\text{O}_3 - 0,38$, CaO , SrO и FeO – менее 0,02.

Нахожд. Встречен на месторождении Бесселс в марганцевом рудном поле Калахари (Южная Африка) в пектолитовых прожилках (0,1–1 мм), секущих браунит-сугиллит-гаусманнитовую породу. Ассоциирует с самородной медью, кальцитом, кварцем и клиноцизитом. Содержит микровключения самородной меди.

Межплоскостные расстояния эфтенбергерита из Южной Африки [1]
CuK α -излучение. Дифрактометр

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (\AA)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (\AA)
002	100	8,0665	2.0.10	21	1,4801
102	1	5,4690	328	2	1,4423
110	1	5,2609	2.2.10	3	1,3752
112	10	4,4065	418	11	1,3447
004	39	4,0332	0.0.12	11	1,3444
104	29	3,5458	338	3	1,3233
202	17	3,3781	1.0.12	3	1,3230
114	44	3,2008	1.1.12	2	1,3026
212	6	3,0759	516	2	1,2824
213	1	2,8295	2.0.12	1	1,2644
204	13	2,7345	4.0.10	1	1,2187
006	21	2,6888	508	7	1,1973
220	4	2,6304	3.1.12	2	1,1673
222	2	2,5008	4.2.10	4	1,1582
116	41	2,3942	00.14	4	1,1524
312	2	2,2586	1.1.14	5	1,1257
224	2	2,2033	2.0.14	1	1,1008
206	1	2,1792	2.1.14	2	1,0889
216	2	2,0913	2.2.14	1	1,0555
314	6	2,0322	3.0.14	1	1,0450
008	34	2,0166	3.1.14	3	1,0349
108	22	1,9464	1.1.16	4	0,9903
118	13	1,8830	2.0.16	2	0,9732
400	3	1,8600	733	1	0,9612
316	10	1,7706	3.1.16	2	0,9268
332	1	1,7136	5.4.11	1	0,9108
420	1	1,6636	5.1.14	1	0,9039
422	2	1,6293	1.1.18	2	0,8835
228	2	1,6004	2.0.18	2	0,8713
1.0.10	2	1,5767	3.1.18	1	0,8376
1.1.10	3	1,5424	5.1.16	1	0,8295

Л и т е р а т у р а

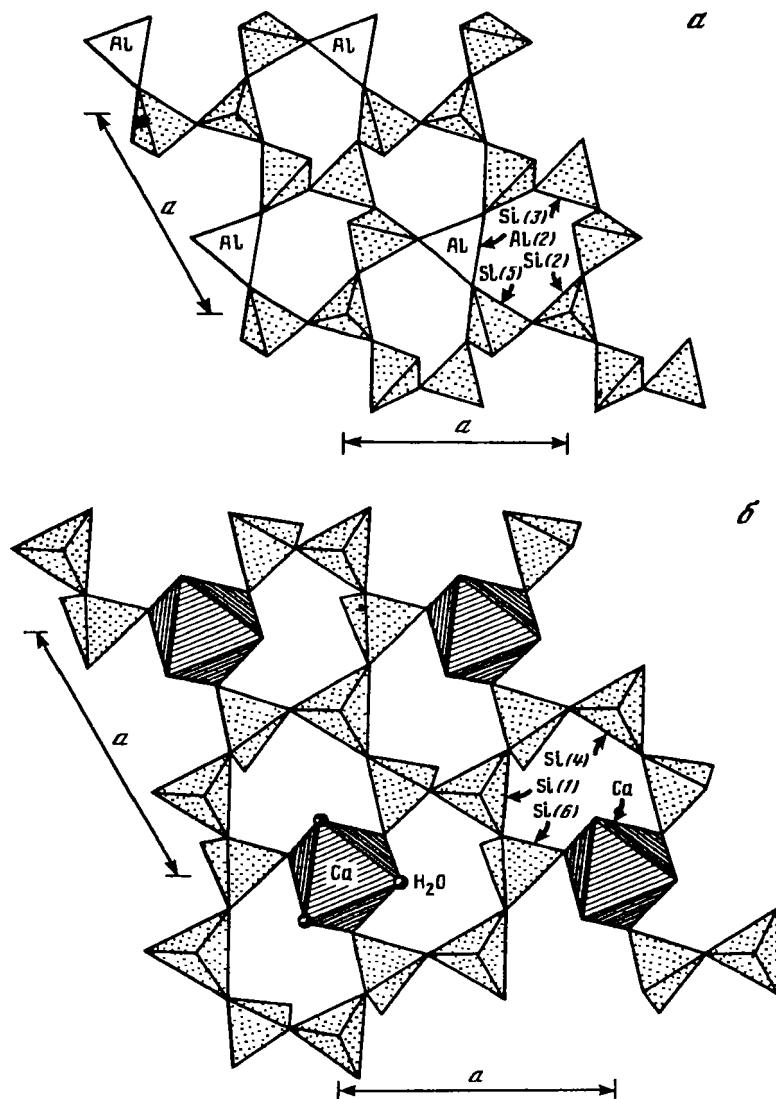
1. Gieser G., Rieck B. // Miner. Mag. 1994. Vol. 58, N 4. P. 663.

СИЛИКАТЫ С ШЕСТИ- И ДВЕНАДЦАТИЧЛЕННЫМИ КОЛЬЦАМИ ТЕТРАЭДРОВ

С Т Р У К Т У Р А Т И П А У И К Е Н Б Е Р Г И Т А

Сингония	Пр.гр.	<i>a</i> ₀	<i>c</i> ₀	<i>V</i>	<i>Z</i>
Уикенбергит* Wickenburgite <chem>Pb3CaAl[Si10AlO27].3H2O</chem>	Триг. <i>C</i> _{3v} ⁴ - <i>P</i> 31 <i>c</i>	8,560	20,190	1281,9	2

Описан (т. IV, вып. 2, с. 495) с формулой Pb3CaAl2Si10O24(OH)6, с указанием общего мотива структуры (по предварительным данным), гексагональной сингонии и пространственной группы *D*_{6h}⁴-*P*6₃/*mmc*.



Фиг. 114. Структура уикенбергита (по Лэму и др.)

