

## МИНЕРАЛЫ МЕТЕОРИТОВ – НОВЫЙ КАТАЛОГ

© 2019 г. **А. В. Иванов**<sup>a,b</sup>, **А. А. Ярошевский**<sup>a,c</sup>, **М. А. Иванова**<sup>b,\*</sup>

<sup>a</sup>Комитет по метеоритам РАН,  
Россия, 119991 Москва, ул. Косыгина, 19

<sup>b</sup>Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН,  
Россия, 119991 Москва, ул. Косыгина, 19

<sup>c</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
Геологический факультет,

Россия, 119992 Москва, Ленинские Горы, МГУ

\*e-mail: meteorite2000@mail.ru

Поступила в редакцию 20.10.2018 г.

После доработки 12.01.2019 г.

Принята к публикации 16.01.2019 г.

«Каталог минералов метеоритов» является первым изданием такого рода, подготовленным в 21-м столетии. Он включает все обнаруженные в метеоритах минералы, утвержденные Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации до 1 января 2017 г., а также минеральные фазы. Для всех минералов и минеральных фаз приводятся русские и английские названия, химический состав, а также метеориты или метеоритные группы, для которых характерны рассматриваемые минералы. Для всех минералов и фаз приводится ссылка на публикации, преимущественно первое описание. Приведены также выборки минералов, происхождение которых связано со специфическими процессами: это досолнечные минералы метеоритов, ультратугоплавкие солнечные конденсаты, продукты ударного воздействия в метеоритах и продукты земного изменения метеоритов.

**Ключевые слова:** каталог, минералы, досолнечные зерна, тугоплавкие конденсаты, минералы ударного воздействия, минералы земного выветривания

**DOI:** 10.31857/S0016-7525648869-932

### ВВЕДЕНИЕ

Метеориты представляют единственный тип космического вещества, поступающего на Землю естественным путем (в буквальном смысле слова падают с неба), и давно привлекают исследователей прежде всего благодаря своей уникальности. Эта уникальность с самого начала исследований метеоритов как специфического природного объекта проявляется и в минеральном их составе. Среди минералов метеоритов широко распространены как минералы, обычные в земной обстановке (что с очевидностью свидетельствует о единстве общих законов формирования и земного, и внеземного твердого вещества Солнечной системы), так и уникальные, которые неизвестны на Земле или впервые описаны в метеоритах и крайне редко и только в исключительной обстановке встречающиеся в биосфере (что также с очевидностью указывает на специфику и уникальность обстановок формирования метеори-

тов). Огромные успехи изучения метеоритов современными методами во второй половине прошлого века, особенно в связи с советской и американской космическими программами, привели к пониманию этих объектов как продуктов разнообразных и сложных процессов, протекавших как на стадиях формирования самой твердой компоненты протопланетного облака, так и на (уже многочисленных) телах, которые получили неопределенное и поэтому очень удобное название «родительские тела метеоритов». Именно минералогия различных типов и классов метеоритов, открытие в их составе уникальных, критических с точки зрения оценки специфики условий формирования минеральных ассоциаций метеоритов твердых фаз, дополненные данными о химическом и изотопном составе, демонстрируют сегодня, сколь сложно, гетерогенно и специфично разнообразии метеоритов, сколь трудно проводить параллели с земными объектами. Открывается совершенно новый мир явлений и событий,

предшествовавших не только образованию Земли, но, вероятно, и формированию самой Солнечной системы. И, несомненно, фактурной базой расшифровки этих явлений и событий всегда остаются сведения о минеральном составе метеоритов, разнообразии их минеральных ассоциаций и вариациях состава самих минералов.

Списки минералов метеоритов публиковались неоднократно как для всего множества метеоритов в целом (Мейсон, 1962; Mason, 1967; Юдин, Коломенский, 1987; Rubin, 1997ab; Петаев, 1988; Ulyanov, 1998), так и для отдельных классов метеоритов (Ramdohr, 1963, 1973; Buchwald, 1977; Петаев, Скрипник, 1983).

Однако объем информации и новых данных, часто неожиданных и открывающих совершенно неизвестные стороны вещественного состава метеоритов, растет так быстро, что все публикуемые сводки быстро устаревают. Поэтому есть смысл постоянно возвращаться к проблеме минералогии метеоритов, хотя бы даже просто пополнять списки известных минералов. В этой статье сделана очередная попытка “догнать” прогресс знаний в этой области, хотя и она, конечно, к моменту публикации, скорее всего, уже отстанет от жизни.

При составлении данного каталога широко использовались ранее опубликованные списки минералов метеоритов. Однако в подавляющем большинстве случаев использовались первичные работы.

Настоящий каталог включает 3 основных раздела.

Раздел 1 «Классификация метеоритов» включает краткое описание основных групп метеоритов — каменных, железокатенных и железных.

Раздел 2 «Минералы и минеральные фазы — распределение по классам минералов» полностью представлен таблицей S1 Приложения, в которой приведены расположенные по классам минералы, их разновидности и минеральные фазы. В первой колонке таблицы приведены основной состав и структурная группа, если таковая определена, и геохимически существенные разновидности минералов. Во второй колонке указаны метеориты или группы метеоритов, для которых характерны рассматриваемые минералы. В большинстве случаев минерал таблицы сопровождается литературной ссылкой, в которой указано, когда данный минерал был впервые установлен и получил достоверное описание. Исключение представля-

ют минералы, как правило, аналогичных земным, которые известны с самых ранних работ, посвященных описанию метеоритов (начиная с XVIII века). В таблице S1 находится внутритабличная нумерация разделов, которая используется в алфавитном списке всех минералов, представленном в Приложении.

В 3 разделе каталога «Специфические группы минералов метеоритов» приведены выборки минералов, не связанные, как правило, с отдельными конкретными химическими группами, но имеющие специфическое происхождение. Нами выделены 4 таких выборки: 3.1 — Досолнечные минералы метеоритов, 3.2 — Ультратугоплавкие солнечные конденсаты, 3.3 — Продукты ударного воздействия в метеоритах, 3.4 — Продукты земного изменения метеоритов.

Как упоминалось выше, в Приложении после раздела 2 находится алфавитный список минералов, утвержденных Международной минералогической ассоциацией. Минералы приводятся на русском языке с указанием английского названия минерала и его химического состава. Здесь же отмечены минералы, известные в метеоритах, но до настоящего времени не обнаруженные в земных горных породах. Для каждого минерала указано его место в таблице S1 Приложения в виде внутритабличного номера. Например, если указано Аваруит — 2.1, то информацию об этом минерале можно найти в разделе 2.1 таблицы S1 Приложения.

Приложение также включает перечень минеральных фаз, состав которых достаточно точно определен, но которые, однако, по какой-то причине не идентифицированы как минералы. Обычно это связано с недостаточно определенной структурной характеристикой вещества. Для каждой фазы указано место в таблице S1 Приложения.

После алфавитного списка минералов в Приложении находится полный список литературы, относящийся ко всем разделам каталога.

### О терминологии

Поскольку каталог рассчитан на профессиональных читателей, в нем не приводятся расшифровки обычно используемых в научной литературе сокращений, в том числе и в списке литературы. Также не расшифровываются сокращения структурных групп минералов.

Мы считаем целесообразным дать разъяснения некоторых терминов, используемых

практически только в метеоритной литературе, а именно:

– (CAI) – английская аббревиатура термина “Calcium-Aluminum-rich Inclusion” – богатые кальцием и алюминием включения, или белые включения;

– (AOA) – английская аббревиатура термина “Amoeboid Olivine Aggregate” – амебовидные оливиновые агрегаты;

– фремдлинг (от немецкого “fremdling” – странный, чужеродный) – очень редкие мелкие, богатые тугоплавкими сидерофильными элементами объекты, встречающиеся в богатых кальцием и алюминием включениях (CAI) в CV углистых хондритах.

При рассмотрении химического состава минералов имеются в виду массовые проценты. Исключения специально оговариваются: например, Альбит – <10 мол. %  $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ .

Присутствие в минералах элементов-примесей отображается символом элемента в скобках после названия минерала: например, Виоларит-(Co).

Список синонимов названий минералов:

Блэдит / bloedite = Астраханит

Вюстит / Wustite = Иоцит

Космохлор / cosmochlor = Юриит / ureyte

Сфен / sphene = Титанит / titanite

Халькозин / chalcocine = Халькоцит / chalcocite

Хогарит / khogarite = Кохарит / kokharite.

## 1. КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТЕОРИТОВ

В настоящее время мировая коллекция включает более 30 тысяч метеоритов. Большинство метеоритов являются фрагментами астероидов. Кометное вещество попадает на Землю в виде мелких пылевых частиц микронного размера. На Землю попадают также фрагменты крупных планетных тел – Луны и Марса.

В настоящем каталоге не рассматриваются метеориты двух последних категорий – лунные и марсианские, поскольку процессы формирования вещества этих метеоритов – глубокая дифференциация в недрах достаточно крупных космических тел – значительно отличаются от процессов формирования астероидального вещества. Несомненно, вещество лунных и марсианских метеоритов существенно расширяет

наши знания о составе и процессах формирования их родительских тел и должны рассматриваться в совокупности с данными об этих телах, полученными другими методами. Соответственно, минералы этих метеоритов должны входить в другие каталоги – Каталоги минералов Луны и Марса.

В таблице 1 приведена современная классификация метеоритов. Таблица и дальнейшие описания базируются преимущественно на данных публикаций (Додд, 1986; Brearley, Jones, 1998; Mittlefehldt et al., 1998; Krot et al., 2003). Большое значение для классификации метеоритов имеют изотопные характеристики их вещества, в частности для каменных метеоритов – данные по изотопному составу кислорода (Clayton, Mayeda, 1996, 1999).

Ниже приводятся краткие характеристики метеоритных групп. Детальные описания химического и минерального состава метеоритов групп, их петрографических особенностей, изотопных характеристик, степени водной и ударной переработки и других параметров можно найти в цитированных выше статьях и в приведенных в них ссылках, а также в публикациях в журналах Meteoritics & Planetary Science, Geochimica et Cosmochimica Acta, American Mineralogist, Метеоритика и др.

Таблица 1. Классификация метеоритов

Каменные метеориты	
Хондриты	Ахондриты
Углистые CI–CM CO CV CK CR –CH–CB	<b>Примитивные</b> Акапулькоиты Винонаиты Лодраниты
<b>Обыкновенные H</b> L LL	<b>Дифференцированные</b> Эвкриты Говардиты Диогениты
<b>Энстатитовые EH</b> EL	Ангриты Обриты Брашиниты Уреилиты
<b>Типа Rumuruti R</b> <b>Типа Kakangari K</b>	
Железокаменные метеориты	
Мезосидериты	Палласиты
Железные метеориты	
Структурные группы Гексаэдриты Октаэдриты Атакситы	Химические группы IAB, IC, IAB, IC, ID, IE, IIAB, IIICD, IIE, IIIF, IVA, IVB

### Хондриты

Хондриты являются самым ранним, примитивным веществом Солнечной системы, образовавшимся при конденсации вещества солнечного газа в различных участках Солнечного облака при различных физико-химических условиях, что определяет специфику и разнообразие их составов.

**Класс углистых (С) хондритов** включает 8 групп:

**CI хондриты** (тип Ivuna) являются наиболее примитивными метеоритами, состав которых близок составу солнечной фотосферы. Эти метеориты наиболее гидратированы среди всех хондритов. CI хондриты состоят существенно из тонкозернистой матрицы, сложенной слоистыми силикатами с примесью магнетита, сульфидов, сульфатов и карбонатов. Присутствуют редкие зерна оливинов и пироксенов.

**CM хондриты** (тип Migei) характеризуются высоким (~70 об.%) содержанием матрицы, состоящей из слоистых силикатов, тоцилинита, сульфатов, карбонатов и магнетита и высоким (~30 об. %) содержанием относительно мелких, диаметром ~300 мкм, хондр различных типов. Обычно присутствие CAI и АОА.

**CO хондриты** (тип Organs). Хондриты этой группы характеризуются относительно низким (~30÷45 об.%) содержанием матрицы и высоким (~35÷об.%) содержанием мелких, диаметром ~150 мкм, хондр, а также CAI и АОА. Обычны вторичные изменения минералов хондр и CAI с образованием нефелина, содалита, оливина, андрадита, геденбергита и ильменита, при этом слоистые минералы отсутствуют.

**CR хондриты** (тип Renazzo). Для CR хондритов характерно высокое содержание богатых Fe, Ni-металлом крупных магнезиальных хондр, высокое, около 0.5%, содержание  $Cr_2O_3$  в оливинах хондр, высокое содержание Fe, Ni-металла с положительной корреляцией Ni/Co, редкость CAI и АОА, высокое содержание сильно гидратированных кластов, обычно обозначаемых как темные включения.

**CH хондриты** (тип ALH85085) характеризуются высоким, около 20 об.%, содержанием Fe, Ni-металла с положительной корреляцией Ni/Co, малым размером хондр и CAI порядка 20 мкм с преобладанием криптокристаллических хондр, высоким, около 0.5%, содержанием  $Cr_2O_3$  в оливинах хондр, отсутствием матрицы и наличием

сильно гидратированных кристаллических темных кластов.

**CB хондриты** (тип Bencubbin). Эта группа углистых хондритов очень богата (60–70 об.%) Fe, Ni-металлом, для которого отмечается положительная корреляция Ni/Co, хондры высокомагнезиальные (Fa и Fs = 4) с криптокристаллической и скелетной оливиновой структурой. Метеориты группы подразделяются на 2 подгруппы – CB<sub>a</sub> и CB<sub>b</sub>, различающиеся по содержанию и составу металла, содержанию CAI и размеру хондр.

**CV хондриты** (тип Vigarano). Для CV хондритов характерно высокое содержание CAI и АОА широкого разброса размеров – от миллиметровых до сантиметровых, хондры миллиметрового размера преимущественно порфировой структуры и магнезиального состава, присутствие уникальных нодулей состава салитгеденбергит±андрадит. На основании различия в молярного отношения металл/магнетит и содержания Ni в металле и сульфидах группа CV хондритов подразделяется на 2 подгруппы – окисленные CV<sub>ox</sub> и восстановленные CV<sub>R</sub>. Минералогия CV хондритов существенно различается. Хондры CV<sub>R</sub> хондритов не показывают видимого водного изменения. Для хондр CV<sub>ox</sub> хондритов характерны разнообразные водно-флюидные изменения различной степени интенсивности, выражающиеся в замещении первичных минералов слоистыми силикатами, магнетитом, богатыми Ni сульфидами и др.

**CK хондриты** (тип Karoonda) характеризуются практически полным отсутствием Fe, Ni-металла и редкостью CAI и АОА, высоким содержанием матрицы, крупными (0.7-1 мм) порфировыми хондрами, высоким Fa оливина (Fa<sub>29-33</sub>), высоким содержанием NiO в оливинах (до 0.7 вес. %), высоким содержанием магнетита и Ni в сульфидах, широкими вариациями состава плагиоклаза.

**Класс обыкновенных (O) хондритов** объединяет группы H, L и LL хондритов. В целом класс O хондритов характеризуется высоким содержанием хондр преимущественно непорфировой структуры и редкостью богатых Al хондр, также как CAI и АОА, широкими вариациями степени метаморфизма, что отражается на составе главных минералов – оливина, пироксенов, плагиоклаза. Входящие в состав класса группы H, L и LL хондритов разделяются по содержанию металлического железа (в среднем 8.4, 4.1, 2.0 об.%) и по отношению  $Fe_{мет.}/Fe_{общ.}$  (в среднем 0.6, 0.3, 0.1), а также по среднему диаметру хондр

(0.3, 0.7, 0.9 мм) и содержанию Со в камасите (Н, L, LL до 0.51, 0.95, 37 вес.% соответственно).

**Класс энстатитовых (E) хондритов** характеризуется уникальным минералогическим составом – присутствие сульфидов литофильных элементов (осборнит, алабандин, найнинджерит, кейлит), нитридов (осборнит, синоит) и фосфосилицида (перриит), высоким содержанием кремния в камасите, указывающим на экстремально высокие восстановительные условия формирования. Силикатная компонента представлена преимущественно криптокристаллическими и порфиридовидными хондрами существенно энстатитового состава при очень низком содержании матрицы. Класс E хондритов по химическим и минералогическим характеристикам подразделяется на две группы – EN и EL.

Типоморфными сульфидами EN являются найнинджерит и кейлит, EL хондритов – алабандин. EN группа имеет более высокое содержание сульфидов и содержит сульфиды щелочей, более высокое содержание Si в камасите (до 4.9%) по сравнению с EL (до 1.2%) и ряд других особенностей.

**Группа K хондритов** (тип Kakangari) включает только два метеорита – Kakangari и Lewis Cliff 87232 и по отдельным параметрам сходна с метеоритами различных классов и групп. Так, по высокому содержанию матрицы (70–77 об.%) K хондриты подобны C хондритам, по высокому содержанию металлической фазы (6–9 об.%) подобны H хондритам, по среднему составу оливина и энстатита занимают промежуточное положение между H и E хондритами, и т.д.

**Группа R хондритов** (тип Rumuruti) характеризуется достаточно высоким содержанием матрицы (около 50 об.%), высоким содержанием NiO в оливинах и практически полным отсутствием металла, что указывает на высокоокисленное состояние вещества, а также крайней редкостью CAI. Большинство R хондритов брекчированы и богаты газами солнечного ветра, что определяет эти породы как реголитовые брекчии.

### Ахондриты

Ахондриты представляют собой породы, образовавшиеся из хондритового вещества в результате его плавления и дифференциации в условиях планетных тел. По минералогическому составу ахондриты существенно отличаются от хондритов отсутствием CAI и AOA, ультратугоплавких солнечных конденсатов,

нитридов и рядом других специфических минералов. По степени плавления и дальнейшей эволюции ахондриты подразделяются на две основные категории – **примитивные и дифференцированные**.

Состав **примитивных ахондритов** близок к хондритовому, но структура их является метаморфической или магматической. К ним относятся акапульткоиты, лодраниты и винонаиты.

**Акапульткоиты и лодраниты** имеют минеральный состав, в первом приближении близкий хондритовому, но состав минералов, размеры их зерен и количественные отношения отличаются от последнего. В некоторых акапульткоитах отмечены реликты хондр. Между собой эти две весьма сходные группы ахондритов различаются в основном размерами зерен слагающих их минералов: акапульткоиты являются тонкозернистыми (150–230 мкм), а лодраниты – грубозернистыми (540–700 мкм). Вероятно, образование этих групп ахондритов – в едином родительском теле и, возможно, судя по возрастам экспозиции образцов, при едином ударном событии.

**Винонаиты** по химическому и минеральному составу в целом близки хондритам, но существенно отличаются от них по структуре. Это преимущественно равномернозернистые тонко-среднезернистые породы, по минеральному составу промежуточные между E и H хондритами. Винонаиты содержат металл-троилитовые прожилки и в ряде случаев реликты хондр. Минеральный состав и изотопный состав кислорода свидетельствуют о генетической связи винонаитов и силикатных включений в железных метеоритах типа IAB и, возможно, типа III CD.

**Дифференцированные ахондриты** являются продуктом масштабного частичного плавления в недрах родительских тел и последующей дифференциации вещества. К ним относятся ангрииты, обриты, брашиниты, уреилиты и ахондриты группы HED (аббревиатура англ. назв. howardites, eucrites, diogenites).

**Ангрииты** являются средне- до крупнозернистыми (до 2–3 мм) магматическими породами, состав которых в целом отвечает базальтовому, но имеет некоторые особенности минерального состава (напр., аксессуарный кирштейнит, высоко-Al-клинопироксен). Это наиболее обедненные щелочами базальты в Солнечной системе.

**Обриты (энстатитовые ахондриты)** являются сильно восстановленными энстатитовыми

пироксенитами. На 75–95 об.% они состоят из безжелезистого энстатита. Почти все обриты представлены фрагментарными или, реже, реголитовыми брекчиями. Судя по минеральному составу и изотопии кислорода, обриты связаны с E хондритами, однако родительские тела этих метеоритов, вероятно, различны.

**Брашиниты** являются дунитовыми верлитами. Это средне- до крупнозернистых породы, состоящие на 74–98 об.% из оливина ( $Fo_{65-70}$ ).

**Уреилиты** являются углеродсодержащими ультраосновными породами, состоящими существенно из оливина и пироксена, в основном пижонита. Оливин богат Ca и Sr, пижонит – Sr. Углерод, содержание которого достигает 5 мас.%, представлен в уреилитах графитом (преобладает), чаоитом, алмазом и лонсдалеитом, а также входит в состав когенита, присутствующего в силикатах. На основании петрографо-минералогических критериев уреилиты подразделяются на 3 типа.

**Ахондриты группы HED** (говардиты, эвкриты, диогениты) имеют характеристики, свидетельствующие о явной генетической близости входящих в группы состава метеоритов. К такому относятся идентичность их изотопного состава кислорода, близость Fe/Mn отношения пироксенов, присутствие брекчий, содержащих фрагменты пород этой группы, и некоторые другие. Такие характеристики позволяют говорить о формировании метеоритов группы в едином родительском теле, которым, вероятно, является Астероид 4 Веста.

**Диогениты** являются грубозернистыми (>5 см) кумулятивными ортопироксенитами, часто брекчированными и передробленными. В рамках существующей модели диогениты представляют наиболее глубокий опробованный горизонт родительского тела ахондрита группы HED.

**Эвкриты** занимают более близкповерхностное положение в разрезе. Это пироксен-плагиоклазовые базальты, которые подразделяются на три подгруппы – некомулятивные (базальтовые) эвкриты, кумулятивные эвкриты и полимиктовые эвкриты. Некумулятивные эвкриты первоначально сформировались как быстро остывающие лавовые потоки, впоследствии подвергшиеся метаморфизму. Эти слабобрекчированные метаморфизованные базальты наиболее распространены среди эвкритов. Кумулятивные эвкриты представляют собой грубозернистые габбро, многие из которых не-

брекчированы. Полимиктовые эвкриты являются полимиктовыми брекчиями, сложенными преимущественно эвкритовым материалом, но содержащими до 10 об.% диогенитового вещества.

**Говардиты** представляют собой литифицированный реголит родительского тела. Это полимиктовые брекчии, состоящие в основном из эвкритового и диогенитового вещества и содержащие многочисленные брекчированные фрагменты и ударно-расплавные образования. Для мелкозернистых компонентов матрицы характерно высокое содержание имплантированных газов солнечного ветра.

### Железокаменные метеориты

Железокаменные метеориты являются дифференцированными метеоритами. К ним относятся мезосидериты и палласиты.

**Мезосидериты** являются брекчиями, состоящими примерно из равных количеств силикатов и Fe,Ni-металла. Силикатная часть состоит из обломков пород, представленных базальтами, габброидами и пироксенитами с подчиненным количеством дунитов, редкими анортозитами и крупными зернами минералов – ортопироксена, оливина и плагиоклаза. Магматические породы и минералы по составу в первом приближении подобны таковым ахондритов группы HED. По содержанию ортопироксенов мезосидериты подразделяются на три класса. Металл представлен зернами от миллиметрового до субмиллиметрового размера. По составу металл мезосидеритов аналогичен таковому железных метеоритов группы ШАВ.

**Палласиты** состоят примерно из равных количеств силикатов, Fe,Ni-металла и троилита. По составу силикатных фаз и металла и изотопии кислорода палласиты подразделяются на три группы: (1) главная группа, (2) подгруппа Eagle Station (4 метеорита), (3) подгруппа пироксеновых палласитов (2 метеорита). Силикатная компонента главной группы представлена в основном оливином ( $Fo_{88\pm 1}$ ) с примесью ортопироксена. Fe,Ni-металл по составу близок металлу железных метеоритов группы ШАВ. Подгруппа Eagle Station минералогически подобна палласитам главной группы, но оливин богаче Fe и Ca. Металл этой подгруппы близок таковому железных метеоритов группы ПГ. Подгруппа пироксеновых палласитов содержит 55–63 об.% оливина, 30–43 об.% металла, 1–3 об.% пироксена. В отличие от других групп палласитов, здесь встречаются крупные, мил-

лиметровых размеров, зерна пироксена. Состав металла этой группы переменчив.

### Железные метеориты

Железные метеориты являются продуктом глубокой дифференциации вещества в недрах родительских тел. Они состоят в основном из камасита и тэнита, обычными аксессуориями являются троилит и шрейберзит.

Существуют две классификации железных метеоритов – структурная и химическая.

Структурная классификация основана на присутствии двух полиморфных фаз никелистого железа: камасита ( $\alpha$ -Ni,Fe, содержание Ni <6 %) и тэнита ( $\gamma$ -Ni,Fe, содержание Ni >25%), распространенность которых определяется содержанием Ni. В большинстве железных метеоритов, содержание Ni в которых составляет 6–16%, камасит находится в виде пластинок твердого раствора, ориентированных параллельно плоскостям октаэдра в тэните, образуя своеобразную так называемую видманштеттенную структуру. Метеориты с такой структурой называются октаэдритами (обозначаются O) и подразделяются на ряд типов по толщине пластинок (балок) камасита, которая находится в обратной зависимости от содержания Ni (тип октаэдритов – ширина балок, мм): весьма грубоструктурные, Ogg – >3.3; грубоструктурные, Og – 1.3-3.3; среднеструктурные, Om – 0.5-1.3; тонкоструктурные, Of – 0.2-0.5; весьма тонкоструктурные, Off – <0.2; плесситовые, Opl – <0.2. Метеориты с содержанием Ni <6% состоят практически целиком из камасита, не обладают видманштеттеновой структурой и называются гексаэдритами (обозначаются H). Метеориты с очень высоким содержанием Ni, также не показывающие видманштеттеновую структуру, называются атакситами (обозначаются D).

Химическая классификация базируется на относительном содержании в металле некоторых сидерофильных элементов. На графиках  $\log M - \log Ni$ , где M – Ge, Ga или Ir, около 85% попадает в одно из 13 полей с буквенно-цифровым обозначением, отвечающим выделенным химическим группам, которые включают не менее 5 метеоритов. Химические группы не всегда соответствуют структурным группам.

Некоторые группы железных метеоритов (IAB, III CD, II E, IVA) содержат силикатные включения различного состава. Включения в группе IAB и, в меньшей степени, III CD по изотопии кислорода и минеральному составу близки вионаитам и могут указывать на об-

разование их в одном астероиде. Включения в метеоритах группы II E характеризуются разнообразием структурных типов – от хондритового до габброидного, но по изотопному составу кислорода в целом сходны с таковым H хондритов, что может указывать на генетическую связь. Силикатные включения в железных метеоритах группы IVA имеют нехондритовую минералогию.

В большинстве классов встречаются метеориты, которые по своим характеристикам в целом не соответствуют ни одной из входящих в класс групп. Среди железных метеоритов таких насчитывается около 15%. Эти метеориты обозначаются как необычные, уникальные или аномальные.

## 2. МИНЕРАЛЫ И МИНЕРАЛЬНЫЕ ФАЗЫ – РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПО КЛАССАМ МИНЕРАЛОВ

Раздел полностью оформлен в виде таблицы S1 Приложения.

## 3. СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ГРУППЫ МИНЕРАЛОВ МЕТЕОРИТОВ

### 3.1. Досолнечные минералы метеоритов

Досолнечные (межзвездные) зерна представляют собой изотопно-аномальные включения вещества в тонкозернистой матрице примитивных (неравновесных) хондритов. Зерна идентифицируются как досолнечные по аномальному, по отношению к веществу Солнечной системы в среднем, изотопному составу ряда элементов – редких газов (Ne, Kr, Xe), C, N, O, Al, Si и других, что указывает на образование элементов в недрах звезд различных классов (Zinner, 1998, 2003; Nittler, 2003).

Впервые зерна досолнечных минералов – наноалмаз и карбид кремния SiC – были обнаружены в 1987 г. в остатках от химического разложения метеоритного вещества (Bernatowicz et al., 1987; Lewis et al., 1987). Позднее в примитивных метеоритах были найдены зерна досолнечных оксидов и силикатов (Nagashima et al., 2004; Nguyen, Zinner, 2004). В настоящее время досолнечные минеральные зерна обнаружены в примитивных метеоритах практически всех классов хондритов. При этом обычны находки досолнечных зерен разных минералов *in situ*. В ряде случаев досолнечные зерна (TiC), карбиды труднолетучих металлов (TiO<sub>2</sub>), камасит присутствуют внутри досолнечных сфери-

ческих зерен графита (Bernatowicz et al., 1991, 1996, 1999; Croat, 2007).

Размеры досолнечных зерен варьируют в широких пределах и в большинстве случаев составляют 0.1–1 мкм (Nittler, 2003; Ott, 2007; Ebata et al., 2007). Минимальные размеры отмечены для зерен наноалмаза. Наиболее крупное досолнечное зерно размером 30 мкм представлено карбидом кремния SiC и было обнаружено в метеорите Murchison (Zinner et al., 2010). Этому зерну присвоено имя Bonanza.

Ниже приводится список досолнечных минералов и минеральных фаз метеоритов, который достаточно широк и постоянно пополняется (табл. 2). Информация о нахождении этих минералов и фаз в метеоритах приведена в табл. S1 Приложения.

### 3.2. Ультратугоплавкие солнечные конденсаты

Конденсация является ведущим процессом при формировании твердой компоненты Солнечной системы из горячего солнечного газа. Состав образующихся твердых частиц в существенной степени контролируется температурой конденсации газовых компонентов облака. К ранним конденсатам относятся так называемые богатые кальцием и алюминием включе-

Таблица 2. Досолнечные минералы метеоритов

Наноалмаз – C	Магнели фазы $Ti_nO_{2n-1}$
Графит – C	Оксид хрома – $Cr_2O_3$
Зерно металла состава $Os_{79}Mo_{10}Ru_9Fe_2$	Оксид железа (вюстит-?) – FeO
Камасит – Fe,Ni	$SiO_2$ -фаза
Когенит – $(FeNi)_3C$	Хибонит – $Ca(Al,Ti)_{12}O_{19}$
Карбид кремния – SiC	Шпинель – $MgAl_2O_4$
Карбид титана – TiC	Магнетит – $Fe_3O_4$
Карбиды труднолетучих металлов – $(Zr,Mo,Ti,Ru)C$	Хромит – $FeCrO_4$
Нитрид кремния – $\alpha-Si_3N_4$	Магнезиохромит – $MgCrO_4$
Нитрид алюминия – AlN	Твердый раствор шпинели и магнезиохромита – $MgAlCrO_4$
Корунд – $Al_2O_3$	Силикаты: магнезиальные и железистые оливины и пироксены, аморфные силикатные фазы
Рутил – $TiO_2$	
Тистарит – $Ti_2O_3$	
Оксид Ti – $Ti_3O_5$	

Таблица 3. Минералы ультратугоплавких солнечных конденсатов

Аллендеит – $(Sc,Ti,Ca)_4Zr_3O_{12}$	Тажеранит – $(Zr,Sc,Ti,Ca)O_{1.75}$
Аносовит – $(Ti^{4+},Ti^{3+},Mg,Sc,Al)_3O_5$	Торианит – $(Th,U)O_2$
Варкит – $Ca_2Sc_6Al_6O_{20}$	Тортвейтит – $Sc_2Si_2O_7$
Дейвисит – $Ca(Sc,Ti,Mg)((Al,Si)_2O_6)$	Цирконолит – $(Ca,Fe,Y)ZrTi_2O_7$
Кангит $(Sc,Ti,Al,Zr,Mg,Ca)_2O_3$	Эрингаит – $Ca_3(Sc,Y,Ti)_2Si_3O_{12}$
Лакаргииит – $CaZrO_3$	Минеральная фаза – $-(Sc_{0.66}Ti^{4+}_{0.41}Ca_{0.39}Y_{0.52})_2(Zr,Hf)_3O_9$
Пангуит – $(Ti^{4+},Sc,Al,Mg,Zr,Ca)_{1.8}O_3$	Минеральная фаза – $Sc_2(Zr,Ti)_2O_7$
Перовскит $Zr,Y,Sc$ – $CaTiO_3$	Минеральная фаза – $(Y,Ca,Sc)(Zr,Ti^{3+})_3O_7$
Пирохлор Zr-содержащий Th,U,Ti- $(Ca,TR,Th)_{1.8}(Nb,Ti,Zr)_2O_7$	

ния, обычно обозначаемые как CAI (аббревиатура их английского названия). Эти включения наиболее обильны в CV3 хондритах, однако встречаются и в других типах хондритов. Главными минералами обычных CAI являются шпинель, мелилит, гибонит, перовскит и богатый Al и Ti клинопироксен, ранее обозначавшийся как фассаит. Однако в составе некоторых CAI присутствуют минералы и их ассоциации, температура конденсации которых заметно превышает таковую, характерную для обычных минералов CAI. Эти ультратугоплавкие минералы обогащены труднолетучими элементами Zr, Hf, Sc, Y, Ti и тяжелыми РЗЭ. Все минералы и минеральные фазы, относящиеся к ультратугоплавким солнечным конденсатам, являются оксидами. Раннее формирование этих минералов согласуется с преимущественным присутствием их во внутренних участках CAI.

Список минералов и минеральных фаз этого типа представлен в табл. 3. Информация о нахождении этих минералов и фаз в метеоритах приведена в табл. S1 Приложения.

### 3.3. Продукты ударного воздействия в метеоритах

Соударения твердых тел в космическом пространстве являются одним из важнейших процессов трансформации вещества в космосе. Само образование метеороида – космического тела, которое впоследствии при падении на Землю становится метеоритом – происходит

в результате ударного события – извлечения при ударе обломков вещества из родительского тела либо разрушения более мелких тел.

Одним из существенных результатов ударных событий является образование новых минеральных фаз высокого давления (табл. 4). Такие фазы присутствуют преимущественно – но не исключительно – в образованных при ударных событиях расплавных прожилках в L6S6 хондритах. В то же время высокоплотные фазы углерода достаточно равномерно распределены в содержащих их образцах.

Ниже приводится список досолнечных минералов и фаз – продуктов ударного воздействия на вещество метеоритов, который достаточно широк и постоянно пополняется. Информация о нахождении этих минералов и фаз в метеоритах приведена в табл. S1 Приложения.

### 3.4. Продукты земного изменения метеоритов

При падении метеоритов на Землю их вещество попадает в условия, весьма существенно отличающиеся от условий, существующих на их родительских телах, что неизбежно приводит к трансформации вещества. Можно выделить несколько основных комплексов процессов минералообразования, связанных с поступлением метеоритов на Землю:

- Окисление и распад минералов метеоритов при формировании коры плавления во время полета метеорита через земную атмосферу. Главными минералами коры плавления являются магнетит и вюстит (Юдин, Коломенский, 1987).

- Изменение минералов метеоритов при нахождении на земле в результате окисления, гидратации и привноса компонентов из земных отложений. Конкретные процессы трансформации вещества в существенной степени зависят от типа метеорита, условий места нахождения образца и его земного возраста: например, Si-содержащие оксиды акаганеит и хиббингит обычны в антарктических L6 хондритах, но крайне редки в таких метеоритах из “горячих” пустынь. С другой стороны, для L6 хондритов из “горячих” пустынь характерно присутствие сульфатов и карбонатов Mg, которые практически отсутствуют в образцах из Антарктиды (Lee, Bland, 2004).

- Испарение и переотложение вещества, реакция с компонентами земной атмосферы. С такими процессами связывается образование сульфатов (эпсомит, старкеит, ярозит) и некоторых других минералов антарктических метеоритов (Marvin, Motylewski, 1980). Подобным механизмом объясняется образование прожилков в Si хондритах, хранящихся в музейных коллекциях (Gounelle, Zolensky, 2001).

- Глубокая переработка вещества ископаемых метеоритов. Как показывает изучение H4-5 хондрита Brunflo (Nyström, Wickman, 1991), найденного в отложениях ордовика (460–470 млн лет), при этом может происходить кардинальное изменение минерального состава образцов, включая, например, образование арсенидов и сульфоарсенидов.

Следует подчеркнуть, что один и тот же минерал может образовываться как в земных условиях, так и на родительских телах некоторых

Таблица 4. Минералы ударного воздействия в метеоритах

Алмаз – C	Минерал с оливиновой структурой и пироксеновым составом – $\text{Na}_{0,06}\text{Mg}_{0,71}\text{Fe}_{0,20}\text{Al}_{0,11}\text{Si}_{0,94}\text{O}_3$
Лонсдэлит – C	Маскеленит – стекло плагиоклазового состава, альтернативно рассматривается как диаплектовое либо расплавленное
Чаоит – C	Лингунит – полиморф плагиоклаза со структурой типа холландита $(\text{Na}, \text{Ca})\text{AlSi}_3\text{O}_8$
Коэсит – $\text{SiO}_2$	Ксиеит – $(\text{FeCr}_2\text{O}_4$ со структурой $\text{CaTi}_2\text{O}_4$ -типа)
Стишовит – $\text{SiO}_2$	$\text{FeCr}_2\text{O}_4$ со структурой $\text{CaFe}_2\text{O}_4$ -типа
Рингвудит (шпинель) – $\gamma\text{-(Mg, Fe)}_2\text{SiO}_4$	Туит – $\gamma\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2$
Ведслейит – (шпинель) $\beta\text{-(Mg, Fe)}_2\text{SiO}_4$	
$\text{Fe}_2\text{SiO}_4$ – шпинель $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$	
Меджорит-пироп твердый раствор	
Акимотоит – $(\text{MgSiO}_3\text{-ильменит})$	
$\text{MgSiO}_3$ – перовскит	
Жадеит – $\text{Na}(\text{Al}, \text{Fe}^{3+})\text{Si}_2\text{O}_6$	
Магнезиовюстит – $(\text{Mg, Fe})\text{O}$	

**Таблица 5.** Минералы, обнаруженные как продукты только земного изменения метеоритов

Акаганеит – $\beta$ -FeO(OH,Cl)	Коллинсит – $\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe})(\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	*Ривесит – $\text{Ni}_6\text{Fe}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_{14} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
Арупит – $\text{Ni}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	Лепидокрокит – $\gamma$ -FeO(OH)	Саффорит – $(\text{Co,Ni})\text{As}_2$
Баричит – $(\text{Mg,Fe}^{2+})_3(\text{PO}_2)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	Липскомбит – $(\text{Fe,Mn})\text{Fe}_2^{3+}(\text{PO}_4)_2(\text{OH})$	Старкиит – $\text{MgSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
Ватерит – $\text{CaCO}_3$	Магнезиоферрит – $\text{MgFe}_2\text{O}_4$	Треворит – $\text{NiFe}_2\text{O}_4$
Галенит – $\text{PbS}$	Маучерит – $\text{Ni}_{11}\text{As}_8$	Франколит – $\text{Ca}_5(\text{PO}_4, \text{CO}_3)\text{F}$
Герсдорфит – $\text{NiAsS}$	Несквегонит – $\text{Mg}(\text{HCO}_3)(\text{OH}) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Халькозин – $\text{Cu}_2\text{S}$
Гидромагнезит – $\text{Mg}_3(\text{CO}_3)_4(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Никелин – $\text{NiAs}$	Хиббингит – $\gamma$ - $\text{Fe}^{2+}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$
*Дрониноит – $\text{Ni}_3\text{Fe}^{3+}\text{Cl}(\text{OH})_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Орселит – $\text{Ni}_{5-x}\text{As}_2$	*Чукановит – $\text{Fe}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$
*Кассидиит – $\text{Ca}_2(\text{Ni,Mg})(\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	*Пекораит – $\text{Ni}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	Швертманнит – $\text{Fe}^{3+}_{16}\text{O}_{16}(\text{OH})_{12}(\text{SO}_4)_2$
Кобальгин – $\text{CoAsS}$	Портландит – $\text{Ca}(\text{OH})_2$	
Ковеллин – $\text{CuS}$	Раммельсбергит – $(\text{Ni,Co})\text{As}_2$	

**Таблица 6.** Минералы-продукты изменения метеоритов, имеющие альтернативное – земное либо внеземное – происхождение

Аваруит – $\text{Ni}_2\text{Fe-Ni}_3\text{Fe}$	Медь – $\text{Cu}$	Сера – $\text{S}$
Апатит – $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F,OH,CL})$	Мелантерит – $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Сидерит – $\text{FeCO}_3$
Барит – $\text{Ba}(\text{SO}_4)$	Никель – $\text{Ni}$	Сульфид $\text{Cu}$ – $\text{Cu}_4\text{FeS}_4$
Бассанит – $\text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$	Опал – $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	Сульфид $\text{Cu}$ – $\text{Cu}_5\text{S}_3$
Блэдит (Астраханит) – $\text{Na}_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Пентландит – $(\text{Fe,Ni})_9\text{S}_8$	Сфалерит – $\text{ZnS}$
Борнит – $\text{Cu}_5\text{FeS}_{4.3}$	Пирит – $\text{FeS}_2$	Халькопирит – $\text{CuFeS}_2$
Бунзенит – $\text{NiO}$	Псевдобрукит – $\text{Fe}^{2+}\text{Ti}_2\text{O}_5$	Хезлевудит – $\text{Ni}_3\text{S}_2$
Вивианит – $\text{Fe}_3(\text{PO}_3)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	Гематит – $\alpha$ - $\text{Fe}_2\text{O}_3$	Хонессит – $(\text{Ni,Fe})_8\text{SO}_4(\text{OH})_{16} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
Вюстит – $\text{FeO}$	Гетит – $\alpha$ - $\text{FeOOH}$	Шолхорнит – $\text{Na}_{0.3}\text{CrS}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$
Кварц – $\text{SiO}_2$	Гипс – $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Эпсомит – $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
Кварц – $\text{SiO}_2$	Диоксид $\text{Ti}$ – $\text{TiO}_2$	Эсколаит – $\text{Cr}_2\text{O}_3$
Копиапит – $\text{Fe}^{2+}\text{Fe}_4^{3+}(\text{SO}_4)_6(\text{OH})_2 \cdot 20\text{H}_2\text{O}$	Доломит – $\text{CaMgCO}_3$	Ярозит – $\text{KFe}_3(\text{SO}_4)_2 \cdot (\text{OH})_6$
Маггемит – $\gamma$ - $\text{Fe}_2\text{O}_3$	Изокубанит – $\text{CuFe}_2\text{S}_3$	
Магнетит – $\text{FeFe}_2\text{O}_4$	Иллит – $\text{K}_{0.65}\text{Al}_{2.0}(\text{Si}_{3.35}\text{Al}_{0.65})\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	
	Ni- пирит (Бравоит) – $(\text{Fe,Ni})\text{S}_2$	
	Кальцит – $\text{CaCO}_3$	

метеоритов, например при окислении и гидратации вещества на родительских телах углистых хондритов.

