



Электронная версия доступна на сайте  
[www.fmm.ru/Новые данные о минералах](http://www.fmm.ru/Новые_данные_о_минералах)

Минералогический музей  
имени А.Е. Ферсмана РАН

Новые данные о минералах, том 57, вып. 4 (2023), 92–102

НДМ

## Состояние метеоритной коллекции Минералогического музея РАН

Плечов П.Ю., Коновалова К.А.

*Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана РАН, Москва, pplechov@gmail.com*

В статье приводятся промежуточные результаты научной ревизии коллекции метеоритов и импактитов Минералогического музея им. А.Е. Ферсмана РАН. Коллекция метеоритов в музее имеет богатую историю и включает образцы, которые собирались с XVIII века. В статье описывается процесс воссоздания метеоритной коллекции Музея, начатый в 2010 году, и отмечается значительное увеличение количества экспонатов за последние пять лет. На текущий момент коллекция насчитывает 247 образцов метеоритов и импактитов, включая 44 образца, являющихся типовыми образцами<sup>1</sup> новых метеоритов. Подробно рассматриваются различные типы метеоритов в коллекции, в том числе обыкновенные хондриты, углистые хондриты, группа НED, уреилиты, палласиты, мезосидериты и железные метеориты. Особое внимание уделяется минералам, впервые найденным в метеоритном веществе. Также в статье обсуждаются импактиты, представленные в коллекции 89 образцами из различных метеоритных кратеров. Отмечается необходимость дальнейшего изучения и пополнение коллекции, включая регистрацию новых метеоритов, улучшение взаимодействия с исследователями и коллекционерами метеоритов, а также участие в метеоритных экспедициях.

**Ключевые слова:** коллекция метеоритов, палласиты, обыкновенные хондриты, углистые хондриты, мезосидериты, ахондриты, Минералогический музей имени А.Е. Ферсмана РАН.

### Введение

Коллекция метеоритов Минералогического музея имени А.Е. Ферсмана Российской академии наук имеет долгую и сложную историю. Первые экспонаты относятся к находкам XVIII века (Назаров, 2000), и на протяжении 150 лет почти все находки метеоритов передавались в метеоритную коллекцию Российской академии наук, которая хранилась в Минералогическом музее. В 1935 году по инициативе сотрудников Музея была создана Метеоритная комиссия, которую возглавил академик А.Е. Ферсман, а в 1939 году она была

реорганизована в Метеоритный комитет под руководством В.И. Вернадского. Первым ученым секретарем комитета был Л.А. Кулик, ученик В.И. Вернадского и сотрудник Минералогического музея РАН. Позднее метеоритная коллекция РАН была полностью передана Метеоритному комитету. Часть исторических образцов осталась в экспозиции Минералогического музея, но научная работа по изучению метеоритного вещества в Музее замерла на многие годы.

В 2000-х годах стало окончательно понятно,

<sup>1</sup>Термин «типовой образец» в данном случае является не синонимом терминов «типичный образец» или «представительный образец», а означает «оригинал первого исследования», будучи, по сути, прямым переводом термина *type specimen*, принятого для оригиналов первого исследования как минералов, так и метеоритов в англоязычной научной литературе. – *Прим. ред.*

что без метеоритного вещества коллекции Минералогического музея не могут существовать. Более сотни минералов впервые найдены в метеоритном веществе, и многие из них до сих пор не встречены в земных породах (Rubin, Ma, 2020). Породообразующие минералы большинства метеоритов (оливин, пироксены, самородное железо и др.) хотя и имеют земные аналоги, но обладают многими специфическими чертами, присущими только метеоритному веществу. Недавно было принято решение воссоздать метеоритную коллекцию Музея. Первые 39 образцов во вновь созданную метеоритную коллекцию Музея были записаны 14 января 2010 года. Эту дату можно принять за дату повторного возникновения метеоритной коллекции Минералогического музея им. А.Е. Ферсмана РАН, хотя некоторые из этих образцов попали в Музей гораздо раньше 2010 года. Коллекция стала пополняться гораздо активнее с 2018 года, так как Музей получил право регистрировать новые метеориты и была создана научная группа по изучению метеоритного вещества (Плечов и др., 2020).