Проекция двух слоев двухэтажного слоя вдоль оси *c*: *a* – слой $[Si_5AlO_{15}]_{\infty}$; *b* – слой $[Si_5O_{14}]_{\infty}$ и Ca -октаэдры

Основу структуры [1] составляют двухэтажные слоистые анионы $[Si_{10}AlO_{27}]_{\infty}$, построенные из одноэтажных слоев $[Si_5AlO_{15}]_{\infty}$ и $[Si_5O_{14}]_{\infty}$, перпендикулярных оси *c*, соединенных друг с другом общими фрагментами $Si(1)-O(2)-Si(3)$ и $Al(2)-O(1)-Si(4)$ (фиг. 114) и посредством Н-связей молекул воды, связанных с Ca^{2+} . Слои имеют сходные мотивы.

Слой $[Si_5AlO_{15}]_{\infty}$ состоит из шестичленных колец, в состав которых входят пять тетраэдров SiO_4 и один AlO_4 (см. фиг. 114, *a*). Слой $[Si_5O_{14}]_{\infty}$ (см. фиг. 114, *b*) не содержит атомов Al ; его петля соответствует трем кольцам первого слоя, но со-

стоит лишь из 12 тетраэдров SiO_4 , так как ее центр занимает ион Ca^{2+} . Последний расположен в октаэдре из 3 атомов О слоя $[\text{Si}_5\text{O}_{14}]_{\infty}$ и трех молекул H_2O , участвующих в H-связях. Катионы Al^{3+} двух сортов: $\text{Al}(1)$ находятся в центре октаэдров, $\text{Al}(2)$ – в тетраэдрах слоя $[\text{Si}_5\text{AlO}_{15}]_{\infty}$; Pb^{2+} – в сильно искаженных восьмивершинниках из атомов О. С обеих строн двухэтажных слоев $[\text{AlSi}_{10}\text{O}_{27}]_{\infty}$ расположены слои $\text{Al}(1)$ - и Pb -полиэдров. Слоистый характер структуры обусловливает спайность минерала.

Межатомные расстояния (в Å): в тетраэдрах $\text{Si}-\text{O} = 1,58-1,64$; $\text{Al}(2)-\text{O} = 1,71-1,77$; в октаэдрах $\text{Ca}-\text{O} = 2,32-2,37$; $\text{Al}(1)-\text{O} = 1,88$. Расстояния $\text{Pb}-\text{O}$ составляют две группы: от 2,30 до 2,53 и от 2,97 до 3,36.

L i t e r a t u r a

1. Lam E.A., Groat L.A., Cooper M.A., Hawthorne F.C. // Canad. Miner. 1994. Vol. 32, pt 3. P. 525.

СИЛИКАТЫ С ВОСЬМИЧЛЕННЫМИ КОЛЬЦАМИ ТЕТРАЭДРОВ

С Т Р У К Т У Р А Т И П А К В А Н Ф   Е Л Д И Т А

	Сингония	a_0	b_0	c_0	Уд.в.
Кванфьелдит $\text{H}_2\text{Na}_4(\text{Ca},\text{Mn}) [\text{Si}_3\text{O}_8]$	Ромб.	10,213	15,878	9,058	2,55

Кванфьелдит Kvanefjeldite $\text{H}_2\text{Na}_4(\text{Ca},\text{Mn}) [\text{Si}_3\text{O}_8]$

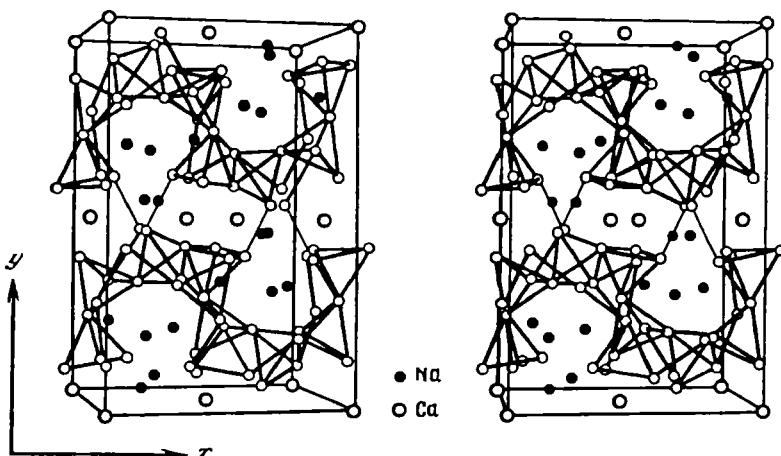
Назван по месту находки [1].

Характ. выдел. Скопления неправильной формы до 1,5 см в поперечнике и прожилки длиной до 3 см.

Структ. и морф. крист. Ромб. с. $D_{2h}^{15}-Pcab$. $a_0 = 10,213$, $b_0 = 15,878$, $c_0 = 9,058$ Å; $V = 1468,86$ Å³; $Z = 4$ [2].

В структуре SiO_4 -тетраэдры объединены в гофрированные слои толщиной ~ 6 Å, расположенные параллельно (010) (фиг. 115). В слое цепочки состава SiO_3 из чередующихся тетраэдров $\text{Si}(1)$ и $\text{Si}(3)$ вытянуты вдоль оси с. Цепочки обладают периодом повторяемости из четырех тетраэдров и располагаются в слое на двух уровнях. Они связаны друг с другом $\text{Si}(2)$ -тетраэдрами с образованием неправильных восьмичленных колец из трех $\text{Si}(1)$ - , трех $\text{Si}(3)$ - и двух $\text{Si}(2)$ -тетраэдров. В пределах цепочек каждый тетраэдр имеет три мостиковые связи ($\text{Si}-\text{O} = 1,625 - 1,629$ Å) и одну немостиковую ($\text{Si}-\text{O} = 1,570$ и $1,581$ Å). У $\text{Si}(2)$ -тетраэдров две вершины общие с $\text{Si}(1)\text{O}_4$ и $\text{Si}(3)\text{O}_4$ ($\text{Si}-\text{O} = 1,638$ и $1,644$) и две вершины свободные. Одна из них представлена (OH)-группой ($\text{Si}-\text{OH} = 1,649$; $\text{O}-\text{H} = 0,78$ Å).

Са располагается между ($\text{Si}_3\text{O}_7\text{OH}$)-слоями в октаэдрах, образованных немостиковыми атомами кислорода ($\text{Ca}-\text{O} = 2,29-2,38$ Å). $\text{Na}(1)$ приблизительно в одной плоскости с Ca в полиздре из 5 атомов O, образующих тригональную пирамиду ($\text{Na}(1)-\text{O} = 2,29-2,49$ Å), и 2 атомов O на расстоянии 2,91 и 2,96 Å. $\text{Na}(2)$ находится в углублениях кремнекислородных слоев в тригональных призмах из атомов кислорода.