Перечень минералов – продуктов земного изменения метеоритов приведен ниже и включает список минералов, не обнаруженных в неизмененных метеоритах (табл. 5), и список минералов, для которых возможно альтернативное происхождение – как в результате изменения в земных условиях, так и при изменении на родительских телах (табл. 6), например в результате нагрева вещества при ударных событиях

в Космосе или при объединении на одном теле образцов существенно различающихся по своим характеристикам метеоритного вещества.

Информация о нахождении этих минералов и фаз в метеоритах приведена в табл. 2 Приложения.

### **Благодарности**

Авторы благодарны Д. Д. Бадюкову за полезные комментарии, которые значительно улучшили структуру и содержание настоящей работы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Додд Р. (1986) Метеориты. Геохимия и петрология. М., “Мир” 384 с.
- Мэйсон Б. (1965) Метеориты. М.: Мир, 305 с.
- Петаев М.И. (1988) Список минералов метеоритов. *Метеоритика* **47**, 56–166.
- Петаев М.И., Скрипник А.Я. (1983) О минеральном составе энстатитовых хондритов. *Метеоритика* **42**, 86–92.
- Юдин И.А., Коломенский В.Д. (1987) Минералогия метеоритов. УНЦ АН. Свердловск, 198 с.
- Bernatowicz T.J., Fraundorf G., Tang M., Anders E., Wopenka B., Zinner E., Fraundorf P. (1987) Evidence for interstellar SiC in the Murray carbonaceous chondrites. *Nature* **330**, 728–730.
- Bernatowicz T.J., Amari S., Zinner E.K., Lewis R.S. (1991) Interstellar grains within interstellar grain. *Astrophys. J.* **373**, L73–L76.
- Bernatowicz T.J., Cowsik R., Gibbons P.C., Lodders K., Fegley B., Jr., Amari S., Lewis R.S. (1996) Constraints on stellar grain formation from presolar graphite in the Murchison meteorite. *Astrophys. J.* **472**, 760–782.
- Bernatowicz T., Bradley J., Amari S., Messenger S., Lewis R. (1999) New kinds of massive star condensates in a presolar graphite from Murchison. *Lunar Planet. Sci.* 30, abstr. #1392.
- Brearley A.J., Jones R.H. (1998) Chondritic meteorites. In *Planetary Materials* (Papike J.J., ed.) Reviews in Mineralogy 36, Mineralogical Society of America, Washington, DC, p.1–398.
- Buchwald V.F. (1977) The mineralogy of iron meteorites. *Phil. Trans. R. Soc.* **286**, Lond., A., 453–491.
- Clayton R. N., Mayeda T. K. (1996) Oxygen-isotope studies of achondrites. *Geochim. Cosmochim. Acta*, v.60, p.1999–2018.
- Clayton R. N., Mayeda T. K. (1999) Oxygen isotope studies of carbonaceous chondrites. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **63**, 2089–2104.
- Croat T.K. (2007) Rutile Found within presolar graphites from Murchison. 70th Annual Meteoritical Society Meeting, held in August 13–17, 2007, Tucson, Arizona. *Meteoritics and Planet. Sci.* **42**, 5217.
- Ebata S., Fagan T.J., Yurimoto H. (2007) Identification of silicate and carbonaceous presolar grains in the type 3 enstatite chondrite ALHA81189. *Meteorit. Planet. Sci.* **42**, A38.
- Gounelle M., Zolensky M. (2001) A terrestrial origin for sulfate vein in CI1 chondrites. *Meteorit. Planet. Sci.* **36**(10), 1321–1329.
- Krot A.N., Keil K., Goodrich C.A., Scott E.R.D., Weisberg M.K. (2003) Classification of meteorites. In *Meteorites, Comets, and Planets*, ed. A. M. Davis, *Treatise on Geochemistry*, eds. H. D. Holland, & K.K. Turekian (Oxford: Elsevier-Perгамон), 83–128.
- Lee M.R., Bland P. A. (2004) Mechanisms of weathering of meteorites recovered from hot and cold deserts and the formation of phyllosilicates. *Geochim. Cosmochim. Acta* **68**(4), 893–916.
- Lewis R.S., Tang M., Wacker J.F., Anders E., Steel E. (1987) Interstellar diamond in meteorites. *Nature* **326**, 160–162.
- Mason B. (1967) Extraterrestrial mineralogy. *Am. Mineral.* **52**(3-4), 307–325.
- Marvin U.B., Motylewski K. (1980) Mg-carbonates and sulfates on Antarctic meteorites. *Lunar Planet. Sci.* **11**, 669–670.
- Mittlefehldt D.W., McCoy T.J., Goodrich C.A., Kracher A. (1998) Non-chondritic meteorites from asteroidal bodies. In *Planetary Materials, Reviews in Mineralogy* (ed. J. J. Papike). Mineralogical Society of America, Washington, DC, **36**, 414–495.
- Nagashima K., Krot A.N., Yurimoto H. (2004) Stardust silicates from primitive meteorites. *Nature* **428**(69986), 921–924.
- Nguyen A.N., Zinner E. (2004) Discovery of ancient silicate stardust in a meteorite. *Science* **303**(5663), 1496–1499.
- Nittler L.R. (2003) Presolar stardust in meteorites: Recent advances and scientific frontiers. *Earth Planet. Sci. Lett.* **209**, 259–273.
- Nyström J.O., Wickman F.E. (1991) The Ordovician chondrite from Brunflo, central Sweden, II. Secondary minerals. *Lithos* **27**, 167–185.
- Ott U. (2007) Presolar grains in meteorites and their compositions. *Space Sci. Rev.* **130**, 87–95.
- Ramdohr P. (1963) The opaque minerals in stony meteorites. *J. Geophys. Res.* **68**(7), 2011–2036.
- Ramdohr P. (1973) *The opaque minerals in stony meteorites*. Amsterdam: Elsevier Publishing Co., 245 p.
- Rubin A.E. (1997a) Mineralogy of meteorite groups. *Meteorit. Planet. Sci.*, **32**, 231–247.
- Rubin A.E. (1997b) Mineralogy of meteorite groups: An update. *Meteorit. Planet. Sci.* **32**, 733–734.
- Ulyanov A.A. (1998) Mineralogy of meteorites and asteroids. In *Advanced Mineralogy* **3**, Ed A.S. Marfunin. **3**, Part 1.8, 47–72.
- Zinner E. (1998) Stellar nucleosynthesis and the isotopic composition of presolar grains from primitive meteorites. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*, v.26, p.147–188.
- Zinner E.K. (2003) Presolar grains. In: *Treatise on Geochemistry*, Ed. A. Davis. Elsevier Ltd. **1**, 17–39.
- Zinner E., M. Jadhav M., F. Gyngard F., L. R. Nittler L.R.. (2010) Bonanza: Isotopic anomaly of a large presolar SiC grain of type X. *Meteorit. Planet. Sci.* **45**, A225.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

к статье Иванова А. В., Ярошевского А. А., Ивановой М. А.  
«Минералы метеоритов»

В Приложении полностью представлен раздел 2 статьи, в котором в виде таблицы S1 находится информация о минералах и минеральных фазах по группам с соответствующими ссылками. Авторская внутритабличная нумерация сохранена и приводится в алфавитном порядке для более быстрого поиска нужного минерала в таблице S1 (например, аварунит – 2.1). Алфавитный список находится сразу после таблицы S1 Приложения. В нем минералы перечисляются в алфавитном порядке на русском и английском языках с указанием химической формулы и внутритабличного номера для более удобного поиска нужного минерала в таблице S1. За алфавитным списком представлен список литературы.

## 2. МИНЕРАЛЫ И МИНЕРАЛЬНЫЕ ФАЗЫ: РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПО КЛАССАМ МИНЕРАЛОВ

Таблица S1

2.1 САМОРОДНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ	
Минерал	Нахождение в метеоритах
<b>Неметаллы</b>	
<b>Сера</b> – S, ромб.	Обнаружен в CI хондрите Orqueill (Nagy et al., 1961; DuFrence, Anders, 1962). Присутствует в матрице CI и CM хондритов. Отмечен также как продукт земного изменения.
<b>Семейство графита</b>	
<b>Графит</b> – C, гекс, триг.	Известен с XIX века. Аксессуарный в железных метеоритах; редкий в железно-каменных метеоритах, хондритах и некоторых ахондритах.
<b>Графит</b> – C	Сферические образования размером 1–20 мкм обнаружены в CI, CM хондритах (Amarí et al. 1990; Bernatowicz et al., 1991). Имеет досолнечное происхождение.
<b>Клифтонит</b> – C	Морфологическая разновидность графита, обнаружен в железных метеоритах в форме агрегатов и в прожилках (El Goresy, 1965; Brett, Higgins, 1967; Kurat et al., 2009).
<b>Алмаз</b> – C, куб.	Обнаружен в уреилите Новый Урей, первое обнаружение в метеоритах (Ерофеев, Лачинов, 1888). Характерный редкий минерал в уреилитах, размер зерен в уреилите Almahata Sitta достигает 40 мкм (Miyahara et al., 2015). Присутствует в некоторых железных метеоритах. Предположительно обнаружен в виде двух зерен размером 10 мкм в CM хондритовой брекчии Sutter's Mill (Kebukawa et al., 2014).
<b>Наноалмаз</b> – C	Обнаружен в виде зерен нанометрового размера в хондритах CV3 Allende, CM2 Murchison и Murrey (Lewis et al., 1987). Характерный компонент матрицы C хондритов, присутствует в E и неравновесных O хондритах. Имеет досолнечное происхождение.
<b>Лондэлеит</b> – C, гекс.	Обнаружен в железном IAB метеорите Canyon Diablo, идентифицирован как новый минерал (Fronde!l, Mervin; 1967, Hanneman et al., 1967). Редкий в уреилитах и некоторых железных метеоритах. Образование связывается с ударными процессами.
<b>Чаоит</b> – C, гекс.	Очень редкий в уреилитах Новый Урей и Naverö (Вдовыкин, 1969; Vdovykin, 1972). Образование связывается с ударными процессами.

<b>Металлы</b>	
<b>Золото</b> – Au, <i>куб.</i>	Обнаружен в виде очень редких округлых зерен микрон-субмикронного размера в нескольких R хондритах (Schulze, 1998, 1999). Ранние сообщения о находках золота в метеоритах являются ошибочными.
<b>Серебро</b> – Ag, <i>куб.</i>	Обнаружен как очень редкий в виде мелких округлых зерен и дендритовидных агрегатов в LL3 хондрите Крымка (Semenenko, 2010).
<b>Электрум</b> – Au, Ag	Очень редкий в R хондрите LAP 04840 (McCarta et al., 2008).
<b>Ниобий</b> – Nb	Обнаружен в виде очень редких округлых зерен микронного размера во фремдлингах CV3 хондритов Leoville и Allende (El Goresy et al., 1978).
<b>Ртуть</b> – Hg, <i>триг.</i>	Обнаружен в виде очень редких зерен субмикронного размера в примитивном H3 хондрите Tieschitz (Caillet Komorowski et al., 2009, 2012).
<b>Семейство железа и никеля</b>	
<b>Камасит</b> – $\alpha$ -Fe, Ni, <i>куб.</i> Ni 5–7 мас. %	Известен с XIX века. Главный минерал в железных и железокремнистых метеоритах, второстепенный и аксессуарный во многих хондритах и большинстве ахондритов. С 2006 г. дискредитирован, используется название богатый Ni металл.
Si-содержащий камасит – Si до 3.8%	Впервые присутствие кремния в металлическом железе E хондритов отмечено (Ringwood, 1961b). Главный в E хондритах (Keil, 1968b), очень редкий в O и C хондритах.
камасит-(Co) – Co до 32% (Co > Ni)	Обнаружен в LL3 хондрите Ngawi (Affitalab, Wasson, 1980). Редкий в некоторых LL хондритах (Rubin, 1990) и CM хондрите Belgica-7904, обнаружен в диогените Peckeldheim (Ramdohr, El Goresy, 1969).
Fe, Cr-металл – Cr до 23 мас. %	Очень редкий в E хондрите Qingzhen (Rambaldi et al., 1984), во включении E хондрита в говардите Dhofar 018 (Лоренц и др., 2007).
<b>Тэнит</b> – $\gamma$ -Fe, Ni, <i>куб.</i>	Известен с XIX века. Главный или второстепенный в железных метеоритах, аксессуарный или редкий в железокремнистых метеоритах, O и C хондритах.
<b>Тетратэнит</b> – FeNi, <i>тетр.</i>	Впервые отмечен в O хондритах под названием светлый тэнит (Taylor, Neumann, 1971), идентифицирован как новый минерал (Scott, Clarke, 1979; Clarke, Scott, 1980). Аксессуарный или редкий во многих типах метеоритов.
<b>Мартенсит</b> – $\alpha_2$ -Fe, Ni, <i>куб.</i> Ni 9–17 мас. %	Обнаружен в R хондрите ALH85151 в сростании с троилитом (Rubin, Kallemeun, 1989). Редкий в некоторых железных метеоритах, E, R и O хондритах. В виде кристаллов обнаружен в полимиктовой брекчии Kaidun (Ivanov et al., 1988; Иванов, 1989).
<b>Аваруит</b> – Ni <sub>2</sub> Fe-Ni <sub>3</sub> Fe, <i>куб.</i>	Редкий в железном IAB метеорите Odessa (Kullerud, El Goresy, 1969). Во фремдлингах Willy, Zelda и некоторых других CV3 хондритах является преобладающей металлической фазой (Armstrong et al., 1985b, 1985c; Casanova, Simon, 1994), редкий или очень редкий в O, CO, CK, CR, R, CI хондритах, железных метеоритах. Отмечен также как продукт земного изменения железных метеоритов (Pedersen, 1999).
<b>Вайрауит-(Fe)</b> – Fe <sub>3</sub> Co <sub>2</sub> , <i>куб.</i>	Обнаружен как редкая фаза в LL5 класте LL3 хондрита Ngawi (Affitalab, Wasson, 1980). Идентифицирован как минерал в CK хондрите Ningqiang (Hua et al., 1995). Редкий в некоторых равновесных LL хондритах.
<b>Гексаферрум</b> – Fe, Ir, Mo, Os, <i>гекс.</i>	Обнаружен в виде мелких зерен размером 0.1–2 мкм в CAI H3 хондрита SAU (Zhang et al., 2015).
<b>Никель</b> – Ni, <i>куб.</i>	Обнаружен как редкий в LL5 класте LL3 хондрита Ngawi (Affitalab, Wasson, 1980), редкий в некоторых равновесных LL хондритах. Отмечен также как продукт земного изменения H хондрита Brunflo (Nyström, Wickman, 1991).

<b>Fe,Ni-метал</b> – Fe,Ni	Зерна металла переменной состава нанометрового размера обнаружены внутри графитовых глобул в сростках с TiC (Croat et al., 2003). Имеют до-солнечное происхождение.
<b>Минеральная фаза</b> – Ni <sub>3</sub> Ge	Очень редкая фаза в R хондрите Rumuruti (Berlin et al., 2001).
<b>Сплав бинарный</b> – Ni,Pt	Очень редкая фаза во фремлигах CV3 хондрита Bali (Armstrong et al., 1985a).
<b>Сплавы тройные</b> Fe,Ni,Pt Ni,Co,Ge Ni,Ga,Ge Ni,Pt,Fe	Обнаружены в виде очень редких округлых зерен микрон-субмикронного размера во фремлигах CV3 хондритов Leoville, Allende и Bali (El Goresy et al., 1978; Armstrong et al., 1985b).
<b>Семейство меди</b>	
<b>Медь</b> – Cu, куб.	Обнаружен в H5 хондрите Richardton (Quirke, 1919a, b). Акцессорный или редкий во многих железных метеоритах и хондритах. Отмечен как продукт земного изменения метеоритов.
<b>Жангенгит</b> – CuZn, куб.	Очень редкий в матрице LL3-5 хондрита Voshan County (Wang, 1986; цит. по Jambor, Crew, 1990). Возможно также земное происхождение.
<b>Семейство молибдена</b>	
<b>Молибден</b> – Mo, куб.	Обнаружен в виде очень редких округлых зерен микронного размера во фремлигах CV3 хондритов Leoville и Allende (El Goresy et al., 1978).
<b>Гексамолибден</b> – (Mo,Ru,Fe), гекс.	Обнаружен в частично измененном CAI CV3 хондрита Allende в виде 3 зерен размером ~1 мкм в кристаллах аллендеита и пирохлора; идентифицирован как новый минерал (Ma et al., 2009a, 2014b).
<b>Семейство олова</b>	
<b>Рустенбургит</b> – (Pt,Pd) <sub>3</sub> Sn, куб. <b>Нигглиит</b> – PtSn, гекс.	Обнаружены в виде очень редких округлых зерен микрон-субмикронного размера в нескольких R хондритах (Schulze, 1998, 1999).
<b>Станнат Pt,Pd</b> – Pt <sub>2</sub> PdSn <sub>2</sub>	Обнаружен в виде единственного зерна в R4 хондрите Hammadah al Hamra 119 (Schulze, 1999).
<b>Семейство платиноидов</b>	
<b>Тетраферроплатина</b> – PtFe, тетра.	Обнаружен в виде очень редких округлых зерен микрон-субмикронного размера в нескольких R хондритах (Schulze, 1998, 1999).
<b>Платина</b> – Pt, куб. <b>Рутений</b> – Ru, гекс. <b>Рений</b> – Re, гекс.	Обнаружены в виде очень редких округлых зерен микрон-субмикронного размера во фремлигах CV3 хондритов Leoville и Allende (El Goresy et al., 1978).
<b>Осмий</b> – Os, гекс.	Обнаружен в виде единственного мелкого зерна в необычном фрагменте CV3 хондрита Allende (Palme et al., 1985; El Goresy et al., 1978) и в виде очень редких округлых зерен микрон-субмикронного размера в нескольких R хондритах (Schulze, 1998, 1999).
<b>Рутеносмиридиум</b> – RuOsIr	Обнаружен в виде очень редких округлых зерен микрон-субмикронного размера в R хондритах Acfer 217 и Hammadah al Hamra (Schulze, 1999).
<b>Сплав тугоплавких элементов</b> – Os <sub>79</sub> Mo <sub>10</sub> Ru <sub>9</sub>	Обнаружен в виде единственного зерна размером 50 нм во фракции CM хондрита Murchison (Croat et al., 2005).
<b>Сплавы с преобладанием Au, Ag, Fe, Ni, Pt</b>	Обнаружены в виде зерен микрон-субмикронного размера в R и СК хондритах (Geiger, Bischoff, 1995; Schulze, 1999). Отдельные компоненты встречаются обособленно.
<b>Сплавы с преобладанием элементов платиновой группы (Os, Ru, Re, Rh, Ir, Ga, Ge, Mo, W, Fe, Ni, Co, Sn, Pb и др.)</b>	Обнаружены в виде очень редких округлых зерен микрон-субмикронного размера во фремлигах CV3 хондритов Leoville и Allende (El Goresy et al., 1978; Armstrong et al., 1985b, 1987).

## 2.2. КАРБИДЫ

Минерал	Нахождение в метеоритах
<i>Семейство карбидов железа и никеля</i>	
<b>Когенит</b> – $(\text{Fe,Ni})_3\text{C}$ , ромб.	Известен с XIX века. Акцессорный в некоторых железных метеоритах и E хондритах, редкий в уреилитах и включениях Fe,Ni-металла неравновесных O хондритов. Зерна субмикронного размера имеют досолнечное происхождение.
<b>Хаксонит</b> – $(\text{Fe,Ni})_{23}\text{C}_6$ , куб.	Обнаружен в железных метеоритах разных типов, включая Canyon Diablo IAB, Tazewell III CD и др., идентифицирован как новый минерал (Scott, 1971). Акцессорный в некоторых железных метеоритах, редкий во включениях Fe,Ni-металла и неравновесных O хондритах.
“W-карбид” – $\text{Fe}_7\text{C}$	Очень редкий в атаксите Wedderburn (Scott, Agrell, 1971).
<i>Семейство карбидов литофильных элементов</i>	
<b>Хамрабаевит</b> – $\text{TiC}$ , куб.	Обнаружен в виде единственного кристалла размером ~7 мкм в хондре CV3 метеорита Allende в составе необычного кластера, состоящего из 5–10 мкм зерен Ti-корунда и зерен тистарита, рутила и муллита (Ma et al., 2009d).
Карбид Fe,Cr – 13–33% Cr	Редкий в богатом хромом уреилите LEW88774 (Prinz et al., 1994; Warren et al., 1994).
Карбид Ti – $\text{TiC}$	Обнаружен внутри графитовых глобул в CM2 хондрите Murchison в виде кристаллов размером до 230 нм (Bernatowicz et al., 1991, 1994; Croat et al., 2003). Имеет досолнечное происхождение.
Карбид Si – $\text{SiC}$	Обнаружен в веществе CM хондрита Murray в виде зерен размером до 10 мкм (Bernatowicz et al., 1987). <i>In situ</i> обнаружен в CM хондритах Murchison и Cold Bokkeveld (Alexander et al., 1990). Имеет досолнечное происхождение.
Карбиды труднолетучих металлов – $(\text{Zr,Mo,Ti,Ru})\text{C}$	Обнаружены внутри графитовых глобул в CM2 хондрите Murchison в виде кристаллов переменного состава размером 5–500 нм (Bernatowicz et al., 1996; Croat et al., 2005). Имеют досолнечное происхождение.

## 2.3. НИТРИДЫ

Минерал	Нахождение в метеоритах
<i>Семейство нитридов</i>	
<b>Роалдит</b> – $(\text{Fe,Ni})_4\text{N}$ , куб.	Редкий в железных метеоритах IIAB Jerslev и IAB Youdegin, идентифицирован как новый минерал (Buchwald, Nielsen, 1981).
<b>Осборнит</b> – $\text{TiN}$ , куб.	Известен как фаза с XIX века. Идентифицирован как новый минерал (Vanpister, 1941). Редкий в обритах и EL хондритах, обнаружен как единственное зерно размером 3x10 мкм в CH хондрите ALH85085 (Bischoff et al., 1989; Weber et al., 1994).
<b>Карлсбергит</b> – $\text{CrN}$ , куб	Обнаружен в железном метеорите IIIAB Cape York, идентифицирован как новый минерал (Buchwald, Scott, 1971). Акцессорный в некоторых железных метеоритах.
Нитрид алюминия – $\text{AlN}$	Предположительно установлен как фаза в CM хондрите Murchison в виде нанометровых зерен внутри зерна SiC (Stroud, Bernatowicz, 2005). Имеет досолнечное происхождение.
<b>Ниерит</b> – $\alpha\text{-Si}_3\text{N}_4$ , триг.	Редкий в EH хондритах Qingzhen и Индарх (Alexander et al., 1991; Stone et al., 1991), идентифицирован как новый минерал в кислотных остатках метеоритов Adrar (LL3.2), Inman (L3.4), Tieschitz (H3.6), Индарх (EH4) в виде зерен размером 2x0.4 мкм (Lee et al., 1995). Некоторые зерна имеют досолнечное происхождение (Hoppe et al., 1994; Nittler et al., 1995).

$\beta$ -нитрид кремния – $\beta$ - $\text{Si}_3\text{N}_4$	Фаза обнаружена в виде двух микронных зерен в кислотных остатках ряда метеоритов (Lee et al., 1995).
<i>Семейство оксинитридов</i>	
<b>Синоит</b> – $\text{Si}_2\text{N}_2\text{O}$ , ромб.	Редкий в EL хондрите Jajh deh Kot Lalu, идентифицирован как новый минерал (Andersen et al., 1964; Keil, Anderson, 1965). Редкий в EL хондритах.
Оксинитрид титана – $\text{T}_2\text{N}_2\text{O}$ , триг.	Очень редкий в CH хондрите ALH85085 (Bischoff et al., 1989).

#### 2.4. ФОСФИДЫ, ФОСФОСИЛИЦИДЫ, СИЛИЦИДЫ

Минерал	Нахождение в метеоритах
<i>Семейство фосфидов железа и никеля</i>	
<b>Меллиниит</b> – $(\text{Ni}, \text{Fe})_4\text{P}$ , куб.	Обнаружен в виде зерен размером до 100 мкм как редкий в акапулькоите NWA1054, идентифицирован как новый минерал (Moggi-Cecchi et al., 2005; Pratesi et al., 2006).
<b>Шрейберзит</b> – $(\text{Fe}, \text{Ni})_3\text{P}$ , тетра.	Известен с XIX века. Присутствует во многих типах метеоритов
Рабдит	Морфологическая разновидность шрейберзита, известна с XIX века. Встречается в железных и железокремнистых метеоритах.
<b>Никельфосфид</b> – $(\text{Ni}, \text{Fe})_3\text{P}$ , $(\text{Ni} > \text{Fe})$ , тетра.	Богатая Ni разновидность шрейберзита впервые обнаружена в железных метеоритах Canyon Diablo и Lenarto (Reed, 1965), идентифицирована как новый минерал в железных метеоритах Bulter, Canyon Diablo, Онелло и др. и в CV3 хондрите Ефремовка (Бритвин и др., 1999).
Фосфид никеля – $\text{Ni}_5\text{P}_2$	Очень редкая фаза в оболочке фремлинга Zelda в CAI CV3 хондрита Allende (Armstrong et al., 1987).
<b>Барринджерит</b> – $(\text{Fe}, \text{Ni})_2\text{P}$ , гекс.	Редкий в палласите Ollague, идентифицирован как новый минерал (Buseck, 1969). Присутствует в матрице CM хондритов.
Барринджерит-(Ni) – $(\text{Ni}, \text{Fe})_2\text{P}$ , $\text{Ni} > \text{Fe}$	Богатая Ni редкая разновидность обнаружена в матрице CM2 хондритов Борискино и ALH 83100 (Назаров и др., 2009).
Барринджерит-(Cr) – $(\text{Fe}, \text{Cr}, \text{Ni})_2\text{P}$ (до 17% Cr)	Обогащенная Cr разновидность обнаружена как очень редкая в CH хондрите ALH 85085 (Kimura, El Goresy, 1989). Очень редкая фаза во включении в полимиктовой брекчии Kaidun и в термально-метаморфизованном CM хондрите Dhofar 225.
<b>Аллабогданит</b> – $(\text{Fe}, \text{Ni})_2\text{P}$ , ромб.	Очень редкий в атаксите Онелло, идентифицирован как новый минерал (Britvin, 2002). Ранее этот минерал был описан как «барринджерит» в Онелло (Копылова, Олейников, 2000), аналогичный по составу «барринджерит» встречен в атаксите Santa Catharina (Brandstätter et al., 2003).
<i>Семейство фосфидов литофильных элементов</i>	
<b>Флоренскиит</b> – $\text{FeTiP}$ , ромб.	Обнаружен в виде 3 зерен размером до 14 мкм во включении Fe-серпентина в полимиктовой брекчии Kaidun, идентифицирован как новый минерал (Ivanov et al., 1994, 2000).
<b>Андрейивановит</b> – $\text{FeCrP}$ , ромб.	Как «Cr-барринджерит» описан в CH хондрите ALH 85085. (Kimura, El Goresy, 1989); как «Fe, Cr-фосфид» описан во включении Fe-серпентина в полимиктовой брекчии Kaidun (Ivanov et al., 1994), идентифицирован как новый минерал (Zolensky et al., 2008). В виде единственного зерна обнаружен в сильно гидратированном класте R хондрита NWA 6828 (Greshake, 2014).
<b>Монипит</b> – $\text{MoNiP}$ , гекс.	Обнаружен в виде единственного зерна размером 1.3x2 мкм в мелилите CAI типа B1 CV3 метеорите Allende; идентифицирован как новый минерал (Ma et al., 2009b, 2014a).

<i>Семейство фосфосилицидов</i>	
<b>Перриит</b> – $(\text{Ni, Fe})_8(\text{Si, P})_3$ , куб.	Обнаружен как силицид Ni в E хондритах Индарх, St. Mark's и октаэдрите Grant №2 (Ramdohr, 1963); идентифицирован как новый минерал в E аном. метеорите Horse Creek (Fredriksson, Henderson, 1965). Акцессорный в E хондритах и обритах.
Фосфосилицид Fe, Ni – $(\text{Fe, Ni})_2(\text{Si, P})$	Очень редкая фаза в CH хондрите ALH 85085 (Kimura, El Goresy, 1989).

<i>Семейство силицидов</i>	
<b>Зюссит</b> – $\text{Fe}_3\text{Si}$ , куб.	Редкий в полимиктовом уреилите North Haig, идентифицирован как новый минерал (Keil et al., 1980, 1982). Также обнаружен в ряде других уреилитов.
<b>Хапкеит</b> – $\text{Fe}_2\text{Si}$ , куб.	Предположительно обнаружен как единственное зерно в уреилите FRO90228 (Smith et al., 2008). Ранее обнаружен как очень редкий в лунном метеорите Dhofar 280, идентифицирован как новый минерал (Anand et al., 2004).
<b>Броунлиит</b> – $\text{MnSi}$ , куб.	Обнаружен в виде зерен размером 0.1–0.6 мкм в стратосферных сборах частиц межпланетной пыли, вероятно, кометного происхождения, идентифицирован как новый минерал (Nakamura-Messenger et al., 2010).
Силицид Fe, Ni – $(\text{Fe, Ni})_4\text{Si}$ , гекс.	Описан в шлифе уреилита North Haig (Smith et al., 2010).
<b>Кхифенгит</b> – $\text{Fe}_5\text{Si}_3$ , гекс.	Предположительно идентифицирован по составу как единственное зерно в шлифе уреилита North Haig (Smith et al., 2010). Ранее был обнаружен в ядрах шариков диаметром до 1 мм в россыпях провинции Яншань, КНР.

## 2.5. СУЛЬФИДЫ

Минерал	Нахождение в метеоритах
<i>Семейство сульфидов железа и никеля</i>	
<b>Троилит</b> – $\text{FeS}$ , гекс.	Известен с XIX века. Второстепенный и акцессорный многих типов метеоритов.
троилит-(Mn) до 1.5 % Mn	Очень редкие в обрите Y-793592 (Yanai, Kojima, 1991).
троилит-(Zn) до 4.4 % Zn	
троилит-(Ni) до 2.5 % Ni	Очень редкий в CM2 хондрите Y-82042 (Graham et al., 1985) и в обрите Y-793592.
Ст-троилит до 13 % Ст	Акцессорный и редкий в СВ хондритов (Weisberg et al., 2001; Ivanova et al., 2008) и многих других типов метеоритов. Более высокие содержания Ст связаны с присутствием включений добреелита.
<b>Пирротин</b> – $\text{Fe}_{1-x}\text{S}$ , мон., гекс.	Акцессорный в CM хондрите Борискино (Кваша, 1948). Акцессорный в C хондритах; редкий в O хондритах, железоканменных метеоритах.
пирротин-(Co, Ni) до 1.9 % Co, 2.7 % Ni	Обнаружен в виде единственного зерна в винонаите Y-75305 (Kimura, 1990).
<b>Грейгит</b> – $\text{Fe}_3\text{S}_4$ , куб.	Предположительно идентифицированы в EH3 хондрите Qingzhen (El Goresy et al., 1988).
<b>Смайтит</b> – $\text{Fe}_9\text{S}_{11} \div \text{Fe}_{13}\text{S}_{16}$ , триг.	
<b>Пирит</b> – $\text{FeS}_2$ , куб.	Обнаружен как редкий в СК хондрите Karoonda (Ramdohr, 1963). Обычный акцессорный в СК хондритах (Geiger, Bischoff, 1995), редкий в R хондритах (Rubin, Kallemeyn, 1989). Отмечен также как продукт земного изменения.
пирит-(Ni) до 4.5, макс. 10.9 % Ni, также содержит ~ 2 % Co	Характерен для СК хондритов (Geiger, Bischoff, 1995). Отмечен также как продукт земного изменения.

<b>Пентландит</b> – $(\text{Fe}, \text{Ni})_9\text{S}_8$ , куб.	Присутствует во многих типах метеоритов. Отмечен также как продукт земного изменения.
пентландит-(Co) до 3,5 % Co (Co>Ni)	Очень редкий в CM2 хондрите Y-82042 (Graham et al., 1985).
пентландит-(Cr) $(\text{Fe}_{88}\text{Ni}_{12}\text{Cr}_4)\text{S}_x$	Очень редкая «Q1-фаза» в CV3 хондрите Allende (Cervelle et al., 1977).
<b>Маккинавит</b> – $(\text{Fe}, \text{Ni})_9\text{S}_8$ , <i>тетр.</i>	Обнаружен в графит-троилитовых нодулях ряда железных метеоритов (El Goresy, 1965) и в палласите Newport (Buseck, 1968).
<b>Виоларит</b> – $\text{FeNi}_2\text{S}_4$ , куб.	Предположительно обнаружен как продукт доземного водного изменения во фрагменте EH5 хондрита полимиктовой брекчии Kaidun (Иванов и др., 1992). Также отмечен как продукт земного изменения метеоритов.
виоларит-(Co) до 11 % Co	Редкий в СК хондритах (Noguchi, 1993).
<b>Хезлевудит</b> – $\text{Ni}_3\text{S}_2$ , <i>триг.</i>	Очень редкий в железном IAB метеорите Odessa (Kullerud, El Goresy, 1969), в СН хондрите ALH 85085 и во фремдлингах CV3 хондрита Allende. Отмечен также как продукт земного изменения.
<b>Миллерит</b> – NiS, <i>триг.</i>	Очень редкий в CAI CV3 хондрита Axtell (Casanova, Simon, 1994) и в СК хондритах Maralinda и Cook 003.
<b>Семейство кубических сульфидов</b>	
<b>Найнинджерит</b> – $(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Mn})\text{S}$ , куб	Обнаружен в EH4-5 хондритах Kota-Kota, St. Mark's и др., идентифицирован как новый минерал (Keil, Snetsinger, 1967). Характерный акцессорный EH хондритов; обнаружен также в EL5 хондрите RKPA80259 (Sears et al., 1984). Очень редкий в уреилите Haverö.
найнинджерит-(Mn) $(\text{Mg}, \text{Mn}, \text{Fe})\text{S}$ , до 32 % Mn	Редкий в EH3 хондритах Qingzhen и Y-691 (El Goresy et al., 1988) и в пироксен-ольдгамитовом класте обрита Bustee (McCoy, 1998).
найнинджерит-(Ca) $(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Ca}, \text{Mn})\text{S}$ , до 6.5 % Ca	Редкий в EH хондрите Abee (Keil, 1968b) и в сульфидно-энстатитовых агрегатах полимиктовой брекчии Kaidun (Kurat et al., 2004).
<b>Кейлит</b> – $(\text{Fe}, \text{Mg}, \text{Mn})\text{S}$ , куб.	Обогащенная Fe разновидность найнинджерита описана в ряде EH хондритов (Keil, Snetsinger, 1967), под названием найнинджерит описан в обрите Shallowater (Keil et al., 1989). Идентифицирован как новый минерал (Shimizu et al., 2002). Акцессорный EH хондритов.
кейлит - $(\text{Fe}, \text{Mn}, \text{Mg})\text{S}-(\text{Mn})$ Mn>Mg	Очень редкий в примитивном обрите Zakłodzie (Przylibsky et al., 2005).
<b>Найнинджерит-алабандин твердый p-p</b> – $(\text{Mg}, \text{Mn}, \text{Fe})\text{S}$ , куб., атом. MgS/MnS ≈ 1	Обнаружен как “экзотическое зерно” в E хондрите QUE94204 (Ehlers, El Goresy, 1988), редкий в E хондритах Y-793225, Itqiy, NWA1235 (Lin, Kimura, 1998; Lorenz et al., 2003).
<b>Алабандин</b> – $(\text{Mn}, \text{Fe})\text{S}$ , куб.	Обнаружен в железных IAB и аномальных метеоритах с полиминеральными включениями Kendal County, Odessa, Toluka (Bunch et al., 1970). Акцессорный в EL хондритах и обритах, редкий во включениях в железных IAB и аном. метеоритах, в вионаитовом включении в обрите Cumberland Fall, в аномальном мезосидерите Чаунский.
алабандин-(Mg) – $(\text{Mn}, \text{Mg}, \text{Fe})\text{S}$ , Mg>Fe	Очень редкий в уреилите FRO 95028 (Fioretti, Molin, 1998).
алабандин-(Fe) до 23 % Fe	Впервые под названием алабандин описан в обрите Norton County (Keil, Fradriksson, 1963). Акцессорный в EL хондритах и обритах.
алабандин-(Ag) до 10 % Ag	Очень редкий в обрите Peña Blanca Spring (Lin et al., 1989).
алабандин-(Cr) до 4 % Cr	Очень редкий в СН хондрите ALH 85085 (Kimura, El Goresy, 1989).
<b>Ольдгамит</b> – CaS, куб.	Известен с XIX века. Обычный акцессорный в E хондритах, редкий в обритах и вионаитах; очень редкий в уреилите Haverö и в CM хондритовой брекчии Sutter's Mill (Zolensky et al., 2014).

<i>Семейство сульфидов щелочных металлов</i>	
<b>Касвеллсилверит</b> – $\text{NaCrS}_2$ , <i>триг.</i>	Обнаружен в обрете Norton County, идентифицирован как новый минерал (Okada, Keil, 1982). Редкий в EH3 хондритах Qingzhen, Y-691, обрете NWA 5217.
<b>Джерфишерит</b> – $\text{K}_3(\text{Na}, \text{Cu})(\text{Fe}, \text{Ni})_{12}\text{S}_{14}$ , <i>куб.</i>	Обнаружен в EH хондритах Kota-Kota и St.Mark's, идентифицирован как новый минерал (Fuchs, 1966). Редкий в EH хондритах, обретах, железных метеоритах Toluca IAB an и Cape York IIIE, обнаружен в EL3 хондрите MacAlpine Hill 88136.
<b>Шолхорнит</b> – $\text{Na}_{0,3}\text{CrS}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , <i>триг.</i>	Очень редкий в обрете Norton County, идентифицирован как новый минерал (Okada et al., 1985). Образование может быть связано с земным изменением. Единственное зерно в металлическом нодуле EH3-4 фрагмента в полимиктовой брекчии Kaidun имеет, вероятно, внеземное происхождение (Иванов и др., 1994; Ivanov et al., 1996).
<b>Сульфид Cr, Na, Cu</b> – $(\text{Na}, \text{Cu})\text{CrS}_2$	Очень редкая фаза в EH3 хондрите Y-691 (El Goresy et al., 1988).
<b>Дисульфид Na</b> – $\text{Na}_2\text{S}_2$	Очень редкая фаза внеземного происхождения в Fe, Ni-нодуле EH фрагмента полимиктовой брекчии Kaidun (Иванов и др., 1994; Ivanov et al., 1996).
<i>Семейство сульфидов хрома и марганца</i>	
<b>Джоиголдштейнит</b> – $\text{MnCr}_2\text{S}_4$ , <i>isometric</i>	Обнаружен в железном метеорите группы IVA Social Circle (Isa et al., 2016).
<b>Добреелит</b> – $\text{FeCr}_2\text{S}_4$ , <i>куб.</i>	Известен с XIX века. Встречается в железных метеоритах, E хондритах, обретах; лодранитах, винонаитах, очень редкий в палласитах.
добреелит-(Zn) до 11 % Zn	Редкий в EH хондритах Kota-Kota и St.Mark's (Keil, 1968a), в EH хондритах, в обрете Khot-Temiki, полиминеральных включениях в IAB аномальных железных метеоритах.
добреелит-(Ni) до 7 % Ni	Очень редкий в железном IVB метеорите Iquique (Тертычная, Семененко, 1994).
добреелит-(Mn) о 3,5 % Mn	Обнаружен в EL хондритах Daniel's Kuil и других (Keil, 1968b). Редкий в EL хондритах и полиминеральных (с алабандином) включениях в IAB аномальных железных метеоритах.
добреелит-(V) до 1,2 % V	Очень редкий в CH хондрите ALH-85085 (Kimura, El Goresy, 1989).
добреелит-(Ag) до 0,75 % Ag	Очень редкий в обрете Peña Blanca Spring (Lin et al., 1989).
<b>Бржезинаит</b> – $\text{Cr}_3\text{S}_4$ , <i>мон.</i>	Обнаружен как очень редкий в железном метеорите Tucson, идентифицирован как новый минерал (Bunch, Fuchs, 1969b). Редкий в железных IIIAB, IVA метеоритах, в уреилите LEW 88774 и ангрите Mt. Egerton.
бржезинаит-(Zn) 2.1 % Zn	Очень редкий в кумулятивном обрете NWA 5217 (Bunch et al., 2008).
<b>Хейдеит</b> – $(\text{Fe}, \text{Cr})_{1+x}(\text{Ti}, \text{Fe})_2\text{S}_4$ , <i>мон.</i>	Обнаружен как очень редкий в обрете Bustee, идентифицирован как новый минерал (Keil, Brett, 1974). Очень редкий во фрагментах полимиктовой брекчии Kaidun (Ivanov et al., 1995; Kurat et al., 2004).
<b>Мурчисит</b> – $\text{Cr}_5\text{S}_6$ , <i>триг.</i>	Обнаружен в виде очень редких микрон-субмикронных зерен внутри зерен оливина в CM2 хондрите Murchison, идентифицирован как новый минерал (Ma et al., 2010b, 2011a).
<b>Кроносит</b> – $\text{Ca}_{0,2}\text{CrS}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , <i>триг.</i>	Очень редкий в обрете Norton County, идентифицирован как новый минерал (Бритвин и др., 2001).
<b>Водный сульфид Fe и Cr</b> – $\text{FeCr}_2\text{S}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ или $\text{FeCr}_2\text{S}_4(\text{OH})_n$	Редкая фаза во включениях EH хондритов в полимиктовой брекчии Kaidun (Иванов и др., 1986; Иванов, 1989). Редкий некоторых EH хондритов.