На сегодняшний день коллекция насчитывает 247 образцов метеоритов и импактитов, из которых 44 образца являются типовыми образцами новых метеоритов, зарегистрированных Музеем. Исторически так сложилось, что метеоритное вещество и импактиты присутствуют и в других коллекциях Музея (систематическая коллекция – 49 образцов, коллекция образований и превращений – два образца, коллекция В.И. Степанова – четыре образца). В данной статье мы обсуждаем текущее состояние метеоритной коллекции Минералогического музея им. А.Е. Ферсмана РАН с двумя основными целями: 1) понять представительность коллекции для экспозиционных и научно-исследовательских целей; 2) определить первоочередные задачи развития метеоритной коллекции.

При описании коллекции мы использовали информационную систему Минералогического музея (<http://www.fmm.ru/>). Все названия минералов на русском языке сверялись со справочником «Минеральные виды» (Кривовичев, 2021). Количество находок различных типов и групп метеоритов определялось по (База данных метеоритного бюллетеня, 2023) в ноябре 2023 года.

### Минералы в метеоритном веществе

Существенная часть образцов минералов (52 экспоната) из метеоритного вещества записана в систематическую коллекцию Минералогического музея. В первую очередь это голотипы чукановита  $\text{Fe}^{2+}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$  (Pekov et al., 2007) и дрониноита  $\text{Ni}_3\text{Fe}^{3+}\text{Cl}(\text{OH})_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (Чуканов и др., 2008), кото-

рые были переданы авторами при регистрации новых минералов. Аллабогданит  $(\text{Fe},\text{Ni})_2\text{P}$  (Britvin et al., 2002) представлен авторским образцом из метеорита Онелло.

Четырнадцать образцов записаны в коллекцию как самородное железо, однако при записи образца метеоритного вещества на отдельный минерал существует ряд проблем. Для большинства этих образцов не выяснена принадлежность к конкретному метеориту. Для части из них (например, обр. FMM\_1\_47188 с о. Диска) отнесение к метеоритному веществу проведено ошибочно. Несколько образцов в 1957 году переданы в Метеоритный комитет, и поэтому сейчас их нет в коллекции Музея. Для большинства переданных образцов есть соответствующая запись в инвентарной книге, но для обр. FMM\_1\_2243 (метеорит Чинге) такая запись отсутствует. Два образца Сихотэ-Алинского метеорита записаны как камасит, два образца (метеориты Ниро и Xiquipilko) записаны как тэнит. Еще два образца записаны как камасит в коллекцию В.И. Степанова (из них один образец Сихотэ-Алинского метеорита, а другой найден в Московской области, и его принадлежность к метеоритному веществу не подтверждалась инструментально). Очевидно, что эти метеориты содержат не только указанные разновидности самородного железа. Также в коллекции есть один образец тетраэзнита (метеорит NWA12590).

Шрейберзит  $(\text{Fe},\text{Ni})_3\text{P}$  представлен пятью образцами (два из Сихотэ-Алинского метеорита, два из палласита Сеймчан и один из метеорита Сапуон Diablo). При этом четыре образца находятся в систематической коллекции, а один в метеоритной. Никельфосфид  $(\text{Ni},\text{Fe})_3\text{P}$  представлен только одним образцом из акапулькоита NWA1054. Карбиды в метеоритном веществе представлены двумя минеральными видами – хаксонитом  $(\text{Fe},\text{Ni})_{23}\text{C}_6$  (обр. FMM\_1\_92033), зерна которого были выделены в парагенезисе с плесситом в камасит-тэнитовых прорастаниях железного метеорита Эгвекино (группа ПСД), и когенином  $\text{Fe}_3\text{C}$  (обр. FMM\_1\_88712) в виде микроскопических выделений вокруг шрейберзита в аншлифе железного метеорита Сихотэ-Алинь (группа ПАВ). В коллекции есть один представитель нитридов – карлсбергит CrN (обр. FMM\_1\_92029) из железного метеорита Kenton Country (тип ПАВ), один силицид – зюссит  $(\text{Fe},\text{Ni})_3\text{Si}$  (обр. FMM\_1\_92029) из полимиктового уреилита Dar al Gani 319 и один фосфосилицид – перриит  $(\text{Ni},\text{Fe})_5(\text{Si},\text{P})_2$  (обр. FMM\_1\_92040) из аномального оброта Mount Egerton.