Фиг. 115. Структура кванфьелдита (по Джонсону и др.)

Жирные линии – SiO_4 -тетраэдры, тонкие – водородные связи от атомов O(3) и O(7)

Кристаллические зерна, уплощенные по (010).

Физ.св. [1]. Сп. хорошая по (010), несовершенная по (101). Тв. 5,5–6. Уд.в. 2,55 (вычисл. 2,53). Цв. розовый с фиолетовым оттенком, в измененных участках желтоватый. Бл. стеклянный, на плоскостях спайности (010) перламутровый.

Микр. Бесцветный. Двусосный (+). $Ng = b$, $Nm = c$, $Np = a$. $n_g = 1,543$, $n_m = 1,522$, $n_p = 1,522$; $2V = 0\text{--}9^\circ$.

Хим. Теор. состав: $\text{Na}_2\text{O} - 22,20$; $\text{CaO} - 10,04$; $\text{SiO}_2 - 64,54$; $\text{H}_2\text{O} - 3,22$.

Анализ (микрозонд., среднее из 16) [1]: $\text{Na}_2\text{O} - 22,06$; $\text{K}_2\text{O} < 0,02$; $\text{MgO} < 0,02$; $\text{CaO} - 8,49$; $\text{MnO} - 1,59$; $\text{FeO} - 0,05$; $\text{Al}_2\text{O}_3 < 0,02$; $\text{Y}_2\text{O}_3 - 0,40$; $\text{TiO}_2 < 0,02$; $\text{SiO}_2 - 65,0$; сумма 97,59.

Эмпирическая формула (на 16 атомов О): $\text{Na}_{3,96}(\text{Ca}_{0,84}\text{Mn}_{0,12}\text{Y}_{0,02})_{0,98}\text{Si}_{6,01} \times \text{xO}_{14}(\text{OH})_2$.

Спектрально определены следы Li, Be, B, F и Cl.

Повед. при нагр. Обезвоживается при 600° , потеря веса 4% [1].

Найдж. Найден в арфведсонитовом луявлите северо-западной части щелочного интрузивного комплекса Илимаусак на плато Кванфьелд (Юго-Западная Гренландия). Слагает выделения неправильной формы и прожилки гидротермального происхождения в ассоциации с виллиомитом и анальцином, являясь наиболее поздним минералом [1].

Межплоскостные расстояния кванфьелдита из Кванфьелда (Гренландия) [1]

CuK α -излучение. Камера Гинье

hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$	hkl	I	$d(\text{\AA})$
020	1	7,928	151	3	2,8753	214; 432	3	2,0508
120; 111	3	6,251	142	4	2,8639	343	2	1,9640
200	2	5,109	232; 113	3	2,8529	403; 180	3	1,9494
002	2	4,529	123	2	2,7226	413; 521; 144	1	1,9328
201	6	4,447	312	1	2,6834	531	1	1,8644
012	7	4,355	242; 322	5	2,5757	244; 324	1	1,8346
220; 211	2	4,288	213; 160	4	2,5647	334	2	1,7758
131	2	4,175	341	1	2,4852	215; 164; 404	1	1,6960

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
040	2	3,965	401	2	2,4573*	381;414;513	1	1,6838
022	2	3,931	411	2	2,4257	453;424	1	1,6593*
221	7	3,880	351	2	2,2488	264	1	1,6314
140	2	3,701	313	1	2,2383*	533	1	1,6111
122	4	3,671	162;431	1	2,2285	561;315	2	1,5913
141	2	3,426	412	2	2,2028	463;1.10.0;	1	1,5687
202	6	3,388	114	3	2,1898	245;325;480		
212	5	3,313	422;153	3	2,1415	543;155	1	1,5551
222	10	3,1174	441;360;262	1	2,0876			
241;321	2	2,9579	204	1	2,0716			

* Перекрываются с линиями внутреннего стандарта (кварц).

Л и т е р а т у р а

1. Petersen O.V., Johnsen O., Leonardsen E.S., Rønsbo J.G. // Canad. Miner. 1984. Vol. 22, pt 3. P. 465.
2. Johnsen O., Leonardsen E.S., Fälth L., Annehed H. // Neues Jb. Miner. Monatsh. 1983. H. 11. S. 505.

СИЛИКАТЫ С ШЕСТИ- И ДЕСЯТИЧЛЕННЫМИ КОЛЬЦАМИ ТЕТРАЭДРОВ

С Т Р У К Т У Р А Т И П А Л Е М У А Н И Т А

Ранее со структурой данного типа был описан лемуанит (т. IV. вып. 2, с. 501).

ГРУППА ЛЕМУАНИТА

Сингония	<i>a</i> ₀	<i>b</i> ₀	<i>c</i> ₀	β	Уд.в.	
Алтисит						
Na ₃ K ₆ Ti ₂ [Si ₈ Al ₂ O ₂₆]Cl ₃	Монокл.	10,363	16,310	9,132	105,34°	2,64

Алтисит Altisite Na₃K₆Ti₂[Si₈Al₂O₂₆]Cl₃

Назван по составу [1].

Характ. выдел. Зерна неправильной формы (до 3 мм в поперечнике).