<i>Семейство сульфидов меди</i>	
<b>Халькопирит</b> – $\text{CuFeS}_2$ , <i>тетр.</i>	Обнаружен в СК хондрите Karoonda (Ramdohr, 1963). Редкий в некоторых О, R и С хондритах и железных метеоритах. Отмечен также как продукт земного изменения метеоритов.
халькопирит-(Na) до 4.2 % Na	Редкий в ЕН3 хондрите Qingzhen (Lin, El Goresy, 2002).
<b>Дигенит</b> – $\text{Cu}_9\text{S}_3$ , <i>куб.</i>	Обнаружен в железном ПЕ аномальном метеорите Y-791093 (Ebihara et al., 1996).
<b>Кубанит</b> – $\text{CuFe}_2\text{S}_3$ , <i>ромб.</i>	Обнаружен в СI хондритах Alais, Orgueil, Ivuna (Macdougall, Kerridge, 1977; Kerridge et al., 1977) и в СI-подобном веществе полимиктовой брекчии Ka-idun (Brandstätter, Ivanov, 2011).
<b>Изокубанит</b> – $\text{CuFe}_2\text{S}_3$ , <i>куб.</i>	(Macdougall, Kerridge, 1977).
<b>Идаит</b> – $\text{Cu}_3\text{FeS}_4$ , <i>гекс.</i>	Предположительно обнаружен в ЕН хондритах Qingzhen и Yamato-691 (El Goresy et al., 1988).
<b>Борнит</b> – $\text{Cu}_3\text{FeS}_4$ , <i>куб.</i>	Предположительно обнаружен в ЕН хондритах Qingzhen и Yamato-691 (El Goresy et al., 1988). Отмечен также как продукт земного изменения ископаемого хондрита Brunflo.
<i>Семейство сульфидов свинца, цинка, марганца</i>	
<b>Сфалерит</b> – $(\text{Zn,Fe})\text{S}$ , <i>куб.</i>	Обнаружен в железном IAB метеорите Canyon Diablo (El Goresy, 1965). Редкий в железных IAB, IIIA, III метеоритах, очень редкий в палласитах, в CAI CV3 хондрита Vigarano, очень редкий в CM хондритовой брекчии Sutter's Mill (Zolensky et al., 2014). Отмечен также как продукт земного изменения ископаемого хондрита Brunflo.
сфалерит-(Na) до 2.1 % Na	Очень редкий в ЕН3 хондрите Qingzhen (Lin, El Goresy, 2002).
сфалерит-(Ga) до 3,7 % Ga	Очень редкий в ЕН3 хондрите Qingzhen (Rambaldi et al., 1983, 1986) и в ЕН4 хондрите Y-74370.
<b>Рудашевскиит</b> – $(\text{Fe,Zn})\text{S}$ , <i>куб.</i>	Описан как сфалерит в EL6 хондритах Пиливтере и Hvittis (Ramdohr, 1963); редкий в ЕН3-4 и EL6 хондритах, в обрете Norton County и во включениях в железных IAB и аномальных метеоритах. Идентифицирован как новый минерал (Britvin et al., 2008).
<b>Браунеит</b> – $\text{MnS}$ , <i>куб.</i>	Обнаружен в виде отдельных кристаллов неправильной до гипидиоморфной формы размером 4–20 мкм в аномальном ахондрите Zakłodzie; идентифицирован как новый минерал (Ma et al., 2012b).
<b>Вюртцит</b> – $\beta\text{-ZnS}$ , <i>гекс.</i>	Предположительно идентифицирован в виде ориентированных ламеллей в EL6 хондрите Khairpur (Ramdohr, 1963).
<b>Бьюсексит</b> – $(\text{Fe,Zn,Mn})\text{S}$ , <i>гекс.</i>	Железистый аналог вюртцита обнаружен в виде 11 разрозненных кристаллов размером 4–20 мкм в аномальном ахондрите Zakłodzie; идентифицирован как новый минерал (Ma et al., 2012a). Ранее эта фаза была обнаружена в EL5 хондрите Yilmia (Buseck, Holdsworth, 1972) и в ряде других Е хондритах, в полиминеральных сульфидных включениях в железных IAB аномальных метеоритах Бурхала, Toluca, Waterville.
<b>Галенит</b> – $\text{PbS}$ , <i>куб.</i>	Продукты изменения ископаемого Н хондрита Brunflo (Nyström, Wickman, 1991).
<i>Семейство сульфидов молибдена и вольфрама</i>	
<b>Молибденит</b> – $\text{MoS}_2$ , <i>гекс.</i>	Редкий во фремлигах CV3 хондрита Allende (Fuchs, Blander, 1976, 1977) и Vigarano (Caillet et al., 1988).
<b>Тунгстениит</b> – $\text{WS}_2$ , <i>гекс.</i>	Очень редкий во фремлигах CV3 хондрита Allende (El Goresy et al., 1977c).
<i>Семейство сульфидов золота и серебра</i>	
Сульфид Ag и Cr – $\text{AgCrS}_2$	Очень редкие фазы в обрете Peña Blanca Spring (Lin et al., 1989).
Сульфид Ag и Cr – $\text{AgCr}_2\text{S}_4$	

Сульфид Au, Fe, Ag – (Au, Fe, Ag) <sub>2</sub> S	Предположительно идентифицированы как очень редкие фазы в СК хондрите LEW 87009 (Geiger, Bischoff, 1995).
Сульфид Fe, Au, Co – (Fe, Au, Co) <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	
<b>Семейство сульфидов платиноидов</b>	
<b>Куперит</b> – PtS, <i>тетр.</i>	Очень редкий в некоторых СК хондритах (Geiger, Bischoff, 1995).
<b>Лаурит</b> – RuS <sub>2</sub> , <i>куб.</i>	Обнаружены как очень редкие в СК хондритах Karoonda, PCA-82500 и Mulga (West) (Geiger, Bischoff, 1989) и в некоторых R хондритах (Rubin, Kallemeyn, 1989). Образуют твердый раствор состава (Os, Ru, Ir)S <sub>2</sub> .
<b>Эрлихманит</b> – OsS <sub>2</sub> , <i>куб.</i>	
Сульфид Os, Ru, Ir – (Os, Ru, Ir)S <sub>2</sub>	Редкие фазы в метаморфизованных СК хондритах Karoonda, Mulga (West) и PCA 82500 (Geiger, Bischoff, 1989).
Сульфид Pt, Ru, Ir, Os – (Pt, Ru, Ir, Os) <sub>2</sub> S,	Предположительно идентифицированы как очень редкие фазы в CAI CV3 хондрита Axtell (Casanova, Simon, 1994).
Сульфид Fe, Ru, Ni, Pt, Ir – (Fe, Ru, Ni, Pt, Ir) <sub>9</sub> S,	
<b>Семейство точилинита</b>	
<b>Точилинит</b> – 6Fe <sub>0,9</sub> S·5(Mg, Fe, Ni)(OH) <sub>2</sub> , <i>трикл.</i>	Впервые описан как «плохо охарактеризованная фаза» в CM2 хондрите Murchison (Fuchs et al., 1973), идентифицирован как гидроксисульфид (MacKinnon, Zolensky, 1984; Zolensky, 1984). Второстепенный в CM хондритах.
<b>Хаапалаит</b> – 4(Fe, Ni) S·(Mg, Fe <sub>2+</sub> )(OH) <sub>2</sub> , <i>гекс.</i>	Редкий в некоторых CM хондритах (Zolensky, McSween, 1988).
<b>Сульфиды, не вошедшие в выделенные семейства</b>	
<b>Киноварь</b> – HgS, <i>триг.</i>	Обнаружен в виде редких зерен неправильной формы микронного размера в примитивном H3 хондрите Tieschitz (Caillet Komorowski et al., 2009, 2012). Предположительно обнаружен как очень редкий в необычном CV3 фрагменте хондрита Allende (Palme et al., 1985).
<b>Вассонит</b> – TiS, <i>ромб.</i>	Обнаружен в виде субмикронных кристаллов в балочной оливиновой хондре EH3 хондрита Yamato 691; идентифицирован как новый минерал (Nakamura-Messenger et al., 2012).
<b>Нуваит</b> – Ni <sub>6</sub> (Ge, Sn)(S, Te) <sub>2</sub> , <i>тетр.</i>	Обнаружен в виде неправильных зерен 1-6 мкм в ассоциации с гроссуляром в прожилке измененного вещества в CAI CV3 хондрита Allende, идентифицирован как новый минерал (Ma, 2015).
Сульфид Ni и Ge – Ni <sub>3</sub> GeS	Очень редкая фаза во фремдлингах CV3 хондрита Bali (Armstrong et al., 1985a).
<b>2.6. ТЕЛЛУРИДЫ, АРСЕНИДЫ, СУЛЬФОАРСЕНИДЫ</b>	
Минерал	Нахождение в метеоритах
<b>Семейство теллуридов</b>	
<b>Ченгболит (Мончеит)</b> – PtTe <sub>2</sub> , <i>триг.</i>	Очень редкий в СК хондритах Karoonda, Mulga (West) и PCA 82500 (Geiger, Bischoff, 1989, 1995). Очень редкий в R и СК хондритах.
<b>Теллурид Рb (Алгаит ?)</b> – RbTe, <i>куб.</i>	Обнаружен как единственное мелкое включение в сфалерите в железном ППСД метеорите Эгвекинот (Пляшкевич и др., 1980).
<b>Семейство арсенидов</b>	
<b>Сперрилит</b> – PtAs <sub>2</sub> , <i>куб.</i>	Обнаружен в виде очень редких идиоморфных зерен микрон-субмикронного размера в нескольких R хондритах (Schulze, 1998, 1999).

<b>Арсениды металлов платиновой группы и Fe</b> Ir, Os, Ru, Pt, Fe	Обнаружен в виде очень редких мелких зерен во фремлигах некоторых СК хондритов (Geiger, Bischoff, 1995). Вероятно, твердый раствор арсенидов иридарсенита (Ir,Ru)As <sub>2</sub> , омейита (Os,Ru)As <sub>2</sub> , сперрилита PtAs <sub>2</sub> и лёллингита FeAs <sub>2</sub> .
<b>Раммельсбергит</b> – (Ni,Co)As <sub>2</sub> , ромб.	Продукты земного изменения ископаемого хондрита H Brunflo (Nyström, Wickman, 1991).
<b>Саффорит</b> – (Co,Ni)As <sub>2</sub> , ромб.	
<b>Никелин</b> – NiAs, гекс.	
<b>Маучерит</b> – Ni <sub>11</sub> As <sub>8</sub> , тетра.	
<b>Орселит</b> – Ni <sub>5-x</sub> As <sub>2</sub> , гекс.	

#### Семейство сульфарсенидов

<b>Ирарсит</b> – IrAsS, куб.	Обнаружен в виде очень редких идиоморфных зерен микрон-субмикронного размера в нескольких R хондритах (Schulze, 1998, 1999).
Сульфарсенид платиноидов – (Ir,Pt,Fe,Os)(As,S) <sub>2</sub>	Очень редкая фаза в СК хондрите EET87514 (Geiger, Bischoff, 1995).
<b>Герддорфит</b> – NiAsS, куб.	Продукты земного изменения ископаемого H хондрита Brunflo (Nyström, Wickman, 1991).
<b>Кобальтин</b> – CoAsS, ромб.	

### 2.7. ГАЛОГЕНИДЫ

Минерал	Нахождение в метеоритах
<b>Галит</b> – NaCl, куб.	Обнаружен как редкий в матрице уреилитов (Berkley et al., 1978) и в матрице CM2 хондритов (Barber, 1981). Также обнаружен в H-хондритовых реголитовых брекчиях Monahans (1998) и Zag.
<b>Сильвин</b> – KCl, куб.	Обнаружен как редкий в матрице уреилитов (Berkley et al., 1978) и в матрице CM2 хондритов (Barber, 1981). Также обнаружен внутри кристаллов галита в H-хондритовой реголитовой брекчии Monahans (1998) (Zolensky et al., 1999).

### 2.8. ОКСИДЫ

Минерал	Нахождение в метеоритах
<i>Семейство периклаза</i>	
<b>Периклаз</b> – MgO, куб.	Редкий в CI хондрите Y-82162 (Ikeda, 1991) и в CAI C хондритов.
<b>Вюстит</b> (Иоцит) – FeO, куб.	Один из основных компонентов коры плавления железных метеоритов (Юдин, Коломенский, 1987).
<b>Периклаз-вюстит твердый p-p</b> – (Mg,Fe)O, Per69-Wü30	Очень редкий в CAI CV3 хондрита Vigarano (Caillet et al., 1988b). Предположительно идентифицирован в CI хондрите Y-82162.
<b>Магнезиовюстит</b> – (Mg,Fe)O, куб.	Редкий в ударно-метаморфизованном L6d хондрите Tenham (Mori, Takeda, 1985). Обнаружен в CAI CV3 хондрита Vigorano (Zinner et al., 1991), в уникальном C хондрите Belgica-7904 (Kimura, Ikeda, 1992). Продукт ударной трансформации вещества.
<b>Бунзенит</b> – NiO, куб.	Отмечено присутствие в железных метеоритах как продукта земного изменения (Rubin, 1997a).
<b>Известь</b> – CaO, куб.	Редкий в CAI C хондритов (Greshake et al., 1996).

#### Семейство гематита

<b>Корунд</b> – Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , триг.	Обнаружен в CAI в C03 хондрите Lancé (Kurat, 1970). Второстепенный или редкий CAI C хондритов. Мелкие микрон-субмикронные зерна в примитивных метеоритах имеют досолнечное происхождение.
--	---

корунд-(Ti) – до 15% TiO <sub>2</sub>	Редкий в богатых Al хондрах СК хондрита Karoonda (Delaney, Stokes, 1985). Встречен в «ультратугоплавком» кластере в Fe,Mg-хондре CV3 хондрита Allende.
<b>Эсколаит</b> – Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , <i>триг.</i>	Очень редкий в уреилите LEW88774 (Greshake et al., 1996), редкий в метеоритах CI Orgueil, CM Dhofar 225 (Ivanova et al., 2010), палласите Омолон. Встречается в коре плавления.
эсколаит-(Ti,Al) до 26% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , 4% TiO <sub>2</sub>	Редкий в CM хондрите Belgica-7904 (Kimura, Ikeda, 1992). Отмечен в уреилите LEW88774.
<b>Гематит</b> – Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , <i>триг.</i>	Редкий в некоторых R и C хондритах (Bunch, Chang, 1980; McCanta, Treiman, 2010; Jamsja et al., 2011). Отмечен как продукт земного изменения.
<b>Тистарит</b> – Ti <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , <i>триг.</i>	Редкий в «ультратугоплавком» кластере в Fe,Mg-хондре CV3 хондрита Allende, идентифицирован как новый минерал (Ma, Rossman, 2009a).
<b>Маггемит</b> – Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , <i>куб.</i>	В виде мелких (<0.1 мкм) кристаллов обнаружен в матрице LL3 хондрите Semarkona (Hutchison et al., 1987). Отмечен как продукт земного изменения антарктических метеоритов (LEE, BLAND, 2004).
<b>Карелианит</b> – V <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , <i>триг.</i>	Обнаружен как очень редкий в составе тверд. р-р <b>гематит-карелианит</b> во фремдлинге CV3 хондрита Allende (El Goresy et al., 1979). Отмечен в CAI CV3 хондрита Ефремовка.
<b>Семейство кремнезема</b>	
<b>Кварц</b> – SiO <sub>2</sub> , <i>триг.</i>	Впервые достоверно обнаружен в EL5 хондрите St. Mark's (Cohen, 1906; Merrill, 1924). Аксессуарный или редкий в E и O хондритах, эвкритях, некоторых ахондритах. Отмечен как продукт земного изменения ископаемого H хондрита Brunflo.
<b>Тридимит</b> – SiO <sub>2</sub> , <i>мон., трикл.</i>	Известен с XIX века. Аксессуарный в E хондритах, эвкритях; редкий в диогенитах, силикатной фракции мезосидеритов, силикатных включениях в железных (IIЕ) метеоритах.
<b>Кристобалит</b> – SiO <sub>2</sub> , <i>темп.</i>	Редкий в EH4 хондрите Abee (Dawson et al., 1960), в O и E хондритах, эвкритях, в силикатной фракции мезосидерита Vaca Muerta, железном метеорите Carbo.
<b>Коэсит</b> – SiO <sub>2</sub> , <i>мон.</i>	Очень редкий в прожилках ударного расплава в СВ хондрите Gujba (Weisberg et al., 2006). Продукт ударной трансформации вещества.
<b>СТИШОВИТ</b> – SiO <sub>2</sub> , <i>темп.</i>	Очень редкий в прожилках ударного расплава в L6 метеорите Umbarger (Xie, Sharp, 2004). Продукт ударной трансформации вещества.
<b>Семейство ильменита</b>	
<b>Ильменит</b> – FeTiO <sub>3</sub> , <i>триг.</i>	Обнаружен в H5 хондрите Венгерово (Юдин, 1954). Редкий или аксессуарный во многих типах метеоритов.
ильменит-(Mn) до 19.6 % MnO	Редкий в L хондритах Morestfort и St. Michael (Snetsinger, Keil, 1969), в некоторых O и C хондритах.
ильменит-(Mn,Mg) до 18.9 % MnO, 10.2% MgO	Редкий в O хондритах Žebrák (H5) и Ustinad Orlici (L6) (Bukovanská, 1983; Bukovanská et al., 1983), в силикатной фракции мезосидерита Vaca Muerta и в богатых SiO <sub>2</sub> объектах CH хондрита ALH85085.
ильменит-(Mg) (Гейкелоильменит) до 9.2 мас.% MgO	Редкий в ударно-метаморфизованном L5 хондрите Farmington (Buseck, Keil, 1966), в ударно-метаморфизованных O хондритах, в CAI C хондритов, говардите Monticello.
ильменит-(V) до 2.3 % V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Очень редкий в CAI CV3 хондрита Грозная (El Goresy et al., 1985).

<b>Гейкелит</b> – $MgTiO_3$ , <i>триг.</i>	Очень редкий в плагиоклаз-оливиновом включении CV3/СК3 хондрита Ningqiang (Lin, Kimura, 1996) и в CAI E хондрита (Guan et al., 2000).
<b>Пирофанит</b> – $MnTiO_3$ , <i>триг.</i>	Редкий в аномальном мезосидерите Чаунский (Petaev et al., 1992), в H3.8 хондрите Рагули (Krot et al., 1993).
<b>Семейство армоколита</b>	
<b>Армоколит</b> – $(Mg, Fe)Ti_2O_5$ , <i>ромб.</i>	Редкий в CAI в CV3 хондрите Allende (Haggerty, 1977, 1978), в CV3/СК3 хондрите Ningqiang (Lin, Kimura, 1996).
армоколит-(Cr,Zr) до 9.2 % $Cr_2O_3$ , 1.2 $ZrO_2$	Очень редкий в CAI CV3 хондрита Allende (Voctor et al., 1989).
армоколит-(Ca) – $CaTi_2O_5$ , CaO~21, Mg 3.3, Fe 1.3 %	Очень редкий в плагиоклаз-оливиновом включении в аномальном CV3/СК3 хондрите Ningqiang (Lin, Kimura, 1996).
<b>Псевдобрукит</b> – $Fe^{2+}Ti_2O_5$ , <i>ромб.</i>	Обнаружен в виде мелких идиоморфных кристаллов в необычной хондре L3 хондрита ALHA-77015 (Fujimaki et al., 1981). Отмечен в коре плавления каменных метеоритов.
Оксид тугоплавких металлов – $(Al, Ti)_2(Ti, Zr)O_5$	Очень редкая фаза в CH хондрите ALH85085 (Bischoff et al., 1989).
<b>Семейство оксидов титана <math>+3Ti - +4Ti</math></b>	
<b>Тистарит</b> – $Ti_2O_3$ , <i>триг.</i>	Редкий в «ультратугоплавком» кластере в Fe, Mg-хондре CV3 хондрита Allende, идентифицирован как новый минерал (Ma, Rossman, 2009a).
Оксид Ti $Ti_3O_5$	Обнаружены в виде изолированных ультрамелких (0.05-0.4 мкм) кристаллов в CM2 хондрите Bells и в углисто-хондритовом класте уреилита Nilpena (Brearley, 1993). Ранее были обнаружены в частицах межпланетной пыли. Вероятно конденсационное происхождение в досолнечных условиях.
<b>Магнели фазы</b> $Ti_nO_{2n-1}$ – $Ti_3O_9, Ti_8O_{15}$	
<b>Семейство шпинели</b>	
<b>Шпинель</b> – $MgAl_2O_4$ , <i>куб.</i>	Обнаружен в CV3 хондрите Kaba (Sztrokey, 1960); главный и аксессуарный в CAI в C хондритах, аксессуарный и редкий в Ca, Al-хондрах и матрице неравновесных O и C хондритов. Мелкие микрон-субмикронные зерна в примитивных метеоритах имеют досолнечное происхождение.
<b>Пикотит</b> – $(Fe_{0.56}Mg_{0.44})$ $(Al_{1.49}Cr_{0.50})_2O_{4.13}$	Редкий в необычной хондре L5 хондрита Baszkowka (Maruyama et al., 1999).
шпинель-(Cr) до 17 мас.% $Cr_2O_3$	Редкий в CAI C хондритов (Steele, Smith, 1987) и в Ca, Al-хондре EH3 хондрита Y-69001.
шпинель-(V) 3 мас.% $V_2O_3$	Очень редкий в CAI CV3 хондрита Allende (Paque, 1989).
<b>Плеонаст</b> – $(Mg, Fe)Al_2O_4$ , <i>куб.</i>	Обнаружен в H4 хондрите Weston (Noonan, Nelen, 1976). Редкий в CAI C хондритов, Ca, Al-хондрах неравновесных O хондритов, ангрите Angra dos Reis.
плеонаст-(Ni) до 1.5 % NiO	Редкий в СК4 хондрите Maralinga (Keller et al., 1992), редкий в СК хондритах.
плеонаст-(Zn, Ni) до 2.24% ZnO, 1.08% NiO	Редкий в СК4 хондритах Karoonda и EET87507 (Noguchi, 1993); редкий в СК хондритах.
плеонаст-(Cr) до 18% $Cr_2O_3$	Редкий в неравновесном H3 хондрите Sharps (Dodd, 1971), редкий в неравновесных O хондритах.
плеонаст-(V) до 27% $V_2O_3$	Очень редкий во фремлигах CV3 хондрита Allende (Armstrong et al., 1985).
плеонаст-(Zn) до 3.3% ZnO	Редкий в L3 хондрите Mezö-Madaras (Hoinkes, Kurat, 1974), в СК хондритах, в CAI CO3 хондрита Organs, в полимиктовой брекчии Kaidun.

<b>Герцинит</b> – $\text{FeAl}_2\text{O}_4$ , куб.	Обнаружен в CAI CV3 хондрита Allende (Marvin et al., 1970); редкий в CAI C хондритов, в ангритах Angra dos Reis и LEW86010.
герцинит-(Cr) до 7.7% $\text{Cr}_2\text{O}_3$	Очень редкий в L6 хондрите Ella Island (Carman, McCormick, 1975).
<b>Алюмохромит</b> – $(\text{Mg,Fe})(\text{Al,Cr})_2\text{O}_4$ , куб.	Обнаружен в неравновесном O хондрите Siena (Kurat et al., 1969). Редкий в C и неравновесных O хондритах, диогенитах, говардитах, силикатной фракции мезосидеритов, железом (IIЕ) метеорите Colomera.
<b>Хромит</b> – $(\text{Fe,Mg})(\text{Cr,Al})_2\text{O}_4$ , куб.	Известен с XIX века. Акцессорный во многих типах метеоритов.
<b>Ферроалюмохромит</b> – $\text{Fe}(\text{Cr,Al})_2\text{O}_4$ , куб.	Обнаружен в эвкрите Pasamonte (Bunch, Keil, 1971); акцессорный в эвкрит-тах.
Феррохромит $\text{FeCr}_2\text{O}_4$	Акцессорный в неравновесных O хондритах (Bunch et al., 1967).
<b>Магнезиохромит</b> – $(\text{Mg,Fe})(\text{Cr,Al})_2\text{O}_4$	Акцессорный в железных метеоритах с силикатными включениями и палласитах (Bunch, Keil, 1971); редкий в уреилите Kenna, CI хондрите Orgueil.
<b>Магнезиоалюмохромит</b> $(\text{Mg,Fe})(\text{Cr,Al})_2\text{O}_4$	Редкий в железном метеорите Bocaiuva (Desnoyers et al., 1985), в CO3 хондрите Каинсаз, в палласите Finmarken.
хромит-(Mn) $(\text{Mn,Fe})\text{Cr}_2\text{O}_4$	Редкий в полиминеральных включениях в железном аномальном метеорите Бурхала (Заславская и др., 1986), в матрице CI хондритов.
магнезиохромит-(Mn) до 4.2% MnO	Очень редкий в силикатных включениях в железном аномальном метеорите Kendal County и в мезосидерите Enon (Bunch et al., 1970).
Mn,Zn-содержащий хромит до 5.8 % MnO, 3.1 % ZnO	Редкий в железном аномальном метеорите Soroti (Kracher, Kurat, 1979).
Mn,Zn-содержащий магнезиохромит до 3.9% MnO, 2.2% ZnO	Редкий в силикатных включениях железных (IAB) метеоритов (Bunch et al., 1970), в лодранитах, винонаите Winona, акапулькоитах.
хромит-(Ti) $(\text{Fe, Ti}^{4+})(\text{Cr, Fe}^{2+})_2\text{O}_4$	Обнаружен в эвкрите Ibitira (Steele, Smith, 1976) и говардите Капоета. Акцессорный в говардитах, эвкритях, силикатной фракции мезосидеритов, CH хондрите ALH85085; встречен в L5 хондрите Царев.
<b>Феррихромит</b> $\text{Fe}(\text{Cr,Fe})_2\text{O}_4$	Очень редкий во включении CM2 хондрите Murchison (Olsen et al., 1988).
феррихромит-(Ti) до 5.0% $\text{TiO}_2$	Очень редкий в СК хондрите Y-82002 (Nakamura et al., 1993).
<b>Магнетит</b> – $\text{FeFe}_2\text{O}_4$ , куб.	Известен с XIX века. Акцессорный или редкий во многих типах метеоритов. Обилен в CI хондритах, где представлен образованиями различной морфологии.
магнетит-(Cr) до 7% $\text{Cr}_2\text{O}_3$	Редкий в СК хондритах.
магнетит-(Ni) до 10 % NiO	Редкий во фремдлингах CV3 хондрита Allende (Armstrong et al., 1985) и в CH хондрите ALH85085.
магнетит-(V,Cr) до 7.8% $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , 23% $\text{V}_2\text{O}_3$	Очень редкие во фремдлингах CV3 хондрита Allende (Armstrong et al., 1985).
магнетит-(V) до 22% $\text{V}_2\text{O}_3$	Встречается во фремдлингах CV3 хондрита Allende (Bischoff, Palme, 1987).
<b>Магнезиоферрит</b> – $\text{MgFe}_2\text{O}_4$ , куб.	Продукт изменения ископаемого H хондрита Brunflo (Nyström, Wickman, 1991).
<b>Треворит</b> – $\text{NiFe}_2\text{O}_4$ , куб.	Продукт изменения железных метеоритов (Mücke, Klitzch, 1976).

<b>Ульвошпинель</b> – $\text{TiFe}_2\text{O}_4$ , куб.	Редкий в ангрите Angra dos Reis (Prinz et al., 1977). Редкий или очень редкий в разных типах метеоритов.
<b>Кулсонит</b> – $(\text{Fe}, \text{Mg})(\text{V}, \text{Fe})_2\text{O}_4$ , куб.	Очень редкий в CAI CV3 хондритов Allende и Ефремовка (Fuchs, 1978).
Ксиеит – $\text{FeCr}_2\text{O}_4$ со структурой $\text{CaTi}_2\text{O}_4$ -типа ромб	Очень редкие в ударных прожилках L6 хондрита Suizhou (Chen et al., 2003a, 2003b, 2008). Продукты ударной трансформации вещества.
$\text{FeCr}_2\text{O}_4$ со структурой $\text{CaFe}_2\text{O}_4$ -типа ромб	
<b>Семейство перовскита</b>	
<b>Перовскит</b> – $\text{CaTiO}_3$ , ромб.	Обнаружен в CAI CV3 хондрита Leoville (Keil et al., 1969). Редкий в CAI C, O и E хондритах.
перовскит-(Y, Sc, TR) до 6% $\text{Y}_2\text{O}_3$ , 1.6% $\text{Sc}_2\text{O}_3$	Очень редкий в CAI CO3 хондрита Ornans (Davis, 1984; Davis, Hinton, 1985). Обнаружен также в CO3 хондрите Каинсаз.
перовскит-(Zr, Sc) до 9% $\text{ZrO}_2$ , 1.75% $\text{Sc}_2\text{O}_3$	Очень редкий в CAI CH хондрита Acfer 182 (Weber, Bischoff, 1994b).
перовскит-(Nb) до 7.95% $\text{Nb}_2\text{O}_5$	Очень редкий в CAI CV3 хондрита Allende (Lovering et al., 1979).
перовскит-(V) до 1.5% $\text{V}_2\text{O}_3$	Очень редкий в CAI CV3 хондрита Грозная (El Goresy et al., 1985).
<b>Бариоперовскит</b> – $\text{BaTiO}_3$ , ромб.	Описан как очень редкий в матрице CV3 хондрита Allende (Tanaka, Okumura, 1977). Как новый минерал идентифицирован в земных образованиях (Ma, Rossman, 2008).
<b>Семейство алюминатов Ca</b>	
<b>Дитрийивановит</b> – $\text{CaAl}_2\text{O}_4$ , мон.	Обнаружен как редкая фаза в гросситсодержащем CAI CH хондрита NWA 470 (Ivanova et al., 2002), идентифицирован как новый минерал (Mikouchi et al., 2009).
<b>Кротит</b> – $\text{CaAl}_2\text{O}_4$ , мон.	Обнаружен как очень редкий в CAI CV3 хондрита NWA 1934, идентифицирован как новый минерал (Ma et al., 2011c).
<b>Гроссит</b> – $\text{CaAl}_4\text{O}_7$ , мон.	Обнаружен как редкая фаза о в CAI CV3 хондрита Leoville (Christophe Michel-Levy et al., 1982); идентифицирован как новый минерал (Weber, Bischoff, 1994a, b). Присутствует в CAI многих C хондритов разных типов, обычно как аксессуарный, в некоторых (ALH 85085, Acfer 182 и др.) является главной фазой CAI (Kimura et al., 1993; Weber, Bischoff, 1994b).
<b>Хибонит</b> – $\text{CaAl}_{12}\text{O}_{19}$ , гекс.	Обнаружен в CAI CV3 хондритов Allende и Leoville (Keil, Fuchs, 1971). Аксессуарный в CAI C хондритов.
хибонит-(Fe) $(\text{Fe}, \text{Mg})\text{Al}_{12}\text{O}_{19}$ , гекс.	Обнаружен в виде разрозненных кристаллов микронного размера в сильно измененном CAI CV3 хондрита Allende, идентифицирован как новый минерал (Ma, 2010). Мелкие микронные зерна в некоторых LL3 хондритах имеют досолнечное происхождение (Choi et al., 1999; Krestina et al., 2002).
хибонит-(V) до 3.3% $\text{V}_2\text{O}_3$	Очень редкий в CAI CV3 хондрита Allende (El Goresy et al., 1984).
<b>Семейство оксидов Sc, Zr</b>	
<b>Аллендеит</b> – $(\text{Sc}, \text{Ti}, \text{Ca})_4\text{Zr}_3\text{O}_{12}$ , триг.	Обнаружен в частично измененном CAI CV3 метеорита Allende в виде корродированного кристалла размером 15x25 мкм, содержащего включения перовскита и тажеранита; идентифицирован как новый минерал (Ma et al., 2009a, 2014b).

<b>Лакаргиигт</b> – $\text{CaZrO}_3$ , ромб	Обнаружен в виде субмикронных включений в хибоните в С хондрите Acfer 094 (Ma, 2011).
<b>Пангуит</b> – $(\text{Ti}^{4+}, \text{Sc}, \text{Al}, \text{Mg}, \text{Zr}, \text{Ca})_{1.8}\text{O}_3$ , ромб. 25.9 % $\text{ZrO}_2$ , 14.4 % $\text{Sc}_2\text{O}_3$ , 10.2 % $\text{Y}_2\text{O}_3$	Обнаружен в виде кристаллов микронного размера в ультратугоплавком включении в CV3 хондрита Allende, идентифицирован как новый минерал (Ma et al., 2012c). Присутствует в хондритах CM2 Murchison и CH3 Sayh al Uhaymir 290.
<b>Кангит</b> – $(\text{Sc}, \text{Ti}, \text{Al}, \text{Zr}, \text{Mg}, \text{Ca})_2\text{O}_3$ , куб	Обнаружен в виде кристаллов микронного размера в ультратугоплавком включении дависитового состава в CV3 хондрите Allende; идентифицирован как новый минерал (Ma et al., 2012d, 2013c).
<b>Тажеранит</b> – $(\text{Zr}, \text{Sc}, \text{Ti}, \text{Ca})\text{O}_{1.75}$ , куб.	Обнаружен в виде зерен размером 0.35–1.2 мкм в ассоциации с цирконолитом, шпинелью в ядре частично измененного CAI в CV3 метеорите Allende (Ma, Rossman, 2008; Ma et al., 2014b).
тажеранит-(Y) $\text{Y}_2\text{O}_3$ до 11.6 %	Обнаружен как очень редкий в CAI CV3 хондритах Ефремовка и NWA3118 (Ivanova et al., 2012).
<b>Пирохлор</b> -(Zr, Th, U, Ti) $(\text{Ca}, \text{Th}, \text{U})_2(\text{Nb}, \text{Ti})_2\text{O}_7$ , куб. до 6.2% $\text{TiO}_2$ ; 3.3 $\text{ZrO}_2$ , 19.3 $\text{ThO}_2$ , 8.2% $\text{UO}_2$	Очень редкий в CAI CV3 хондрита Allende (Lovering et al., 1979).
<b>Торианит</b> – (Th, U) $\text{O}_2$ , куб.	Очень редкий в CAI CV3 хондрита Allende (Lovering et al., 1979) и в CAI CV3/CK3 хондрита Ningqiang.
<b>Цирконолит (Циркелит)</b> / – $(\text{Ca}, \text{Fe}, \text{Y})\text{ZrTi}_2\text{O}_7$ , мон, до 4.38% $\text{Y}_2\text{O}_3$	Очень редкий во фремлиндах, в плагиоклаз-оливиновом включении и в оливиновой балочной хондре CV3 метеорита Allende (El Goresy et al., 1978; Sheng et al., 1988, 1991; Ma et al., 2013a).
<b>Аносовит</b> – $(\text{Ti}^{4+}, \text{Ti}^{3+}, \text{Mg}, \text{Sc}, \text{Al})_3\text{O}_5$ , ромб. до 9.9 % $\text{Sc}_2\text{O}_3$ , 2.4 % $\text{ZrO}_2$ , 1.3 % $\text{Y}_2\text{O}_3$	Обнаружен как очень редкая фаза $\text{Ti}_3\text{O}_5$ в CM2 хондрите Bell и в С хондритовом класте полимоктового уреилита Nilpena (Brearley, 1993), идентифицирован как минерал в CAI CH3 хондрита SAU 290 (Zhang et al., 2015).
<b>Варкит</b> – $\text{Ca}_2\text{Sc}_6\text{Al}_6\text{O}_{20}$ , трикл. до 34 % $\text{Sc}_2\text{O}_3$ , 3.3 % $\text{ZrO}_2$ , 0.84 % $\text{Y}_2\text{O}_3$ , 0.47 % $\text{Dy}_2\text{O}_3$ , 0.3 % $\text{Gd}_2\text{O}_3$	Обнаружен в виде кристаллов размером 1–4 мкм в ассоциации с перовскитом в CAI С хондритов Murchison (CM2) и Vigarano (CV3), идентифицирован как новый минерал (Ma et al., 2014c, 2015). Ранее фаза такого состава была обнаружена в CAI CH хондрита Acfer 182 (Weber, Bischoff, 1994b). Присутствует в CAI CO3.0 хондрита DOM 08004 (Simon, Grossman, 2015).
Богатая Sc и Zr фаза – $\text{Sc}_2(\text{Zr}, \text{Ti})_2\text{O}_7$	Очень редкая фаза в CAI CH хондрита Acfer 182 (Weber, Bischoff, 1994b).
Богатая Y, Sc и Zr фаза – $(\text{Y}, \text{Ca}, \text{Sc})(\text{Zr}, \text{Ti}^{3+})_3\text{O}_7$	Очень редкая фаза в CAI CO3 хондрита Ornans (Noonan et al., 1977).
Минеральная фаза – $((\text{Sc}_{0.66}\text{Ti}^{4+}_{0.41}\text{Ca}_{0.39}\text{Y}_{0.52})_2(\text{Zr}, \text{Hf})_3)_5\text{O}_9$ – $\text{ZrO}_2$ до 70 %, $\text{HfO}_2$ до 2.0 %, $\text{Sc}_2\text{O}_3$ до 8.5 %, $\text{Y}_2\text{O}_3$ до 12.4 %	Редкая фаза в CAI CV3 хондрита NWA 3118 (Ivanova et al., 2012).
<b>Семейство оксидов Ti</b>	
<b>Бадделейт</b> – $\text{ZrO}_2$ , мон.	Редкий или очень редкий во многих типах метеоритов.
<b>Рутил</b> – $\text{TiO}_2$ , тетра.	Обнаружен в О хондритах Allegan и Farmington и в силикатной фракции ряда мезосидеритов (Buseck, Keil, 1966). Редкий во многих типах метеоритов. Мелкие микронные зерна в примитивных метеоритах имеют досолнечное происхождение.

Рутил-(Nb) – до 4.0% Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Редкий в полиминеральных включениях в железном IAB метеорите Mundrabilla (El Goresy, 1971; Ramdohr, El Goresy, 1971), в винонаите Y75305.
Анагаз – TiO <sub>2</sub> , <i>тегр.</i>	Очень редкий в кислотном остатке CV3 хондрита Leoville (Wopenka, Swan, 1985).
Тистарит – Ti <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , <i>триг.</i>	Редкий в «ультратугоплавком» кластере в Fe, Mg-хондре CV3 хондрита Allende, идентифицирован как новый минерал (Ma, Rossman, 2009a).
Оксид Ti      Ti <sub>3</sub> O <sub>5</sub>	Обнаружены в виде изолированных ультрамелких (0.05-0.4 мкм) кристаллов в CM2 хондрите Bells и в углисто-хондритовом класте уреилита Nilpena (Brearley, 1993). Ранее были обнаружены в частицах межпланетной пыли. Вероятно, конденсационное происхождение в досолнечных условиях.
<b>Магнелы фазы Ti<sub>n</sub>O<sub>2n-1</sub> –</b> Ti <sub>5</sub> O <sub>9</sub> ; Ti <sub>8</sub> O <sub>15</sub>	
<b>Ловерингит –</b> Ca(Ti, Fe, Cr, Mg) <sub>21</sub> O <sub>38</sub> , <i>триг.</i>	Обнаружен в хондре метеорита CV3 Allende в виде кристаллов размером 3-8 мкм (Ma et al., 2013b).
минерал T-(Ca) (Ca, Mg, Ti <sup>3+</sup> )(Ti <sup>4+</sup> , Ti <sup>3+</sup> ) <sub>3</sub> O <sub>7</sub>	Редкие в CAI CV3 хондрита Allende (Haggerty, 1977, 1978) и в плагиоклаз-оливиновых включениях в CV3/CK3 хондрите Ningqiang (Lin, Kimura, 1986).
минерал T-(Mg) (Mg, Fe, Ca, Ti <sup>3+</sup> )(Ti <sup>4+</sup> , Ti <sup>3+</sup> ) <sub>3</sub> O <sub>7</sub>	
минерал T-(Mg, Cr) (Mg, Cr, Ti <sup>3+</sup> )(Ti <sup>4+</sup> , Cr, Ti <sup>3+</sup> ) <sub>3</sub> O <sub>7</sub> до 6.4 % Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
<b>Семейство гидроксил- и/или хлорсодержащих оксидов</b>	
<b>Брусит –</b> Mg(OH) <sub>2</sub> , <i>триг.</i>	Обнаружен как редкий в виде микронных зерен в CI хондритах (Zolensky et al., 1989).
<b>Амакинит –</b> (Fe <sup>2+</sup> , Mg)(OH) <sub>2</sub> , <i>триг.</i>	Очень редкий в CI и CM хондритах (Zolensky, McSween, 1988).
<b>Гетит –</b> α-FeO(OH), <i>ромб.</i>	Продукт земного изменения антарктических железных метеоритов (Buchwald, Clarke, 1988). В R хондритах NWA 6491/6492 предполагается внеземное происхождение минерала (Jamsja et al., 2011).
<b>Ферригидрит –</b> 5Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·9H <sub>2</sub> O, <i>триг.</i>	Присутствует в матрице CI и CM хондритов (Tomeoka, Buseck, 1988).
Минеральная фаза (Mg, Fe, Mn)Al <sub>2</sub> O <sub>8</sub> ·nH <sub>2</sub> O	Фаза обнаружена в виде мелких кристаллов различной морфологии в полостях некоторых фрагментов полимиктовой брекчии Kaidun (Ivanov et al., 2003; Иванов и др., 2006).
<b>Хлормаинит –</b> Ca <sub>12</sub> Al <sub>14</sub> O <sub>32</sub> Cl <sub>2</sub> , <i>куб.</i>	Обнаружен в CAI “Cracked Egg” CV3 хондрита NWA 1934 в виде кристаллов размером 0.08-0.13 мкм, формирующих мелкозернистые агрегаты (Ma et al., 2010c).
<b>Вадалит –</b> Ca <sub>6</sub> (Al, Si, Mg) <sub>7</sub> O <sub>16</sub> Cl <sub>3</sub> , <i>куб.</i>	Очень редкий в CAI CV3 хондрита Allende (Ishii et al., 2010; Ma, Krot, 2014).

## 2.9. СУЛЬФАТЫ

Минерал	Нахождение в метеоритах
<b>Семейство безводных сульфатов</b>	
<b>Барит –</b> Ba(SO <sub>4</sub> ), <i>ромб.</i>	Редкий в сульфидно-андрадитовом включении в CV3 хондрите Allende (Kurat et al., 1989) и в хондрах CV3 хондрита Acfer-086. Отмечен как продукт земного изменения ископаемого H хондрита Brunflo и метеоритов “горячих” пустынь.
<b>Ангидрит –</b> Ca(SO <sub>4</sub> ), <i>ромб.</i>	Предположительно обнаружен как редкий неравновесных в C и O хондритах. В R хондритах NWA 6491/6492, вероятно, доземное происхождение минерала (Jamsja et al., 2013).