До 2010 года в систематическую коллекцию было включено только четыре очень редких сульфида из энстатитовых хондритов. Это

шэльхорнит  $\text{Na}_{0.3}\text{CrS}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  (обр. FMM\_1\_92032), нинингерит  $(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+}, \text{Mn}^{2+})\text{S}$  (обр. FMM\_1\_92030) и рудашевскиит  $(\text{Fe}, \text{Zn})\text{S}$  (обр. FMM\_1\_92031) из метеорита Индарх (тип EH4) и кейлит  $\text{FeS}$  (обр. FMM\_1\_92037) из метеорита Abee (тип EH4). При этом гораздо более распространенный добреелит  $(\text{Fe}^{2+}\text{Cr}^{3+}_2\text{S}_4)$  в коллекции отсутствовал. Эта проблема выяснилась в 2018 году и сразу была решена, так как три исследователя независимо друг от друга передали в Музей образцы добреелита из атаксита Чинге, в котором очень часты крупные выделения этого минерала в сростании с троилитом. Однако сам троилит в систематическую коллекцию еще не записан, хотя он очень характерен для метеоритного вещества. При этом в систематической коллекции есть 18 образцов троилита из земных объектов, в которых он встречается гораздо реже. Джерфишерит  $\text{K}_6(\text{Fe}, \text{Cu}, \text{Ni})_{25-26}\text{S}_6\text{Cl}$ , впервые обнаруженный в энстатитовых хондритах (Fuchs, 1966), в нашей коллекции также представлен только земными образцами. В каталоге Музея также были записаны два образца хейдиита  $(\text{Fe}, \text{Cr})_{1.15}(\text{Ti}, \text{Fe})_2\text{S}_4$  земного происхождения, но при проверке оказалось, что эти записи ошибочны и оба образца относятся совсем к другому минералу – хайдииту  $\text{Cu}_3\text{Mg}(\text{OH})_6\text{Cl}_2$ .

Из семнадцати оксидов, открытых в метеоритном веществе, в коллекции Музея нет ни одного. Коэсит  $\text{SiO}_2$  представлен двумя образцами из Аризонского метеоритного кратера (место первого описания), двумя образцами из метеоритного кратера Эльгыгытгын (Чукотка) и несколькими образцами из земных метаморфических пород. Стишовит  $\text{SiO}_2$ , также впервые описанный в Аризонском метеоритном кратере, в нашей коллекции представлен только одним образцом (FMM\_1\_91990) из Терновской астроблемы. Наряду с этим в коллекции имеются все гидроксиды (гидроксихлориды), открытые при изучении вторичных изменений метеоритов. Дрониноит  $\text{Ni}_6\text{Fe}^{3+}_2\text{Cl}_2(\text{OH})_{16} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  представлен двумя авторскими образцами, включая голотип этого минерала, а муонионалустиит  $\text{Ni}_3(\text{OH})_4\text{Cl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  – зерном из коррозионной корки метеорита Muonionalusta (обр. FMM\_1\_97688).