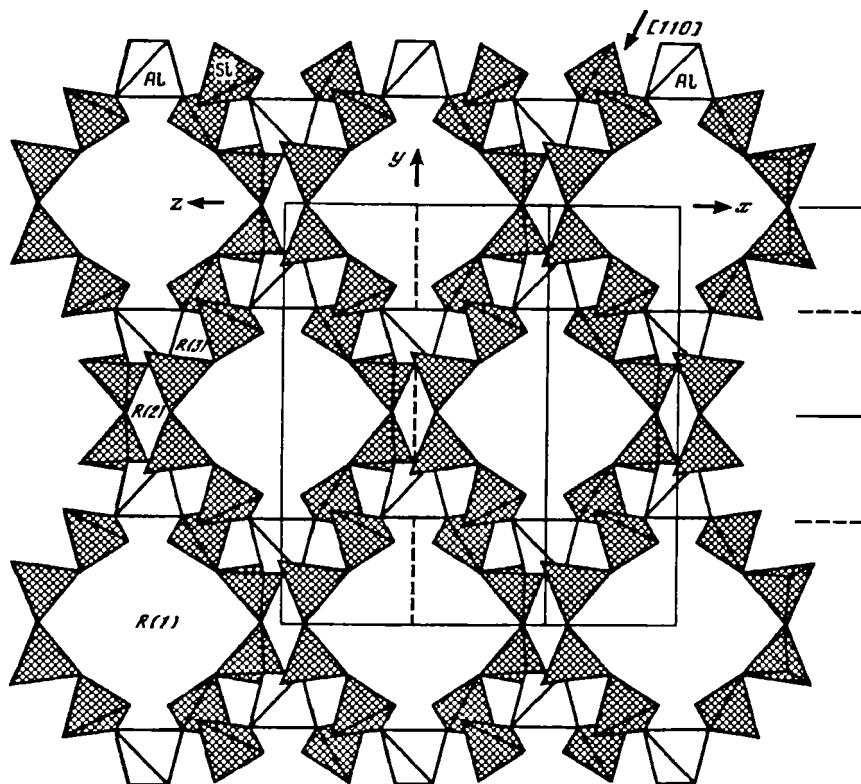
Структ. и морф. крист. [2]. Монокл. с. C_{2h}^3-C2/m . $a_0 = 10,363$, $b_0 = 16,310$, $c_0 = 9,132$ Å; $\beta = 105,34^\circ$; $V = 1488,5$ Å³; $Z = 2$.

В основе структуры [2] лежат двухэтажные параллельные (001) слои из Si- и Al-тетраэдров, построенные из трех типов колец: десятичленных (R1) в плоскости (001) на двух этажах и двух типов шестичленных колец (R2, R3) (фиг. 116), соединяющих десятичленные кольца.

Поскольку шестичленные кольца объединяют десятичленные, находящиеся на разных уровнях, поскольку они являются наклонными к плоскости (001).

Каждый Al-октаэдр в слое с четырьмя Si-тетраэдрами. Соседние Si-Al-слои объединены Ti-октаэдрами с образованием SiAl-Ti конструкции, аналогичной Si-Zr в лемуаните.

Средние межатомные расстояния (в Å): Si-O = 1,617 и 1,626; Al-O = 1,738; Ti-O = 1,953; Na-O = 2,340–3,106; Na-Cl = 2,823–3,077; K-O = 2,862–3,526; K-Cl = 3,082–3,243.



Фиг. 116. Структура алтисита (по Ферраринсу и др.)

Слоистый Si-O-анион, вид вдоль [102]; R(1) – десятичленные кольца, R(2) и R(3) – шестичленные; стрелкой указано направление вытянутости четырехзвенной цепочки, связывающей кольца в слой

Физ. св. [1]. Изл. раковистый. Тв. 6. Уд.в. 2,64 (вычисл. 2,67). Бесцветный, прозрачный. Бл. стеклянный. В ультрафиолетовых лучах не люминесцирует.

В ИК-спектре следующие максимумы поглощения: 1130, 1035, 995, 960, 930, 810, 765, 730, 675, 655, 590, 577, 520, 488, 440, 425, 415 cm^{-1} (подчеркнуты наиболее сильные линии).

Микр. [1]. Двусочный (+). $n_g = 1,654$, $n_m = 1,625$, $n_p = 1,601$; $n_g - n_p = 0,053$; $2V = 85^\circ$ (вычисл. 86°). Дисперсия слабая, $r < u$.

Хим. [1]. Анализ (микрозонд., среднее для 3 зерен): $\text{Na}_2\text{O} - 9,3$; $\text{K}_2\text{O} - 20,7$; $\text{BaO} - 1,0$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 8,7$; $\text{SiO}_2 - 40,3$; $\text{ZrO}_2 - 0,1$; $\text{TiO}_2 - 13,1$; $\text{Nb}_2\text{O}_5 - 0,5$; $\text{Cl} - 8,6$; сумма 102,3; $-\text{O}=\text{Cl}_2 - 1,9$; сумма 100,4.

Эмпирическая формула (на $\text{O} + \text{Cl} = 29$ с учетом данных структурной расшифровки): $\text{Na}_3(\text{K}_{5,23}\text{Na}_{0,57}\text{Ba}_{0,08})(\text{Ti}_{1,95}\text{Nb}_{0,04}\text{Zr}_{0,01})\text{Al}_{2,03}\text{Si}_{7,98}\text{O}_{26,10}\text{Cl}_{2,89}$.

Повед. при нагр. [1]. На кривой ДТА фиксируется эндотермический эффект при 780° , связанный, вероятно, с диссоциацией, частичным плавлением и фазовым превращением минерала. На кривой ТГ имеются два небольших уступа – при $250-300$ и $800-900^\circ$, соответствующих минимумам на кривой ДТГ. Потеря массы 2,5% в интервале $20-1000^\circ$. После прогревания при 600° становится ярко-голубым (рентгенограмма и оптические свойства не изменяются); зерна, прогретые при 1000° , дают рентгенограмму KCl .

Нахожд. Обнаружен в пегматите ультраагпайтового типа (керн буровой скважины, глубина 470 м) в районе апатитового месторождения Олений ручей (Хибины). Пегматит сложен содалитом, нефелином, калиевым полевым шпатом и пектолитом; второстепенные минералы – эгирин, щербаковит, тинаксит, астрофиллит, нефедовит, виллиомит. Приурочен в основном к интерстициям призматических кристаллов пектолита.

Отл. От макроскопически сходного нефелина отличается более сильным блеском.

Межплоскостные расстояния алтисита из Хибинского массива [1]

FeK_α-излучение, D = 114,6 мкм

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (\AA)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (\AA)	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> (\AA)
001	6	8,97	240	35	3,157	223	13	2,201
020	71	8,22	132	100	3,049	172	15	2,071
111	9	7,01	331	71	2,900	080	25	2,038
021	4	6,03	151	84	2,835	243	29	1,996
111	4	5,54	222	25	2,765	334	29	1,967
200	4	4,94	332	11	2,666	461	13	1,873
201	13	3,88	401	13	2,596	511	15	1,831
041	25	3,71	421	13	2,468	601	29	1,723
221	42	3,50	043	20	2,375			
311	20	3,35	401	11	2,257			

Л и т е р а т у р а

- Хомяков А.П., Нечелюстов Г.Н., Феррарис Дж., Ивальди Г. // Зап. ВМО. 1994. Т. 123, № 6. С. 81.
- Ferraris G., Ivaldi G., Khomyakov A.P. // Europ. J. Miner. 1995. Vol. 7. P. 537.