<b>Тенардит</b> – $\text{Na}_2\text{SO}_4$	Предположительно обнаружен в СМ хондрите Murray (King, King, 1981).
<i>Семейство водных сульфатов</i>	
<b>Гипс</b> – $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , <i>мон.</i>	Обнаружен в СМ хондрите Мигеи (DuFresne, Anders, 1962). Второстепенный в матрице СМ хондритов. Продукт земного изменения метеоритов, входит в состав прожилков, образующихся в С11 хондритах в земной атмосфере (Gounelle, Zolensky, 2001).
<b>Старкеит</b> – $\text{MgSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , <i>мон.</i>	Известны с XIX века в С1 хондритах Alais и Orgueil.
<b>Гексагидрит</b> – $\text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , <i>ромб</i>	
<b>Эпсомит</b> – $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , <i>ромб.</i>	Обычен в С1 и СМ хондритах (Barber, 1985). Продукт земного изменения антарктических метеоритов (Marvin, Motylewski, 1980), входит в состав прожилков, образующихся в С11 хондритах в земной атмосфере (Gounelle, Zolensky, 2001).
<b>Блэдит (Астраханит)</b> – $\text{Na}_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , <i>мон.</i>	Редкий в С1 хондрите Ivuna (Du Fresne, Anders, 1962) и других С1 хондритах. Входит в состав прожилков, образующихся в земной атмосфере в С11 хондритах (Gounelle, Zolensky, 2001).
блэдит-(Ni) 2.6-13.6 % Ni	Редкий в С1 хондритах Ivuna и Orgueil (Fredriksson, Kerridge, 1988).
<b>Алюминокониопит</b> – (Mg,Al) (Fe,Al) $_4(\text{SO}_4)_6(\text{OH})_2 \cdot 20\text{H}_2\text{O}$ , <i>трикл.</i>	Обнаружен в измененном CAI CM2 хондрита Murray (Lee, Greenwood, 1994).
<b>Ярозит</b> – $\text{KFe}^{3+}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$ , <i>триг.</i>	Продукт земного изменения железного метеорита Wolf Creek (White et al., 1967). В R хондритах NWA 6491/6492 предполагается доземное происхождение минерала (Jamsja et al., 2013).
<b>Мелантерит</b> – $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , <i>мон.</i>	Минерал был отмечен в работе Rubin (1997).
<b>Хонессит</b> – $(\text{Ni,Fe})_8\text{SO}_4(\text{OH})_{16} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , <i>триг.</i>	Минерал был отмечен в работе Rubin (1997).

## 2.10. ФОСФАТЫ

Минерал	Нахождение в метеоритах
<i>Семейство фосфатов Fe, Mg, Mn</i>	
<b>Фаррингтонит</b> – $(\text{Mg,Fe})_3(\text{PO}_3)_2$ , <i>мон.</i>	Обнаружен в палласите Springwater, идентифицирован как новый минерал (DuFresne, Roy, 1961). Редкий в палласитах.
<b>Графтонит-фаррингтонит твердый р-р</b> – $(\text{Mg,Fe})_3(\text{PO}_3)_2$ , <i>мон.</i>	Обнаружен в мезосидерите аном. Чаунский в виде прерывистой каемки вокруг включения (Petaev et al., 2000).
<b>Графтонит</b> – $(\text{Fe,Mn})_3(\text{PO}_3)_2$ , <i>мон.</i>	Обнаружен в железных П1В метеоритах Bella Roca, Chupaderos и др. (Olsen, Fredriksson, 1966). Редкий в троилитовых нодулях железных П1АВ метеоритов. При идентичном составе различается только методом рентгеновской дифракции (Olsen et al., 1999).
<b>Саркопсид</b> – $(\text{Fe,Mn})_3(\text{PO}_3)_2$ , <i>мон.</i>	
<b>Шопинит</b> – $(\text{Mg,Fe})_3(\text{PO}_3)_2$ , <i>мон.</i>	Обнаружен в акапульткоите GRA95209 (Grew et al., 2010).
<b>Шопинит-саркопсид твердый р-р</b> – $(\text{Mg,Fe})_3(\text{PO}_3)_2$ , <i>мон.</i>	
<b>Беусит</b> – $(\text{Mn,Fe})_3(\text{PO}_3)_2$ , <i>мон.</i> $\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mn})_{\text{мол.}} \leq 0.50$	Обнаружен в железном П1АВ метеорите El Sampil (Steele et al., 1991). Редкий в троилитовых включениях железных П1АВ метеоритов.

<i>Семейство фосфатов Na и Ca</i>	
<b>Бухвальдит</b> – $\text{NaCa}(\text{PO}_3)_2$ , ромб.	Редкий в троилитовых включениях железного IIIA метеорита Cape York, идентифицирован как новый минерал (Olsen et al., 1977).
<b>Маричит</b> – $\text{NaFe}(\text{PO}_3)_2$ , ромб.	Редкий в железном IIIA метеорите Cape York (Kracher et al., 1977) и в железном аном. метеорите-атаксите HOW 88403.
<b>Галилеит</b> – $\text{Na}_2(\text{Fe}, \text{Mn})_8(\text{PO}_3)_6$ , ромб.	Редкий в троилитовых нодулях некоторых железных IIIAB метеоритах, идентифицирован как новый минерал (Olsen, Steele, 1997).
<b>Стенфилдит</b> – $\text{Ca}_4(\text{Mg}, \text{Fe})_5(\text{PO}_3)_6$ , мон.	Редкий в мезосидерите Esterville, идентифицирован как новый минерал (Fuchs, 1967, 1969b). Акцессорный в палласитах, редкий в фосфат-силикатных включениях некоторых мезосидеритов и железных метеоритов.
<b>Панетит</b> – $(\text{Ca}, \text{Na})_2(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_2(\text{PO}_3)_2$ , мон.	Редкий в железном III CD метеорите Dayton, идентифицирован как новый минерал (Fuchs et al., 1967). Присутствует во включении Fe, Ni-металла в СО хондрите Y-82094.
<b>Брайенит</b> – $\text{Na}_2\text{CaMg}(\text{PO}_3)_2$ , мон.	
<b>Хладниит</b> – $\text{Na}_2\text{CaMg}_7(\text{PO}_4)_6$ , гекс.	Обнаружен в виде единственного мелкого зерна в силикатном включении в железном III CD метеорите Carlton, идентифицирован как новый минерал (McCooy et al., 1993, 1994). Присутствует в лодраните GRA 95209.
<b>Джонсомервиллит</b> – $\text{Na}_2\text{Ca}(\text{Fe}, \text{Mn})_7(\text{PO}_4)_6$ , триг.	Редкий в троилитовых нодулях некоторых железных IIIAB метеоритов (Olsen, Steele, 1997).
<b>Мерриллит (Витлокит)</b> – $\text{Ca}_9\text{NaMg}(\text{PO}_4)_7$ , триг.	Известен с XIX века. Акцессорный и редкий во многих типах метеоритов.
Мерриллит-(Fe)(Na, Ca) $\text{Ca}_{18}(\text{Fe}, \text{Mg})_2(\text{PO}_3)_{14}$	Редкий в CAI CV3 хондрита Ефремовка.
Мерриллит-(Ca) $(\text{Ca}, \text{Na})\text{Ca}_{18}(\text{Mg}, \text{Fe})_2(\text{PO}_4)_{14}$	Редкий в ангрите Angra dos Reis (Dowty, 1977). Редкий в палласитах главной группы; в мезосидеритах.
Мерриллит-(TR) $\text{Ca}_{16}(\text{Y}, \text{TR})_2(\text{Mg}, \text{Fe})_2(\text{PO}_3)_{14}$	Редкий в базальтовых обломках в говардите Капоета (Dymek et al., 1976). Редкий в эвкритах.
<b>Туит</b> – $\gamma\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ триг	Обнаружен как очень редкая фаза – $\gamma$ -полиморф мерриллита в ударных прожилках в L3 хондрите Suizhou (Xie et al., 2002), идентифицирован как новый минерал (Xie et al., 2003). Продукт ударной трансформации вещества.
Фаза #I $\text{Na}_4\text{Ca}_3\text{Fe}(\text{PO}_4)_4$	Редкие фазы в троилитовых нодулях железного IIIA метеорита Cape York (Kracher et al., 1977).
Фаза #III $\text{Na}_4\text{Ca}(\text{Mn}, \text{Fe})(\text{PO}_4)_2$	
Фаза #IV $\text{Na}_4\text{CaCr}(\text{PO}_4)_3$	
Na, Mg-фосфат $\text{Na}_{1+x}\text{Mg}(\text{PO}_3)_x\text{F}_x$	Редкие фазы в аномальном железно-сульфидном метеорите Soroti (Kracher, Kurat, 1979). Идентификация составов предварительная.
Na, Ti-фосфат $\text{Na}_2\text{Ti}(\text{PO}_3)_2$	
<i>Семейство апатита</i>	
<b>Фторapatит</b> – $\text{Ca}_5(\text{PO}_3)_3\text{F}$ , гекс.	Акцессорный в базальтовых обломках говардита Капоета (Dymek et al., 1976). Акцессорный в эвкритах, силикатной фракции мезосидеритов Mt. Padbury и Vaca Muerta, редкий в графитсодержащем включении LL3 хондрита Крымка.
<b>Хлорapatит</b> – $\text{Ca}_5(\text{PO}_3)_3\text{Cl}$ , гекс.	Акцессорный в L хондрите New Concord (Shannon, Larsen, 1925). Акцессорный в O и C хондритах, брашинитах, силикатных включениях железных IAB, II E, III CD метеоритов.
<b>Франколит</b> (Карбонат-фтор-apatит) – $\text{Ca}_5(\text{PO}_4, \text{CO}_3)\text{F}$ , гекс.	Продукты изменения ископаемого H хондрита Brunflo (Nyström, Wickman, 1991).

<b>Бритолиит-(Ce)</b> - $\text{Ca}_2(\text{Ce},\text{Y})_3(\text{SiO}_4,\text{PO}_4)_3(\text{OH},\text{F})$ <i>гекс.</i>	(Kimura, 1996; Rubin, 1997b).
<b>Семейство монацита</b>	
<b>Монацит-(Ce)</b> – $\text{Ce}(\text{PO}_3)_2$ , <i>мон.</i>	Редкий в говардите Y-7308 (Yagi et al., 1978).
<b>Семейство водных фосфатов</b>	
<b>Липскомбит</b> – $(\text{Fe},\text{Mn})\text{Fe}_2^{3+}(\text{PO}_3)_2(\text{OH})_2$ , <i>трикл.</i>	Продукт изменения железного метеорита Wolf Creek (White et al., 1967).
<b>Коллинсит</b> – $\text{Ca}_2(\text{Mg},\text{Fe})(\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , <i>трикл.</i>	
<b>Кассидиит</b> – $\text{Ca}_2(\text{Ni},\text{Mg})(\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , <i>трикл.</i>	Продукт изменения железного метеорита Wolf Creek, идентифицирован как новый минерал (White et al., 1967).
<b>Арупит</b> – $\text{Ni}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ , <i>мон.</i>	Продукт изменения железного метеорита Santa Catharina, идентифицирован как новый минерал (Buchwald, 1990).
<b>Баричит</b> – $(\text{Mg},\text{Fe}^{2+})_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , <i>мон.</i>	Продукт изменения палласита Hambleton (Johnson et al., 2006).
<b>2.11. КАРБОНАТЫ</b>	
Минерал	Нахождение в метеоритах
<b>Семейство карбонатов железа, магния и марганца</b>	
<b>Магнезит</b> – $\text{MgCO}_3$ , <i>триг.</i>	Обнаружен в SM2 хондрите Мигеи (Кулик, 1941); аксессуарный в матрице CI и CM хондритов; редкий в ортопироксеновом ахондрите ALHA84001.
Магнезит железистый – $(\text{Fe},\text{Mg})\text{CO}_3$ , <i>триг.</i>	Обнаружен в CI хондрите Orgueil (Pisani, 1864); редкий в матрице CI и CM хондритов.
<b>Сидерит</b> – $\text{FeCO}_3$ , <i>триг.</i>	Очень редкий в матрице CI хондрита Ivuna, встречен в ортопироксеновом ахондрите ALHA84001.
Сидерит-(Mg,Ca) 14,7 % MgO, 8,3 % CaO	Очень редкий в матрице CI хондрита Ivuna (Endreß, Bischoff, 1996).
Сидерит-(Mn) до 15% MnO	Редкий в матрице CI2 хондрита Y-82162 (Tameoka et al., 1988).
<b>Родохрозит</b> – $\text{MnCO}_3$ , <i>триг.</i>	Редкий в необычном класте CI хондрита Y-82162 (Ikeda, 1991).
<b>Семейство карбонатов кальция и натрия</b>	
<b>Кальцит</b> – $\text{CaCO}_3$ , <i>триг.</i>	Обнаружен в SM2 хондрите Борискино (Кваша, 1948); обычен в матрице SM хондритов, аксессуарный или редкий во многих типах метеоритов. Характерный продукт земного изменения различных метеоритов.
<b>Арагонит</b> – $\text{CaCO}_3$ , <i>ромб.</i>	Редкий в матрице SM2 хондритов (Barber, 1981); предположительно обнаружен в C хондрите Adelaida и в уреилите Новый Урей.
<b>Ватерит</b> – $\text{CaCO}_3$ , <i>гекс.</i>	Продукт изменения ольдгамита в обрете Norton County (Okada et al., 1981).
<b>Анкерит</b> – $\text{Ca}(\text{Fe},\text{Mg})(\text{CO}_3)_2$ , <i>триг.</i>	Обнаружен в CI хондрите Y-82162 (Zolensky et al., 1989; Ikeda, 1991); редкий в матрице CR хондритах.
<b>Кутногорит</b> – $\text{Ca}(\text{Mn},\text{Mg},\text{Fe}^{2+})(\text{CO}_3)_2$ , <i>триг.</i>	Присутствует в CI и CM хондритах (Zolensky, McSween, 1988).
<b>Ниерерит</b> – $\text{Na}_2\text{Ca}(\text{CO}_3)_2$ , <i>ромб.</i>	Редкий в CH хондрите ALH 85085 (Wlotzka et al., 1989); редкий в матрице SM хондритов.

*Семейство водных карбонатов*

<b>Гидромагnezит</b> – $Mg_5(CO_3)_4(OH)_2 \cdot 4H_2O$ , <i>мон.</i>	Продукт изменения антарктических метеоритов (Marvin, Motylewski, 1980).
<b>Несквехонит</b> – $Mg(HCO_3)(OH) \cdot 2H_2O$ , <i>мон.</i>	
<b>Чукановит</b> – $Fe_2(CO_3)(OH)_2$ , <i>мон.</i>	Продукт изменения железного метеорита Дронино, идентифицирован как новый минерал (Rekov et al., 2007).

**2.12. ВОЛЬФРАМАТЫ, МОЛИБДАТЫ**

Минерал	Нахождение в метеоритах
<b>Шеелит</b> – $CaWO_4$ , <i>тегр.</i>	Очень редкий во фремдлинге Willy в CV3 хондрите Allende (Armstrong et al., 1985a) и фремдлинге Vigarano (Caillet et al., 1988).
<b>Молибдошеелит</b> – $Ca(W,Mo)O_4$ , <i>тегр.</i>	Твердый раствор шеелита и повеллита обнаружен как очень редкий во фремдлингах CAI в CV3 хондрите Allende (Bischoff, Palme, 1986, 1987).
<b>Повеллит</b> – $CaMoO_4$ , <i>тегр.</i>	Очень редкий во фремдлинге в CV3 хондрите Allende (Bischoff, Palme, 1986, 1987).
<b>Камиокит</b> – $Fe_2Mo_3O_8$ , <i>гекс.</i>	Очень редкий в CAI CV3 хондрита Allende (Ma et al., 2009b, 2014a).
<b>Камиокит-(Mg)</b> – $Mg_2Mo_3O_8$ , <i>гекс.</i>	Очень редкий в CAI CV3 хондрита Allende, идентифицирован как новый минерал (Ma et al., 2009c).

**2.13.1. Силикаты островные**

Минерал	Нахождение в метеоритах
<i>Семейство оливина</i>	
<b>Форстерит</b> – $Mg_2(SiO_4)$ , <i>ромб.</i> <10 мол.% $Fe_2SiO_4$	Обнаружен в обрите Shallowater (Foshag, 1940); главный в лодранитах, в СВ хондритах Bencubbin и Weatherford, второстепенный и редкий во многих типах метеоритов.
форстерит-(Cr) до 0.65 мас.% $Cr_2O_3$	Редкий в СВ хондрите Bencubbin (Newsom, Drake, 1979).
<b>Оливины типа LIME</b> (бедные Fe и богатые Mn), $MnO > FeO$ , MnO до 0.7%	LIME оливины обнаружены как редкие в LL3 хондрите Semarkona, CM2 хондритах Murchison и EET83226 (Klöck et al., 1989) и в ряде других С хондритов. Рассматриваются как ранние конденсаты из газа солнечной небулы.
<b>Оливин</b> – $(Mg,Fe)_2(SiO_4)$ , <i>ромб.</i> 10–90 мол.% $Fe_2SiO_4$	Известен с XVIII века. Главный в O, C и R хондритах, уреилитах, брашинитах, палласитах; второстепенный и редкий во многих типах метеоритов.
Оливин-(Ca) до 12 мас.% CaO	Обнаружен в ангриите Angra dos Reis (Prinz et al., 1977); аксессуарный в ангриитах; редкий в CAI CV3 хондрита Грозная.
оливин-(Ni) до 0.7 мас.% NiO	Редкий в R и СК хондритах, в ударно-метаморфизованном L6d хондрите Coolman, в пегматоидном фрагменте полимиктовой брекчии Kaidun.
оливин-(Cr) до 1.4 мас.% $Cr_2O_3$	Обнаружен в уреилите Haverö (Marvin, Wood, 1972); второстепенный в уреилитах, редкий в ряде O хондритов и в CAI C хондритов.
оливин-(P) до 4.8 мас.% $P_2O_5$	Редкий в палласитах Брагин, Rawlinna и Springwater (Buseck, Holdworth, 1976; Buseck, 1977).
<b>Фаялит</b> – $Fe_2(SiO_4)$ , <i>ромб.</i> >90 мол.% $Fe_2SiO_4$	Обнаружен в L3 хондрите Mezö-Madaras (Dodd et al., 1965); редкий в матрице неравновесных O и C хондритов, в гидратированном микрокласте R хондрита NWA 6828, в эвкритях, некоторых ангриитах. Чистый фаялит (Fa99.9) в виде зерен до 100 мкм обнаружен в матрице и оболочках CAI и хондр CV3 хондритов Kaba и Mokoia (Hua, Buseck, 1995).
<b>Рингвудит</b> – $(Mg,Fe)_2SiO_4$ , <i>куб.</i>	Обнаружен в L6d хондрите Tenham (Binns et al., 1969); редкий в ударно-метаморфизованных L6 хондритах. Продукт ударной трансформации вещества.

<b>Вэдслеит</b> – $(\text{Mg,Fe})_2(\text{SiO}_4)$ , ромб.	Обнаружен в L6d хондрите Peace River (Price et al., 1983); редкий в ударно-метаморфизованных O хондритах. Продукт ударной трансформации вещества.
<b>Фаза состава <math>\text{Fe}_2\text{SiO}_4</math> со структурой шпинели</b>	Обнаружена в ударно-метаморфизованном L6 хондрите Umbarger (Xie et al., 2002). Продукт ударной трансформации вещества.
<b>Лэйхунит</b> – $\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}_2(\text{SiO}_4)_2$ , мон.	Обнаружен в R хондрите NWA 6492 (Jamsja et al., 2011). Предполагается внеземное происхождение.
<i>Семейство монтичеллита-кирштейнита (Образуют изоморфный ряд)</i>	
<b>Монтичеллит</b> – $\text{CaMg}(\text{SiO}_4)$ , ромб. <10 мол.% $\text{CaFeSiO}_4$	Редкий в H3 хондрите Sharps (Dodd, 1971); в хондритах, в CAI CV3 хондрита Allende.
Монтичеллит-(Fe) $\text{Ca}(\text{Mg,Fe})(\text{SiO}_4)$ , ромб. 10-50 мол.% $\text{CaFeSiO}_4$	Редкий в H3 хондрите Sharps (Dodd, 1971), в CAI CO3 хондрита Ornans и CV3 хондритов.
<b>Кирштейнит</b> – $\text{CaFe}(\text{SiO}_4)$ , ромб. >90 мол.% $\text{CaFeSiO}_4$	Редкий в CAI CV3 хондрита Allende (Davis, MacPherson, 1988) и в темных включениях CV3 хондрита Ефремовка; второстепенный в ангрите Asuka 881371.
Кирштейнит-(Mg) $\text{Ca}(\text{Fe,Mg})(\text{SiO}_4)$ , ромб. 50-90 мол.% $\text{CaFeSiO}_4$	Обнаружен в ангрите Angra dos Reis (Prinz et al., 1977); аксессуарный в ангритах; редкий в CAI в CV3 и CO3 хондритах.
<i>Семейство гранатов</i>	
<b>Гроссуляр</b> – $\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$ , куб.	Обнаружен в CAI в CV3 хондрите Allende (Clarke et al., 1970); редкий в CAI CV3 хондритов.
<b>Гроссуляр-андрадит</b> – $\text{Ca}_3(\text{Al,Fe}^{3+})_2(\text{SiO}_4)_3$ , куб.	Редкий в CAI в CV3 хондрите Allende (Prombo et al., 1990).
<b>Андрадит</b> – $\text{Ca}_3\text{Fe}^{3+}_2(\text{SiO}_4)_3$ , куб.	Обнаружен в CAI в CV3 хондрите Allende (Fuchs, 1971); редкий в CAI в CV3 хондритах, присутствует в полимиктовой брекчии Kaidun.
андрадит-(Ti) – до 2.6 мас.% $\text{TiO}_2$	Обнаружен в CAI в CV3 хондрите Allende (Fuchs, 1971); редкий в CAI в CV3 хондритах.
<b>Меланит</b> – $\text{Ca}_3(\text{Fe}^{3+},\text{Cr,Ti})_2((\text{Si,Al})\text{O}_4)_3$ , куб.	Очень редкий в полимиктовой брекчии Kaidun (Zolensky et al., 1996).
<b>Голдманит</b> – $\text{Ca}_3(\text{V,Al,Fe}^{3+})_2(\text{SiO}_4)_3$ , куб.	Редкий в богатом металлом фремдлинге CV3 хондрита Leoville (Simon, Grossman, 1992).
<b>Пироп</b> – $\text{Mg}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$ , куб.	Обнаружен как единичное мелкое зерно в уреилите Новый Урей (Mitreikina et al., 1994).
<b>Мэджорит</b> – $\text{Mg}_3(\text{Fe,Al,Si})_2(\text{SiO}_4)_3$ , куб.	Обнаружен в ударно-метаморфизованном L6 хондрите Coorara (Smith, Mason, 1970); редкий в ударно-метаморфизованных L6 хондритах.
<b>Хогарит</b> – $\text{Mg}_3\text{Fe}^{3+}_2(\text{SiO}_4)_3$ , куб.	Редкий в L6 хондрите Coorara (Mason et al., 1968).
<b>Эрингаит</b> – $\text{Ca}_3(\text{Sc,Y,Ti})_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ , куб.	Обнаружен в виде гипидиоморфных кристаллов размером 0.5-2 мкм внутри зерен дейвисита в хондрите CV3 Vigarano, возможно, имеет конденсационное происхождение (Ma, 2012).
<b>Хатчеонит</b> – $\text{Ca}_3\text{Ti}_2(\text{SiAl}_2)\text{O}_{12}$ , куб.	Обнаружен в виде неправильных кристаллов размером 0.5-4 мкм в зоне вторичного изменения в CAI CV3 хондрита Allende, идентифицирован как новый минерал (Ma, Krot, 2014).
<b>Rubinite</b> $\text{Ca}_3\text{Ti}^{3+}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$	Обнаружен в CAIs CV3 хондритов, а также в ультратугоплавких нодулях CAIs (Ma et al., 2017; Ivanova et al., 2017), идентифицирован как новый минерал (Ma et al., 2017).

rubinite (Zr, Sc) 1.9 % ZrO <sub>2</sub> , 3.6 % Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Встречен в ультратугоплавком нодуле 40E-1 сложного CAI 40E CV3 хондрита Ефремовка (Ivanova et al., 2017).
--	---

**Семейство меллита (Образуют изоморфный ряд)**

<b>Геленит</b> – Ca <sub>2</sub> Al(AlSiO <sub>7</sub> ), <i>тепр.</i>	Обнаружен в CAI в CV3 хондрите Allende (Clarke et al., 1970); главный в CAI С хондритов.
Na-геленит (Ca,Na) <sub>2</sub> (Al,Mg)((Si,Al)SiO <sub>7</sub> )	Обнаружен в CAI в CV3 хондрите Грозная (El Goresy et al., 1985); редкий в CAI С хондритов.
<b>Мелилит</b> – Ca <sub>2</sub> (Al,Mg)((Al,Si)SiO <sub>7</sub> ), <i>тепр.</i>	Обнаружен в богатой Al и Ca хондре (Ca,Al-включениях) CV3 хондрита Vigarano (Christophe Michel-Levy, 1968); главный в CAI С хондритов.
Окорманит – Ca <sub>2</sub> Mg(Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ), <i>тепр.</i>	Обнаружен в CAI CV3 хондрита Ефремовка (Hayashi, Muehlenbachs, 1986; Ульянов, 1986); редкий в CAI С хондритов.
<b>Тортвейтит / Thortveitite</b> Sc <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub> , <i>мон.</i>	Обнаружен в виде зерен с максимальным размером 9.0 мкм в CM2 хондрите Murchison в ассоциации с дейвиситом, пангуитом и шпинелью (Ma, 2011e).

**Семейство циркона – сфена**

<b>Циркон</b> – Zr(SiO <sub>4</sub> ), <i>тепр.</i>	Обнаружен в кислотно-нерастворимом остатке железного IAB метеорита Toluca (Laspeyres, Kaiser, 1895), находка подтверждена (Marvin, Klein, 1964); аксессуарный эвкритов и силикатной фракции мезосидеритов, редкий в винонаите Y-75355, в метаморфизованном CM хондрите Belgica-7904.
<b>Сфен</b> – CaTiSiO <sub>5</sub> , <i>мон.</i>	Редкий в полимиктовых эвкритов и в CAI CV3 хондрита Allende (Delaney et al., 1984; McGuire, Hashimoto, 1989).
<b>Муллит</b> – Al <sub>6</sub> ((Si,Ti) <sub>2</sub> O <sub>13</sub> ), <i>ромб.</i> Состав переменный	Обнаружен в ферромагнезиальной хондре CV3 хондрита Allende в составе богатого корундом кластера, состоящего из 5-10 мкм агрегатов тугоплавких минералов (Ma et al., 2009d).
Ca-Ti-Al-силикат Ca <sub>3</sub> Ti(Al,Ti) <sub>2</sub> ((Si,Al) <sub>3</sub> O <sub>14</sub> ), <i>триг.</i>	Редкий в CAI CM2 хондрита Essebi (El Goresy et al., 1978b, 1984); в CAI CV3 хондритов Allende и Ефремовка.

**2.13.2. Силикаты кольцевые**

Минерал	Нахождение в метеоритах
<b>Кордиерит</b> – (Mg,Fe) <sub>2</sub> Al <sub>3</sub> (AlSi <sub>5</sub> O <sub>18</sub> ), <i>ромб.</i>	Обнаружен в CAI в CV3 хондрите Allende (Fuchs, 1969a); редкий в CAI CV3 хондритов; главный в силикатно-фосфатных включениях аномального мезосидерита Чаунский (Petaev et al., 1993).

**Семейство осумилита**

<b>Осумилит</b> – (K,Na) (Fe,Mg) <sub>2</sub> (Al,Fe) <sub>3</sub> (Si,Al) <sub>12</sub> O <sub>30</sub> , <i>гекс.</i>	Редкий в E и O хондритах (Miura, 1986; Kato et al., 1986).
<b>Рёддерит</b> – (K,Na) <sub>2</sub> Mg <sub>5</sub> Si <sub>12</sub> O <sub>30</sub> , <i>гекс.</i>	Рёддерит обнаружен в EN4 хондрите Индарх, идентифицирован как новый минерал (Fuchs et al., 1966), редкий в обритах (Fogel, 2002).
<b>Меррихьюит</b> – (K,Na) <sub>2</sub> Fe <sub>5</sub> Si <sub>12</sub> O <sub>30</sub> , <i>гекс.</i>	Рёддерит и меррихьюит – крайние члены серии твердых растворов, обнаружены в кремнеземсодержащих хондрах некоторых неравновесных O хондритов (Dodd et al., 1965; Krot, Wasson, 1994).
<b>Янгит</b> – (K,Na) <sub>2</sub> (Mg,Al) <sub>5</sub> (Si,Al) <sub>12</sub> O <sub>30</sub> , <i>гекс.</i>	Редкий в составе силикатных включений железного IIE метеорите Colomera (Bunch, Fuchs, 1969; Prinz et al., 1983).

**2.13.3. Силикаты цепочечные**

Минерал	Нахождение в метеоритах
<b>Семейство ортопироксенов</b>	
<b>Энстатит</b> - Mg(SiO <sub>3</sub> ), <i>ромб.</i> <10 мол.% FeSiO <sub>3</sub>	Присутствует во многих типах метеоритов. Главный в E хондритах и обритах; в винонаитах, лодранитах, силикатных включениях железных (IAB) метеоритов.

энстатит-(Al) до 16.8% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Обнаружен как очень редкий в CV3 хондрите Allende (Fuchs, 1969a) и в хондритах Coolidge (CV4), Ramaruti (R) и нек. др.
Al-энстатит-(Al,Cr) до 12.5% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , 1.7% Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Обнаружен как очень редкий в CR хондрите Y-790112 (Noguchi, 1989).
энстатит-(Mn,Cr,Al) до 3.8% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , 1.7% Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , 1.7% MnO	Обнаружен как очень редкий в хондритах Semarkona (LL3) и Murchison (CM2) и в частицах космической пыли (Klock et al., 1989).
<b>Бронзит</b> – (Mg,Fe)(SiO <sub>3</sub> ), <i>ромб.</i> 10-20 мол.% FeSiO <sub>3</sub>	Присутствует во многих типах метеоритов. Главный в H4-6 хондритах; уреилитах, силикатных включениях железных ПЕ метеоритах, лодранитах.
бронзит-(Al,Cr) до 6.6 % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , 2.5 % Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Обнаружен как очень редкий в LL3 хондритах ALHA76004 (Ikeda, 1980) и Semarkona.
бронзит-(Cr,Mn) до 1.8 % Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , 1.4% MnO	Обнаружен как очень редкий в хондритах Sharps (H3), Крымка (LL3) и Semarkona (Noguchi, 1989).
бронзит-(Ni) до 0.3 % NiO	Обнаружен как очень редкий в ударно-метаморфизованных L6d хондритах Coolamon и Coorara (Steele, Smith, 1978).
<b>Гиперстен</b> – (Mg,Fe)(SiO <sub>3</sub> ), <i>ромб.</i> 20-50 мол.% FeSiO <sub>3</sub>	Главный в L4-6, LL4-6 хондритах, диогенитах, говардитах, эвкритях; присутствует во многих типах метеоритов.
гиперстен-(Cr) до 2.5% Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Обнаружен в уреилите Haverö (Neuvonen et al., 1972); второстепенный в уреилитах; редкий в L3 и LL3 хондритах, ударно-метаморфизованном L6f хондрите Shaw, C хондритах.
<b>Fe-гиперстен</b> – (Fe,Mg)(SiO <sub>3</sub> ), >50 мол.% FeSiO <sub>3</sub>	Обнаружен как редкий в неравновесных хондритах и эвкритях.
Fe-гиперстен-(Cr) до 1.22 % Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Обнаружен как очень редкий в эвкрите Millbillillie (Yamaguchi et al., 1994).
<b>Ферросилит</b> – (Fe,Mg)(SiO <sub>3</sub> ), <i>ромб.</i>	Второстепенный в базальтовом включении CO3 хондрита Lancé (Kurat, Kracher, 1977); редкий в CAI C хондритов.
<b>Mn-энстатит (донниакорит или каноит)</b> до 19 % MnO	Обнаружен как очень редкий в обогащенных SiO <sub>2</sub> объектах CH хондрита ALH85085 (Kimura, El Goresy, 1989).
<b>Семейство клинопироксенов</b>	
<b>Акимотоит</b> – (Mg,Fe)(SiO <sub>3</sub> ), <i>триг.</i>	Обнаружен как очень редкий в ударно-метаморфизованном L6d хондрите Tenham (Sharp et al., 1997; Tomioka, Fujino, 1997, 1999).
<b>Mg,Fe-пироксен со структурой перовскита</b> (Mg,Fe)(SiO <sub>3</sub> ), <i>триг.</i>	
<b>Клиноэнстатит</b> – Mg(SiO <sub>3</sub> ), <i>мон.</i> <10 мол.% FeSiO <sub>3</sub>	Главный в EH3-4 хондритах; второстепенный в обритах, CB хондрите Weatherford; редкий во многих типах метеоритов.
клиноэнстатит-(Cr) до 0.7 % Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Обнаружен как редкий в CB хондрите Bencubbin (Newsom, Drake, 1979).
<b>Клинобронзит</b> – (Mg,Fe)(SiO <sub>3</sub> ), <i>мон.</i> 10-20 мол.% FeSiO <sub>3</sub>	Главный H3-4 хондритов; второстепенный в уреилитах, железном IVA аном. метеорите Steinbach, ударно-метаморфизованном L6f хондрите Shaw.
<b>Клиногиперстен</b> – (Mg,Fe)(SiO <sub>3</sub> ), <i>мон.</i> 20-50 мол.% FeSiO <sub>3</sub>	Главный в L3-4, LL3-4 хондритах; второстепенный в матрице C хондритов, в говардитах, диогенитах.
клиногиперстен-(Al) до 9 % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Обнаружен как редкий в CAI CK4 хондрита Karoonda (MacPherson, Delaney, 1985).

<b>Пижонит</b> – (Mg,Fe,Ca)(SiO <sub>3</sub> ), <i>мон.</i>	Главный в уреилитах, эвкритах, второстепенный в О хондритах, силикатной фракции мезосидеритов.
<b>Диопсид</b> – CaMg(Si <sub>2</sub> O <sub>6</sub> ), <i>мон.</i> <10 мол.% CaFeSi <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	Главный в CAI С хондритов; второстепенный или редкий во многих типах метеоритов. Почти чистый диопсид обнаружен в CAI CV3 хондрита Allende (Fuchs, 1971).
диопсид-(Mn) до 2.9 % MnO	Обнаружен как очень редкий редкий в EH3 хондрите Y-6901 и C3 хондрите ALH77003 (Ikeda, 1989; Noguchi, 1989).
диопсид-(Cr,Mn) до 2.6 % Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , 2.0 % MnO	Обнаружен как очень редкий в неравновесных О хондритах Sharps (H3), Крымка (LL3) и Semarkona (LL3) (Noguchi, 1989).
диопсид-(Cr) до 2.3 % Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Обнаружен в лодраните Lodran (Bild, Wasson, 1976); редкий в ударно-метаморфизованном L6f хондрите Shaw и во многих типах метеоритов.
диопсид-(Al,Cr,Mn) до 10.2 % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , 3.3 % Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , 2.55 % MnO	Обнаружен как очень редкий в неравновесных О хондритах ALH77299 (H3) (Brearly et al., 1989), Chainpur (LL3), Semarkona (LL3) и в метеоритах других типов.
диопсид-(Al,Cr) до 10.3 % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , 2.7 % Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Обнаружен как очень редкий редкий в СВ хондрите Bencubbin (Newsom, Drake, 1979), H3 хондритах Sharps и ALH77299 и в CV3 хондрите Allende.
диопсид-(Al,Ti) до 24 % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , до 16.3% TiO <sub>2</sub>	Описан как главный под названием фассаит в CAI CV3 хондрита Allende (Grossman, 1975), обнаружен в CAI и хондрах неравновесных E, O и C хондритов. В настоящее время многие фазы являются кушироитом (Kimura et al., 1993).
<b>Салит</b> – Ca(Mg,Fe)(Si <sub>2</sub> O <sub>6</sub> ), <i>мон.</i> 10-50 мол.% CaFeSi <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	Второстепенный в О и С хондритах, эвкритах, мезосидеритах, редкий в CAI С хондритов.
<b>Геденбергит</b> – CaFe(Si <sub>2</sub> O <sub>6</sub> ), <i>мон.</i> >90 мол.% CaFeSi <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	Второстепенный в CAI CV3 хондрита Allende (Davis et al., 1978; Allen et al., 1978) и других CV3 хондритов.
<b>Авгит</b> – Ca(Mg,Fe,Al)((Si,Al) <sub>2</sub> O <sub>6</sub> ), <i>мон.</i>	Главный в ангите Angra dos Reis; второстепенный и акцессорный во многих типах метеоритов.
авгит-(Cr,Mn) до 2.3 % Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , 1.4 % MnO	Обнаружен как редкий в неравновесных хондритах Sharps (H3) и Крымка (LL3) (Noguchi, 1989).
авгит-(Cr) до 2.2 % Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Обнаружен как очень редкий в H3-4 хондрите Преображенка (Мигдисова и др., 1988); встречен также в CR хондрите Y-790112.
<b>Субкальциевый авгит</b> (Ca,Mg)(Mg,Fe)(Si <sub>2</sub> O <sub>6</sub> )	Второстепенный в L6-7 хондрите Shaw (Dodd et al., 1975); второстепенный в неравновесных О хондритах.
субкальциевый авгит-(Cr,Mn) до 2.7 % Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , 2.6 % MnO	Обнаружен как очень редкий редкий в H3 хондрите Tieschitz (Hutchison, 1987).
субкальциевый авгит -(Cr) до 2.1 % Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Обнаружен как редкий в уреилите Kenna (Berkley et al., 1976) и в H3-4 хондритах Преображенка и Sharps.
Субкальциевый ферроавгит (Ca,Mg)(Fe,Mg)(Si <sub>2</sub> O <sub>6</sub> )	Обнаружен в LL3 хондрите Parnallee. Ранее обнаружен в лунном метеорите EET87521 (Warren, Kallemeyn, 1989).
<b>Кушироит</b> – CaAl(AlSiO <sub>6</sub> ), <i>мон.</i>	Второстепенный в сферическом включении в CAI CH хондрита ALH 85085 (Kimura et al., 1993), идентифицирован как новый минерал (Kimura et al., 2008, 2009).
кушироит-(Ti) до 9.6 мас.% TiO <sub>2</sub>	Обнаружен как очень редкий в ассоциации с кушироитом в CAI CH хондрита ALH 85085 (Kimura et al., 2009).

<b>Гроссманит</b> – $\text{Ca}(\text{Ti}, \text{Mg}, \text{Al})((\text{Al}, \text{Si})_2\text{O}_6)$ , <i>мон.</i>	Описан как Ti-фассаит в CAI в CV3 хондритах Vigarano и Allende (Cristophe Michel-Levy et al., 1970; Clarke et al., 1970), обнаружен также в CAI и хондрах O и E хондритов; идентифицирован как новый минерал (Ma, Rossman, 2009b).
гроссманит-(Fe) $\text{Ca}(\text{Fe}, \text{Al}, \text{Ti})((\text{Si}, \text{Al})_2\text{O}_6)$	Под названием феррофассаит описан как главный в ангрите Asuka 881371 (Yanai, 1994).
гроссманит-(V) до 10.3 % $\text{V}_2\text{O}_3$	Обнаружен как очень редкий во фремдлинге CV3 хондрита Allende (Armstrong et al., 1985) и в CAI CV3 хондрита Ефремовка.
Гроссманит – Zr-rich, Sc-rich 1.2 % $\text{ZrO}_2$ , 1.2 % $\text{Sc}_2\text{O}_3$	Обнаружен в ультрарефракторном нодуле 40E-1 сложного CAI 40E из CV3 хондрита Ефремовка (Ivanova et al., 2017).
<b>Дейвисит</b> – $\text{Ca}(\text{Sc}, \text{Ti}, \text{Mg})((\text{Al}, \text{Si})_2\text{O}_6)$ , <i>мон.</i> до 18 % $\text{Sc}_2\text{O}_3$	Богатый Sc пироксен был обнаружен в CAI C хондритов Ефремовка CV3 (Ulyanov et al., 1982), Ornans CO3 (Davis, 1984), Essebi CM2, Allende CV3, идентифицирован как новый минерал (Ma, Rossman, 2009a). Дейвисит может быть обогащен $\text{ZrO}_2$ .
<b>Burnettite</b> – $\text{CaVAlSiO}_6$ , <i>мон.</i>	Обнаружен в CAIs CV3 хондрита Allende среди богатых V разновидностей тугоплавких включений (Ma, Beckett, 2016).
<b>Raqueite</b> $\text{Ca}_3\text{TiSi}_2(\text{Al}_2\text{Ti})\text{O}_{14}$ , <i>триг.</i>	Обнаружен в CAIs CV3 хондритов (Ma, Beckett, 2016).
<b>Beckettite</b> – $\text{Ca}_2\text{V}_6\text{Al}_6\text{O}_{20}$ , <i>трикл.</i>	Обнаружен в богатых V CAIs CV3 хондрита Allende, это минерал преобразования тугоплавких включений (Ma et al., 2016a).
<b>Addibischhoffite</b> – $\text{Ca}_2\text{V}_6\text{Al}_6\text{O}_{20}$ , <i>трикл.</i>	Обнаружен в CAIs CH3 хондрита Acfer 214 (Ma et al., 2016b).
<b>Пироксены типа LIME</b> (бедные Fe и богатые Mn), $\text{MnO} > \text{FeO}$ , MnO до 2.7 %	LIME пироксены обнаружены как редкие в LL3 хондрите Semarkona, CM2 хондритах Murchison и EET83226 (Klöck et al., 1989) и в ряде других C хондритах. Рассматриваются как ранний конденсат из газа солнечной небулы.
<b>Семейство щелочных пироксенов</b>	
<b>Омфациит</b> – $(\text{Ca}, \text{Na})(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})(\text{Si}_2\text{O}_6)$ , <i>мон.</i>	Редкий в обрете Cumberland Falls (Neal, Lipschutz, 1981); в СВ хондритах Bencubbin, NWA 801 и уреилите Новый Урей.
<b>Жадеит</b> – $\text{NaAl}(\text{Si}_2\text{O}_6)$ , <i>мон.</i>	Очень редкий в хондрах EH4 хондрита Индарх и CO3 хондрита Каинсаз (Baryshnikova et al., 1987; Барышникова и др., 1990).
<b>Космохлор (юриит)</b> – $\text{NaCr}(\text{Si}_2\text{O}_6)$ , <i>мон.</i>	Обнаружен в сульфидно-силикатных включениях в железном (IAB) метеорите Toluca (Newhaus, 1967); под названием «юриит» описан как редкий в сульфидных включениях в железных метеоритах Coahuila (IIA) и Hex River Mtns (FrondeI, Klein, 1965), CI хондрите Orgueil, присутствует в графитовых включениях в железном (IAB) метеорите Canyon Diablo.
<b>Минерал с оливниновой структурой и пироксеновым составом</b> – $\text{Na}_{0.06}\text{Mg}_{0.71}\text{Fe}_{0.20}\text{Al}_{.11}\text{Si}_{1.94}\text{O}_3$ , <i>ромб.</i>	Обнаружен в L6S6 хондрите Tenham в виде удлиненных кристаллов нанометрового размера в краевых участках расплавных прожилков. Образование связывается с кристаллизацией при быстром охлаждении (Xie et al., 2011).
<b>Семейство пироксеноидов</b>	
<b>Воластонит</b> – $\text{Ca}_3(\text{Si}_3\text{O}_9)$ , <i>трикл.</i>	Обнаружен в CAI CV3 хондрита Allende (Fuchs, 1971); аксессуарный CV3 хондритов.