Кислородные соли (фосфаты и карбонаты), открытые в метеоритном веществе, также слабо представлены в коллекции Музея. Из 22 таких минералов в коллекции есть по одному образцу меррилита  $\text{Ca}_9\text{NaMg}(\text{PO}_4)_7$  (FMM\_1\_92041) и стенфилдита  $\text{Ca}_4\text{Mg}_5(\text{PO}_4)_6$  (FMM\_1\_92042) из палласита Брагин, а также голотип чукановита  $\text{Fe}^{2+}(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$  из метеорита Дронино (FMM\_1\_92013). Арупит  $\text{Ni}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  и хладниит  $\text{Na}_3\text{CaMg}_{11}(\text{PO}_4)_9$  представлены только образцами из земных объектов. Причем

имеющийся в коллекции хладниит из фумарол Толбачинского Дола существенно отличается от метеоритного хладниита высоким содержанием мышьяка и практически полным отсутствием железа (Пеков и др., 2023).

Силикаты характерны для метеоритного вещества, за исключением железных метеоритов. Преимущественно это те же минералы, что слагают и земные магматические породы: представители рядов форстерит – фаялит, диопсид – геденбергит, энстатит – ферросилиит и альбит – анортит. Источниками открытий новых силикатов (всего 30 минеральных видов) являются несколько относительно редких типов метеоритов и специфических объектов в них. Десять новых силикатов было открыто в кальций-алюминиевых включениях (CAI) в углистых хондритах. В нашей коллекции из этих минералов есть только гроссманиит  $\text{CaTi}^{3+}\text{Al}[\text{SiO}_6]$  и кушироит  $\text{CaAl}[\text{AlSiO}_6]$  из углистого хондрита NWA12590. Четырнадцать высокобарных силикатов открыто в ударных жилах в метеоритах, а также в лунных и марсианских метеоритах, испытавших сильное ударное воздействие. Из таких минералов в нашей коллекции есть только рингвудит  $(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_2\text{SiO}_4$ , меджорит  $\text{Mg}_3(\text{MgSi})(\text{SiO}_4)_3$  и лингунит  $(\text{Na}, \text{Ca})\text{AlSi}_3\text{O}_8$ . В других типах метеоритов описано только шесть новых силикатов. Клиноэнстатит  $\text{MgSiO}_3$  является главным породообразующим минералом энстатитовых хондритов и углистых хондритов 3-го петрологического типа, но все образцы энстатитовых хондритов в коллекции записаны на более редкие минералы, а клиноэнстатит представлен земными образцами. Рёддерит  $\text{K}(\square, \text{Na})\text{Mg}_2\text{Mg}_3[\text{Si}_{12}\text{O}_{30}]$  из метеорита Sayh Al Uhamir 001 (тип L5) был передан в Музей в 2018 году Т.В. Крячко. Криновит  $\text{Na}_2\text{Mg}_4\text{Cr}^{3+}_2(\text{Si}_6\text{O}_{18})\text{O}_2$ , коломераит  $\text{NaTi}^{3+}\text{Si}_2\text{O}_6$ , куратит  $\text{Ca}_2(\text{Fe}^{2+}_5\text{Ti})\text{O}_2[\text{Si}_4\text{Al}_2\text{O}_{18}]$  и ягиит  $\text{Na}\square_2\text{Mg}_2\text{Al}_3[\text{Al}_2\text{Si}_{10}\text{O}_{30}]$  в коллекции Музея пока отсутствуют.

## Различные типы метеоритов

### Обыкновенные хондриты

Обыкновенные хондриты являются самым распространенным классом метеоритов как в нашей коллекции (80 образцов для 39 метеоритов, табл. 1), так и вообще (см. базу данных Метеоритного бюллетеня: 56 437 зарегистрированных находок на ноябрь 2023 года). Обыкновенные хондриты делятся на группы по соотношению силикатной и металлической составляющей (LL, L и H), а также по петрологическому типу (Kallemeyn et al., 1989; Van Schmus & Wood, 1967). Текущее состояние коллекции обыкновенных хондритов отражено в табл. 1. Колонки в таблице соответствуют петрологическому типу хондрита, а строчки LL, L и H – группам. В каждой ячейке