СИЛИКАТЫ С ПЯТИ-, ШЕСТИ-, ВОСЬМИ- И ДВЕНАДЦАТИЧЛЕННЫМИ КОЛЬЦАМИ ТЕТРАЭДРОВ

С Т Р У К Т У Р А Т И П А С Т И Л Ь П Н О М Е Л А Н А

С таким типом структуры был описан стильпномелан* (т. IV, вып. 2, с. 570).

* Ленинленапейит, указанный как разновидность магниевого стильпномелана, рассматривается как самостоятельный минеральный вид – ленинленапейит (Clark, 1993; Fleischer, Mandarino, 1955).

ГРУППА СТИЛЬПНОМЕЛАНА

	Сингония	<i>a</i> ₀	<i>b</i> ₀	<i>c</i> ₀	Уд.в.
Франклинфилит KMn ₆ [Si, Al] ₉ (O, OH) ₂₇]· <i>n</i> H ₂ O	Трикл.	5,521	9,560	36,575	2,6–2,8

Франклинфилит Franklinphilite KMn₆[Si, Al]₉(O, OH)₂₇]·*n*H₂O

Назван по месту находки на месторождении Франклайн, шт. Нью-Джерси (США), и от греч. φίλος – филос – друг ("друзья Франклина" – геологи, минералоги и коллекторы, которые содействовали изучению этого месторождения) [1].

Характ. выдел. Лучистые агрегаты тонкопластинчатых кристаллов; тонко-зернистый.

Структ. и морф. крист. Трикл. с. $C_1^l-P\bar{1}$ или $C_1^l-P\bar{1}\bar{1}$. $a_0 = 5,521$, $b_0 = 9,560$, $c_0 = 36,575$ Å (определенены по порошковой рентгенограмме); $Z = 8$. Подъячейка псевдотригональная. $a_0 = 22,08$, $c_0 = 12,19$ Å; $Z = 1$ [1].

Физ. св. Сп. по (001) совершенная. Тв. 4. Уд. в. 2,6–2,8 (вычисл. 2,66). Цв. темно-коричневый. Черта светло-коричневая. Бл. стеклянный до смоляного. Хрупок [1].

Микр. [1] Прозрачный до непрозрачного. Плеохроизм сильный: по $N_g = N_m$ – темно-коричневый, по N_p – светло-желтый. Двусный (–). $n_g = 1,583$, $n_m = 1,583$, $n_p = 1,545$; $n_g - n_p = 0,038$; $2V = 10^\circ$ (вычисл. 0°).

Хим. Анализ (микрозонд.) [1]: $\text{Na}_2\text{O} - 0,4$; $\text{K}_2\text{O} - 1,5$; $\text{MgO} - 6,4$; $\text{ZnO} - 5,9$; $\text{MnO} - 22,3$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 3,6$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 7,8$; $\text{SiO}_2 - 44,0$; $\text{H}_2\text{O}^* - 8,1$; сумма 100,0.

* По разности.

Эмпирическая формула (на 120 тетраэдрических и октаэдрических катионов, по аналогии со стильпномеланом): $(\text{K}_{2,64}\text{Na}_{1,07})_{3,71}(\text{Mn}_{26,08}\text{Mg}_{13,18}\text{Zn}_{6,02}\text{Fe}_{2,72}^{3+})_{48}(\text{Si}_{60,76} \times \text{Al}_{5,86}\text{Fe}_{5,38}^{3+})_{72}(\text{O}_{163,23}(\text{OH})_{52,77})_{216} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (содержание 54 мол.% крайнего Mn-члена стильпномелана).

До 11,9% MnO содержится в ленниленапеите ($a_0 = 22,05$, $c_0 = 12,19$ Å) из месторождения Франклайн [2, 3].

Нахожд. Встречен в отвалах месторождения Франклайн, шт. Нью-Джерси (США). Совместно с франклинитом образует прожилок (мощностью 2 см), секущий брекчию, богатую кальцитом, франклинитом, шамозитом, эгирином, баумитом и виллемитом [1].

Отл. От стильпномелана отличается повышенным содержанием MnO.

**Межплоскостные расстояния франклинфилита
из месторождения Франклайн, шт. Нью-Джерси (США) [1]**

FeK_α-излучение, $D = 114,6$ мм

hkl	I	d (Å)	hkl	I	d (Å)	hkl	I	d (Å)
003	100	12,3	20	2,881*		2.0.17	2	1,897
	30	7,27*		30	2,737		10	1,730
	5	5,54		40	2,583		5	1,694
110	20	4,79	207	5	2,553*	0.10	5	1,677
	10	4,40		2	2,449		2	1,623
009	20	4,08	208	10	2,405*	060	30	1,594
	2	3,83*		30	2,362	063	30	1,580
	30	3,6	2.0.10	10	2,201	066	5	1,541
	2	3,18		20	2,120*		2	1,520*
0.0.12	20	3,06		10	1,968*		2	1,376

*Линии фриделита.

Л и т е р а т у р а

1. Dunn P.J., Peacor D.R., Shu-Chun Su. // Miner. Rec. 1992. Vol. 23, N 6. P. 465.
2. Dunn P.J., Peacor D.R., Simmons W.B. // Canad. Miner. 1984. Vol. 22, pt 2. P. 259.
3. Guggenheim S., Eggleton R.A. // Soc. Amer. Rev. Miner. 1988. Vol. 19. Ch. 17. P. 675.