<b>Родонит</b> – (Mn,Ca,Mg) <sub>3</sub> Si <sub>3</sub> O <sub>15</sub> , <i>трикл.</i>	Очень редкий в обогащенных SiO <sub>2</sub> обломках СН хондрита ALH 85085 (Kitamura, El Goresy, 1989).
<b>Семейство энigmatита</b>	
<b>Криновит</b> – Na <sub>2</sub> Mg <sub>4</sub> Cr <sub>2</sub> Si <sub>6</sub> O <sub>20</sub> , <i>трикл.</i>	Редкий в графитовых включениях железных IAB метеоритах Canyon Diablo, Wichita Co. и Youndegin, идентифицирован как новый минерал (Olsen, 1967; Olsen, Fuchs, 1968).
<b>Энигматит</b> – Na <sub>2</sub> Fe <sup>2+</sup> <sub>5</sub> TiSi <sub>6</sub> O <sub>20</sub> , <i>трикл.</i>	Очень редкий в альбитовом фрагменте полимиктовой брекчии Kaidun (Иванов и др., 2002; Ivanov et al., 2003).
<b>Вилкинсонит</b> – Na <sub>2</sub> Fe <sup>2+</sup> <sub>4</sub> Fe <sup>3+</sup> <sub>2</sub> Si <sub>6</sub> O <sub>20</sub> , <i>трикл.</i>	Очень редкий в альбитовом фрагменте полимиктовой брекчии Kaidun (Иванов и др., 2002; Ivanov et al., 2003). Второе обнаружение в природе.
<b>Рёнит</b> – Ca <sub>2</sub> (Mg,Fe <sup>2+</sup> ,Fe <sup>3+</sup> ,Ti) <sub>6</sub> (Si,Al) <sub>6</sub> O <sub>20</sub> , <i>трикл.</i>	Редкий в CV3 хондрите Allende (Fuchs, 1971).
<b>Куратит</b> – Ca <sub>2</sub> (Fe <sup>2+</sup> ,Ti) <sub>6</sub> (Si,Al) <sub>6</sub> O <sub>20</sub> , <i>трикл.</i>	Обнаружен как редкий в ангрите D'Orbigny в виде кристаллов размером <20 мкм, идентифицирован как новый минерал (Hwang et al., 2014).
<b>Сапфирин</b> – (Mg,Al) <sub>8</sub> (Al,Si) <sub>6</sub> O <sub>20</sub> , <i>мон.</i>	Очень редкий в плагиоклаз-оливиновых включениях CV3 хондрита Allende (Sheng et al., 1988, 1991).

#### 2.13.4. Силикаты ленточные

Минерал	Нахождение в метеоритах
<b>Семейство амфиболов</b>	
<b>Магнезиогорнблендит</b> – Ca <sub>2</sub> (Mg,Fe,Al) <sub>5</sub> (Si,Al) <sub>8</sub> O <sub>22</sub> (OH) <sub>2</sub> , <i>мон.</i>	Обнаружен в R хондритах LAP 04840 и MIL 11207, в CV3 хондрите Allende (McCanta et al., 2008; Rubin, 2014).
<b>Эденит</b> – NaCa <sub>2</sub> (Mg,Fe) <sub>5</sub> (AlSi <sub>7</sub> O <sub>22</sub> )(OH) <sub>2</sub> , <i>мон.</i>	Обнаружен как очень редкий в R хондритах LAP 04840 и MIL 11207 (McCanta et al., 2008; Rubin, 2014).
<b>Рихтерит</b> – Na <sub>2</sub> Ca(Mg,Fe) <sub>5</sub> Si <sub>8</sub> O <sub>22</sub> (OH,F) <sub>2</sub> , <i>мон.</i>	Обнаружен как редкий в графитовых нодулях железного IID метеорита Wichita Co. (Olsen, 1967), в E хондритах, в графитовых включениях железного IAB метеорита Canyon Diablo.
F-рихтерит – 4.1 % F, 0.4 % K <sub>2</sub> O	Обнаружен в виде нескольких зерен размером 40x100 мкм в E5 хондрите St. Shauvevr (Rubin, 1983), редкий в E хондритах.
<b>Арфведсонит</b> – Na <sub>3</sub> (Fe,Mg) <sub>4</sub> Fe(Si <sub>8</sub> O <sub>22</sub> )(OH) <sub>2</sub> , <i>мон.</i>	Обнаружен как очень редкий в альбитовом фрагменте полимиктовой брекчии Kaidun (Иванов и др., 2002; Ivanov et al., 2003).
<b>Керсутит</b> – NaCa <sub>2</sub> (Mg,Fe) <sub>4</sub> Ti(Si <sub>6</sub> Al) <sub>2</sub> O <sub>22</sub> (OH) <sub>2</sub> , <i>мон.</i>	Обнаружен в железном ПЕ аном. метеорите Sombretete (Prinz et al., 1982).
<b>Антофиллит</b> – (Mg,Fe) <sub>7</sub> Si <sub>8</sub> O <sub>22</sub> (OH) <sub>2</sub> , <i>ромб.</i>	Обнаружен как очень редкий в CV3 хондрите Allende (Brearley, 1997a).
<b>Джимтомпсонит</b> – (Mg,Fe) <sub>2</sub> Si <sub>6</sub> O <sub>16</sub> (OH) <sub>2</sub> , <i>ромб.</i>	Обнаружен в CV3 хондрите Allende как очень редкий в виде субмикронных образований (Brearley, 1997b).

#### 2.13.5. Силикаты слоистые

Минерал	Нахождение в метеоритах
<b>Семейство слюд</b>	
<b>Флогопит</b> – (K,Na)(Mg,Fe) <sub>3</sub> (Si <sub>3</sub> Al) O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub> , <i>мон.</i>	Обнаружен в R хондрите LAP 04840 (McCanta et al., 2008; Rubin, 2014).

флогопит-(F) до 10 % F	Обнаружен как редкий в некоторых энстатитовых метеоритах (Lorenz et al., 2003; Kimura et al., 2008).
флогопит-(Na)	Обнаружен как редкий в хондрах и CAI CV3 хондрита Mokoia (Tomeoka, Buseck, 1990; Krot et al., 1995) и некоторых других хондритов.
флогопит-(Ti) 6.8 мас.% TiO <sub>2</sub>	Обнаружен как очень редкий в R хондрите MIL 07440 (Rubin, 2014).
<b>Вермикулит</b> – (Mg,Fe <sup>+2</sup> ,Al) <sub>3</sub> (Al,Si) <sub>4</sub> O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub> · ·H <sub>2</sub> O, <i>мон.</i>	Обнаружен как редкий в C хондрите Njgoya (Zolensky et al., 1993)
<b>Клинтонит</b> – Ca(Mg,Al) <sub>3</sub> (Al <sub>3</sub> Si)O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub> , <i>мон.</i>	Обнаружены в составе продуктов изменения CAI CV3 хондрита Allende (Keller, Buseck, 1991).
<b>Маргарит</b> – CaAl <sub>2</sub> (Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> ) O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub> , <i>мон.</i>	
<b>Иллит</b> – K <sub>0.65</sub> Al <sub>2.0</sub> (Si <sub>3.35</sub> Al <sub>0.65</sub> ) O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub> , <i>мон.</i>	Обнаружен как продукт земного изменения антарктических хондритов (Marvin, Motylewski, 1980).
<b>Семейство талька</b>	
<b>Тальк</b> – Mg <sub>3</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub> , <i>мон.</i>	Обнаружен в концентрически зональном тальк-серпентиновом включении в полимиктовой брекчии Kaidun (Иванов и др., 2007).
Натровый тальк NaMg <sub>6</sub> (AlSi <sub>7</sub> )O <sub>20</sub> (OH) <sub>4</sub>	Обнаружен в метаморфизованных C хондритах Yamato-82162 и Belgica-7904 (Ikeda, 1991; Kimura, Ikeda, 1992).
<b>Семейство серпентина</b>	
<b>Хризотил</b> – Mg <sub>3</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (OH) <sub>4</sub>	В матрице различных CM хондритов обнаружены все минералы семейства серпентинов, причем в матрице каждого из CM хондритов присутствуют по крайней мере три минерала этого семейства (Zolensky, McSween, 1988).  Отдельные представители семейства отмечены в R и в неравновесных O хондритах (Brearley, Jones, 1998).
<b>Лизардит</b> – Mg <sub>3</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (OH) <sub>4</sub> <i>трикл. и гекс.</i>	
<b>Антигорит</b> – Mg <sub>3</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (OH) <sub>4</sub> , <i>мон.</i>	
<b>Кроншtedтит</b> – Fe <sup>+2</sup> <sub>2</sub> Fe <sup>+3</sup> (SiFe <sup>+3</sup> )O <sub>5</sub> (OH) <sub>4</sub> , <i>триг.</i>	
<b>Гриналит</b> – (Fe <sup>+2</sup> ,Fe <sup>+3</sup> ) <sub>2-3</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (OH) <sub>4</sub> , <i>мон.</i>	
<b>Ферроантигорит</b> – (Mg,Fe,Mn) <sub>3</sub> (Si,Al) <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (OH) <sub>4</sub> , <i>мон.</i>	
<b>Бертьерин</b> – (Fe <sup>+2</sup> ,Fe <sup>+3</sup> ,Mg) <sub>23</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (OH) <sub>4</sub> , <i>мон.</i>	
<b>Амезит</b> / Mg <sub>2</sub> Al(Si <sub>3</sub> Al) O <sub>10</sub> (OH) <sub>8</sub> , <i>трикл.</i>	
<b>*Пекораит</b> – Ni <sub>3</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (OH) <sub>4</sub> <i>мон.</i>	Обнаружен как продукт земного изменения железного метеорита Wolf Creek, идентифицирован как новый минерал (Faust et al., 1969).
<b>Семейство хлоритов</b>	
<b>Хлорит</b>	Минералы семейства обнаружены в CM хондрите Старое Борискино (Кваша, 1948). Первое обнаружение водосодержащих минералов в метеоритах.

<b>Клинохлор</b> – (Mg, Fe <sup>+2</sup> ) <sub>5</sub> Al(Si <sub>3</sub> Al)O <sub>10</sub> (OH) <sub>8</sub> , <i>мон.</i>	Присутствует в матрице СМ хондритов (Zolensky, McSween, 1988; Zolensky et al., 1993) и в хондрах некоторых хондритов.
<b>Шамозит</b> – (Fe <sup>+2</sup> , Mg, Fe <sup>+3</sup> ) <sub>5</sub> Al(Si <sub>3</sub> Al) O <sub>10</sub> (OH, O) <sub>8</sub> , <i>мон.</i>	
<b>Семейство смектитов</b>	
<b>Монтмориллонит</b> – (Na, Ca) <sub>0.3</sub> (Al, Mg) <sub>2</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub> ·nH <sub>2</sub> O, <i>мон.</i>	Обнаружен в С1 хондрите Orgeuil (Bass, 1971; Barber, 1985).
<b>Сапонит</b> – (Ca <sub>0.5</sub> , Na) <sub>0.3</sub> (Mg, Fe <sup>+2</sup> ) <sub>3</sub> (Si, Al) <sub>4</sub> O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O, <i>мон.</i>	Преобладает в матрице необычного СМ хондрита Bell (Brearley, 1995). Присутствует в матрице С хондритов, в СА1 и в мезостазисе хондр некоторых CV и CR хондритов.
<b>Соботкит</b> – (K, Ca <sub>0.5</sub> , Na) <sub>0.3</sub> (Mg, Fe <sup>+2</sup> ) (Si, Al) <sub>4</sub> O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O, <i>мон.</i>	Предположительно отмечен в CV3 хондрите Mokoia (Zolensky, McSween, 1988).
<b>Пальгорскит</b> – (Mg, Al) <sub>5</sub> (Si, Al) <sub>8</sub> O <sub>20</sub> (OH) <sub>2</sub> ·8H <sub>2</sub> O <i>мон.</i>	Предположительно отмечены в С1 хондрите Orgueil (Kerridge, 1964).
<b>Сепиолит</b> – Mg <sub>4</sub> Si <sub>6</sub> O <sub>15</sub> (OH) <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O, <i>ромб.</i>	
<b>Скаполит</b> – <i>тетр.</i> Твердый раствор мариалита Na <sub>4</sub> Al <sub>3</sub> Si <sub>9</sub> O <sub>24</sub> Cl и мейонита Ca <sub>4</sub> Al <sub>6</sub> Si <sub>6</sub> O <sub>24</sub> CO <sub>3</sub>	Обнаружен как редкий в равновесном класте LL3 хондрита Bishunpur (Alexander et al., 1987).

## 2.13.6. Силикаты каркасные

Минерал	Нахождение в метеоритах
<b>Семейство плагиоклазов</b>	
<b>Альбит</b> – NaAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub> , <i>трикл.</i> <10 мол.% CaAl <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	Второстепенный и аксессуарный в О, С и (ЕН) хондритах, обритах, силикатных включениях железных метеоритов.
<b>Олигоклаз</b> – (Na, Ca) (Al(Si, Al)Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub> ), <i>трикл.</i> 10-30 мол.% CaAl <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	Второстепенный и аксессуарный в О и ЕL хондритах, силикатных включениях железных метеоритов; в лодраните Y-791493 и брашинитах. В уникальном ахондрите GRA 06128-06129 слагает <75 об. % вещества (Treiman et al., 2008; Shearer et al., 2008, 2010).
<b>Андезин</b> – (Na, Ca)(Al(Si, Al)Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub> ), <i>трикл.</i> 30-50 мол.% CaAl <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	Очень редкий в эвкритях и некоторых уреилитах.
<b>Лабрадорит</b> – (Ca, Na)(Al(Al, Si)Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub> ), <i>трикл.</i> 50-70 мол.% CaAl <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	Второстепенный в эвкритях, говардитах, силикатной фракции мезосидеритов, в силикатных включениях железного метеорита Vocaiuva; редкий в СА1 СК хондрита Karoonda.
<b>Битовнит</b> – (Ca, Na)(Al(Al, Si)Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub> ), <i>трикл.</i> 70-90 мол.% CaAl <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	Главный в эвкритях, говардитах, силикатной фракции мезосидеритов; аксессуарный в диогенитах; очень редкий в ангритах.

<b>Анортит</b> – $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ , <i>трикл.</i> >90 мол.% $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$	Главный в кумулятивных эвкритях, ангритах, в CAI С хондритов, в обогащенных Al и Ca хондрах и объектах O и E хондритов; второстепенный в эвкритях, говардитах, силикатной фракции мезосидеритов, в силикатных включениях железного аном. метеорита Tucson.
<b>Маскелинит</b> – стекло плагиоклазового состава, <i>аморф.</i>	Стекло плагиоклазового состава (преимущественно основного плагиоклаза), образовавшееся при высокоинтенсивной ударной нагрузке. Альтернативно рассматривается как диаплектовое либо расплавное. Встречается в O хондритах ударной стадии S5-6.
<b>Дмистейнбергит</b> – $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ , <i>гекс.</i>	Обнаружен в округлом грубозернистом «магматическом» CAI Типа B2 FUN STP-1 в CV3 хондрите Allende в виде отдельных неправильных кристаллов размером 100-600 мкм. Один из кристаллов дмистейнбергита содержит включения идиоморфного анортита (Ma et al., 2013b).
Ва-дмистейнбергит – 11.7 % BaO; 0.20 % Na <sub>2</sub> O	Обнаружен в виде 2 отдельных участков в одном из зерен дмистейнбергита (Ma et al., 2013b).
Вторичный дмистейнбергит – до 1 % Na <sub>2</sub> O, <i>гекс.</i>	Обнаружен в виде удлиненных игольчатых кристаллов в измененной зоне CAI в ассоциации с замещающими мелилит нефелином, содалитом, гроссуляром и Na-содержащим анортитом (Park et al., 2013; Fintor et al., 2014).
<b>Лингунит</b> – $(\text{Na,Ca})\text{AlSi}_3\text{O}_8$ <i>тетр.</i> $\text{Ab}_{80-75}\text{An}_{12-15}\text{Or}_{8-10}$	Обнаружен в L6S6 хондритах Sixiangkou и Tenham в виде правильных кристаллов размером 20x50 микрон в находящихся в аморфной матрице расплавных прожилках, сформированных при ударном событии (Sharp et al., 2000; Gillet et al., 2000).
<b>Кумдыколит</b> – $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ , <i>ромб. и мон.</i>	Обнаружен в EH3 хондрите SAN 97072 в виде субмикронных участков в пористом стекле в ядре концентрически зональных металл-сульфидных нодулей. Минерал имеет доменную структуру и присутствует в 2 кристалло-структурных формах (Nemeth et al., 2013).
<b>Семейство полевых шпатов K и Ba</b>	
<b>Анортоклаз</b> – $(\text{Na,K})\text{AlSi}_3\text{O}_8$ , <i>трикл.</i>	Впервые описан как вейнбергерит в железном ПЕ метеорите Kodaikanal Бервертом в 1906 г. и идентифицирован как щелочной полевой шпат (Olsen, Mueller, 1964; Bunch, Olsen, 1968); аксессуарный в обрите LEW88055, редкий в R хондритах, силикатных включениях железных ПЕ метеоритов Weekeroo Station, Kodaikanal и Эльга.
<b>Санидин</b> – $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ , <i>мон.</i>	Обнаружен как редкий в силикатных включениях железного (ПЕ) метеорита Colomera (Bunch, Olsen, 1968; Wasserburg et al., 1968) и в виде пластинок распада (антипертитов) в щелочном полевом шпате железного IAB метеорита Odessa (El Goresy, 1967) и других железных IAB метеоритах; редкий в некоторых O хондритах, уреилите Kenna.
<b>Ортоклаз</b> – $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ , <i>мон.</i>	Очень редкий в R хондрите Rumuruti (Schulze et al., 1994).
<b>Цельзиан</b> – $\text{BaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ , <i>мон.</i>	Очень редкий в ангрите Angra dos Reis (Prinz et al., 1977).
Цельзиан-(Ca) до 3 % CaO	Предположительно обнаружен как очень редкий в CAI CV3 хондрита Allende (Lovering et al., 1979).
<b>Семейство фельдшпатоидов</b>	
<b>Нефелин</b> – $(\text{Na,K})\text{AlSiO}_4$ , <i>гекс.</i>	Редкий в L3 хондрите Mezö-Madaras (Kurat, 1967); в хондрах и матрице неравновесных O хондритов, в хондрах, CAI и в матрице С хондритов.
<b>Содалит</b> – $\text{Na}_4\text{Al}_3\text{Si}_3\text{O}_{12}\text{Cl}$ , <i>куб.</i>	Редкий в CAI CV3 хондрита Allende (Clarke et al., 1970); в CAI С хондритов и в хондрах O хондритов.

<b>Скаполит (мариалит)</b> – (Na,Ca) <sub>4</sub> (Al <sub>3</sub> (Al,Si)Si <sub>8</sub> O <sub>24</sub> )Cl, <i>тепр.</i>	Обнаружен в мелкозернистом обломке LL3 хондрита Bishunpur (Alexander et al., 1987); редкий в матрице и мезостазисе хондр некоторых LL3 и H3 хондритов.
---	--

## 2.14. ОКСАЛАТ

Минерал	Нахождение в метеоритах
<b>Вевеллит (Уэвеллит)</b> – CaC <sub>2</sub> O <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O, <i>мон.</i>	Идентифицирован методом рентгеновской дифракции в CAI CM хондрита Murchison (Fuchs et al., 1973).

## МИНЕРАЛЫ МЕТЕОРИТОВ – АЛФАВИТНЫЙ СПИСОК

В приведенном ниже списке знаком “звездочка” (\*) отмечены минералы, до настоящего времени не обнаруженные в земных породах

- Аваруит / Awaruite** – Ni<sub>2</sub>Fe–Ni<sub>3</sub>Fe – 2.1.
- Авгит / Augite** – Ca(Mg,Fe,Al)[(Si,Al)<sub>2</sub>O<sub>6</sub>] – 2.13.3.
- \***Аддибишофит / Addibischoffite** – Ca<sub>2</sub>Al<sub>6</sub>Al<sub>6</sub>O<sub>20</sub> – 2.13.3.
- Акаганеит / Akaganeite** – β-FeO(OH,Cl) – 2.8.
- \***Акимотоит / Akimotoite** – (Mg,Fe)[SiO<sub>3</sub>] – 2.13.5.
- Алабандин / Alabandite** – (Mn,Fe)S – 2.5.
- \***Аллабогданит / Allabogdanite** – (Fe,Ni)<sub>2</sub>P – 2.4.
- \***Аллендеит / Allendeite** – (Sc,Ti,Ca)<sub>4</sub>Zr<sub>3</sub>O<sub>12</sub> – 2.8.
- Алмаз / Diamond** – C – 2.1.
- Альбит / Albite** – NaAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub> (<10 мол.% CaAl<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>) – 2.13.6.
- Алюминокопиапит / Aluminocopiapite** – (Mg,Al)(Fe,Al)<sub>4</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>6</sub>(OH)<sub>2</sub>·20H<sub>2</sub>O – 2.9.
- Амакинит / Amakinite** – (Fe<sup>2+</sup>,Mg)(OH)<sub>2</sub> – 2.8.
- Амесит / Amesite** – Mg<sub>2</sub>Al(Si<sub>3</sub>Al)O<sub>10</sub>(OH)<sub>8</sub> – 2.13.5.
- Анатаз / Anatase** – TiO<sub>2</sub> – 2.8
- Ангидрит / Anhydrite** – CaSO<sub>4</sub> – 2.9
- Андезин / Andesine** – (Na,Ca)[Al(Si,Al)Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>], (30-50 мол.% CaAl<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>) – 2.13.6.
- Андрадит / Andradite** – Ca<sub>3</sub>Fe<sup>3+</sup><sub>2</sub>[SiO<sub>4</sub>]<sub>3</sub> – 2.13.1.
- \***Андрейивановит / Andreyivanovite** – FeCrP – 2.4.
- Анкерит / Ankerite** – Ca(Fe,Mn,Mg)(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> – 2.11.
- Анортит / Anorthite** – CaAl<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub> (>90 мол.% CaAl<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>) – 2.13.6.
- Анортоклаз / Anorthoclase** – (Na,K)[AlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>] – 2.13.6.
- Аносовит / Anosovite** – (Ti<sup>4+</sup>,Ti<sup>3+</sup>,Mg,Sc,Al)<sub>3</sub>O<sub>5</sub> – 2.8.
- Антигорит / Antigorite** – Mg<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(OH)<sub>4</sub> – 2.13.5.
- Антофиллит / Anthophyllite** – (Mg,Fe)<sub>7</sub>Si<sub>8</sub>O<sub>22</sub>(OH)<sub>2</sub> – 2.13.4.
- Арагонит / Aragonite** – CaCO<sub>3</sub> – 2.11.
- \***Арупит / Arupite** – Ni<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·8H<sub>2</sub>O – 2.10.
- Армолколит / Armalcolite** – (Mg,Fe)Ti<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 2.8.
- Арфведсонит / Arfvedsonite** – Na<sub>3</sub>(Fe,Mg)<sub>4</sub>Fe[Si<sub>8</sub>O<sub>22</sub>](OH)<sub>2</sub> – 2.13.4.
- Астраханит / Astrakhanite** = **Блэдит / Bloedite**
- Бадделеит / Baddeleyite** – ZrO<sub>2</sub> – 2.8.
- Бариоперовскит / Barioperovskite** – BaTiO<sub>3</sub> – 2.8.
- Барит / Barite** – Ba[SO<sub>4</sub>] – 2.9.
- Баричит / Baričite** – (Mg,Fe<sup>2+</sup>)<sub>3</sub>(PO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>·8H<sub>2</sub>O – 2.10.
- \***Барнеттит / Burnettite** – CaVAlSiO<sub>6</sub> – 2.13.3.
- \***Барринджерит / Barringerite** – (Fe,Ni)<sub>2</sub>P – 2.4.
- Бассанит / Bassanite** – CaSO<sub>4</sub>·0.5H<sub>2</sub>O – 2.9.
- \***Беккетит / Beckettite** – Ca<sub>2</sub>V<sub>6</sub>Al<sub>6</sub>O<sub>20</sub> – 2.13.3.

- Бертьерин / Berthierine** –  $(\text{Fe}^{+2}, \text{Fe}^{+3}, \text{Mg})_{2-3} \text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$  – 2.13.5.
- Беусит / Veusite** –  $(\text{Mn}, \text{Fe})_3[\text{PO}_4]_2$  – 5.10.
- Битовнит / Bytownite** –  $(\text{Ca}, \text{Na})[\text{Al}(\text{Al}, \text{Si})\text{Si}_2\text{O}_8$  (70-90 мол.%  $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ ) – 2.13.6.
- Блэдит (Астраханит) / Bloedite (Astrakhanite)** –  $\text{Na}_2\text{Mg}[\text{SO}_4]_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  – 2.9.
- Борнит / Bornite** –  $\text{Cu}_3\text{FeS}_4$  – 2.5.
- \***Брайенит / Brianite** –  $\text{Na}_2\text{CaMg}(\text{PO}_4)_2$  – 2.10.
- \***Браунейт / Browneite** –  $\text{MnS}$  – 2.5.
- \***Бржезинаит / Brezinaite** –  $\text{Cr}_3\text{S}_4$  – 2.5.
- Бронзит / Bronzite** –  $(\text{Mg}, \text{Fe})[\text{SiO}_3]$  (10–20 мол.%  $\text{FeSiO}_3$ ) – 2.13.3.
- Брусит / Brucite** –  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  – 2.8.
- Бунзенит / Bunsenite** –  $\text{NiO}$  – 2.8.
- \***Бурнетит / Burnettite** –  $\text{CaVAlSiO}_6$  – 2.13.3.
- \***Бухвальдит / Buchwaldite** –  $\text{NaCa}(\text{PO}_4)$  – 2.10.
- \***Быюсексит / Buseckite** –  $(\text{Fe}, \text{Zn}, \text{Mn})\text{S}$  – 2.5.
- Вадалит / Wadalite** –  $\text{Ca}_6(\text{Al}, \text{Si}, \text{Mg})_7\text{O}_{16}\text{Cl}_3$  – 2.8.
- Вайрауит-Fe- / Fe-wairauite** –  $\text{Fe}_3\text{Co}_2$  – 2.1.
- \***Варкит / Warkite** –  $\text{Ca}_2\text{Sc}_6\text{Al}_6\text{O}_{20}$  – 2.8
- \***Вассонит / Wassonite** –  $\text{TiS}$  – 2.5.
- Ватерит / Vaterite** –  $\text{CaCO}_3$  – 2.11.
- Вевеллит / Whewellite** –  $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  – 2.14.
- Вермикулит / Vermiculite** –  $(\text{Mg}, \text{Fe}^{+2}, \text{Al})_3(\text{Al}, \text{Si})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  – 2.13.5.
- Вивианит / Vivianite** –  $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  – 2.10.
- Вилкинсонит / Wilkinsonite** –  $\text{Na}_2\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}_2\text{Si}_6\text{O}_{20}$  – 2.13.3.
- Виоларит / Violarite** –  $\text{FeNi}_2\text{S}_4$  – 2.5.
- Волластонит / Wollastonite** –  $\text{Ca}_3[\text{Si}_3\text{O}_9]$  – 2.13.3.
- Ведслейит / Wadsleyite** –  $(\text{Mg}, \text{Fe})_2[\text{SiO}_4]$  – 2.13.1.
- Вюртцит / Wurtzite**  $\beta\text{-ZnS}$  – 2.5.
- Вюстит (Иоцит) / Wustite (Iozite)** –  $\text{FeO}$  – 2.8.
- Галенит / Galena** –  $\text{PbS}$  – 2.5.
- \***Галилейт / Galileite** –  $\text{Na}(\text{Fe}, \text{Mn})_4(\text{PO}_4)_3$  – 2.10.
- Галит / Halite** –  $\text{NaCl}$  – 5.7
- Геденбергит / Hedenbergite** –  $\text{CaFe}[\text{Si}_2\text{O}_6]$  (>90 мол.%  $\text{CaFeSi}_2\text{O}_6$ ) – 2.13.3.
- Гейкилит / Geikielite** –  $\text{MgTiO}_3$  – 2.8.
- Гексагидрит / Hexahydrite** –  $\text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  – 2.9.
- \***Гексамолибден / Hexamolibdenum** –  $\text{Mo}, \text{Ru}, \text{Fe}$  – 2.1.
- Гексаферрум / Hexaferum** –  $\text{Fe}, \text{Ir}, \text{Mo}, \text{Os}$  – 2.1.
- Геленит / Gehlenite** –  $\text{Ca}_2\text{Al}[\text{AlSiO}_7]$ , *темп.* – 2.13.1.
- Гематит / Hematite** –  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 2.8.
- Гематит-карелианит твердый р-р / Hematite-karelianite solid sol.** –  $(\text{Fe}, \text{V})_2\text{O}_3$  – 2.8.
- Герцинит / Hercynite** –  $\text{FeAl}_2\text{O}_4$  – 2.8.
- Гетит / Goethite** –  $\alpha\text{-FeO}(\text{OH})$  – 2.8.
- Гидромагнетит / Hydromagnetite** –  $\text{Mg}_3(\text{CO}_3)_4(\text{OH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  – 2.11.
- Гиперстен / Hypersthene** –  $(\text{Mg}, \text{Fe})[\text{SiO}_3]$  (20-50 мол.%  $\text{FeSiO}_3$ ) – 2.13.3.
- Гипс / Gypsum** –  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  – 2.9.
- Голдманит / Goldmanite** –  $\text{Ca}_3(\text{V}, \text{Al}, \text{Fe}^{3+})_2[\text{SiO}_4]_3$  – 2.13.1.
- Графит / Graphite** –  $\text{C}$  – 2.1.
- Графтонит / Graftonite** –  $(\text{Fe}, \text{Mn})_3(\text{PO}_4)_2$  – 2.10.
- Грейгит / Greigite** –  $\text{Fe}_3\text{S}_4$  – 2.5.
- Гриналит / Greenalite** –  $(\text{Fe}^{+2}, \text{Fe}^{+3})_{2-3}\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$  – 2.13.5.
- \***Гроссит / Grossite** –  $\text{CaAl}_4\text{O}_7$ , *мон.* – 2.8.
- \***Гроссманиит / Grossmanite** –  $\text{Ca}(\text{Ti}, \text{Mg}, \text{Al})[(\text{Al}, \text{Si})_2\text{O}_6]$  – 2.13.3.
- Гроссулярь / Grossular** –  $\text{Ca}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$  – 2.13.1.
- Гроссулярь-андрадит / Grossular-andradite** –  $\text{Ca}_3(\text{Al}, \text{Fe}^{3+})_2[\text{SiO}_4]_3$  – 2.13.1.
- \***Джерфишерит / Djerfisherite** –  $\text{K}_3(\text{Na}, \text{Cu})(\text{Fe}, \text{Ni})_{12}\text{S}_{14}$  – 2.5.
- Джимтомпсонит / Jimthompsonite** –  $(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{Si}_6\text{O}_{16}(\text{OH})_2$  – 2.13.4.
- \***Джоиголдштейнит / Joegoldsteinite** –  $\text{MnCr}_2\text{S}_4$  – 2.5.
- Джонсомервиллит / Johnsomervilleite** –  $\text{Na}_2\text{Ca}(\text{Fe}, \text{Mn})_7(\text{PO}_4)_6$  – 2.10.

- Дигенит / *Digenite* –  $\text{Cu}_9\text{S}_5$  – 2.5.
- Диопсид / *Diopside* –  $\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$  (<10 мол.%  $\text{CaFeSi}_2\text{O}_6$ ) – 2.13.3.
- Дмистейнбергит / *Dmisteinbergite* –  $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$  – 2.13.6.
- \*Дмитрийивановит / *Dmitryivanovite* –  $\text{CaAl}_2\text{O}_4$  – 2.8.
- \*Добреелит / *Daubreelite* –  $\text{FeCr}_2\text{S}_4$  – 2.5.
- Доломит / *Dolomite* –  $\text{CaMgCO}_3$  – Таб 2.11.
- \*Дрониноит / *Droninoite* –  $\text{Ni}_3\text{Fe}^{3+}\text{Cl}(\text{OH})_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  – Таб 2.8.
- \*Дэйвисит / *Davisite* –  $\text{Ca}(\text{Sc}, \text{Ti}, \text{Mg})[(\text{Al}, \text{Si})_2\text{O}_6]$  – 2.13.3.
- Жадеит / *Jadeite* –  $\text{NaAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$  – 2.13.3.
- \*Жангенгит / *Zhanghengite* –  $\text{CuZn}$  – 2.1.
- Золото / *Gold* –  $\text{Au}$  – 2.1.
- \*Зюссит / *Suessite* –  $\text{Fe}_3\text{Si}$  – 2.4.
- Идаит - *Idaite* –  $\text{Cu}_3\text{FeS}_4$  – 2.5.
- Известь / *Lime* –  $\text{CaO}$  – 2.8.
- Изокубанит / *Isocubanite* –  $\text{CuFe}_2\text{S}_3$  – 2.5.
- Иллит / *Illite* –  $\text{K}_{0.65}\text{Al}_{2.0}(\text{Si}_{3.35}\text{Al}_{0.65})\text{O}_{10}(\text{OH})_2$  – 2.13.3.
- Ильменит / *Ilmenite* –  $\text{FeTiO}_3$  – 2.8.
- Ирарсит / *Irsarsite* –  $(\text{Ir}, \text{Ru}, \text{Rh})\text{AsS}$  – 2.6.
- Иридарсенита / *Iridarsenite* –  $(\text{Ir}, \text{Ru})\text{As}$  (в составе тверд. р-ра) – 2.6.
- Кальцит / *Calcite* –  $\text{CaCO}_3$  – 2.11.
- \*Камасит / *Kamacite* –  $\alpha\text{-Fe}, \text{Ni}$  – 2.1.
- Камдыколит / *Kumdykolite* –  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$  – 2.13.6.
- Камиокит / *Kamiokite* –  $\text{Fe}_2\text{Mo}_3\text{O}_8$  – 2.12.
- \*Камиокит-(Mg) / *Kamiokite-Mg* –  $\text{Mg}_2\text{Mo}_3\text{O}_8$  – 2.12.
- \*Кангит / *Kangite* –  $(\text{Sc}, \text{Ti}, \text{Al}, \text{Zr}, \text{Mg}, \text{Ca})_2\text{O}_3$  – 2.8.
- Карелианит / *Karelianite* –  $\text{V}_2\text{O}_3$  – 2.8.
- \*Карлсбергит / *Carlsbergite* –  $\text{CrN}$  – 2.3.
- \*Касвеллсилверит / *Caswellsilverite* –  $\text{NaCrS}_2$  – 2.5.
- \*Кассидит / *Cassidyite* –  $\text{Ca}_2(\text{Ni}, \text{Mg})(\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  – 2.10.
- Кварц / *Quartz* –  $\text{SiO}_2$  – 2.8.
- \*Кейлит / *Keilite* –  $(\text{Fe}, \text{Mg}, \text{Mn})\text{S}$  – 2.5.
- Керсутит / *Kaersutite* –  $\text{NaCa}_2(\text{Mg}, \text{Fe})_4\text{Ti}(\text{Si}_6\text{Al}_2)\text{O}_{22}(\text{OH})_2$  – 2.13.4.
- Киноварь / *Cinnabar* –  $\text{HgS}$  – 2.5.
- Кишштейнит / *Kirschsteinite* –  $\text{CaFe}[\text{SiO}_4]$  (>90 мол.%  $\text{CaFeSiO}_4$ ) – 2.13.1.
- \*Клифтонит / *Cliftonite* –  $\text{C}$  – 2.1.
- Клинобронзит / *Clinobronzite* –  $(\text{Mg}, \text{Fe})[\text{SiO}_3]$  (10-20 мол.%  $\text{FeSiO}_3$ ) – 2.13.3.
- Клиногиперстен / *Clinohypersthene* –  $(\text{Mg}, \text{Fe})[\text{SiO}_3]$  (20-50 мол.%  $\text{FeSiO}_3$ ) – 2.13.3.
- Клинохлор / *Clinochlore* –  $(\text{Mg}, \text{Fe}^{+2})_5\text{Al}(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_8$  – 2.13.5.
- Клиноэнстатит / *Clinoenstatite* –  $\text{Mg}[\text{SiO}_3]$  (<10 мол.%  $\text{FeSiO}_3$ ) – 2.13.3.
- Клинтонит / *Clintonite* –  $\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Al})_3(\text{Al}_3\text{Si})\text{O}_{10}(\text{OH})_2$  – 2.13.5.
- Кобальтин / *Cobaltite* –  $\text{CoAsS}$  – 2.6.
- Ковеллин / *Covellite* –  $\text{CuS}$  – 2.5.
- \*Когенит / *Cohenite* –  $(\text{Fe}, \text{Ni})_3\text{C}$  – 2.2.
- Коллинсит / *Collinsite* –  $\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe})(\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  – 2.10.
- Кордиерит / *Cordierite* –  $\text{Mg}_2\text{Al}_4\text{Si}_5\text{O}_{18}$  – 2.13.2.
- Корунд / *Corundum* –  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 2.8.
- Космохлор (юриит) / *Kosmochlor* –  $\text{NaCr}[\text{Si}_2\text{O}_6]$  – 2.13.3.
- Коэсит / *Coesite* –  $\text{SiO}_2$  – 2.8.
- \*Криновит / *Krinovite* –  $\text{Na}_2\text{Mg}_4\text{Cr}_2[\text{Si}_6\text{O}_{20}]$  – 2.13.3.
- Кристобалит / *Cristobalite* –  $\text{SiO}_2$  – 2.8.
- \*Кроносит / *Cronosite* –  $\text{Ca}_{0.2}\text{CrS}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  – 2.5.
- Кронштедтит / *Cronstedtite* –  $\text{Fe}^{+2}\text{Fe}^{+3}(\text{SiFe}^{+3})\text{O}_5(\text{OH})_4$ , – 2.13.5.
- \*Кротит / *Krotite* –  $\text{CaAl}_2\text{O}_4$  – 2.8.
- \*Ксиеит / *Xieite* –  $(\text{FeCr}_2\text{O}_4$  со структурой  $\text{CaTi}_2\text{O}_4$ -типа) – 2.8.
- Кубанит / *Cubanite* –  $\text{CuFe}_2\text{S}_3$  – 2.5.
- Кулсонит / *Coulsonite* –  $(\text{Fe}, \text{Mg})(\text{V}, \text{Fe})_2\text{O}_4$  – 2.8.
- Кумдыколит / *Kumdykolite* –  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$  – 2.13.6.
- Куперит / *Cooperite* –  $\text{PtS}$  – 2.5.