Таблица 1. Образцы обыкновенных хондритов в коллекции Музея

Петр. тип	3	4	5	6
LL			NWA 10244(1), Челябинск (6)	NWA 12578 (1), Chug Chug 113 (1), Calama 282 (1), Chug Chug 110 (1), Toconao 007 (1), Sulagiri (Hosur) (1)
L	Aba Panu (2)	Chug Chug 014 (1), Chug Chug 044 (1)	Sayh Al Uhamir 001 (1), Ngare Sero (1), Calate 017 (1), Sierra Gorda 022 (1), NWA 11434 (1), Царёв (2)	Jiddat Al Harasis 020 (3), Озерки (1), Виньялес (1), Potter (1), Sierra Gorda 064 (1), Dhofar 228 (1), Gold Basin (1), Озерное (1)
H	NWA 7123 (1), Chug Chug 096 (2)	Chug Chug 003 (1), Sierra Gorda 012 (1), NWA 13529 (1), Calama 175 (1), Dhofar (1)	Куня-Ургенч (2), Dhofar 935 (1), Calama 002 (1), Айкуил (2), Gao-Guenie (2), Calama 032 (1), Chug Chug 013 (1), Chug Chug 015 (1), Chug Chug 106 (1), Chug Chug 107 (1), Chug Chug 108 (1), Chug Chug 109 (1), Chug Chug 010 (1), Chug Chug 111 (1), Чергаш (1), NWA 400 (1), Marsa Alam 033 (1), Tamdakht (1), El Hammani (1), Харабали (2), Яраткулова (1)	Calama 033 (1), Peekskil (1), Навои (2), Calama 022 (1), Chug Chug 112 (1), Marsa Alam 032 (1), Calama 192 (1)

Примечания. Пересечения колонок и строк соответствуют группам обыкновенных хондритов (LL3, LL4, LL5 и т.д.). В ячейках перечислены метеориты данной группы и в скобках указано количество имеющихся образцов.

перечислены имеющиеся в коллекции метеориты, отнесенные к данной подгруппе, а в скобках указано число образцов данного метеорита. Наиболее полно в нашей коллекции представлена подгруппа H5 (25 образцов из 21 метеорита). Частично это объясняется тем, что зарегистрированные Музеем шесть новых находок (Chug Chug 106–111) были обнаружены близко друг от друга в окрестностях Антофагасты (Чили) и могут принадлежать одному и тому же метеориту.

В коллекции Музея пока отсутствуют представители редких подгрупп LL3 и LL4. В базе данных Метеоритного бюллетеня (2023) данные подгруппы также представлены минимальным количеством находок (488 и 392 соответственно). Находки крупных метеоритов подгрупп LL3 и

LL4 описаны в семействе NWA (Северо-Западная Африка). Метеорит Савченское (LL4, 2,5 кг, падение 1894 года вблизи Одессы) хранится в метеоритной коллекции РАН.

#### Углистые хондриты

Из девяти групп углистых хондритов (Krot et al., 2014; Metzler et al., 2021) в коллекции Музея имеются представители только четырех групп (десять образцов из семи метеоритов). Наиболее полно представлены метеориты группы CV3, к которым относятся Allende, NWA12590, NWA11904 и NWA8160. Внимание к этой группе объясняется тем, что для нее характерно большое количество кальций-алюминиевых включений (CAI), содержащих очень редкие минералы (гроссманит,

кушироит, гексамолибден (Mo,Ru,Fe,Ir,Os), дмитрийивановит  $\text{CaAl}_2\text{O}_4$ , кротит  $\text{CaAl}_2\text{O}_4$  и многие другие). Метеориты этой группы различаются по степени окисленности (McSween, 1977). Наименее окисленным является NWA12590, который был нами зарегистрирован как представитель редкой подгруппы CV3r (reduced). Метеорит Allende является наиболее изученным представителем подгруппы CV3оhA. В 2022 году Музеем зарегистрирован новый метеорит из группы CK3 (NWA14914). Таким образом, в нашей коллекции клан CV-CK представлен достаточно полно. Из богатых металлом углистых хондритов клана CB-CN в коллекции Музея есть только небольшой фрагмент (масса 2.86 г) метеорита Gujba. В 2019 году в коллекцию Музея поступил фрагмент метеорита Aguas Zarcas (масса 8.23 г), который относится к группе CM2.