УКАЗАТЕЛЬ МИНЕРАЛОВ¹

- Акаторент 187, 192, 194
Алланит 164
Аллювийлит 209, 259, 261
Алтигисит 382, 416
Al-эльбант 244
Алюмобиргерит 244
Амсталлит 381, 402
Андременерит 100, 112, 113
Арденнит^{**} 187

Багдадит 101, 143, 146
Баланджеронт 271, 304, 305
Баратовит 209, 254, 255
Барроортоджокинит 208, 222, 224
Белоруссит-(Се) 208, 222, 226
Бельковит 101, 141
Богатый Fe и Al клинопироксен 273
Борнеманит 100, 133, 138
Боромусковит 381, 383
Бурпалит 101, 143, 147

Ванадомалацит 10, 37
Велинит^{**} 10, 67
Вердингит 100, 128
Вертумнит 381, 397, 400
Вуониемит 100, 133, 134
Вюаньлит 11, 77
Вюнцпаххит 188, 203

Гагент-2М* 304
Гагент-1А* 304
Гаиомалит* 101, 161
Гафнит 9, 15
Гейтманит 130
Герстманиит 11, 87
Гиалотекит 208, 227
10Å-гидрат 336
Гидровстрофиллит 271, 299
Гидроксилэллестадит 10, 48, 50
Гидроумбит (?) 291
Гиортдалит 151
Гиттинсит 100, 118, 122

Деллвит 101, 182
Джасмундит 10, 46

Джаффент 101, 143, 153
Джервисит 270, 277
Джерриджиббсит 10, 70, 72
Джеффрейит 100, 111
Джоакинит-(Се)^{**} 222
Джоакинитоподобный минерал 224
Джонинесит 272, 341
Джорданит 271, 317
Джорджшоут 317
Джуинтоит 100, 112, 115
Диссакисит-(Се) 101, 162, 164
Доласит 167
Долласит-(Се) 101, 162, 167
Донниковит 270, 286
Доррит 271, 323, 330

Ершовит 349, 364
Fe-авгит 273

Зорит 349, 372
Зуниит^{**} 187, 188

Иберисилит 58
Илерит* 293
Имандрит* 209, 247
Иттриевый хинганит 58
Иттроцеберисит 58
Ифтисит 44
Ифтисит-(Y) 10, 44

Йортдалит 101, 151
Йортдалит-I* 143
Йортдалит-II* 143

К-гейдонит 317
Калиевый гейдонит 317
Калий-фтор-рихтерит 349, 359
Калий-фторрихтерит 359
K-F-рихтерит 359
Са-илерит 294
Кальционилерит 207, 293, 294
Канонит 10, 38
Карлостуранит 350, 377
Каскандит 270, 287
Катиамалит 209, 254, 257

¹ Полужирным шрифтом выделены названия описанных минералов, разновидностей и групп; одной звездочкой отмечены минералы, для которых приводятся только структурные данные, двумя звездочками – минералы и разновидности, указанные без описания (в ряде случаев с учетом иной трактовки структуры формулы видоизменены по сравнению с опубликованными ранее). Светлым шрифтом обозначены синонимы.

- Катонит 9, 13
 Кварфьеллит 382, 414
 Квейтит 101, 179
 Кейвинит 118
 Кеивинит-(Y) 100, 118, 120
 Кейланит-(Yb) 100, 118
 Келдышит 100, 102, 104
 Киллаланит 101, 157
 Кильхонит^{*} 187, 188
 Клиновберморит 272, 335
 Клинофоссингит 208, 216, 220
 Коликит 10, 34
 Комковит 271, 293, 295
 Корнерупин^{**} 187
 Корнит 349, 354, 358
 Костылевит 209, 252
 Крайслит 10, 36
 Криоавит^{*} 272, 323, 334
 Ксинганит 58
 Кукисумит 270, 282, 284
 Кулиокит-(Y) 11, 92
 Кумбсит 382, 409
 Кывенит 271, 315

 Лайхунит 9, 18
 Лейкофенит^{**} 187, 188, 200
 Либаунит 272, 347
 Либенбергит 9, 18, 21
 Ликант 349, 354, 357
 Линтисит 270, 282
 Литиомарстурит 271, 309, 311
 Луницаильвансит 381, 390

 Mg-алланит 164
 Магнезиальный астрофиллит^{**} 271, 299
 Магнезиальный ортит 164, 167
 Магнезноортит 164, 167
 Магнезиосаданагит 349, 350, 353
 Магнезиоклоритоид 10, 62, 63
 Макарочкинит 271, 323, 327
 Макфаллит 101, 162, 170
 Малаховит 330, 333
 Манаксит 350, 375
 Манганигумит 10, 70
 Мп-аналог гумита 70
 Мартанцевый биотит 386
 Маттхеддлент 10, 48, 52
 Мегациклилит 209, 266
 Медант 188, 198
 Минасжеранит 54
 Минасжерайцит-(Y) 10, 54
 'Минерал F'²³
 Миасироит 354
 Моноклинный 11 Å-тоберморит 335
 Моноклинный фоссингит 220
 Моцартит 11, 77, 79

 Нагасималит 208, 209, 213
 Назорит^{*} 101, 161
 Накареиниобсит-(Ce) 101, 155
 Намайсит 270, 277, 278
 Нанекевенит 224

 Наильпинит 381, 385
 Наталинит 270, 277, 280
 Натисит 10, 40
 На, Мп-клинопироксен 278
 Натронамбулит 271, 309, 310
 Нафертизит 349, 367
 Нибёйт 349, 354
 Ниобневый ломоносовит 134
 Норришит 381, 386

 ОН-баратовит 257
 Оелит 272, 335, 336
 Оленит 208, 239, 244
 Омилит 271, 307
 Ореброит 69
 Орнеллит^{*} 187, 192
 Орлиманит 381, 396
 Ортит 166
 Оргоджоакинит-(Ce)^{*} 222, 223
 Оттрелит 10, 62, 64
 Охотскит 101, 173, 175

 Паракелдышит 100, 102, 106
 Парватинит 10, 40, 42
 Параспэррит 9, 30
 Параумбит 270, 287, 291
 Пеллинит 272, 338
 Пенквилксит 381, 407
 Пенквилксит-2O^{*} 407
 Пенквилксит-1M^{*} 407
 Петрасит 209, 247, 248
 Питданиит 270, 272, 275
 Повондрант 208, 239, 242
 Польдервавртит 11, 85
 Пудретит 208, 232, 236
 Пумпеллит-(Mn²⁺) 101, 173, 174

 Райхардбраунсит 10, 70, 74
 Ревдит^{*} 350, 376
 Редкоземельный ильверит 296
 ТК-ильверит 296
 Рёнит^{*} 272, 323, 334
 Риббент 188, 201
 Руицит 188, 196
 Рустумит^{*} 101, 183

 Саданагит 349, 350, 351
 Сазыкинит-(Y) 271, 293, 296
 Салнотит 381, 388
 Сальмит 64
 Самбулерит 101, 184
 Санероит 272, 344
 Сантакларант 271, 309, 312
 Свамбоят 9, 25
 Сверигеит 11, 89
 Силинанит 381, 404
 Сиссиоит 9, 17
 Ситинакит 11, 96
 Сонолит^{*} 10, 70, 76
 Стиссит 208, 230
 Страховит 208, 214