- Куратит / Kuratite** –  $\text{Ca}_2(\text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}, \text{Ti})_6(\text{Si}, \text{Al})_6\text{O}_{20}$  – 2.13.3.
- Кутногорит / Kutnohorite** –  $\text{Ca}(\text{Mn}, \text{Mg}, \text{Fe})(\text{CO}_3)_2$  – 2.11.
- \***Кушироит / Kushiroite** –  $\text{CaAl}[\text{AlSiO}_6]$  – 2.13.3.
- Лабрадорит / Labradorite** –  $(\text{Ca}, \text{Na})[\text{Al}(\text{Al}, \text{Si})\text{Si}_2\text{O}_8]$  (50-70 мол.%  $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ ) – 2.13.6.
- Лакаргиит / Lakargiite** –  $\text{CaZrO}_3$  – 2.8.
- Лаурит / Laurite** –  $(\text{Ru}, \text{Os}, \text{Ir})\text{S}_2$  – 2.5.
- Лепидокрокит / Lepidocrocite** –  $\gamma\text{-FeO}(\text{OH})$  – 2.8.
- Лёллингита / Lollingite** –  $\text{FeAs}$  (в составе тверд. р-ра) – 2.6.
- Лизардит / Lizardite** –  $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$  – 2.13.5.
- Лимонит / Limonite** –  $\text{FeO}(\text{OH}) \cdot n\text{H}_2\text{O}$  – 2.8.
- Лингунит / Lingunite** –  $(\text{Na}, \text{Ca})\text{AlSi}_3\text{O}_8$  – 2.13.6.
- Липскомбит / Lipscombite** –  $(\text{Fe}, \text{Mn})\text{Fe}_2^{3+}[\text{PO}_4]_2(\text{OH})_2$  – 2.10.
- Ловерингит / Loveringite** –  $\text{Ca}(\text{Ti}, \text{Fe}, \text{Cr}, \text{Mg})_{21}\text{O}_{38}$  – 2.8.
- \***Лонсдэйлеит / Lonsdaleite** –  $\text{C}$  – 2.1.
- Лэйхунит / Laihunite** –  $\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}_2(\text{SiO}_4)_2$  – 2.13.1.
- Маггемит / Maghemite** –  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 2.8.
- Магнетит / Magnetite** –  $\text{FeFe}_2\text{O}_4$  – 2.8.
- Магнезит / Magnesite** –  $\text{MgCO}_3$  – 2.11.
- Магнезит железистый** –  $(\text{Mg}, \text{Fe})\text{CO}_3$  – 2.11.
- Магнезиовюстит / Magnesiowustite** –  $(\text{Mg}, \text{Fe})\text{O}$  – 2.8.
- Магнезиогорнблендит / Magnesiohornblende** –  $\text{Ca}_2[\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al}]_5[\text{Si}, \text{Al}]_8\text{O}_{22}[\text{OH}]_2$  – 2.13.4.
- Магнезиоферрит / Magnesioferrite** –  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  – 2.8.
- Магнезиохромит / Magnesiochromite** –  $(\text{Mg}, \text{Fe})(\text{Cr}, \text{Al})_2\text{O}_4$  – 2.8.
- Магнели фазы / Magneli phases** –  $\text{Ti}_n\text{O}_{2n-1}$  – 2.8.
- Маккинавит / Mackinawite** –  $(\text{Fe}, \text{Ni})_9\text{S}_8$  – 2.5.
- Мангадохромит / Manganochromite** –  $(\text{Mn}, \text{Fe})(\text{Cr}, \text{Ti})_2\text{O}_4$  – 2.8.
- Маргарит / Margarite** –  $\text{CaAl}_2(\text{Al}_2\text{Si}_2)\text{O}_{10}(\text{OH})_2$  – 2.13.5.
- Маричит / Maričite** –  $\text{NaFe}(\text{PO}_4)$  – 2.10.
- Мартенсит / Martensite** –  $\alpha_2\text{-Fe}, \text{Ni}$  Ni 9-17 мас.% – 2.1.
- Маскелинит / Maskelynite** – аморфн. – 2.13.5.
- Маучерит / Maucherite** –  $\text{Ni}_{11}\text{As}_8$  – табл. 2.6.
- Меджорит / Majorite** –  $\text{Mg}_3(\text{Fe}, \text{Al}, \text{Si})_2[\text{SiO}_4]_3$  – 2.13.1.
- Медь / Copper** –  $\text{Cu}$  – 2.1.
- Меланит / Melanite** –  $\text{Ca}_3(\text{Fe}^{3+}, \text{Cr}, \text{Ti})_2[(\text{Si}, \text{Al})\text{O}_4]_3$  – 2.13.1.
- Мелантерит / Melanterite** –  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  – 2.9.
- Мелилит / Melilite** –  $\text{Ca}_2(\text{Al}, \text{Mg})[(\text{Al}, \text{Si})\text{SiO}_7]$  – 2.13.1.
- \***Меллиниит / Melliniite** –  $(\text{Ni}, \text{Fe})_4\text{P}$  – 2.4.
- Мерриллит (Витлокит) / Merrillite** –  $\text{Ca}_9\text{NaMg}(\text{PO}_4)_7$  – 2.10.
- Меррихьюит / Merrihueite** –  $(\text{K}, \text{Na})_2\text{Fe}_5\text{Si}_{12}\text{O}_{30}$  – 2.13.2.
- Миллерит / Millerite** –  $\text{NiS}$  – 2.5.
- Молибден / Molybdenum** –  $\text{Mo}$  – 2.1.
- Молибденит / Molybdenite** –  $\text{MoS}_2$  – 2.5.
- Молибдошеелит / Molybdoscheelite** –  $\text{Ca}[(\text{W}, \text{Mo})\text{O}_4]$  – 2.12.
- Монацит-(Ce) / Monazite-(Ce)** –  $\text{Ce}[\text{PO}_4]$  – 2.10.
- \***Монипит / Monipite** –  $\text{MoNiP}$  – 2.4.
- Монтичеллит / Monticellite** –  $\text{CaMg}[\text{SiO}_4]$  (<10 мол.%  $\text{CaFeSiO}_4$ ) – 2.13.1.
- Монтмориллонит / Montmorillonite** –  $(\text{Na}, \text{Ca})_{0.3}(\text{Al}, \text{Mg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  – 2.13.5.
- Мончеит (ченгболит) / Moncheite (chengbolite)** –  $\text{PtTe}_2$  – 2.6.
- Муассонит-β- / β-moissanite** –  $\text{SiC}$  – 2.2.
- Муллит / Mullite** –  $\text{Al}_6[(\text{Si}, \text{Ti})_2\text{O}_{13}]$  – 2.13.1.
- \***Мурчисит / Murchisite** –  $\text{Cr}_5\text{S}_6$  – 2.5.
- \***Найнинджерит / Niningerite** –  $(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Mn})\text{S}$  – 2.5.
- \***Найнинджерит-алабандин твердый р-р / Niningerite-alabandite solid sol.**  $(\text{Mg}, \text{Mn}, \text{Fe})\text{S}$  атом. $\text{MgS}/\text{MnS} \approx 1$ ) – 2.5.
- Наноалмаз / Nanodiamond** –  $\text{C}$  – 2.1.
- Несквегонит / Nesquehonite** –  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)(\text{OH}) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  – 2.11.

- Нефелин / Nepheline** –  $(\text{Na}, \text{K})\text{AlSiO}_4$  – 2.13.6.
- Нигглиит / Nigglite** –  $\text{PtSn}$  – 2.1.
- Ниерерит / Nyerereite** –  $\text{Na}_2\text{Ca}[\text{CO}_3]_2$  – 2.11.
- \***Ниерит / Nierite** –  $\alpha\text{-Si}_3\text{N}_4$  – 2.3.
- Никель / Nickel** –  $\text{Ni}$  – 2.1.
- \***Никельфосфид / Nickelphosphide** –  $(\text{Ni}, \text{Fe})_3\text{P}$  – 2.4.
- Ниобий / Niobium** –  $\text{Nb}$  – 2.1.
- Нонтронит / Nontronite** –  $\text{Na}_{0.3}\text{Fe}^{+2}(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  – 2.13.5.
- \***Нуваит / Nuwaite** –  $\text{Ni}_6(\text{Ge}, \text{Sn})(\text{S}, \text{Te})_2$  – 2.5.
- Оливин / Olivine** –  $(\text{Mg}, \text{Fe})_2[\text{SiO}_4]$  (0-90 мол.%  $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$ ) – 2.13.1.
- Олигоклаз / Oligoclase** –  $(\text{Na}, \text{Ca})[\text{Al}(\text{Si}, \text{Al})\text{Si}_2\text{O}_8]$  (0-30 мол.%  $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ ) – 2.13.6.
- Ольдгамит / Oldhamite** –  $\text{CaS}$  – 2.5.
- Омейит / Omeiite** –  $(\text{Os}, \text{Ru})\text{As}$  (в составе тверд. р-ра) – 2.6.
- Омфациит / Omphacite** –  $(\text{Ca}, \text{Na})(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})[\text{Si}_2\text{O}_6]$  – 2.13.3.
- Опал / Opal** –  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  – 2.8.
- Орселит / Orcelite** –  $\text{Ni}_{5-x}\text{As}_2$  – 2.6.
- Ортоклаз / Orthoclase** –  $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$  – 2.13.6.
- \***Осборнит / Osbornite** –  $\text{TiN}$  – 2.3.
- Осмий / Osmium** –  $\text{Os}$  – 2.1.
- Осумилит / Osumilite** –  $(\text{K}, \text{Na})(\text{Fe}, \text{Mg})_2(\text{Al})_3[\text{Si}, \text{Al}]_{12}\text{O}_{30}$  – 2.13.2.
- \***Пакьюит / Paquete** –  $\text{Ca}_3\text{TiSi}_2(\text{Al}_2\text{Ti})\text{O}_{14}$  – 2.13.3.
- Пальгорскит / Palygorskite** –  $(\text{Mg}, \text{Al})_5(\text{Si}, \text{Al})_8\text{O}_{20}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  – 2.13.5.
- \***Пангуит / Panguite** –  $(\text{Ti}^{4+}, \text{Sc}, \text{Al}, \text{Mg}, \text{Zr}, \text{Ca})_{1.8}\text{O}_3$  (14.6 %  $\text{ZrO}_2$ , 10.7 %  $\text{Sc}_2\text{O}_3$ ) – 2.8.
- \***Панетит / Panethite** –  $(\text{Ca}, \text{Na})_2(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_2(\text{PO}_4)_2$  – 2.10.
- \***Пекораит / Pecoraite** –  $\text{Ni}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$  – 2.13.5.
- Пентландит / Pentlandite** –  $(\text{Fe}, \text{Ni})_9\text{S}_8$  – 2.5.
- Периклаз / Periclase** –  $\text{MgO}$  – 2.8.
- Перовскит / Perovskite** –  $\text{CaTiO}_3$  – 2.8.
- \***Перриит / Perryite** –  $(\text{Ni}, \text{Fe})_8(\text{Si}, \text{P})_3$  – 2.4.
- Пижонит / Pigeonite** –  $(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Ca})[\text{SiO}_3]$  – 2.13.3.
- Пироп / Pirope** –  $\text{Mg}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$  – 2.13.1.
- Пирохлор / Pyrochlore** –  $(\text{Ca}, \text{Th}, \text{U})_2(\text{Nb}, \text{Ti})_2\text{O}_7$  – 2.8.
- Пирофанит / Pyrophanite** –  $\text{MnTiO}_3$  – 2.8.
- Платина / Platinum** –  $\text{Pt}$  – 2.1.
- Плеонаст / Pleonaste** –  $(\text{Mg}, \text{Fe})\text{Al}_2\text{O}_4$  – 2.8.
- Пирит / Pyrite** –  $\text{FeS}_2$  – 2.5.
- Пирротин / Pyrotite** –  $\text{Fe}_{1-x}\text{S}$  – 2.5.
- Повелит / Powellite** –  $\text{Ca}[\text{MoO}_4]$  – 2.12.
- Портландит / Potlandite** –  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  – 2.8.
- Раммельсбергит / Rammelsbergite** –  $(\text{Ni}, \text{Co})\text{As}_2$  – 2.6.
- Рений / Rhenium** –  $\text{Re}$  – 2.1.
- \***Рёддерит / Roedderite** –  $(\text{K}, \text{Na})_2\text{Mg}_5\text{Si}_{12}\text{O}_{30}$  – 2.13.2.
- Рёнит / Rhönite** –  $\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}, \text{Ti})_6(\text{Si}, \text{Al})_6\text{O}_{20}$  – 2.13.3.
- \***Рингвудит / Ringwoodite** –  $(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{SiO}_4$  – 2.13.1.
- Р-рихтерит / F-richterite** –  $\text{Na}_2(\text{Na}, \text{Ca})\text{Mg}_3[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2(\text{F}, \text{OH})_2$  – 2.13.3.
- \***Роалдит / Roaldite** –  $(\text{Fe}, \text{Ni})_4\text{N}$  – 2.3.
- Родонит / Rhodonite** –  $(\text{Mn}, \text{Ca}, \text{Mg})_5\text{Si}_5\text{O}_{15}$  – 2.13.3.
- Родохрозит / Rhodochrosite** –  $\text{MnCO}_3$  – 2.11.
- Ртуть / Mercury** –  $\text{Hg}$  – 2.1.
- \***Рубинит / Rubinite** –  $\text{Ca}_3\text{Ti}^{3+}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$  – 2.13.1.
- Рустенбургит / Rustenburgite** –  $\text{Pt}_3\text{Sn}$  – 2.1.
- Рутений / Ruthenium** –  $\text{Ru}$  – 2.1.
- \***Рудашевскиит / Rudashevskyite** –  $(\text{Fe}, \text{Zn})\text{S}$  – 2.5.
- Рутил / Rutile** –  $\text{TiO}_2$  – 2.8.
- Салит / Salite** –  $\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe})[\text{Si}_2\text{O}_6]$  (10-50 мол.%  $\text{CaFeSi}_2\text{O}_6$ ) – 2.13.3.
- Санидин / Sanidine** –  $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$  – 2.13.6.
- Сапонит / Saponite** –  $(\text{Ca}_{0.5}, \text{Na})_{0.3}(\text{Mg}, \text{Fe}^{+2})_3(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  – 2.13.5.
- Сапфирин / Sapphirine** –  $(\text{Mg}, \text{Al})_8[\text{Al}, \text{Si}]_6\text{O}_{20}$  – 2.13.3.
- Саркопсид / Sarcopsidite** –  $(\text{Fe}, \text{Mn})_3(\text{PO}_4)_2$  – 2.10.
- Саффорит / Safflorite** –  $(\text{Co}, \text{Ni})\text{As}_2$  – 2.6.

- Сепиолит / Sepiolite** –  $Mg_4Si_6O_{15}(OH)_2 \cdot H_2O$  – 2.13.5.
- Сера / Sulfur** – S – 2.1.
- Серебро / Silver** – Ag – 2.1.
- Сидерит / Siderite** –  $(Fe, Mg, Ca)CO_3$  (15% MgO, 8% CaO) – 2.11.
- Сильвин / Sylvine** – KCl – 2.7.
- \*Синоит / Sinoite** –  $Si_2N_2O$  – 2.3.
- Скаполит / Scapolite** – Тв. р-р мариалит  $Na_4Al_3Si_9O_{24}Cl$  – мейонит  $Ca_4Al_6Si_6O_{24}CO_3$  – 2.13.4.
- Смайтит / Smythite** –  $Fe_9S_{11}$  –  $Fe_{13}S_{16}$  – 2.5.
- Соботкит / Sobotkite** –  $(K, Ca_{0.5})_{0.3}(Mg, Fe^{+2})(Si, Al)_4O_{10}(OH)_2 \cdot 4H_2O$  – 2.13.5.
- Содалит / Sodalite** –  $Na_4Al_3Si_3O_{12}Cl$  – 2.13.6.
- Сперрилит / Sperrylite** –  $PtAs_2$  – 2.6.
- Старкеит / Starkeyite** –  $MgSO_4 \cdot 4H_2O$  – 2.9.
- СТИШОВИТ / Stishovite** –  $SiO_2$  – 2.8.
- \*Стенфилдит / Stanfieldite** –  $Ca_4(Mg, Fe)_5(PO_4)_6$  – 2.10.
- Сфалерит / Sphalerite** –  $(Zn, Fe)S$  – 2.5.
- Сфен (Титанит) / Sphene (titanite)** –  $CaTiSiO_5$  – 2.13.1.
- Тажеранит / Tazheranite** –  $(Zr, Ti, Ca, Y)O_2$  – 2.8..
- Тальк / Talc** –  $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_4$  – 2.13.4.
- Тенардит / Thenardite** –  $Na_2SO_4$  – 2.9.
- Тетратэнит / Tetrataenite** –  $FeNi$  – 2.1.
- Тетраферроплатина / Tetraferroplatinum** –  $PtFe$  – 2.1.
- \*Тистарит / Tistarite** –  $Ti_2O_3$  – 2.8.
- Титанит / titanite = Сфен / sphene
- Торианит / Torianite** –  $(Th, U)O_2$  – 2.8.
- Тортвейтит / Thortveitite** –  $Sc_2Si_2O_7$  – 2.13.1.
- Точилинит / Tochilinite** –  $6Fe_{0.9}S \cdot 5(Mg, Fe, Ni)(OH)_2$ , *трикл.* – 2.5.
- Треворит / Trevorite** –  $NiFe_2O_4$  – 2.8.
- Тридимит / Tridymite** –  $SiO_2$  – 2.8.
- Троилит / Troilite** –  $FeS$  – 2.5.
- Тугариновит / Tugarinovite** –  $MoO_2$  – 2.8.
- \*Туит / Tuite** –  $\gamma-Ca_3(PO_4)_2$  – 2.10.
- Тунгстенит / Tungstenite** –  $WS_2$  – 2.5.
- Тэнит / Taenite** –  $\gamma-Fe, Ni$  – 2.1.
- Ульвошпинель / Ulvöspinel** –  $TiFe_2O_4$  – 2.8.
- \*Фаррингтонит / Farringtonite** –  $(Mg, Fe)_3(PO_4)_2$  – 2.10.
- Фаялит / Fayalite** –  $Fe_2[SiO_4]$ , (>90 мол.%  $Fe_2SiO_4$ ) – 2.13.1.
- Ферригидрит / Ferrihydrite** –  $5Fe_2O_3 \cdot 9H_2O$  – 2.8.
- Ферроантигорит / Ferroan antigorite** –  $Mg, Fe, Mn)_3(Si, Al)_2O_5(OH)_4$  – 2.13.5.
- Фероксигит / Feroxyhite** –  $\delta-FeO(OH)$  – 2.8.
- Ферропсевдобрукит / Ferropseudobrookite** –  $Fe^{2+}Ti_2O_5$  – 2.8.
- Ферросилит / Ferrosilite** –  $(Fe, Mg)[SiO_3]$  – 2.13.3.
- Феррохибонит / Ferrohibonite** –  $(Fe, Mg)Al_{12}O_{19}$  – 2.8.
- Феррохромит / Ferrocromite** –  $FeCr_2O_4$  – 2.8.
- Флогопит / Phlogopite** –  $KMg_3(Si_3Al)O_{10}(OH)_2$  – 2.13.5.
- \*Ферри-флогопит / Ferri-phlogopite** –  $(K, Na)(Mg, Fe)_3(Si, Al)_4O_{10}(OH)_2$  – 2.13.5.
- \*Флоренскиит / Florenskyite** –  $FeTiP$  – 2.4.
- Форстерит / Forsterite** –  $Mg_2[SiO_4]$  (<10 мол.%  $Fe_2SiO_4$ ) – 2.13.1.
- Франколит (Карбонат-фторапатит) / Francolite** –  $Ca_5(PO_4, CO_3)F$  – 2.10.
- Фторапатит / Fluorapatite** –  $Ca_5[PO_4]_3F$  – 2.10.
- Хаапалаит / Haapalaite** –  $4(Fe, Ni)S \cdot (Mg, Fe_{2+})(OH)_2$  – 2.5.
- \*Хаксонит / Haxonite** –  $(Fe, Ni)_{23}C_6$  – 2.2.
- Халькозин / chalcosine = Халькоцит / chalcocite** –  $Cu_2S$  – 2.5.
- Халькоцит / chalcocite = Халькозин / chalcosine
- Халькопирит / Chalcopyrite** –  $CuFeS_2$  – 2.5.
- Хамрабаевит / Khamrabaevite** –  $TiC$  – 2.2.
- Хапкеит / Hapkeite** –  $Fe_2Si$  – 2.5.
- \*Хатчеонит / Hutcheonite** –  $Ca_3Ti_2(SiAl_2)O_{12}$  – 2.13.1.
- Хезлеудит / Heazlewoodite** –  $Ni_3S_2$  – 2.5.
- \*Хейдеит / Heideite** –  $(Fe, Cr)_{1+x}(Ti, Fe)_2S_4$  – 2.5.

Хиббингит / *Hibbingite* –  $\gamma\text{-Fe}^{2+}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$  – 2.8.  
 Хибонит / *Hibonite* –  $\text{CaAl}_{12}\text{O}_{19}$  – 2.8.  
 \*Хибонит-(Fe) / *Hibonite-(Fe)* –  $(\text{Fe}, \text{Mg})\text{Al}_{12}\text{O}_{19}$  – 2.8  
 \*Хладниит / *Chladniite* –  $\text{Na}_2\text{CaMg}_7(\text{PO}_4)_6$  – 2.10.  
 Хлорапатит / *Chlorapatite* –  $\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3\text{Cl}$  – 2.10.  
 Хлормайенит / *Chlormayenite* –  $\text{Ca}_{12}\text{Al}_{14}\text{O}_{32}\text{Cl}_2$  – 2.8  
 Хогарит / *Khogarite* –  $\text{Mg}_3\text{Fe}^{3+}_2[\text{SiO}_4]_3$  – 2.13.1.  
 Холландит / *Hollandite* –  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8 \text{Ab}_{80-75}\text{An}_{12-15}\text{Or}_{8-10}$  – 2.13.6.  
 Хонессит / *Honessite* –  $(\text{Ni}, \text{Fe})_8\text{SO}_4(\text{OH})_{16} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  – 2.9.  
 Хризотил / *Chrysolite* –  $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$  – 2.13.5.  
 Хромит / *Cromite* –  $(\text{Fe}, \text{Mg})(\text{Cr}, \text{Al})_2\text{O}_4$  – 2.8.  
 Цельзиан / *Celsian* –  $\text{BaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$  – 2.13.6.  
 Циркон / *Zircon* –  $\text{Zr}[\text{SiO}_4]$  – 2.13.1.  
 Цирконолит (Циркелит) / *Zirconolite* –  $(\text{Ca}, \text{Y})\text{ZrTi}_2\text{O}_7$  – 2.8.  
 Чаоит / *Chaoite* – C – 2.1.  
 \*Чукановит / *Chukanovite* –  $\text{Fe}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$  – 2.11.  
 Шамозит / *Chamosite* –  $(\text{Fe}^{+2}, \text{Mg}, \text{Fe}^{+3})_5\text{Al}(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH}, \text{O})_8$  – 2.13.54.  
 Швертманнит / *Schwertmannite* –  $\text{Fe}^{3+}_{16}\text{O}_{16}(\text{OH})_{12}(\text{SO}_4)_2$  – 2.9.  
 Шеелит / *Scheelite* –  $\text{Ca}[\text{WO}_4]$  – 2.12.  
 \*Шолхорнит / *Schöllhornite* –  $\text{Na}_{0.3}\text{CrS}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  – 2.5.  
 Шопинит / *Chopinite* –  $(\text{Mg}, \text{Fe})_3(\text{PO}_4)_2$  – 2.10.  
 Шопинит-саркопсид твердый p-p / *Chopinite-sarcopsid solid sol.* –  $(\text{Mg}, \text{Fe})_3(\text{PO}_3)_2$  – 2.10.  
 Шпинель / *Spinel* –  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$  – 2.8.  
 \*Шрейберзит / *Schreibersite* –  $(\text{Fe}, \text{Ni})_3\text{P}$  – 2.4.  
 Эденит / *Edenite* –  $\text{NaCa}_2(\text{Mg}, \text{Fe})_3[\text{AlSi}_7\text{O}_{22}](\text{OH})_2$  – 2.13.4.  
 Электрум / *Electrum* – Au, Ag – 2.1.  
 Энигматит / *Aenigmatite* –  $\text{Na}_2\text{Fe}^{2+}_5\text{TiSi}_6\text{O}_{20}$  – 2.13.3.  
 Энстатит / *Enstatite* –  $\text{Mg}[\text{SiO}_3]$  (<10 мол.%  $\text{FeSiO}_3$ ) – 2.13.3.

Эпсомит / *Epsomite* –  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  – 2.9.  
 Эрингаит / *Eringait* –  $\text{Ca}_3(\text{Sc}, \text{Y}, \text{Ti})_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$  – 2.13.1.  
 Эрлихманит / *Erlichmanite* –  $(\text{Os}, \text{Ru}, \text{Ir})\text{S}_2$  – 2.5.  
 Эсколаит / *Eskolaite* –  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  – 2.8.  
 Юриит / *ureyte* = Космохлор / *cosmochlor*  
 \*Ягиит / *Yagiite* –  $(\text{K}, \text{Na})_2(\text{Mg}, \text{Al})_5[(\text{Si}, \text{Al})_{12}\text{O}_{30}]$  – 2.13.2.  
 Ярозит / *Jarosite* –  $\text{KFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$  – 2.9.

#### *Входят в состав твердого раствора*

Лёллингита / *Lollingite* – FeAs (в составе тверд. p-ра) – 2.6.  
 Иридарсенита / *Iridarsenite* – (Ir, Ru)As (в составе тверд. p-ра) – 2.6.  
 Омейита / *Omeiite* – (Os, Ru)As (в составе тверд. p-ра) – 2.6.  
 Сперрилита / *Sperryllite* – PtAs (в составе тверд. p-ра) – 2.6.

#### **Недостаточно идентифицированные минеральные фазы**

метал Fe, Ni- – Fe, Ni – 2.1.  
 метал Fe, Cr- – Cr до 23 мас.% – 2.1.  
 Минеральная фаза Mineral phase  $\text{Ni}_3\text{Ge}$  – 2.1.  
 Карбид Ti - Ti-carbide – TiC – 2.2.  
 “карбид-W-” / “W-carbide” –  $\text{Fe}_{2.5}\text{C}$  – 2.2.  
 Fe, Cr-карбид - Fe, Cr-carbide – 13-33 мас.% Cr – 2.2.  
 Карбиды труднолетучих металлов - Refractory metals carbides – (Zr, Mo, Ti, Ru)C – 2.2.  
 Нитрид алюминия - AlN – 2.3.  
 $\beta$ -нитрид кремния –  $\beta$ -silicon nitride –  $\beta\text{-Si}_3\text{N}_4$  – 2.3.  
 Оксинитрид титана – Titenium oxynitride –  $\text{Ti}_2\text{N}_2\text{O}$ , *триг.* – 2.3.  
 Фосфид никеля - Phosphide of Ni –  $\text{Ni}_5\text{P}_2$  – 2.4.  
 Фосфосилицид Fe, Ni- – Phosphosilicide Fe, Ni- –  $(\text{Fe}, \text{Ni})_2(\text{Si}, \text{P})$  – 2.4.  
 Силицид Fe, Ni - Silicide Fe, Ni –  $(\text{Fe}, \text{Ni})_4\text{Si}$ , *гекс.* – 2.4.  
 Сульфид Cr, Na, Cu –  $(\text{Na}, \text{Cu})\text{CrS}_2$  – 2.5.

Водный сульфид Fe и Cr –  $\text{FeCr}_2\text{S}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  или  $\text{FeCr}_2\text{S}_4(\text{OH})_n$  – 2.5.

Сульфид Au,Fe,Ag - Au,Fe,Ag sulphide –  $(\text{Au,Fe,Ag})_2\text{S}$  – 2.5.

Сульфид Fe,Au,Co - Fe,Au,Co sulphide –  $(\text{Fe,Au,Co})_2\text{S}_3$  – 2.5.

Сульфид Ag и Cr – Ag,Cr sulphide –  $\text{AgCrS}_2$  – 2.5.

Сульфид Ag и Cr - Ag,Cr sulphide –  $\text{AgCr}_2\text{S}_4$  – 2.5.

Сульфид Pt,Ru,Ir,Os - Pt,Ru,Ir,Os sulphide –  $(\text{Pt,Ru,Ir,Os})_2\text{S}$  – 2.5.

Сульфид Fe,Ru,Ni,Pt,Ir – Ru,Ni,Pt,Ir sulphide  $(\text{Fe,Ru,Ni,Pt,Ir})_3\text{S}$  – 2.5.

Бисульфид Os,Ru,Ir – Os,Ru,Ir bisulphide –  $(\text{Os,Ru,Ir})\text{S}_2$  – 2.5.

Дисульфид Na - Sodium disulphide –  $\text{Na}_2\text{S}_2$  – 2.5.

Сульфид Ni и Ge - Ni,Ge-sulphide –  $\text{Ni}_5\text{GeS}$  – 2.5.

Сульфид арсенид платиноидов – Platinoids sulphoarsenide  $(\text{Ir,Pt,Fe,Os})(\text{As,S})_2$  – 2.6.

Теллурид Pb (Алтаид ?) – Altaite ? –  $\text{PbTe}$  – 2.6.

Оксид Ti  $\text{Ti}_2\text{O}_3$  – 2.8.

Оксид Ti  $\text{Ti}_3\text{O}_5$  – 2.8.

Магнели фазы  $\text{Ti}_n\text{O}_{2n-1}$  – Magnely phases –  $\text{Ti}_5\text{O}_9$  – 2.8.

$\text{Ti}_8\text{O}_{15}$  – 2.8.

Армолколит кальциевый – Armalcolite calcium –  $\text{CaTi}_2\text{O}_5$  – 2.8.

Al,Ti,Zr-оксид –  $(\text{Al,Ti})_2(\text{Ti,Zr})\text{O}_5$  – 2.8.

Ca-минерал T –  $(\text{Ca,Mg,Ti}^{3+})(\text{Ti}^{4+},\text{Ti}^{3+})_3\text{O}_7$  – 2.8.

Mg-минерал T –  $(\text{Mg,Fe,Ca,Ti}^{3+})(\text{Ti}^{4+},\text{Ti}^{3+})_3\text{O}_7$  – 2.8.

Cr-содержащий Mg-минерал T –  $(\text{Mg,Cr,Ti}^{3+})(\text{Ti}^{4+},\text{Cr,Ti}^{3+})_3\text{O}_7$  – 2.8.

Оксид Zr,Ti,Y,Sc –  $(\text{Y,Ca,Sc})_2(\text{Zr,Ti}^{3+})_5\text{O}_9$  – 2.8.

Оксид Sc,Zr,Ti фаза  $\text{Sc}_2(\text{Zr,Ti})_2\text{O}_7$  – 2.8.

Фаза #I -  $\text{Na}_4\text{Ca}_3\text{Fe}(\text{PO}_4)_4$  – 2.10.

Фаза #III -  $\text{Na}_4\text{Ca}(\text{Mn,Fe})(\text{PO}_4)_2$  – 2.10.

Фаза #IV -  $\text{Na}_4\text{CaCr}(\text{PO}_4)_3$  – 2.10.

Фаза  $\text{Na}_{1+x}\text{Mg}[\text{PO}_4]\text{F}$ , мон. – 2.10.

Фаза  $\text{Na}_2\text{Ti}[\text{PO}_4]_2$ , мон. – 2.10.

Ca-Ti-Al-силикат  $\text{Ca}_3\text{Ti}(\text{Al,Ti})_2[(\text{Si,Al})_3\text{O}_{14}]$ , триг. – 5.13.1.

Энстатит Mn- (донпикорит  $(\text{Mn,Mg})\text{MgSi}_2\text{O}_6$  или каноит  $(\text{Mn,Mn})_2\text{Si}_2\text{O}_6$ ) – donreacorite или kanoite – 2.13.3.

Фаза состава  $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$  со структурой шпинели  $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$  – 2.13.1.

Mg,Fe-пироксен со структурой перовскита  $(\text{Mg,Fe})[\text{SiO}_3]$ , триг. – 2.13.3.

Минерал со структурой оливина и составом пироксена / Mineral with ol structure and px composition  $\text{Na}_{0.06}\text{Mg}_{0.71}\text{Fe}_{0.20}\text{Al}_{0.11}\text{Si}_{0.94}\text{O}_3$ , ромб. – 2.13.3.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Барышникова Г.В., Игнатенко К.И., Лаврухина А.К. (1990) Жадеит и жадеитовые пироксены в хондрах хондритов Каинсаз СОЗ и Индарх ЕН4. Тезисы докл. XXI Всесоюз. метеоритн. конф., 20–21.

Бритвин С.Н., Коломенский В.Д., Болдырева М.М., Богданова А.Н., Крецер Ю.Л., Болдырева О.Н., Рудашевский Н.С. (1999) Никельфосфид  $(\text{Ni,Fe})_3\text{P}$  - никелевый аналог шрейберзита. *Записки Всесоюзного Минералогического Общества* **128**(3), 64–72.

Бритвин С.Н., Гуо Й.С., Коломенский В.Д., Болдырева М.М., Крецер Ю.Л., Яговкина М.А. (2001) Кроносит  $\text{Ca}_{0.2}(\text{H}_2\text{O})_2\text{CrS}_2$  – новый минерал из энстатитового хондрита Norton County. *Записки Всесоюзного Минералогического Общества*. **130**(3), 29–36.

Вдовыкин Г.П. (1969) Новая гексагональная модификация углерода в метеоритах. *Геохимия* **9**, 1145–1148.

Додд Р. (1986) Метеориты. Геохимия и петрология. М., “Мир” 384 с.

Ерофеев М., Лачинов П. (1888) Об Ново-урейском метеорите. *Записки Всесоюзного Минералогического Общества* **24**, 263.

Заславская Н.И., Мигдисова Л.Ф., Колесов Г.М., Барсукова Л.Д., Кононкова Н.Н., Коровайков П.А. (1986) Железный метеорит Бурхала. *Метеоритика* **45**, 95–101.

Иванов А.В. (1989) Образование кристаллов никелистого железа в метеорите Kaidun: Роль карбонильных соединений. *ДАН СССР* **308**(3), 712–716.

Иванов А.В., Скрипник А.Я., Ульянов А.А., Барсукова Л.Д., Колесов Г.М., Кононкова Н.Н. (1986) Химиче-

- ский состав, минералогия и геохимическая характеристика нового метеорита Kaidun. *Метеоритика* (45), 3–19.
- Иванов А.В. (1989) Метеорит Kaidun – состав и история формирования. *Геохимия* (2), 259–266.
- Иванов А.В., Кононкова Н.Н., Гусева Е.В. (1992) Гидротермальные изменения шрейберзита и металлического железа в метеорите Kaidun III (EH5). *Геохимия* (8), 1085–1093.
- Иванов А.В., Макферсон Г.Дж., Кононкова Н.Н., Золенский М.Е., Мигдисова Л.Ф. (1994) Метеорит Kaidun: Включения в металле энстатитового класта. XXII метеоритная конф., Тезисы докл., Черногловка, 35–36.
- Иванов А.В., Кононкова Н.Н., Золенский М.Е., Мигдисова Л.Ф., Строганов И.А. (2002) Метеорит Kaidun: Фрагмент щелочной породы. *Геохимия* (7), 769–772.
- Ivanov A.V., Kononkova N.N., Zolensky M.E., Migdisova L.F., Stroganov I.A. (2002) The Kaidun meteorite: An alkaline rock fragment. *Geochem. Int.* **40**(12), 1139–1145.
- Иванов А.В., Золенский М.Е., Кононкова Н.Н., Янг С.В., Строганов И.А. (2006) Метеорит Kaidun: Кристаллы оксидов в полостях. *Геохимия* (3), 284–292.
- Ivanov A.V., Zolensky M.E., Kononkova N.N., Yang S.V., Stroganov I.A. (2006) Kaidun meteorite: Crystals oxides in cavities. *Geochem. Int.* **44**(3), 249–257.
- Иванов А.В., Иванова М.А., Кононкова Н.Н. (2007) Концентрически-зональные структуры в образце метеорита Kaidun. *Геохимия* (10), 1043–1056.
- Ivanov A.V., Ivanova M.A., Kononkova N.N. (2007) Concentricly zoned textures in a sample of the Kidun meteorite. *Geochem. Int.* **45**(10), 957–970.
- Кваша Л.Г. (1948) Исследование каменного метеорита Старое Борискино. *Метеоритика* (4), 83–96.
- Копылова А.Г., Олейников Б.В. (2000) Фосфиды и фосфористые сульфиды метеорита Онелло. *Записки Всесоюзного Минералогического Общества* **129**(5), 37–43.
- Лоренц К.А., Назаров М.А., Курат Г., Брандштеттер Ф., Нтафлос Т. (2007) Экзотическое метеоритное вещество говардитов и полимиктовых эвкритов. *Петрология* **15**(2), 115–132.
- Мэйсон Б. (1965) Метеориты. М.: Мир, 305 с.
- Мигдисова Л.Ф., Заславская Н.И., Барсукова Л.Д., Кононкова Н.Н. (1988) Хондрит Преображенка. *Метеоритика* (47), 32–43.
- Назаров М.А., Курат Г., Брандштеттер Ф., Нтафлос Т., Шауссидон М., Хоппе П. (2009) Фосфористые сульфиды и их ассоциации в СМ хондритах. *Петрология* **17**(2), 115–138.
- Петаев М.И. (1988) Список минералов метеоритов. *Метеоритика* (47), 156–166.
- Петаев М.И., Скрипник А.Я. (1983) О минеральном составе энстатитовых хондритов. *Метеоритика* (42), 86–92.
- Пляшкевич Л.Н., Сандомирская С.М., Заславская Н.И. (1980) Минералогия и структура метеорита Эгвекинот. *Метеоритика* (39), с.70–78.
- Тертычная Б.В., Семенов В.П. (1994) Структурно-минералогическая характеристика атаксита Iquique (IVB). Тезисы докл. 22 метеоритн. конф., с.80.
- Ульянов А.А. (1986) Минералого-геохимическое изучение тугоплавких включений в углистых хондритах Ефремовка и Грозная. Автореф. дисс. канд.геол.-мин. наук. ГЕОХИ АН СССР, М., 25 с.
- Ульянов А.А., Кононкова Н.Н. (1990) Минералогия обогащенных металлом тугоплавких включений в углистом хондрите Ефремовка. *Метеоритика* (49), 74–92.
- Чуканов Н.В., Пеков И.В., Левицкая Л.А., Задов А.Е. (2008) Дрониноит  $Ni_3Fe_3+Cl(OH)_8 \cdot 2H_2O$  – новый минерал группы гидроталькита из выветрелого метеорита Дронино. Записки Российского Минералогического Общества **137**(6), 38–46.
- Юдин И.А. (1954) Минералого-химическое исследование каменного метеорита Венгеро. *Метеоритика* (11), 89–100.
- Юдин И.А., Коломенский В.Д. (1987) Минералогия метеоритов. УНЦ АН. Свердловск, 198 с.
- Юдин И.А., Козманов Ю.Д., Ременникова И.М. (1978) Исследование минералов коры плавления метеорита Саратов. *Метеоритика* (28), 156–157.
- Alexander C.M.O'D., Swan P., Walker R.M. (1990) *In situ* measurement of interstellar silicon carbide in two CM meteorite. *Nature* **348**, 715–717.
- Alexander C.M.O'D., Prombo C.A., Swan P., Walker R.M. (1991) SiC and  $Si_3N_4$  in Qingzhen (EH3). *22<sup>nd</sup> Lunar Planet. Sci.*, abstract, 5–6.
- Alexander C.M.O'D., Hutchison R.H., Graham A.L., Yabuki H. (1987) Discovery of scapolite in the Bishunpur (LL3) chondritic meteorite. *Min Mag.* **51**, 733–735.
- Afiattalab F, Wasson J.T. (1980) Composition of the metal phases in ordinary chondrites: Implications regarding classification and metamorphism. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **44**, 431–446.
- Allen J.M., Grossman L., Davis A.M., Hutcheon I.D. (1978) Mineralogy, textures and mode of formation of hibonite-bearing Allende inclusion. *Proc. Lunar Planet. Sci. Conf. 9th*, **1**, 1209–1233.
- Amari S., Anders E., Virag A., Zinner E. (1990) Interstellar graphite in meteorites. *Nature* **345**, 238–240.

- Anand M., Tailor L.A., Nazarov M.A., Shu J., Mao H.-K., Hemley R.J. (2004) Space weathering on airless planetary bodies: Clues from the lunar mineral hapkeite. *Proc. National Acad. Sci. USA*, **101**(18), 6847–6851.
- Andersen C.A., Keil K., Mason B. (1964) Silicon oxynitride: A new meteoritic mineral. *Science* **146**(3641), 256–257.
- Armstrong J.T., Hutcheon I.D., Wasserburg G.J. (1985a) Ni-Pt-Ge-rich Fremdlinge: Indicators of a turbulent early solar system. *Meteoritics* **20**(4), 603–604.
- Armstrong J.T., El Goresy A., Wasserburg G.J. (1985b) Willy: A prize noble Ur-Fremdling—Its history and implications for the formation of Fremdlinge and CAI. *Geochim. Cosmochim. Acta* **49**(4), 1001–1022.
- Armstrong J.T., El Goresy A., Wasserburg G.J. (1985c) Zeldite revisited. *15<sup>th</sup> Lunar Planet. Sci.* 15–16.
- Armstrong J.T., Hutcheon I.D., Wasserburg G.J. (1987) Zeldite and Company: Petrogenesis of sulfide-rich fremdlinge and constraints on solar nebula processes. *Geochim. Cosmochim. Acta* **51**(12), 3155–3173.
- Badjukov D.D., Brandstaetter F., Kurat G., Libowitzky E., Raitala J. (2005) Ringwoodite-olivine assemblages in Dhofar 992 L6 melt veins. *36 Lunar Planet. Sci.*, abstr. # 1684.
- Bannister F.A. (1941) Osbornite, meteoritic titanium nitride. *Min. Mag.* **26**, 36–44.
- Bass M.N. (1971) Montmorillonite and serpentine in Orgueil meteorite. *Geochim. Cosmochim. Acta* **35**, 139–147.
- Barber D.J. (1981) Matrix phyllosilicates and associated minerals in CM2 carbonaceous chondrites. *Geochim. Cosmochim. Acta* **45**(6), 945–970.
- Barber D.J. (1985) Phyllosilicates and other layer-structured materials in stony meteorites. *Clay Minerals* **20**(4), 415–454.
- Baryshnikova G., Stakheeva S.A., Lavrentjeva Z.A., Ignaytenko K.I., Lavrukhina A.K. (1987) Chondrules in the Kainsaz CO chondrite: Mineral composition and assemblages; Comparison with the Allende CV and ordinary chondrite chondrules. *18<sup>th</sup> Lunar Planet. Sci.* 46–47.
- Berkley J.L., Brown H.G., IV, Keil K., Carter N.L., Mercier J.-C.C., Huss G. (1976) The Kenna ureilite: An ultramafic rock with evidence for igneous, metamorphic, and shock origin. *Geochim. Cosmochim. Acta* **40**(12), 1429–1437.
- Berkley J.L., Taylor G.J., Keil K., Healey J.T. (1978) Fluorescent accessory phases in the carbonaceous matrix of ureilites. *Geophys. Res. Lett.* **5**(12), 1075–1078.
- Brearley A.J., Jones R.H. (1998) Chondritic meteorites. In *Planetary Materials* (Papike J.J., ed.) Reviews in Mineralogy **36**, Mineralogical Society of America, 3-01-3-398.
- Bernatowicz T.J., Fraundorf G., Tang M., Anders E., Wopenka B., Zinner E., Fraundorf (1987) Evidence for interstellar SiC in the Murray carbonaceous chondrites. *Nature* **330**, 728–730.
- Bernatowicz T.J., Amari S., Zinner E.K., Lewis R.S. (1991) Interstellar grains within interstellar grain. *Astrophys. J.* **373**, L73–L76.
- Bernatowicz T.J., Amari S., Lewis R.S. (1994) Refractory carbides in interstellar grain. *25<sup>th</sup> Lunar Planet. Sci.*, 103–104.
- Bernatowicz T.J., Cowsik R., Gibbons C., Lodders K., Fegley B., Jr., Amari S., Lewis R.S. (1996) Constraints on stellar grain formation from presolar graphite in the Murchison meteorite. *Astrophys. J.* **472**, 760–782.
- Bernatowicz T., Bradley J., Amari S., Messenger S., Lewis R. (1999) New kinds of massive star condensates in a presolar graphite from Murchison. *30<sup>th</sup> Lunar Planet. Sci.*, abstract #1392.
- Berlin J., Lingemann C.M., Stoffer D. (2001) Occurrence of noble metal in fragments of different petrologic type in the Rumuruti chondrite. *36<sup>th</sup> Meteorit. Planet. Sci.* **36**, Suppl., A19.
- Binns R.A., Davis R.J., Reed S.J.B. (1969) Ringwoodite, natural (Mg,Fe)<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub> spinel in the Tenham meteorite. *Nature* **221**(5184), 943–944.
- Bischoff A., Palme H. (1986) Oxidation of refractory metal-rich assemblages at high temperature. *17<sup>th</sup> Lunar Planet. Sci.* 54–55.
- Bischoff A., Palme H. (1987) Composition and mineralogy of refractory-metal-rich assemblages from a Ca,Al-rich inclusion in the Allende meteorite. *Geochim. Cosmochim. Acta* **51**(10), 2733–2748.
- Brandstätter F., Nazarov M.A., Kurat G. (2003) Barringerite from the Santa Catharina ungrouped iron meteorite. *25<sup>th</sup> Lunar Planet. Sci.* abstract #1681.
- Brandstätter F., Ivanov A. (2011) On the occurrence of cubanite in the Kaidun meteorite. *46<sup>th</sup> Meteorit. Planet. Sci.* A28.
- Brearley A.J., Scott E.R.D., Keil K., Clayton R.N., Mayeda T.K., Boynton W., Hill D.H. (1989) Chemical, isotopic and mineralogical evidence for the origin of matrix in ordinary chondrites. *Geochim. Cosmochim. Acta* **53**(8), 2081–2093.
- Brearley A.J. (1993) Occurrence and possible significance of rare Ti oxides (Magneli phases) in carbonaceous chondrite matrices. *Meteoritics* **28**(4), 590–595.
- Brearley A.J. (1995) Aqueous alteration and brecciation in Bells, an unusual, saponite-bearing CM carbonaceous chondrite. *Geochim. Cosmochim. Acta* **59**, 2291–2317.
- Brearley A.J. (1997a) Disordered biopyriboles, amphibole, and talc in the Allende meteorite: Products of nebular or parent body aqueous alteration? *Science* **276**, 1103–1105.
- Brearley A.J. (1997b) Disordered biopyriboles and talc in chondrules in the Allende meteorite: Possible origins and formation conditions. *28<sup>th</sup> Lunar Planet. Sci.*, abstract #1158.
- Brearley A.J., Jones R.H. (1998) Chondritic meteorites. In *Planetary Materials*, Reviews in Mineralogy (ed. J. J. Papike).

- Mineralogical Society of America, Washington, DC, **36**, 1–398.
- Brett R., Higgins G.T. (1967) Cliftonite in meteorites: A proposed origin. *Science* **156**(3776), 819–820.
- Britvin S.N., Rydashevsky N.S., Krivovichev S., Burns C., Polekhovskiy Y.S. (2002) Allabogdanite,  $(\text{Fe,Ni})_2\text{P}$ , a new mineral from the Onello meteorite: The occurrence and crystal structure. *Am. Mineral.* **87**(8-9), 1245–1249.
- Britvin S.N., Bogdanova A.N., Boldyreva M.M., Aksenova G.Y. (2008) Rudashevskyite, the Fe-dominant analogue of sphalerite, a new mineral: Description and crystal structure. *Am. Mineral.* **93**(5-6), 902–909.
- Buddhue J.D. (1957) The oxidation and weathering of meteorites. Uni of New Mexico Press. 161 p
- Buchwald F. (1977) The mineralogy of iron meteorites. Phil. Trans. R.Soc. Lond., A., **286**, 453–491.
- Buchwald F. (1990) A new mineral, arupite,  $\text{Ni}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ , the nickel analogue of vivianite. *N. Jb. Mineral Mh* **2**, 76–80.
- Buchwald F., Clarke R.S., Jr. (1988) Akaganeite, not lawrencite, corrodes antarctic iron meteorites. *Meteoritics* **23**, 261.
- Buchwald F., Koch C.B. (1995) Hibbingite ( $\beta\text{-Fe}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$ ), a chlorine-rich corrosion product in meteorites and ancient iron object. *Meteoritics* **30**(5), 493.
- Buchwald F., Scott E.R.D. (1971) First nitride (CrN) in iron meteorites. *Nature, Phys. Sci.* **233** 113–114.
- Bunch T.E., Olsen E. (1968) Potassium feldspar in Weekeroo Station, Kodaikanal and Colomera iron meteorites. *Science*, **160**(3833), 1223–1225.
- Bunch T.E., Fuchs L.H. (1969a) Yagiite, a new sodium-magnesium analogue of osumilite. *Am. Mineral.* **54**(1-2), 14–18.
- Bunch T.E., Fuchs L.H. (1969b) A new mineral: brezinaite,  $\text{Cr}_3\text{S}_4$ , in the Tucson meteorite. *Am. Mineral.* **54**(11–12), 1509–1518.
- Bunch T.E., Keil K., Olsen E. (1970) Mineralogy and petrology of silicate inclusions in iron meteorites. *Contrib. Mineral. Petrol.* **25**, 297–340.
- Bunch T.E., Keil K. (1971) Chromite and ilmenite in nonchondritic meteorites. *Am. Mineral.* **56**(1-2), 146–157.
- Bunch T.E., Keil K., Snetsinger K.G. (1967) Chromite composition in relation to chemistry and texture of ordinary chondrites. *Geochim. Cosmochim. Acta* **31**(10), 1569–1582.
- Bunch T.E., Keil K., Olsen E. (1970) Mineralogy and petrology of silicate inclusions in iron meteorites. *Contrib. Mineral. Petrol.* **25**, 297–340.
- Bunch T. E., Chang S. (1980) Carbonaceous chondrites. II – Carbonaceous chondrite phyllosilicates and light element geochemistry as indicators of parent body processes and surface conditions. *Geochim. Cosmochim. Acta* **44**, 1543–1577.
- Bunch T.E., Irving A.J., Wittke J.H., Kuehner S.M. (2008) Zincian brezinaite and other rare minerals in two cumulate-textured aubrites from Northwest Africa. *Meteorit. Planet. Sci.* **43**(7), A29.
- Buseck R. (1968) Mackinawite, pentlandite and natural copper from the Newport pallasite. *Mineral. Mag.* **36**, 717–725.
- Buseck R. (1969) Phosphide from meteorites: Barringerite, a new iron-nickel mineral. *Science* **165**(3889), 169–171.
- Buseck R., Holdsworth E.F. (1972) Mineralogy and petrology of the Yilmia enstatite chondrite. *Meteoritics* **7**(4), 429–447.
- Buseck R., Keil K. (1966) Meteoritic rutile. *Am. Mineral.* **51**(9-10), 1505–1525.
- Caillet C., Goldstein J.I., Velde D., El Goresy A. (1988a) Estimation of Possible Thermal History of a Vigarano CAI. *Meteoritics* **23**, 262-263.
- Caillet C., MacPherson G.J., El Goresy A. (1988) Fremdlinge in Vigarano CAI 477B: Assemblages, compositions, and possible fractionation history. 19<sup>th</sup> Lunar Planet. Sci. Conf. 156.
- Caillet Komorowski C., Boudouma O., El Goresy A., Miyahara M., Özel M.E. (2009) Sub-micrometric study of Cu- and Hg-bearing opaque assemblages in unshocked primitive H chondrites: origin and first occurrence of native Hg in a meteorite. *Meteorit. Planet. Sci.* **44**, abstract #5294.
- Caillet Komorowski C., El Goresy A., Miyahara M., Boudouma O., Ma C. (2012) Discovery of Hg-Cu-bearing metal-sulfide assemblages in a primitive H-3 chondrite: Towards a new insight in early solar system processes. *Earth Planet. Sci. Lett.* **349**, 261–271.
- Casanova I., Simon S.B. (1994) Opaque minerals in CAIs, and classification of the Axtell (CV3) chondrite. *Meteoritics* **29**, 454–455.
- Carman J.H., McCormick G.R. (1975) The Ella Island, Greenland, chondrite. *Meteoritics* **10**(1), 1–8.
- Cervelle B., Christophe Michel-Levy M., Desnoyers C. (1977) Occurrence of chromiferous sulfides and oxides in the Allende chondrite. *Meteoritics* **12**(3), 191.
- Chen M., Sharp T.G., El Goresy A., Wopenka B., Xie X. (1996) The majorite-pyrope + magnesiowüstite assemblage: Constraints on history of shock veins in chondrites. *Science* **271**(5255), 1570–1573.
- Chen M., El Goresy A. (2000) The nature of maskelynite in shocked meteorites: Not diaplectic glass but a glass quenched from shock-induced dense melt at high pressures. *Earth Planet. Sci. Lett.* **179**, 489–502.
- Chen M., Shu J., Xie X., Mao H.-k. (2003a) Natural  $\text{CaTi}_2\text{O}_4$ -structured  $\text{FeCr}_2\text{O}_4$  polymorph in the Suizhou meteorite and

- its significance in mantle mineralogy. *Geochim. Cosmochim. Acta* **67**(20), 3937–3942.
- Chen M., Shu J., Mao H.-k., Xie X., Hemley R.J. (2003b) Natural occurrence and synthesis of two new postspinel polymorphs of chromite. *Proc. National Acad. Sci.* **100**, 14651–14654.
- Chen M., Shu J., Mao H. (2008) Xieite, a new mineral of high pressure  $\text{FeCr}_2\text{O}_4$  polymorph. *Chinese Science Bulletin* **53**, 3341–3345.
- Choi B.G., Wasserburg G.J., Huss G.R. (1999) Circumstellar hibonite and corundum and nucleosynthesis in asymptotic giant branch stars. *Astrophys. J.* **522**, L133–L136.
- Christophe Michel-Levy M. (1968) Un chondre exceptionnel dans la météorite de Vigarano. *Bull. Soc. Franç. Min.* **91**(2), 212–214.
- Christophe Michel-Levy M, Caye R, Nelen J (1970) A new mineral in the Vigarano meteorite. *Meteoritics* **5**, 211.
- Clarke R.S., Jarosewich E., Mason B., Nelen J., Gomez M., Hyde J.R. (1970) The Allende, Mexico, meteorite shower. *Smithsonian Contrib. Earth Sci.* **4**(5), 53.
- Clarke R.S., Jr, Scott E.R.D. (1980) Tetrataenite – ordered Fe,Ni, a new mineral in meteorites. *Am. Mineral.* **65**, 624–630.
- Clarke R.S., Appleman D.E., Ross D.R. (1981) An Antarctic iron meteorite contains preterrestrial diamond and lonsdaleite. *Nature* **291**, 396–398.
- Clarke R.S., Jr., Buchwald F., Olsen E. (1990) Anomalous ataxite from Mount Howe, Antarctica. *Meteoritics* **25**(4), 354.
- Clayton R. N., Mayeda T. K. (1996) Oxygen-isotope studies of achondrites. *Geochim. Cosmochim. Acta* **60**, 1999–2018.
- Clayton R. N., Mayeda T. K. (1999) Oxygen isotope studies of carbonaceous chondrites. *Geochim. Cosmochim. Acta* **63**, 2089–2104.
- Cohen E. (1906) On the meteoric stone which fall at the mission station of St. Mark's, Transkei, on January 3, 1903. *Ann. South Africa Museum* **5**, 1–16.
- Croat T. K., Bernatowicz T., Amari S., Messenger S., Stadermann F. J. (2003) Structural, chemical, and isotopic microanalytical investigations of graphite from supernovae. *Geochim. Cosmochim. Acta* **67**, 4705–4725.
- Croat T.K., Stadermann F.J., Bernatowicz T.J. (2005) Internal grains within KFC graphites: Implications for their stellar source. *36<sup>th</sup> Lunar Planet. Sci.*, abstract #1507.
- Croat T.K. (2007) Rutile Found within presolar graphites from Murchison. 70th Annual Meteoritical Society Meeting, held in August 13–17, 2007, Tucson, Arizona. *Meteorit. Planet. Sci.* **42**, 5217.
- Davis A.M. (1984) A scandalously refractory inclusion in Ornans. *Meteoritics* **4**, 214.
- Davis A.M., Allen J.M., Hutcheon I.D., Grossman L. (1978) A hibonite-rich inclusion from Allende: Mineralogy, texture and trace element chemistry. *9<sup>th</sup> Lunar Planet. Sci.*, 221–223.
- Dawson K.R., Maxwell J.A., Parsons D.E. (1960) A description of the meteorite which fall near Abee, Alberta, Canada. *Geochim. Cosmochim. Acta* **21**(1/2), 127–144.
- Delaney J.S., Prinz M., Takeda H. (1984) The polymict eucrites. *15<sup>th</sup> Proc. Lunar Planet. Sci. Conf.*, 251–288.
- Delaney J.S., Stokes C. (1985) The Karoonda chondrite corundum. *16<sup>th</sup> Lunar Planet. Sci.*, 175–176.
- Desnoyers C., Cristophe Michel-Levy M., Azevedo I.S., Scorzelli R.A., Damon J., Galvác M., Silva F. (1985) Mineralogy of the Bocaiuva iron meteorite: A preliminary study. *Meteoritics* **20**(1), 113–123.
- Dodd R.T. (1971) Calcium-aluminous inclusions in olivine of the Sharps chondrite. *Min. Mag.* **38**(296), 451–458.
- Dodd R.T., Van Schmus W.R., Marvin U.B. (1965) Merrihueite, a new alkali-ferromagnesian silicate from the Mezo-Madaras chondrite. *Science* **149**, 972–974.
- Dodd R.T., Grover J.E., Brown G.E. (1975a) Pyroxenes in the Shaw (L-7) chondrite. *Geochim. Cosmochim. Acta* **39**(12), 1585–1594.
- Dowty E. (1977) Phosphate in Angra dos Reis: Structure and compositions of the  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  minerals. *Earth Planet. Sci. Lett.* **35**(2), 347–351.
- DuFresne E.R., Roy S.K. (1961) A new phosphate mineral from the Springwater pallasite. *Geochim. Cosmochim. Acta* **24**(3–4), 198–205.
- DuFresne E.R., Anders E. (1962) On the chemical evolution of the carbonaceous chondrites. *Geochim. Cosmochim. Acta* **26**(11), 1085–1114.
- Dymek R.F., Albee A.L., Chodos A., Wasserburg G.J. (1976) Petrography of isotopically-dated clasts in the Kapoeta howardite and petrological constraints on the evolution of its parent body. *Geochim. Cosmochim. Acta* **40**(9), 1115–1130.
- Ebata S., Fagan T.J., Yurimoto H. (2007) Identification of silicate and carbonaceous presolar grains in the type 3 enstatite chondrite ALHA81189. *Meteorit. Planet. Sci.* **42**, A38.
- Ebihara M., Kong P., Ikeda Y., Kojima H. (1996) Yamato 791093, an anomalous IIE iron. *31st Meteorit. Planet. Sci.*, A41.
- Ehlers K., El Gorsei A. (1988) Normal and reverse zoning in niningerite - A novel key parameter to the thermal histories of EH-chondrites. *Geochim. Cosmochim. Acta* **52**, 877–887.
- Endress M., Bischoff A. (1993) Mineralogy, degree of brecciation, and aqueous alteration of CI chondrites Orgueil, Ivuna, and Alais. *Meteoritics* **28**(3), 345–346.
- Endreß M., Bischoff A. (1996) Carbonates in CI chondrites: Clues to parent body evolution. *Geochim. Cosmochim. Acta* **60**(3), 489–507.

- El Goresy A. (1965) Mineralbestand und Strukturen den Graphit- und Sulfideisenschlüsse in Eisenmeteoriten. *Geochim. Cosmochim. Acta* **29**, 1131–1151.
- El Goresy A., Nagel K., Dominik B., Ramdohr (1977c) Fremdlinge: Potential presolar material in Ca-Al-rich inclusions in Allende. *Meteoritics* **12**(3), 215–216.
- El Goresy A., Nagel K., Ramdohr (1978a) Fremdlinge and their noble relatives. *Proc. Lunar Planet. Sci. Conf. 9th*, 1279–1303.
- El Goresy A., Nagel K., Dominik B. (1978b) Rare-earth minerals and spinel: Earliest material in the solar system? *Meteoritics* **13**, 448.
- El Goresy A., Nagel K., Dominik B., Ramdohr P., Mason B. (1979) Ru-bearing phosphate-molybdates and other oxidized phases in fremdlinge in Allende inclusions. *Meteoritics* **14**(4), 390–391.
- El Goresy A., Palme H., Yabuki H., Nagel K., Herrworth I., Ramdohr P. (1984) A calcium-aluminium-rich inclusion from the Essebi (CM2) chondrite: Evidence for captured spinel-hibonite spherules and for an ultra-refractory rimming sequence. *Geochim. Cosmochim. Acta* **48**(11), 2283–2298.
- El Goresy A., Palme H., Spettel B., Bukovanská M. (1985) MAX and MORITZ: Two refractory inclusions from Grosnaja (CV3) carbonaceous chondrite. *16<sup>th</sup> Lunar Planet. Sci.*, 209–210.
- El Goresy A., Yabuki H., Ehlers K., Woolum D.S., Pernicka E. (1988) Qingzhen and Yamato 691: A tentative alphabet for the EH chondrite clan. *Proc. Nation. Inst. Polar Res.* **1**, 65–101.
- El Goresy A., Chen M., Gillet Ph., Dubrovinsky L.S. (2000) Shock-induced high-pressure phase transition of labradorite to hollandite “(Na47-Ca51-K2)” in Zagami and the assemblage hollandite “(Na80-Ca51-K8)” + jadeite in L chondrites: Constraints to peak shock pressures. *Meteorit. Planet. Sci.* **35**, A51.
- Fintor, R., Park C., Nagy S., Ma C., Pál-Molnár E., Krot A.N. (2014) Hydrothermal origin of hexagonal  $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$  (dmisteinbergite) in a compact type A CAI from the Northwest Africa 2086 CV3 chondrite. *Meteorit. Planet. Sci.* **49**(5), 812–823.
- Fioretti A.M., Molin G. (1998) Alabandite in ureilite Frontein Mountain 95028. *Meteorit. Planet. Sci.* **33**, A46–A47.
- Floss Ch. (1999) Fe,Mg,Mn- phosphates in the GRA 95209 meteorite: Occurrences and mineral chemistry. *Am. Mineral.* **84**, 1354–1359.
- Floss C., Stadermann F.J., Bose M. (2008) Circumstellar Fe oxide from the Acfer 094 carbonaceous chondrite. *Astrophys. J.* **672**(2), 1266–1271.
- Floss C., Stadermann F. (2009) Auger nanoprobe analysis of presolar ferromagnesian silicate grains from primitive CR chondrites QUE 99177 and MET 00426. *Geochim. Cosmochim. Acta* **73**(8), 2416–2440.
- Fogel R.A. (2002) The composition of roedderite in aubrites. *Meteorit. Planet. Sci.* **37**, A48.
- Foshag W.F. (1940) The Shallowater meteorite; a new aubrite. *Am. Mineral.* **25**(12), 779–786.
- Fredriksson K., Henderson E. (1965) The Horse Creek, Baco County, Colorado, iron meteorite. *Trans. Amer. Geophys. Union* **46**, 121.
- Fredriksson K., Kerridge J.F. (1988) Carbonates and sulfates in CI chondrites: Formation by aqueous activity on the parent body. *Meteoritics* **23**, 35–44.
- Fron del C., Klein C., Jr. (1965) Ureyite,  $\text{NaCrSi}_2\text{O}_6$ : A new meteoritic pyroxene. *Science* **149**(3685), 742–744.
- Fron del C., Mervin U.B. (1967) Lonsdaleite, a hexagonal polymorph of diamond. *Nature* **214**(5088), 587–589.
- Fuchs L.H. (1966) Djerfischerite, alkali copper-iron sulfide: A new mineral from enstatite chondrites. *Science* **153**(3752), 166–167.
- Fuchs L.H., Fron del C., Klein C. (1966) Roedderite, a new mineral from the Indarch meteorite. *Am Mineral* **51**, 949–955.
- Fuchs L.H. (1967) Stenfeldite: A new phosphate mineral from stony-iron meteorites. *Science* **158**(3808), 910–911.
- Fuchs L.H. (1969a) Occurrence of cordierite and aluminous orthoenstatite in the Allende meteorite. *Am. Mineral.* **54**(11-12), 1645–1653.
- Fuchs L.H. (1969b) The phosphate mineralogy of meteorites. *Meteorite Research* (Proc. Sym Meteorite Research held in Vienna, Austria, 1968). Ed. M. Millmann. Dordrecht: Reidel, 683–695.
- Fuchs L.H., Olsen E., Henderson E. (1967) On the occurrence of brianite and panethite, two new phosphate minerals from the Dayton meteorite. *Geochim. Cosmochim. Acta* **31**, 1711–1719.
- Fuchs L.H. (1971) Occurrence of wollastonite, rhönite, and andradite in the Allende meteorite. *Am. Mineral.* **56**(11–12), 2053–2068.
- Fuchs L.H., Olsen E., Jensen K.J. (1973) Mineralogy, mineral chemistry, and composition of the Murchison (C2) meteorite. *Smithson. Contrib. Earth Sci.* **10**, 31–39.
- Fuchs L.H., Blander M. (1976) The mineralogy of a molybdenite and rhönite-bearing calcium aluminium rich inclusion (CAI) in the Allende meteorite. *Meteoritics* **11**(4), 285–286.
- Fuchs L.H., Blander M. (1977) Molybdenite in calcium-aluminium-rich inclusions in the Allende meteorite. *Geochim. Cosmochim. Acta* **41**(8), 1170–1175.
- Fuchs L.H. (1978) The mineralogy of a rhoenite-bearing calcium aluminum rich inclusion in the Allende meteorite. *Meteoritics* **13**, 73.

- Fuchs L.H., Olsen E., Jensen K.J. (1973) Mineralogy, mineral chemistry and composition of the Murchison (C2) meteorite. *Smithsonian Contrib. Earth Sci.* **10**, 39 p
- Fujiya W., Sugiura N. (2008) A search for presolar chromium-oxide ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) grains in Orgueil. *39<sup>th</sup> Lunar Planet. Sci.*, abstract #1524.
- Geiger T., Bischoff A. (1989) (Os,Ru,Ir) $\text{S}_2$  and other refractory siderophile element-rich particles in the metamorphosed carbonaceous chondrites Karoonda, Mulga (West), and PCA 82500. *20<sup>th</sup> Lunar Planet Sci.* **20**, 335–336.
- Geiger T., Bischoff A. (1995) Formation of opaque minerals in CK chondrites. *Planet. Space Sci.* **43**(3/4), 485–498.
- Gillet P., Chen M., Dubrovinsky L., El Goresy A. (2000) Natural  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ -hollandite in the shocked Sixankou meteorite. *Science* **287**(5458), 1633–1636.
- Goodung J.L., Wentworth S.J., Zolensky M.E. (1991) Aqueous alteration of the Nakhla meteorite. *Meteoritics* **26**, 135–143.
- Gounelle M., Zolensky M. (2001) A terrestrial origin for sulfate vein in CI chondrites. *Meteorit. Planet. Sci.* **36**(10), 1321–1329.
- Graham A.L., Yanai K., Kojima H., Ikada S. (1985) Yamato 81020 and Yamato 82042: Two new carbonaceous chondrites from Antarctica. *Meteoritics* **20**(4), 654–655.
- Greshake A. (2014) A strongly hydrated microclast in the Rumuruti chondrite NWA 6828: Implications for the distribution of hydrous material in the solar system. *Meteorit. Planet. Sci.* **49**(5), 824–841.
- Greshake A., Bischoff A. (1996) Chromium-bearing Phases in Orgueil (CI): Discovery of Magnesiochromite ( $\text{MgCr}_2\text{O}_4$ ), Ureyite ( $\text{NaCrSi}_2\text{O}_6$ ), and Chromium Oxide ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ). *Meteorit. Planet. Sci.* **27**, 461–462.
- Grew E.S., Yates M.G., Beane R.J., Floss C., Gerbi C. (2010) Chopinite-sarcopside solid solution,  $[(\text{Mg},\text{Fe})_3](\text{PO}_4)_2$ , in GRA 95209, a transitional acapulcoite: Implications for phosphate genesis in meteorites. *Am. Mineral.* **95**, 260–272.
- Grossman L. (1975) Petrography and mineral chemistry of Ca-rich inclusions in the Allende meteorite. *Geochim. Cosmochim. Acta* **39**(4), 433–454.
- Guan Y., Huss G. R., MacPherson G. J., Wasserburg G. J. (2000) Calcium-aluminum-rich inclusions from enstatite chondrites: indigenous or foreign? *Science* **289**, 1330–1333.
- Haggerty S.E. (1977) The Allende meteorite: A new titanate in condensates from the early solar nebula. *Meteoritics* **12**(3), 247–248.
- Haggerty S.E. (1978) The Allende meteorite: solid solution characteristics and the significance of a new titanite mineral series in association with armalcolite. *Proc. Lunar Planet. Sci. Conf.* **9**, 1331–44.
- Hanneman R.E., Stong H.M., Bundy F. (1967) Hexagonal diamonds in meteorites: Implications. *Science* **155**(3765), 995–997.
- Hayashi T., Muehlenbachs K. (1986) Rapid oxygen diffusion in melilite and its relevance to meteorites. *Geochim. Cosmochim. Acta* **50**, 585–591.
- Hoinkes G., Kurat G. (1974) Chemismus von Spinellen aus den Mezö-Madaras-Chondrit. In: *Analyse extraterrestrischen Materials*. Ed. W.Kiesel, H.Malissajm. Wien-N.Y.: Springer-Verlag, 265–288.
- Hoppe P., Strebel R., Eberhardt P., Amari S., Lewis R. (1994) Evidence for an interstellar nitride grain with highly anomalous isotopic compositions of C,N and Si. *25<sup>th</sup> Lunar Planet. Sci.* abstract, 563–564.
- Hutchison R., Alexander C. M.O. Barber, D. J. (1987) The Semarkona meteorite – First recorded occurrence of smectite in an ordinary chondrite, and its implications. *Geochim. Cosmochim. Acta* **51**(7), 1875–1882.
- Hua X., Buseck R. (1995) Fayalite in the Kaba and Mokoia carbonaceous chondrites. *Geochim. Cosmochim. Acta* **59**, 563–578.
- Hua X., Eisenhour D., Buseck R. (1995) Cobalt-rich, nickel-poor metal (wairauite) in the Ningqiang carbonaceous chondrite. *Meteoritics* **30**, 106–109.
- Huss, G., Fahey, A., Gallino, R., Wasserburg, G. (1994) Oxygen isotopes in circumstellar  $\text{Al}_2\text{O}_3$  grains from meteorites and stellar nucleosynthesis. *Astrophys. J.* **430**, L81–L84.
- Hutchison R. (1987) Chromian-manganese augites in the interchondrule matrix of the Tieschitz (H3) chondritic meteorite. *Mineral. Mag.* **51**(360), 311–316.
- Hutchison R., Alexander C. M.O. Barber, D. J. (1987) The Semarkona meteorite – First recorded occurrence of smectite in an ordinary chondrite, and its implications. *Geochim. et Cosmochim. Acta* **51**(7), 1875–1882.
- Hwang S-L., Shen, Chu H-T., Yui T-F., Varela M.E., Iizuka Y. (2014) Kuratite (IMA 2013-109): The “unknown” Fe-Al-Ti silicate from angrite D’Orbigny. *45<sup>th</sup> Lunar Planet. Sci.* **45**, abstract #1818.
- Ikeda Yu. (1980) Petrology of Allan Hills-764 chondrite (LL3). *Mem. NIPR Spec.* **17**, 50–82.
- Ikeda Yu. (1989) Petrochemical study of the Yamato-691 enstatite chondrite (E3) III. Descriptions and mineral chemistry of chondrules. *Proc. NIPR Sym Antarct. Met.* **2**, 75–108.
- Ikeda Yu. (1990) Mineralogy of clasts in the Y-82162 chondrite (CI). *Abstr. 15th Sym. Antarctic Meteorites, Tokyo, NIPR*, 81–82.
- Ikeda Y. (1991) Petrology and Mineralogy of the Yamato-82162 Chondrite (CI). *Proc. NIPR Sym. Antarct. Met.* **4**, 187–225.

- Isa J., Ma C., Rubin A. E. (2016) Joegoldsteinite: A new sulfide mineral ( $\text{MnCr}_2\text{S}_4$ ) from the IYA iron meteorite Social Circle. *47<sup>th</sup> Lunar Planet. Sci. Conf.*, abstract #1813.
- Ivanov A. V., Khisina N.R., Kononkova N.N., Petushkova L. (1988) Iron crystals in the Kaidun meteorite: process of new type? *19<sup>th</sup> Lunar Planet. Sci. Conf.*, 529–530.
- Ivanov A. V., Zolensky M.E., MacPherson G.J., Yang S., Kononkova N.N. (1994) New phosphides in the Kaidun meteorite. *25<sup>th</sup> Lunar Planet. Sci. Conf.*, 595–596.
- Ivanov A. V., MacPherson G.J., Kononkova N.N., Stroganov I.A. (1995) Titanium-iron-sulfur-bearing compounds in Kaidun. *Meteoritics* **30**(5), 524.
- Ivanov A. V., Zolensky M.E., Saito A., Ohsumi K., Yang S. V., Kononkova N.N., Mikouchi T. (2000) Florenskyite,  $\text{FeTiP}$ , a new phosphide from the Kaidun meteorite. *Am. Mineral.* **85**(7–8), 1082–1086.
- Ivanov A. V., MacPherson G.J., Zolensky M.E., Kononkova N.N., Migdisova L.F. (1996) The Kaidun meteorite: Composition and origin of inclusions in the metal of the enstatite chondrite clast. *Meteorit. Planet. Sci.* **31**(5), 621–626.
- Ivanov A. V., Kononkova N.N., Yang S. V., Zolensky M.E. (2003) The Kaidun meteorite: Clasts of alkaline-rich fractionated materials. *Meteorit. Planet. Sci.* **38**(5), 725–737.
- Ivanova M.A., Petaev M.I., MacPherson G. J., Nazarov M.A., Taylor L. A., Wood J. A. (2002) The first known natural occurrence of calcium monoaluminate, in a calcium-aluminum-rich inclusion from the CH chondrite Northwest Africa 470. *Meteorit. Planet. Sci.* **37**, 1337–1444.
- Ivanova M.A., Lorenz C.A., Nazarov M.A., Brandstaetter F., Franchi I.A., Moroz L. V., Clayton R.N. (2010) First non-Antarctic metamorphosed carbonaceous chondrites: Dhofar 225 and Dhofar 735. *Meteorit. Planet. Sci.* **45**, 108–1123.
- Ivanova M. A., Krot A.N., Nagashima K., MacPherson G.J. (2012) Compound ultrarefractory CAI-bearing inclusions from CV3 carbonaceous chondrites. *Meteorit. Planet. Sci.* **47**, 2107–2127.
- Ivanova M.A., A. N. Krot, K. Nagashima, C. Ma and G. J. MacPherson. (2017) Oxygen-isotope composition of ultrarefractory rubinite-bearing CAI from CV# chondrite Efremovka. *80<sup>th</sup> Meteorit. Soc. Conf.* Abstract # 6037.
- Jambor J.L., Crew E.S. (1990) New mineral names. *Am. Mineral.* **75**, 240–246.
- Jamsja N.S., Ruzicka A.M., Fries M. (2011) New insights on hydrous phases in R chondrites NWA 6491 and 6492. *Meteorit. Planet. Sci.* **46**, A114.
- Johnson D., Hutchison R., Kirk C., Grady M.N. (2006) Hambleton – a new sulfur-rich pallasite. *Meteorit. Planet. Sci.* **32**, A89.
- Kallemeyn G.W., Warrem H. (1994) Geochemistry of LEW88774 and two other unusual ureilites. *25<sup>th</sup> Lunar Planet. Sci.*, 663–664.
- Kato T., Miura Ya., Yanai K. (1986) Osumilite composition in various chondritic meteorites. *Meteoritics* **21**(4), 410–411.
- Kebukawa Y., Zolensky M.E., Kilcoyne A.L.D., Rahman Z., Jenniskens, Cody G.D. (2014) Diamond xenolith and matrix organic matter in the Sutter's Mill meteorite measured by C-XANES. *Meteorit. Planet. Sci.* **49**(11), 2095–2103.
- Keil K. (1968a) Zincian daubreelite from the Kota-Kota and St.Mark's enstatite chondrites. *Am. Mineral.* **53**(3–4), 491–495.
- Keil K. (1968b) Mineralogical and chemical relationships among enstatite chondrites. *Geophys. Res.* **73**(22), 6945–6976.
- Keil K., Fredriksson K. (1963) Electron microprobe analysis of some rare minerals in the Norton County achondrite. *Geochim. Cosmochim. Acta* **27**(9), 939–947.
- Keil K., Andersen C.A. (1965) Occurrences of sinoite,  $\text{Si}_2\text{N}_2\text{O}$ , in meteorites. *Nature* **207**(4998), 745.
- Keil K., Snetsinger K.G. (1967) Niningerite, a new meteorite sulfide. *Science* **155**(3761), 451–453.
- Keil K., Huss G.I., Wiik H.B. (1969) The Leoville, Kansas meteorite: A polymict breccia of carbonaceous chondrites and achondrites. In: *Meteorite Research* (Proc. Sim. Meteorite Research, Vienna, 1968), ed. M. Millman. Dordrecht, 217–223.
- Keil K., Brett R. (1974) Heideite,  $(\text{Fe,Cr})_{1+x}(\text{Ti,Fe})_2\text{S}_4$ , a new mineral in the Bustee enstatite achondrite. *Am. Mineral.* **59**(5–6), 465–470.
- Keil K., Ntaflou Th., Taylor G.J., Brearley A.J., Newsom H.E., Rosing A.D. (1989) The Shallowater aubrite: Evidence for origin by planetesimal impacts. *Geochim. Cosmochim. Acta* **53**(12), 3291–3307.
- Keil K., Berkley J.L., Fuchs L.H. (1980) Suessite,  $\text{Fe}_3\text{Si}$ , a new mineral in the North Haig ureilite. *Meteoritics* **15**(4), 312–313.
- Keil K., Berkley J.L., Fuchs L.H. (1982) Suessite,  $\text{Fe}_3\text{Si}$ : A new mineral in the North Haig ureilite. *Am. Mineral.* **67**(1–2), 126–131.
- Keller L. P., Buseck R. (1991) Calcic micas in the Allende meteorite: Evidence for hydration reactions in the Early Solar Nebula. *Science* **252**(5008), 969–949.
- Kerridge J. F., MacDougall J.D., Marti K. (1979a) Clues to the origin of sulfide minerals in CI chondrites. *Earth Planet. Sci. Lett.* **43**, 359–367.
- Kimura M. (1990) Antarctic two new winonaites, Y-74025 and Y-75305: Mineralogical classification. *Paper presented to 15<sup>th</sup> Sym. on Antarctic Meteorites*, 191–192.

- Kimura M., El Goresy A. (1989) Discovery of E-chondrite assemblages and silica-bearing objects in ALH85085: Link between E- and C-chondrites. *Meteoritics* **24**(4), 286.
- Kimura M., El Goresy A., Palme H., Zinner E. (1993) Ca,Al-rich inclusions in the unique chondrite ALH 85085: Petrology, chemistry, and isotopic compositions. *Geochim. Cosmochim. Acta* **57**, 2329–2359.
- Kimura M., Ikeda Yu. (1992b) Mineralogy and petrology of the unusual Belgica-7904 carbonaceous chondrite: Genetic relationships among the components. *Proc. NIPR 16<sup>th</sup> Sym Antarct. Met.* **5**, 74–119.
- Kimura M., Ikeda Y. (1992) Mineralogy and Petrology of an Unusual Belgica-7904 Carbonaceous Chondrite: Genetic Relationships Among the Components. *Proc. NIPR Sym. Antarct. Met.* **5**, 74–119.
- Kimura M., El Goresy A., Palme H., Zinner E. (1993) Ca-Al-rich inclusions in the unique chondrite ALH85085: Petrology, chemistry, and isotopic compositions. *Geochim. Cosmochim. Acta* **57**(10), 2329–2359.
- Kimura M., Suzuki A., Kond T., Ohtani E., El Goresy A. (2000) Natural occurrence of high-pressure phases, jadeite, hollandite, wadsleyite and majorite- pyrope garnet, in an H chondrite, Y75100. *Meteorit. Planet. Sci.* **35**, A87–88.
- Kimura M., Lin Y., Floss C., Suzuki A., Mikouchi T., Ebihara M. (2008) Fluorophlogopite in the EH Chondrite Y-82189. *Meteorit. Planet. Sci.* **43**, A75.
- Kimura M., Mikouchi T., Suzuki A., Miyahara M., Ohtani E., El Goresy A. (2008b) Characterization of pyroxene highly enriched in Ca-tschermak component in the CH chondrite ALH 85085. *Meteorit. Planet. Sci.* **43**, A75.
- Klock W., Thomas K.L., McKay D.S., Palme H. (1989) Unusual olivine and pyroxene composition in interplanetary dust and unequilibrated ordinary chondrites. *Nature* **339**, 126–128.
- Kobayashi S., Totonani A., Sakamoto N., Nagashima K., Krot A.N., Yurimoto H. (2005) Presolar silicate grains from primitive carbonaceous chondrites Y-81025, ALHA 77307, Adelaide and Acfer 094. *36<sup>th</sup> Lunar Planet. Sci.*, abstract #1931.
- Kracher A., Kurat G., Buchwald F. (1977) Cape York: The extraordinary mineralogy of an ordinary iron meteorite and its implication for the genesis of IIIAB irons. *Geochim. J.* **11**, 207–217.
- Kracher A., Kurat G. (1979) Soroti – a meteorite with a metal/sulfide cotectic composition. *Meteoritics* **14**(4), 461.
- Krestina N., Hsu W., Wasserburg G. J. (2002) Circumstellar oxide grains in Ordinary chondrites and their origin. *33<sup>rd</sup> Lunar Planet. Sci.*, abstract. #1425.
- Krot A.N., Rubin A.E., Kononkova N.N. (1993) First occurrence of pyrophanite (MnTiO<sub>3</sub>) and baddeleyite (ZrO<sub>2</sub>) in an ordinary chondrite. *Meteoritics* **28**(2), 232–239.
- Krot A.N., Wasson J.T. (1994) Silica-merrillucite/roederite-bearing chondrules and clasts in ordinary chondrites: New occurrences and possible origin. *Meteoritics* **29**, 707–718.
- Krot A.N., Scott E.R.D., Zolensky M.E. (1995) Mineralogical and chemical modification of components in CV3 chondrites: Nebular or asteroidal processing? *Meteoritics* **30**, 748–775.
- Krot A. N., Brearley A. J., Ulyanov A. A., Biryukov, Swindle T.D., Keil K., Mittlefehldt D. W., Scott E. R. D., Clayton R. N., Mayeda T. K. (1999) Mineralogy, petrography and bulk chemical, iodine-xenon, and oxygen- isotopic compositions of dark inclusions in the reduced CV3 chondrite Efremovka. *Meteorit. Planet. Sci.* **34**(1), 67–89.
- Krot A.N., Keil K., Goodrich C.A., Scott E.R.D., Weisberg M.K. (2003) Classification of meteorites. In *Meteorites, Comets, and Planets*, ed. A. M. Davis, Vol. 1, Treatise on Geochemistry, eds. H.D.Holland, & K.K.Turekian (Oxford: Elsevier-Pergamon), 83–128.
- Kullerud G., El Goresy A (1969) Sulfide assemblages in the Odessa meteorites. *Meteoritics* **4**(3), 191–192.
- Kurat G., Kracher A. (1977) A new type of Ca-Al-Na-rich inclusions with an igneous texture in Lancé carbonaceous chondrite. *Meteoritics* **12**(4), 283–284.
- Kurat G. (1970) Zur Genese der Ca-Al-reichen Einschlüsse im Chondriten von Lancé. *Earth Planet. Sci. Lett.* **9**, 225–231
- Kurat G., Palme H., Brandstätter F., Huth J. (1989) Allende xenolith AF: Undisturbed record of condensation and aggregation of matter in the Solar nebula. *Z. Naturforsch.*, Bd. **44a**, H., 988–1004.
- Kurat G., Zinner E., Brandstätter F., Ivanov A. (2004) Enstatite aggregates with niningerite, heideite and oldhamite from the Kaidun carbonaceous chondrite: Relatives of aubrites and EH chondrites? *Meteorit. Planet. Sci.* **39**(1), 53–60.
- Kurat G., Zinner E., Varela M.E., Ntafflos T. (2009) SiG-Met05: A silicate-graphite-mete inclusion from the Campo del Cielo (IAB) iron. *40<sup>th</sup> Lunar Planet. Sci.*, abstract #1536.
- Lee M.R., Greenwood R.C. (1994) Alteration of calcium- and aluminum-inclusions in the Murray (CM2). *Meteorit. Planet. Sci.* **29**(6), 780–790.
- Lee M.R., Russell S.S., Arden J.W., Pillinger C.T. (1995) Nierite (Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>), a new mineral from ordinary and enstatite chondrites. *Meteoritics* **30**(4), 387–398.
- Lee M.R., Bland A. (2004) Mechanisms of weathering of meteorites recovered from hot and cold deserts and the formation of phyllosilicates. *Geochim. Cosmochim. Acta* **68**(4), 893–916.
- Lewis R.S., Tang M., Wacker J.F., Anders E., Steel E. (1987) Interstellar diamond in meteorites. *Nature* **326**, 160–162.
- Lin Y.T., El Goresy A., Hutcheon I.D. (1989) The first meteoritic silver minerals in Pena Blanca Spring enstatite achon-