- Стрингамит 23
 Стрингхамит 9, 23
 Строициоджоакинит 208, 222, 223
 Строициопьемонтит 101, 162, 163
 Стронциочевкинит 100, 140
 Субалюминиевый железистый диссакисит-(Ce) 164, 166
 Сузукнит 271, 301
 Суринамит * 187, 188
 Сянхуалинит * 11, 95
- Тайканит 271, 302
 Таленит-(Y) * 187, 192
 Танеимавлит 272, 343
 Тарамеллит * 208, 209
 Тинаксит * 349, 369
 Тирагаллоит 187, 190
 Титантарамеллит 211
 Титантарамеллит 208, 209, 211
 10Å-тоберморит 336
 Токкоит 349, 369, 370
 Траскит 209, 264
 Тунгусит * 381, 397
 Тундрит-(Nd)* 9, 30
 Тундрит-(Ce)* 9, 30
- Уикенбергит * 382, 412
 Уилкинсонит 271, 323, 325
 Умбит 270, 287, 289
 Урсинит 9, 25, 26
 Уэдслинит 9, 11
- Ферридравит 242
 Феррисурит 381, 390, 391
 Феррифаялит 18
 Ферронийбёйт 354, 356
 Ферросаданагаит 351, 352
 Ферсманит * 101, 156
 Ферувит 209, 239, 245
 Флюорэллестадит 10, 48
 Фойтит 208, 239
 Фосинант 208, 216
 Франклинифилит 382, 418
- Францисканит 10, 67
 Фторрихтерит 349, 359, 362
- Харадаит * 271, 301
 Харрисонит 10, 31
 Хейтманит 100, 130
 Хенномартинит 101, 159
 Хёгтувайт 327
 Хибинскит 100, 102, 109
 Хинганит иттербиевый 57
 Хинганит цериевый 56
 Хинганит-(Yb) 10, 54, 57
 Хинганит-(Y) 10, 54, 58
 Хинганит-(Ce) 10, 54, 56
 Хлоритоид * 10, 62
 Хлорэллестадит 10, 48, 51
 Холтиит 9, 27
 Христовит-(Ce) 101, 162, 168
 Хромдравит 208, 239, 241
 Хромовый алланит 166
 Хромовый диссакисит-(Ce) 164, 166
 Хромовый пумпеллит 177
- Циркофиллит 271, 299, 300
- Чайесит 208, 232, 237
 Чкаловит 271, 319
- Шанталит 11, 81
 Шерл с дефицитом щелочей 239
 Штрётлингит 381, 397, 399
 Шуйскит 101, 173, 177
- Эдгарбейлинит 100, 125
 Эйфелит 208, 232, 233
 Экаинит 381, 393
 Элленбергерит 11, 82
 Эребруит 10, 67, 69
 Эссент 270, 272, 273
 Эффенбергерит 382, 410
- Яихаугит 101, 143, 149
 Ясмундит 46

INDEX

- Akatoreite 194
Al-elbaite 244
Alkali-deficient schorl 239
Alluaivite 261
Altisite 416
Alumo-bürgerite 244
Armstallite 402
Andremeyerite 113

Baghdadite 146
Balangeroite 305
Baratovite 255
Bario-orthojoaquinite 224
Belkovite 141
Belorussite-(Ce) 226
Bornemanite 138
Boromuscovite 383
Burpalite 147

Calciohilairite 294
Carlosturanite 377
Cascandite 287
Chantalite 81
Chayesite 237
Chiavennite 315
Chkalovite 319
Chlorellestadite 51
Chloritoid* 62
Chromdravite 241
Chromian dissakisite-(Ce) 166
Chromian pumpellyite 177
Clinotobermorite 335
Coombsite 409

Dellaite 182
Dissakisite-(Ce) 164
Dollaseite-(Ce) 167
Donpeacorite 286
Dorrite 330

Edgarbaileyite 125
Effenbergerite 410
Eifelite 233
Ekanite 393
Ellenbergerite 82
Ershovite 364
Esseneite 273

Ferridravite 242
Ferrisurite 391
Ferro-nyböite 356
Ferrosadanagaite 352
Ferry-fayalite 18
- Fersmanite* 156
Feruvite 245
Fluorellestadite 48
Foite 239
Franciscanite 67
Franklinphilit 418
Ftorrichterite 362

Ganormalite* 161
Georgechaoite 317
Gerstmannite 87
Gittinsite 122

Hafnon 15
Haradaite* 301
Harrisonite 31
Hejtnanite 130
Hennomartinite 159
Hilairite* 293
Hingganite-(Ce) 56
Hingganite-(Y) 58
Hingganite-(Yb) 57
Hiortdalite 151
Hégtuvaite 327
Holtite 27
Hsianghualinite* 95
Hyalotekite 227
Hydroastrophyllite 299
Hydroxylellestadite 50

Imandrite* 247

Jaffeite 153
Janhaugite 149
Jasmundite 46
Jeffreyite 111
Jerrygibbsite 72
Jervisite 277
Joaquinite-like mineral 224
Johninnesite 341
Junitoite 115

Kanonaite 38
Katayamalite 257
Katoite 13
Keivite-(Y) 120
Keivite-(Yb) 118
Keldyshite 104
Khibinskite 109
Khristovite-(Ce) 168
Kilchoanite* 188

- Killalaite 157
 Klinophosinate 220
 Kolicite 34
 Komkovite 295
 Kornite 358
 Kostylevite 252
 Kraisslite 36
 Krinovite * 334
 Kukisvumite 284
 Kulikite-(Y) 92
 Kvanejfjeldite 414
- Laihunite 18
 Leakeite 357
 Liebauite 347
 Liebenbergite 21
 Lintosite 282
 Lithiomarsturite 311
 Lunijianlaite 390
- Macfallite 170
 Magnesiochloritoid 63
 Magnesiosadanagaite 353
 Makarochkinite 327
 Malakhovite 333
 Manaksite 375
 Manganhummite 70
 Mattheidleite 52
 Medaite 198
 Megacyclite 266
 Minasgeraisite 54
 Minasgeraisite-(Y) 54
 Miyashiroite 354
 Mozartite 79
- Nacareniobsite-(Ce) 155
 Nafertisite 367
 Nagashimalite 213
 Namansilite 278
 Nanekeveite 224
 Nanpingite 385
 Nasonite * 161
 Natalyite 280
 Natisite 40
 Natronambulite 310
 Norrishite 386
 Nyböite 354
- Ohmilit 307
 Okhotskite 175
 Olenite 244
 Örebrite 69
 Orientite * 192
 Orlimanite 396
 Orthojoaquinite-(Ce) * 223
 Ottelite 64
 Oursinite 26
 Oyelite 336
- Parakeldyshite 106
 Paranatisite 42
- Paraspurrite 30
 Paraumbite 291
 Pellyite 338
 Penkvilksite 407
 Petarasite 248
 Petedunnite 275
 Phosinaite 216
 Poldervaartite 85
 Potassian gaidonnayite 317
 Potassium-fluor-richterite 359
 Poudretteite 236
 Povondraite 242
 Pumpellyite-(Mn²⁺) 174
- Queitite 179
- Reinhardbraunsite 74
 Revdite * 376
 Rhönite * 334
 Ribbeite 201
 Ruizite 196
 Rustumite * 183
- Sadanagaite 351
 Saliotite 388
 Salmite 64
 Samfowlerite 184
 Saneroite 344
 Santaclarite 312
 Sazykinaite-(Y) 296
 Shuiskite 177
 Silinaite 404
 Sitinakite 96
 Sonolite * 76
 Steacyite 230
 Strakhovite 214
 Strätlingite 399
 Stringhamite 23
 Strontiochevkinit 140
 Strontiojoaquinite 223
 Strontiopiemontite 163
 Subaluminous ferroan dissakisite-(Ce) 166
 Surinamite * 188
 Suzukiite 301
 Sverigeite 89
 Swamboite 25
- Taikanite 302
 Taneyarmalite 343
 Taramellite * 209
 Thalenite-(Y) * 192
 Tinaksite * 369
 Tiragalloite 190
 Titanaramellite 211
 Tokkoite 370
 Traskite 264
 Tundrite-(Ce) * 30
 Tundrite-(Nd) * 30
 Tungusite * 397

Umbite 289**Vanadomalayaite** 37**Vertumnite** 400**Vuagnatite** 77**Vyuntspakhkite-(Y)** 203**Wadsleyite** 11**Werdingite** 128**Wickenburgite*** 412**Wilkinsonite** 325**Wuonnemite** 134**Xinganite** 58**Xingsaoite** 17**Yberysilite** 58**Yftisite-(Y)** 44**Yftisite** 44**Ytiroceberysite** 58**Zircophyllite** 300**Zorite** 372

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Условные обозначения и сокращения	7
Силикаты с одиночными кремнекислородными тетраэдрами	9
Силикаты со сдвоенными кремнекислородными тетраэдрами	100
Силикаты с изолированными некольцевыми группами кремнекислородных тетраэдров (олигосиликаты)	187
Силикаты с кольцами кремнекислородных тетраэдров	208
Силикаты с цепочками кремнекислородных тетраэдров	270
Силикаты с лентами кремнекислородных тетраэдров	349
Слоистые силикаты	381
Указатель минералов	420
Index	423

Научное издание

МИНЕРАЛЫ

СПРАВОЧНИК

Том IV

Выпуск 3

СИЛИКАТЫ

Дополнения к томам III и IV

Утверждено к печати

*Ученым советом Института геологии рудных месторождений,
петрографии, минералогии и геохимии РАН*

**Заведующая редакцией "Наука – биосфера,
экология, геология" А.А. Фролова**

**Редактор Т.А. Николаева
Художественный редактор Г.М. Коровина
Технический редактор Т.В. Жмелькова
Корректоры З.Д. Алексеева,
Н.П. Круглова, Н.И. Харламова**

**Набор и верстка выполнены в издательстве
на компьютерной технике**

**ИБ № 2170
ЛР № 020297 от 27.11.1991**

**Подписано к печати 20.05.96
Формат 70 × 100 $\frac{1}{16}$. Гарнитура Таймс. Печать офсетная
Усл. печ. л. 35,1. Ус. кр.-отт. 35,1. Уч. изд. л. 37,5
Тираж 500 экз. Тип. зак. 3179**

**Издательство "Наука"
117864 ГСП-7, Москва В-485, Профсоюзная ул., 90**

**Санкт-Петербургская типография № 1 РАН
199034, Санкт-Петербург В-34, 9-я линия, 12**

В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ «НАУКА»

Готовятся к печати:

***Панфилов М.Б., Панфилова И.В. Осредненные модели фильтрационных процессов с неоднородной внутренней структурой.* 18 л.**

В книге приведено построение нескольких новых эффективных моделей процессов, описываемых параболическими и эллиптическими уравнениями, в средах, представляющих собой композит с малым периодом неоднородности и большими различиями в проводимости составляющих. Предложена асимптотическая процедура осреднения, позволяющая получить новые соотношения для коэффициента дисперсии фронта, выявить его различные физические составляющие и обнаружить явление антидисперсии.

Для специалистов, занимающихся проблемами теории фильтраций, а также специалистов в области методов осреднения неоднородных сред.

Величко А.А., Морозова Т.Д., Нечаев В.П., Порожнякова О.М.
Почвенный палеокриогенез и земледелие. 11 л.

Монография содержит результаты исследований влияния реликтовой криогенной морфоструктуры на строение почв и структуру современного почвенного покрова. Установлено, что реликтовый криогенный микрорельеф является основным фактором дифференциации почвенного покрова, определяет формирование почвенных катен из нескольких типов почв, контрастных по свойствам, режиму увлажнения, запасу питательных веществ. Реконструированы палеогеографические условия эволюции почв в голоцене. Выявлена коррелятивная связь между палеокриорельефом и пространственной вариабельностью агрохимических свойств почв, урожайностью сельскохозяйственных культур.

Для почвоведов, геоморфологов, специалистов в области изучения четвертичного периода, географов-криолитологов.

Петрологические провинции Тихого океана. 43 л.

Монография содержит сводное описание магматических пород Тихого океана, основанное на обобщении литературных данных и новых материалов, собранных авторами в морских экспедициях. Систематизация данных строится на принципе петрологических провинций по признакам геологического возраста, формационной принадлежности, петрогохимического состава, характера эволюции и геодинамического режима вулканизма. Полученные новые данные по комплексным месторождениям фосфоритов и платиноносных кобальт-марганцевых корок, а также по металлогенической специализации базальтов позволили выделить ряд новых рудно-геохимических провинций.

Для геологов, петрографов, геохимиков.