- drite: Assemblages, compositions and silver isotopes. 20<sup>th</sup> *Lunar Planet. Sci. Conf.*, 572–573.
- Lin Y., Kimura M. (1996) Discovery of complex titanium oxide associations in a plagioclase-olivine inclusion (POI) in the Ningqiang carbonaceous chondrite. 27<sup>th</sup> *Lunar Planet. Sci. Conf.*, 755.
- Lin Y., Kimura M. (1998) Petrographic and mineralogical study of new melt rocks and a new enstatite chondrite drop-let. *Meteorit. Planet. Sci.* **33**, 501–511.
- Lin Y., El Goresy A. (2002) A comparative study of opaque phases in Qingzhen (EH3) and MacAlpine Hills 88136 (EL3): Representatives of EH and EL parent bodies. *Meteorit. Planet. Sci.* **37**, 577–599.
- Lorenz C., Kurat G., Brandstätter F., Nazarov M.A. (2003) NWA 1235: A phlogopite-bearing enstatite meteorite. 34<sup>th</sup> *Lunar Planet. Sci. Conf.*, #1211.
- Lovering J.F., Wark D.A., Sewell D.K.B. (1979) Refractory oxide, titanate, niobate and silicate accessory mineralogy of some type B Ca-Al-rich inclusions in the Allende meteorite. 10<sup>th</sup> *Lunar Planet. Sci. Conf.*, 745–747.
- Ma C. (2015) Discovery of nuwaite, Ni<sub>6</sub>GeS<sub>2</sub>, a new alteration mineral in Allende. 78<sup>th</sup> *Annual Meeting of the Meteoritical Society*, abstract #5151.
- Ma Ch., Rossman G.R. (2008) Barioperovskite, a new mineral from the Benitoite Mine, California. *Am. Mineral.* **93**, 154–157.
- Ma C., Beckett J.R., Rossman G.R. (2009a) Allendeite and hexamolibdenium: Two new ultra-refractory minerals in Allende and two missing links. 40<sup>th</sup> *Lunar Planet. Sci.*, abstract #1402.
- Ma Ch., Rossman G.R. (2009a) Davisite, CaScAlSiO<sub>6</sub>, a new pyroxene from the Allende meteorite. *Am. Mineral.* **94**, 845–848.
- Ma Ch., Rossman G.R. (2009b) Grossmanite, CaTi<sup>3+</sup>AlSiO<sub>6</sub>, a new pyroxene from the Allende meteorite. *Am. Mineral.* **94**, 1491–1494.
- Ma C., Beckett J.R., Rossman G.R. (2009b) Discovery of a new phosphide mineral monipite (MoNiP) in an Allende Type B1 CAI. *Meteorit. Planet. Sci.* **44**, A127.
- Ma C., Beckett J.R., Rossman G.R. (2009c) Discovery of a Mg-dominant analog of kamiokite, Mg<sub>2</sub>Mo<sub>3</sub>O<sub>8</sub>, a new mineral from an Allende type B1 CAI. *Meteorit. Planet. Sci.* **44**, A128.
- Ma C., Beckett J.R., Rossman G.R., Connolly Jr., H.C., Guan Y., Eiler J.M., Hofmann A.E. (2009d) *In-situ* discovery of a cluster of refractory grains in an Allende ferromagnesian chondrule. 40<sup>th</sup> *Lunar Planet. Sci.*, abstract #2138.
- Ma C., Beckett J.R., Rossman G.R. (2010a) Discovery of a new chromium sulfide mineral, Cr<sub>5</sub>S<sub>6</sub>, in Murchison. *Meteorit. Planet. Sci.* **45**, A124.
- Ma C. (2010b) Hibonite-(Fe), (Fe,Mg)Al<sub>12</sub>O<sub>19</sub>, a new alteration mineral from the Allende meteorite. *Am. Mineral.* **95**, 188–191.
- Ma C., Beckett J.R., Rossman G.R. (2011a) Murchisite, Cr<sub>3</sub>S<sub>6</sub>, a new mineral from the Murchison meteorite. *Am. Mineral.* **96**, 1905–1908.
- Ma C., Kampf A.R., Connolly H.C. Jr, Beckett J.R., Rossman G.R., Sweeney Smith S.A., Schrader D.L. (2011c) Krotite, CaAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, a new refractory mineral from the NWA 1934 meteorite. *Am. Mineral.* **96**, 709–715.
- Ma C., Beckett J.R., Rossman G.R. (2012a) Buseckite, (Fe,Zn,Mn)S, a new mineral from the Zakłodzie meteorite. *Am. Mineral.* **97**, 1226–1233.
- Ma C., Beckett J.R., Rossman G.R. (2012b) Browneite, MnS, a new sphalerite-group mineral from the Zakłodzie meteorite. *Am. Mineral.* **97**, 2056–2059.
- Ma C., Krot A.N., Bizzarro M. (2013d) Discovery of dmisteinbergite (hexagonal CaAl<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>) in the Allende meteorite: A new member of refractory silicates formed in the solar nebula. *Am. Mineral.* **98**, 1368–1371.
- Ma C., Beckett J.R., Rossman G.R. (2014a) Monipite, MoNiP, a new phosphide mineral in a Ca-Al-rich inclusion from the Allende meteorite. *Am. Mineral.* **99**, 198–205.
- Ma C., Beckett J.R., Rossman G.R. (2014b) Allendeite (Sc<sub>4</sub>Zr<sub>3</sub>O<sub>12</sub>) and hexamolibdenum (Mo,Ru,Fe), two new minerals from an ultrarefractory inclusion from the Allende meteorite. *Am. Mineral.* **99**, 654–666.
- Ma C., Beckett J.R. (2016) Burnettite, CaVAISiO<sub>6</sub>, and paqueite, Ca<sub>3</sub>TiSi<sub>2</sub>(Al<sub>2</sub>Ti)O<sub>14</sub>, two new minerals from Allende: Clues to the evolution of a V-rich Ca-Al-rich Inclusion. 47<sup>th</sup> *Lunar Planet. Sci.*, abstract #1595.
- Ma C., Paque J., Tschauner O. (2016a) Discovery of beckettite, Ca<sub>2</sub>V<sub>6</sub>Al<sub>6</sub>O<sub>20</sub>, a new alteration mineral in a V-rich Ca-Al-rich Inclusion from Allende. 47<sup>th</sup> *Lunar Planet. Sci.*, abstract #1704.
- Ma C., Krot A.N., Nagashima K. (2016b) Discovery of new mineral addibischhoffite, Ca<sub>2</sub>V<sub>6</sub>Al<sub>6</sub>O<sub>20</sub> in a Ca-Al-rich refractory inclusion from Allende. 79<sup>th</sup> *Annual Meeting of the Meteoritical Society*, abstract #6016.
- Ma C., Yoshizaki T., Krot A. N., Beckett J. R., Nakamura T., Nagashima K., Muto J., Ivanova M. A. (2017). Discovery of rubinite Ca<sub>3</sub>Ti<sup>3+</sup>Si<sub>3</sub>O<sub>12</sub>, a new garnet mineral in refractory inclusions from carbonaceous chondrites. 80<sup>th</sup> *Annual Meeting of the Meteoritical Society*, abstract #6023.
- Macdougall J.D., Kerridge J.F. (1977) Cubanite: A new sulfide phase in CI meteorites. *Science* **197**(4303), 561–562.
- Mackinnon I.D.R., Zolensky M.E. (1984) Proposed structures for poorly characterized phases in C2M carbonaceous chondrite meteorites. *Nature* **309**(5965), 240–242.

- MacPherson G.J., Delaney J.S. (1985) A fassaite-two olivine-pleonaste-bearing refractory inclusion from Karoonda. *16<sup>th</sup> Lunar Planet. Sci.*, 515–516.
- Madon M., Poirier J. (1980) Dislocations in Spinel and Garnet High-Pressure Polymorphs of Olivine and Pyroxene: Implications for Mantle Rheology. *Science* **207**(4426), 66–68.
- Marvin U.B., Motylewski K. (1980) Mg-carbonates and sulfates on Antarctic meteorites. *11<sup>th</sup> Lunar Planet. Sci.*, 669–670.
- Mason B. (1962) Meteorites. N.Y.-L.: J. Wiley & Sons, 245 p.
- Mason B. (1967) Extraterrestrial mineralogy. *Am. Mineral* **52**(3–4), 307–325.
- McCanta M.C., Treiman A.H., Dyar M.D., Alexander C.M.O'D., Rumble D. III, Essene E.J. (2008) The LaPaz Icefield 04840 meteorite: Mineralogy, metamorphism, and origin of an amphibole- and biotite-bearing R chondrite. *Geochim. Cosmochim. Acta* **72**, 5757–5780.
- McCanta M. C., Treiman A. H. (2010) Evaluation of Reported Graphite in the R Chondrites LAP 02238/03645: Resolution of a Redox Riddle. *41<sup>st</sup> Lunar Planet. Sci.*, abstract #1394.
- McCoy T.J., Steele I.M., Keil K., Leonard B.F., Endress M. (1994) Chladniite, Na<sub>2</sub>CaMg<sub>7</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>6</sub>: A new mineral from the Carlton IIICD iron meteorite. *Am. Mineral.* **79**(3–4), 375–380.
- McCoy T.J., Carlton W.D. (1998) Opaque minerals in the GRA 95209 lodranite: A snapshot of metal segregation. *29<sup>th</sup> Lunar Planet. Sci.*, abstract #675.
- McCoy T.J. (1998) A pyroxene-oldhamite clast in Bustee: Igneous aubritic oldhamite and a mechanism for the Ti enrichment in aubritic troilite. *Ant. Met. Res.* **11**, 32–48.
- Merrill G. (1924) Quartz in meteoritic stones. *Am. Mineral.* **9**, 112–113.
- Mikouchi, T., Zolensky, M.E., Ivanova, M., Tachikawa, O., Komatsu, M., Le, L., Gounelles, M. (2009). Dmitryivanovite: A new high-pressure calcium aluminum oxide from the Northwest Africa 470 CH3 chondrite characterized using electron back-scatter diffraction analysis. *Am. Mineral.* **94**, 746–750.
- Mittlefehldt D.W., McCoy T.J., Goodrich C.A, Kracher A. (1998) Non- chondritic meteorites from asteroidal bodies. In *Planetary Materials, Reviews in Mineralogy* (ed. J. J. Papike). Mineralogical Society of America, Washington, DC, **36**(4), 414–495.
- Mitreikina O.B., Chryukina O. Zinovieva N.G., Granovsky L.B. (1994) Mineral paragenesis of the ureilites: Evidence for high pressure in a large parent body. *25<sup>th</sup> Lunar Planet. Sci.*, 909–910 (abstr.).
- Miura Ya., Shibuya G. (1985) K-rich phase in Niho-3 (Miyano) H3 chondrite. *16<sup>th</sup> Lunar Planet. Sci.*, 563–564.
- Miura Y. (1986) Terrestrial and extraterrestrial osumilite-group minerals and potash feldspars. *17<sup>th</sup> Lunar Planet. Sci.*, 559–560.
- Miyahara M., Ohtani E., El Goresy A., Lin Y., Feng L., Zhang J.-C., Gillet, Nagase T., Muto J., Nishijima M. (2015) Unique large diamonds in a ureilite from Almahata Sitta 2008 TC3 asteroid. *Geochim. Cosmochim. Acta* **163**, 14–26.
- Moggi-Cecchi P., Bindi L., Pratesi G. (2005) A new iron-nickel phosphide from the Northwest Africa 1054 meteorite. *Meteorit. Planet. Sci.* **40**, A105.
- Mori H., Takeda H. (1985) Magnesiowüstite in a shock-vein of the Tenham chondrite. *16<sup>th</sup> Lunar Planet. Sci.*, 579–580.
- Muecke A., Klitzsch. (1976). Der neue Meteorit von Dor el Gani (Sahara). *Chem. der Erd.* **35**(20) 169 – 178.
- Nagy B., Meinschein W.G., Hennessy D.J. (1961) Mass spectroscopic analysis of the Orgueil meteorite: Evidence for biogenic hydrocarbons. *Ann. NY Acad. Sci.* **93**, 25–35.
- Nagashima K., Krot A.N., Yurimoto H. (2004) Stardust silicates from primitive meteorites. *Nature* **428**(69986), 921–924.
- Nakamura-Messenger K., Keller L., Clemett S.J., Messenger S., Jones J.H., Palma R.L., Pepin R.O., Klock W., Zolensky M.E., Tatsuoka H. (2010) Brownleeite: A new manganese silicide mineral in an interplanetary dust particle. *Am. Mineral.* **95**, 221–228.
- Nakamura-Messenger K., Clemett S.J., Rubin A.E., Choi B.-G., Zhang S., Rahman Z., Oikawa K., Keller L. (2012) Wassonite: A new titanium monosulfide mineral in the Yamato 691 enstatite chondrites. *Am. Mineral.* **97**, 807–815.
- Neal C.W., Lipschutz M.E. (1981) Cumberland Falls chondritic inclusions: Mineralogy/petrology of a forsterite chondrite suite. *Geochim. Cosmochim. Acta* **45**(11), 2091–2108.
- Németh P., Lehner S.W., Petaev M. I., Buseck R. (2013) Kumdykolite, a high-temperature feldspar from an enstatite chondrite. *Am. Mineral.* **98**, 1070–1073.
- Neuhaus A. (1967) Über Kosmochlor (Ureyite). *Naturwiss.* **54**, 440–441.
- Neuvonen K.J., Ohlson B., Papunen H., HÄkli T.A., Ramdohr P. (1972) The Haverö ureilite. *Meteoritics* **7**(4), 515–531.
- Nguyen A.N., Zinner E. (2004) Discovery of ancient silicate stardust in a meteorite. *Science* **303**(5663), 1496–1499.
- Nguyen A.N., Nittler L.R., Alexander C.M.O'D. (2006) *In situ* identifications of a presolar SiC X grains, presolar silicates and <sup>13</sup>C-rich crains in the Allan Hills 77307 meteorite. *41<sup>st</sup> Meteorit. Planet. Sci.*, A131.
- Newsom H.E., Drake M.J. (1979) The origin of metal clasts in the Bencubbin meteorite breccia. *Geochim. Cosmochim. Acta* **43**, 689–707.
- Nielsen H. P., Buchwald V. F. (1981) Roaldite, a new nitride in iron meteorites. *Proc. 12<sup>th</sup> Lunar Planet. Sci. Conf.*, 1343–1348.

- Nittler L.R., Alexander C.M.O'D., Gao X., Walker R.M., Zinner E.K. (1994) Interstellar oxide grains from the Tieschitz ordinary chondrites. *Nature* **370**, 443–446.
- Nittler L.R., Hoppe P., Alexander C.M.O'D., Amari S., Eberhardt P., Gao X., Lewis R.S., Strebel R., Walker R.M., Zinner E. (1995) Silicon nitride from supernovae. *Astrophys. J.* **453**, L25–L28.
- Nittler L.R. (2003) Presolar stardust in meteorites: Recent advances and scientific frontiers. *Earth Planet. Sci. Lett.* **209**, 259–273.
- Nittler L.R., Alexander C.M.O'D. (2003) Chromium-bearing presolar oxide grains in <sup>54</sup>Cr-rich Orgueil residue. *Meteorit. Planet. Sci.* **38**, A129.
- Nittler L.R., Alexander C.M.O'D., Stadermann F.J., Zinner E. (2005) Presolar Al-, Ca-, and Ti-rich oxide grains in the Krymka meteorite. *36<sup>th</sup> Lunar Planet. Sci.*, abstract #2200.
- Noguchi T. (1989) Texture and chemical composition of pyroxenes in chondrules in carbonaceous and unequilibrated ordinary chondrites. *Proc. NIPR Sym Antarct. Met.* **2**, 169–199.
- Noguchi T. (1993) Petrology and mineralogy of CK chondrites: Implications for the metamorphism of the CK chondrite parent body. *Proc. NIPR Sym Antarct. Met.* **6**, 204–233.
- Noonan A.F., Nelen J., Fredriksson K., Newbury D. (1977) Zr-Y oxides and high-alkali glass in an ameboid inclusions from Ornavans. *Meteoritics* **12**(3), 332–335.
- Nyström J.O., Wickman F.E. (1991) The Ordovician chondrite from Brunflo, central Sweden, II. Secondary minerals. *Lithos* **27**, 167–185.
- Mason B. (1967) Extraterrestrial mineralogy. *Am. Mineral* **52**(3–4), 307–325.
- Okada A., Keil K., Taylor G.J. (1981) Unusual weathering products of oldhamite parentage in the Norton County enstatite achondrite. *Meteoritics* **16**(2), 141–152.
- Okada A., Keil K. (1982) Caswellsilverite, NaCrS<sub>2</sub>: a new mineral in the Norton County enstatite achondrite. *Am. Mineral.* **67**(1–2), 132–136.
- Okada A., Keil K., Leonard B.F., Hutcheon I.D. (1985) Schöllhornite, Na<sub>0.3</sub>(H<sub>2</sub>O)<sub>1</sub>[CrS<sub>2</sub>], a new mineral in the Norton County enstatite achondrite. *Am. Mineral.* **70**(5 – 6), 638–643.
- Olsen E. (1967) Amphibole: First occurrence in a meteorite. *Science* **156**(3771), 61–62.
- Olsen E., Fredriksson K. (1966) Phosphates in iron and palasite meteorites. *Geochim. Cosmochim. Acta* **30**(5), 459–470.
- Olsen E., Fuchs L. (1968) Krinovite, NaMg<sub>2</sub>CrSi<sub>3</sub>O<sub>10</sub>: A new meteorite mineral. *Science* **161**(3843), 786–787.
- Olsen E., Huebner J.S., Douglas J.A., Plant A.G. (1973) Meteoritic amphiboles. *Am Mineral.* **62**, 869–872.
- Olsen E., Erlichman J., Bunch T.E., Moore B. (1977) Buchwaldite, a new meteorite phosphate mineral. *Am. Mineral.* **62**(3–4), 362–364.
- Olsen E.J., Davis A.M., Hutcheon I.D., Clayton R.N., Mayeda T.K., Grossman L. (1988) Murchison xenoliths. *Geochim. Cosmochim. Acta* **52**(6), 1615–1625.
- Olsen E., Steele I. (1993) New alkali phosphates and their associations in the IIIAB iron meteorites. *Meteoritics* **28**(3), 415.
- Olsen E.J., Steele I.M. (1997) Galileite: A new meteoritic phosphate mineral. *Meteorit. Planet. Sci.* **32**(4), A155–A156.
- Olsen E.J., Kracher A., Davis A.M., Steele I.M., Hutcheon I., D., Bunch T.E. (1999) The phosphates of IIIAB iron meteorites. *Meteorit. Planet. Sci.* **34**, 285–300.
- Ott U. (2007) Presolar grains in meteorites and their compositions. *Space Sci. Re.* **130**, 87–95.
- Park C., Nagashima K., C. Ma C., Krot A.N., Bizzarro M. (2013) Two generations of hexagonal CaAl<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub> (dmisteinbergite) in the type B2 FUN CAI STP–1. *Meteorit. Planet. Sci.* **48**, abstract #5048.
- Palme H., Kurat G., Brandstätter F., Burghel A., Huth J., Spettel B., Wlotzka F. (1985) An unusual chondritic fragment from the Allende meteorite. *16<sup>th</sup> Lunar Planet. Sci.*, 645–646.
- Pedersen T. (1999) Schwertmannite and awaruite as alteration products in iron meteorite. *Meteorit. Planet. Sci.* **34**(4), A90.
- Pekov, I., Perchiazzi, N., Merlino, S., Kalachev, N., Merlini, M., Aleksandr E. Zadov, A.E. (2007): Chukanovite, Fe<sub>2</sub>(CO<sub>3</sub>)(OH)<sub>2</sub>, a new mineral from the weathered iron meteorite Dronino. *European Journal of Mineralogy* **19**, 891–898.
- Petaev M.I., Clarke R.S., Olsen E.J., Jarosewich E., Davis A.M., Steele I.M., Lipschutz M.E., Wang M.-S., Clayton R.N., Mayeda T.K., Wood J.A. (1993) Chaunskij: The most highly metamorphosed, shock-modified and metal-rich mesosiderite (abstr). *24<sup>th</sup> Lunar Planet. Sci.* **24**, 1131–1132.
- Petaev M.I., Clarke R.S., Jr., Jarosewich E., Zaslavskaya N.I., Kononkova N.N., Wang M.-S., Lipschutz M.E., Olsen E.J., Davis A.M., Steele I.M., Clayton R.N., Mayeda T.K., Wasson J.T. (2000) The Chaunskii anomalous mesosiderite: Petrology, chemistry, oxygen isotopes, classification and origin. *Geochem. Intern.* **38**, 322–350.
- Pisani F. (1864) Étude chimique et analyse de l'aérolithe d'Orgueil. *C.R.cad.Sci.Paris* **59**, 132–135.
- Pratesi G., Bindi L., Moggi-Cecchi V. (2006) Icosahedral coordination of phosphorus in the crystal structure of meliniite, a new phosphide mineral from the Northwest Africa 1054 acapulcoite. *Am. Mineral.* **91**, 451–454.
- Price G.D., Putnis A., Smith D.G.W. (1982) A spinel to b-phase transformation in (Mg,Fe)<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>. *Nature* **296**, 729–731.

- Prinz M., Keil K., Hlava H., Berkley J.L., Gomes C.B., Arvello W.S. (1977) Studies of Brazilian meteorites. III. Origin and history of the Angra dos Reis achondrite. *Earth Planet. Sci. Lett.* **35**(2), 317–330.
- Prinz M., Nehru C.E., Delaney J.S. (1982) Sombroete: An iron with highly fractionated amphibole-bearing Na-P-rich silicate inclusions. *13<sup>th</sup> Lunar Planet. Sci.*, 634–635.
- Prinz M., Nehru C.E., Delaney J.S., Weisberg M., Olsen E. (1983) Globular silicate inclusions in IIE irons and Sombroete: Highly fractionated minimum melts. *Lunar Planet. Sci.*, 14, 618–619.
- Prinz M., Weisberg M.K., Nehru C.E. (1994) LEW 88774: A new type of Cr-rich ureilite. *25<sup>th</sup> Lunar Planet. Sci.*, 1107–1108.
- Prombo C.A., Yang S. V., Buchanan C. (1990) Petrography and bulk composition of Allende fine grained aggregates. *22<sup>th</sup> Lunar Planet. Sci.*, 985–986.
- Przylibsky T.A., Zagożdżon P., Kryza R., Pilski A.S. (2005) The Zakłodzie enstatite meteorite: Mineralogy, petrology, origin, and classification. *Meteorit. Planet. Sci.* **40**(9), A185–A200.
- Quirke T.T. (1919a) The Richardton meteorite. *J.Geol.* **27**, 431–448.
- Quirke T.T. (1919b) Metallic copper in a meteorite vein. *Econom. Geol.* **14**, 610–624.
- Rambaldi E.R., Housley R.M., Rajan R.S., Cirlin E., El Goresy A., Wang D. (1983) Unusual mineral assemblages and textures in Qingzhen enstatite chondrite. *Meteoritics* **18**(4), 380–381.
- Rambaldi E.R., Rajan R.S., Housley R.M., Wang D. (1984) Oxidized, refractory, and alkali-rich components in Qingzhen enstatite chondrite: Implications about their origin. *15<sup>th</sup> Lunar Planet Sci.*, 661–662.
- Rambaldi E.R., Rajan R.S., Housley R.M., Wang D. (1986) Gallium-bearing sphalerite in metal-sulfide nodule of the Qingzhen (EH3) chondrite. *Meteoritics* **21**(1), 23–31.
- Ramdohr P. (1963) The opaque minerals in stony meteorites. *J. Geophys. Res.* **68**(7), 2011–2036.
- Ramdohr P. (1973) The opaque minerals in stony meteorites. Amsterdam: Elsevier Publishing Co., 245
- Ramdohr P., El Goresy A. (1969) “Peckelsheim”, a new bronzite achondrite from Westfalic, Germany. *Meteoritics* **4**(4), 291.
- Reed S.J.B. (1965) Electron-probe microanalysis of schreibersite and rhabdite in iron meteorites. *Geochim. Cosmochim. Acta* **29**(5), 513–534.
- Ringwood A.E. (1961) Silicon in the metal phase of enstatite chondrites and some geochemical implications. *Geochim. Cosmochim. Acta* **24**, 159–197.
- Rubin A.E. (1983) The Adhi Kot breccia and implications for the origin of chondrites and silica-rich clasts in enstatite chondrites. *Earth Planet. Sci. Lett.* **64**, 201–212.
- Rubin A. E., Kallemeyn G. W. (1989) Carlisle Lakes and Allan Hills 85151: Members of a new chondrite grouplet. *Geochim., Cosmochim. Acta* **53**(11), 3035–3044.
- Rubin A.E. (1997a) Mineralogy of meteorite groups. *Meteorit. Planet. Sci.* **32**, 231–247.
- Rubin A.E. (1997b) Mineralogy of meteorite groups: An update. *Meteorit. Planet. Sci.* **32**, 733–734.
- Rubin A.E. (2014) Shock and annealing in the amphibole- and mica-bearing R chondrites. *Meteorit. Planet. Sci.* **49**(6), 1057–1075.
- Schulze H. (1998) Noble-metal phases in Rumuruti chondrites. *Meteorit. Planet. Sci.* **33**, 139.
- Schulze H., Bischoff A., Palme A., Spettel B., Dreibus G., Olto J. (1994) Mineralogy and chemistry of Rumuruti: The first meteorite fall of the new R chondrite group. *Meteoritics* **29**, 275–286.
- Schulze H. (1999) Mineralogy and mineral chemistry of noble metal grains in R chondrites. *30<sup>th</sup> Lunar Planet. Sci.* abstract #1720.
- Scott E.R.D. (1971) New carbide (Fe,Ni)<sub>23</sub>C<sub>6</sub> found in iron meteorites. *Nature* **229**, 61–61.
- Scott E.R.D., Agrell S.O. (1971) Occurrence of carbides in iron meteorites. *Meteoritics* **6**(4), 312–313.
- Scott E.R.D., Clarke R.S., Jr. (1979) Identification of clear taenite in meteorites as ordered FeNi. *Nature* **281**, 113–124.
- Semenenko V. P. (2010) Natural silver in a meteorite. *73<sup>rd</sup> Annual Meteorit. Soc. Meeting*, abstract #5001.
- Shannon E., Larsen E.S. (1925) Merrillite and chlorapatite from stony meteorites. *Amer. J. Sci.* **9**, 250–260.
- Sharp T.G., El Goresy A., Chen M. (2000) Nanocrystalline maskelynite in the Sixankou and Tenham L-6 chondrites: Microstructures of shocked plagioclase with the hollandite structure. *31<sup>st</sup> Lunar Planet. Sci.*, abstract #2085.
- Sharp T.G., Lingemann C.M., Dupas C., Stöffler D. (1997) Natural occurrence of MgSiO<sub>3</sub>-ilmenite and evidence for MgSiO<sub>3</sub>-perovskite in a shocked L chondrite. *Science* **277**(5324), 352–355.
- Shearer C.K., Papike J.J., Burger, Karner J., Borg L., Gaffney A., Neal C., Shafer J., Fernandes A., Sharp Z., Weiss B., Geissman J. (2008) GRA06129: A meteorite from a new asteroidal geochemical reservoir or Venus? *39<sup>th</sup> Lunar Planet. Sci.*, abstract #1825.
- Shearer C.K., Burger P. V., Neal C., Sharp Z., Spivak-Birndorf L., Borg L., Fernandes A., Papike J.J., Karner J., Wadhwa M., Gaffney A., Shafer J., Geissman J., Atudorei N., Herd C., Weiss B., King L., Crowther S.A., Gilmour J.D. (2010) Non-basaltic asteroidal magmatism during the earliest stages of solar system evolution: A view from Antarctic achondrites Graves Nunatak 06128 and 06129. *Geochim. Cosmochim. Acta* **74**, 1172–1199.

- Shimizu M., Yoshida H., Mandarino J.A. (2002) The new mineral species keilite, (Fe,Mg)S, the iron-dominant amalogite of niningerite. *Can. Mineral.* **40**(6), 1687–1692.
- Sheng Y.J., Hutcheon I.D., Wasserburg G.J. (1988) Plagioclase-olivine inclusions in Allende – A link between CAI and ferro-magnesian chondrules. *19<sup>th</sup> Lunar Planet. Sci.*, 1075–1076.
- Sheng Y.J., Hutcheon I.D., Wasserburg G.J. (1991) Origin of plagioclase-olivine inclusions in carbonaceous chondrites. *Geochim. Cosmochim. Acta* **55**(2), 581–599.
- Smith C.L., Downes H., Jones A. (2008) Metal and sulphide phases in interstitial veins in “dimict” ureilites – insights into the history petrogenesis of the ureilite parent body. *39<sup>th</sup> Lunar Planet. Sci.*, abstract #1669.
- Smith C.L., Ross A.J., Downes H. (2010) Iron silicides in polymict ureilites – recording the complex history of the ureilite parent body? *Meteorit. Planet. Sci.* **45**, A192.
- Smith J. V., Mason B. (1970) Pyroxene-garnet transformation in Coorara meteorite. *Science* **168**, 832–833.
- Snetsinger K.G., Keil K. (1969) Ilmenite in ordinary chondrites. *Am. Mineral.* **54**(5–6), 780–786.
- Steele I.M., Pluth J., Olsen E., Davis A.M. (1991) First occurrence of beusite in an iron meteorite: Its composition and crystal structure. *22<sup>nd</sup> Lunar Planet. Sci.*, 1323–1324.
- Steele I.M., Smith J. (1976) Mineralogy of the Ibitira eucrite and comparison with other eucrites and lunar samples. *Earth Planet. Sci. Letters* **33**(1), 67–78.
- Steele I.M., Smith J. (1978) Coorara and Coolamon meteorites: Ringwoodite and mineralogical differences. *9<sup>th</sup> Lunar Planet. Sci.*, 1101–1103.
- Stone J., Hutcheon I.D., Epstein S., Wasserburg G.J. (1991) Correlated Si isotope anomalies and <sup>13</sup>C enrichments in a family of exotic SiC grains. *Earth Planet. Sci. Lett.* **107**, 570–581.
- Stoffler D., Keil K., Scott E.R.D. (1991) Shock metamorphism of ordinary chondrites. *Geochim. Cosmochim. Acta* **55**, 3845–3867.
- Stroud R.M., Bernatowicz T.J. (2005) Surface and internal structure of pristine presolar silicon carbide. *36<sup>th</sup> Lunar Planet. Sci.*, abstract #2010.
- Stroud R.M., Nittler L.R., Alexander C.M.O'D., Stadermann F. J., Zinner E.K. (2005) Microstructure of a presolar hibonite grain. *Meteorit. Planet. Sci.* **40**, A148.
- Stroud R.M., Nittler L.R., Alexander C.M.O'D. (2006) Supernova nierite ( $\alpha$ -Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>) from Murchison. *Meteorit. Planet. Sci.* **41**, A168.
- Tanaka T., Okumura K. (1977) Ultrafine barium titanate particles in the Allende meteorite. *Geochem. J.* **11**(3), 137–145.
- Taylor G.J., Heymann D. (1971) Postshock thermal histories of reheated chondrites. *J. Geophys. Res.* **76**, 1879–1893.
- Treiman A.H., Morris R. V., Kring D.A., Mittlefehldt D.W., Jones J.H. and other GRAVEDIGGERS. (2008) Petrography and origin of the unique achondrite GRA 06128 & 06129: preliminary results. *39<sup>th</sup> Lunar Planet. Sci.*, abstract #2215.
- Tomeoka K., Buseck R. (1990) Phyllosilicates in the Mokoia CV carbonaceous chondrite – Evidence for aqueous alteration in an oxidizing environment. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **54**, 1745–1754.
- Tomioka N., Fujino K. (1997) Natural MgSiO<sub>3</sub>-ilmenite and -perovskite in the Tenham chondrite. *Science* **277**(5329), 1084–1086.
- Tomioka N., Fujino K. (1999) Akimotoite, (Mg,Fe)SiO<sub>3</sub>, a new silicate mineral of the ilmenite group in the Tenham chondrite. *Am. Mineral.* **84**, 267–271.
- Ulyanov A.A. (1998) Mineralogy of meteorites and asteroids. *In Advanced Mineralogy 3*, Ed. A.S.Marfunin. **1.8**, 47–72.
- Ulyanov A.A., Nazarov M.A., Korina M.I., Sherbovsky E.J. (1982) Efremovka CAI's-rich: Mineralogical and petrological data. *13<sup>th</sup> Lunar Planet. Sci.*, 813–814.
- Vdovykin G. (1972) Forms of carbon in the new Haverö ureilite of Finland. *Meteoritics* **23**, 151–159.
- Velbel M.F. (1988) The distribution and significance of evaporitic weathering products on Antarctic meteorites. *Meteoritics* **23**(2), 151–159.
- Wang K. (1986) Zhanghengite – A new mineral. *Acta Mineralogica Sinica* **6**, 220–223 (in Chinese).
- Warren H., Kallemeyn G.W. (1989) Elephant Moraine 87521: The first lunar meteorite composed of predominantly mare material. *Geochim. Cosmochim. Acta* **53**(12), 3323–3330.
- Warren H., Kallemeyn G.W. (1994) Petrology of LEW 88774: An extremely-chromium-rich ureilite. *25<sup>th</sup> Lunar Planet. Sci.*, 1465–1466.
- Wasserburg G.J., Sanz H.G., Bence A.E. (1968) Potassium-feldspar phenocrysts in the surface of Colomera, an iron meteorite. *Science* **161**(3842), 684–687.
- Weber, D., Bischoff, A. (1994): Grossite (CaAl<sub>4</sub>O<sub>7</sub>) – a rare phase in terrestrial rocks and meteorites. *European Journal of Mineralogy* **6**, 591–594.
- Weber D., Bischoff A. (1994b) The occurrence of grossite (CaAl<sub>4</sub>O<sub>7</sub>) in chondrites. *Geochim. Cosmochim. Acta* **58**, 3855–3877.
- Weber D., Zinner E.K., Bischoff A. (1994a) An ion microprobe study of an osbornite-bearing inclusion from ALH 85085. *Meteoritics* **29**, 547.
- Weisberg M.K., Kimura M., Suzuki A., Ohtani E., Sugiura N. (2006) Discovery of coesite and significance of high pressure phase in the Gujba CB chondrite. *37<sup>th</sup> Lunar Planet. Sci.*, 1788.

- Wentworth S.J., Gooding J.L. (1991) Carbonates and sulfates in the Chassigny meteorite: Further evidence for aqueous chemistry on the SNC parent planet. *Meteoritics* **28**(6), 860–863.
- White J.S., Jr., Henderson E., Mason B. (1967) Secondary minerals produced by weathering of the Wolf Creek meteorite. *Am. Mineral.* **52**, 1190–1197.
- Wlotzka F., Spettel B., Palme H., Schultz L. (1989) Two new CM chondrites from Antarctica: Different mineralogy, but same chemistry. *Meteoritics* **24**(4), 341–342.
- Wlotzka F., Spettel B., Palme H., Schultz L. (1989) Two new CM chondrites from Antarctica: Different mineralogy, but same chemistry. *Meteoritics* **24**(4), 341–342.
- Wopenka., Swan D. (1985) Identification of Micron Sized Phases in Meteorites by Laser Raman Microprobe Spectroscopy. *Meteoritics* **20**, 788.
- Xie X., Minitti M., Chen M., Mao H.-K., Wang D., Shu J., Fei Y. (2002) Natural high-pressure polymorph of merrillite in the shock veins of the Suizhou meteorite. *Geochim. Cosmochim. Acta* **66**(13), 2439–2444.
- Xie Z., Tomioka N., Sharp T.G. (2002) Natural occurrence of Fe<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>-spinel in the shocked Umbarger L6 chondrite. *Am. Mineral.* **87**, 1257–1260.
- Xie X., Minitti M., Chen M., Mao H.-K., Wang D., Shu J., Fei Y. (2003) Tuite, γ-Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>: a new mineral from the Suizhou L6 chondrite. *European J. of Mineralogy* **15**, 1001–1005.
- Xie Z., Sharp T.G. (2004) High-pressure phases in shock-induced melt veins of the Umbarger L6 chondrite: Constraints of shock pressure. *Meteorit. Planet. Sci.* **39**(12), 2043–2054.
- Xie Z., Sharp T.G., Leinenweber K., DeCarli S., Dera (2011) A new mineral with an olivine structure and pyroxene composition in the shock-induced melt veins of Tenham L6 chondrite. *Am. Mineral.* **96**, 430–436.
- Yanai K. (1994) Angrite Asuka-881371: Preliminary examination of an unique meteorite in the Japanese collection of Antarctic meteorites. *Proc. NIPR Sym. Antarct. Met.* **7**, 30–71.
- Yanai K., Kojima H. (1991) Yamato-793592: The first enstatite achondrite (aubrite) in the Yamato meteorites. *16<sup>th</sup> Abstr. Nation. Inst. Polar Res.*, 5–7.
- Yagi K., Lovering J.F., Shima A., Okada A. (1978) Petrology of the Yamato meteorites (j), (k), (l), and (m) from Antarctica. *Meteoritics* **13**(1), 23–26.
- Zanda B., Bourot-D'Énise M., Perron C. (1990) Inclusions in the metal of Leoville CV3 chondrite. *Meteoritics* **25**(4), 422–423.
- Zega J., Haenecour P., Floss C., Stroud R. M. (2015) Identification of circumstellar magnetite in the La Paz Icefield 031117 CO3.0 chondrite. *46<sup>th</sup> Lunar Planet. Sci.*, abstract #2828.
- Zhang A.-C., Ma C., Sakamoto N., Wang R.-C., Hsu W.-B., Yurimoto H. (2015) Mineralogical anatomy and implications of a Ti-Sc-rich ultrarefractory inclusion from Sayhal Uhaymir 290 CH3 chondrite. *Geochim. Cosmochim. Acta* **163**, 27–39.
- Zinner E., Amari S., Lewis R.S. (1991) Silicon carbide from a supernova? *Meteoritics* **26**, 413.
- Zinner E. (1998) Stellar nucleosynthesis and the isotopic composition of presolar grains from primitive meteorites. *Annual Re Earth Planet. Sci.* **26**, 147–188.
- Zinner E.K. (2003) Presolar grains. In: *Treatise on Geochemistry*, Volume 1. Ed. A.Davis. Elsevier Ltd. 17–39.
- Zinner E., M. Jadhav M., F. Gyngard F., L. R. Nittler L.R. (2010) Bonanza: Isotopic anomaly of a large presolar SiC grain of type X. *Meteorit. Planet. Sci.* **45**, A225.
- Yamaguchi A., Takeda H., Bogard D.D., Garrison D. (1994) Textural variations and impact history of the Millbillillie eucrite. *Meteoritics* **29**(2), 237–245.
- Zolensky M.E. (1984) Hydrothermal alteration of CM carbonaceous chondrites; implications of the identification of tochilinite as one type of meteoritic PCP. *Meteoritics* **19**(4), 346–347.
- Zolensky M.E., Ivanov A., Yang S., Mittlefehldt D.W., Ohsuni K. (1996) The Kaidun meteorite: Mineralogy of an unusual CM1 lithology. *Meteorit. Planet. Sci.* **31**(4), 484–493.
- Zolensky M., McSween H.Y., Jr. (1988) Aqueous alteration. In *Meteorites and the Early Solar System*, eds. J.F.Kerridge and M.S.Matthews. Tucson, Uni of Arizona Press, 114–143.
- Zolensky M.E., Barrett R.A., Prinz M. (1989) Petrography, mineralogy and matrix composition of Yamato-82162, a new CI2 chondrite. *20<sup>th</sup> Lunar Planet. Sci.*, 1253–1254.
- Zolensky M E, Barrett T, Browning L (1993) Mineralogy and composition of matrix and chondrule rims in carbonaceous chondrites. *Geochim. Cosmochim. Acta* **57**, 3123–3148.
- Zolensky M.E., Bodnar R.J., Gibson E.K., Jr., Nyquist L.E., Reese T., Shih C.-Y., Wiesmann H. (1999) Asteroidal water within fluid inclusion-bearing halite in an H5 chondrite, Monahans (1998). *Science* **285**, 1377–1379.
- Zolensky M., Gounelli, Mikouchi T., Ohsuni K., Le L., Hagiya K., Tachikawa O. (2008) Andreyivanovite: A second new phosphide from the Kaidun meteorite. *Am. Mineral.* **93**, 1295–1299.
- Zolensky M., Mikouchi T., Fries M., Bodnar R., Jenniskens, Yin Q.-z., Hagiya K., Ohsuni K., Komatsu M., Colbert M., Hanna R., Maisano J., Ketcham R., Kebukawa Y., Nakamura T., Matsuoka M., Sasaki S., Tsuchiyama A., Gounelle M., Le L., Martinez J., Ross K., Rahman Z. (2014) Mineralogy and petrography of C asteroid regolith: The Sutter's Mill CM meteorite. *Meteorit. Planet. Sci.* **49**(11), 1997–2016.

## METEORITES MINERALS

© 2019 A. V. Ivanov<sup>a,b</sup>, A. A. Yaroshevskiy<sup>a,c</sup>, M. A. Ivanova<sup>b,\*</sup><sup>a</sup>Meteorite Committee of RAS,

Russia, 119991 Moscow, Kosygin St., 19

<sup>b</sup>V. I. Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry,

Russia, 119991 Moscow, Kosygin St., 19

<sup>c</sup>M. V. Lomonosov Moscow State University,

Geological Department,

Russia, 119992 Moscow, Leninskie Gory, MSU

\*e-mail: meteorite2000@mail.ru

Received: 20.10.2018

Received version received: 12.01.2019

Accepted: 16.01.2019

“The Meteorite Minerals Catalog” is the first edition in Russia prepared in the 21st century. It includes all the minerals found in meteorites, approved by the Committee on New Minerals and MMA Minerals Names, approved before January 1, 2017, and mineral phases. The Russian and English names, chemical composition, as well as meteorites or meteorite groups, which are characterized by the considered minerals are given for all minerals and mineral phases. Mainly the first description of all minerals and phases and references to publications are also given in the Catalog. Samples of minerals whose origin is associated with specific processes are also presented: these are pre-solar meteorite minerals, refractory and ultra-refractory solar condensates, impact minerals of meteorites and products of the terrestrial weathering of meteorites.

**Keywords:** catalog, minerals, pre-solar grains, refractory condensates, impact minerals, terrestrial weathering minerals

(**For citation:** Ivanov A.V., Yaroshevskiy A.A., Ivanova M.A. Meteorites Minerals. *Geokhimiya*. 2019;64(8):869–932. DOI: 10.31857/S0016-7525648869-932)