В коллекции отсутствуют представители редкой группы CI (всего девять находок общей массой чуть менее 22 кг) и новой группы углистых хондритов CL (семь находок общей массой менее 6 кг). Найти материал этих групп для коллекции будет невероятно сложно. Также в коллекции отсутствуют метеориты групп CO (643 находки) и CR (211 находок), которых значительно больше, и поиск образцов из этих групп для Музея представляется вполне реальной задачей.

### Ахондриты

Ахондриты очень разнообразны, так как отражают различные степени дифференциации примитивного хондритового вещества. Считается, что примитивные ахондриты (акапульты, лодраниты, брачиниты, винонаиты) претерпели плавление, которое уничтожило хондритовую структуру, но существенной дифференциации вещества на металлическую и силикатную составляющие не произошло. Такие метеориты очень редки (всего 363 находки: 91 акапульты, 91 лодранит, 37 акапульты/лодранитов, 58 брачинитов, 86 винонаитов) и, к сожалению, в нашей коллекции отсутствуют, кроме одного зерна акапульты (NWA1054), записанного на минерал никельфосфид (обр. FMM\_1\_92038).

Среди дифференцированных ахондритов выделяется группа HED (говардиты, эвкриты, диогениты), которые предположительно относятся к одному небесному телу или нескольким телам со сходным изотопным составом кислорода (McSween et al., 2012). Для этих метеоритов также употребляется название «метеориты с астероидов типа Веста». В коллекции Музея есть всего по одному образцу говардитов (метеорит Sarıçiçek, FMM\_10\_76), эвкритов (метеорит Dhofar 007, FMM\_10\_12) и диогенитов (метеорит Calama 082, FMM\_10\_204).

В 2020 году Музеем был зарегистрирован метеорит NWA 13135, который оказался мономиктным оливин-пижонитовым уреилитом. Типовой образец (13.6 г) этого метеорита записан в основной фонд Музея как образец FMM\_10\_233. Уреилиты (в том числе родоначальник этой группы – Новый Урей) с прожилками высокобарных минералов в коллекции отсутствуют. Также в коллекции нет редких ахондритов из группы ангритов (известно 45 находок) и обритов (известно 87 находок), что является стимулом к их приобретению для коллекции. Одно зерно обрита Mount Egerton записано в систематическую коллекцию на минерал перриит (обр. FMM\_1\_92040).

В отдельную группу выделены планетарные ахондриты – марсианские и лунные. В нашей коллекции есть только три небольших фрагмента лунных метеоритов. Все они (Dar Al Gani 400, NWA13676 и Lahmada 020) представляют собой полевошпатовые брекчии – самую распространенную группу лунных метеоритов (База данных метеоритного бюллетеня, 2023).

### Палласиты и мезосидериты

Первым метеоритом, для которого было доказано внеземное происхождение, является знаменитое Палласово железо (синоним – метеорит Красноярск). История изучения этого метеорита неразрывно связана с Минералогическим музеем и возглавлявшим его во второй половине XVIII века академиком Петром (Петером) Симоном Палласом (Назаров, 2000). Минералогию Палласова железа в XIX веке изучали Й. Берцелиус, Ф. Штрмейер, А.Ф. Гебель, Г. Розе, Н.И. Кокшаров и многие другие (Еремеева, 1982). Главная масса Палласова железа (514.5 кг), распиленная на две части в XIX веке, входит в метеоритную коллекцию РАН и экспонируется в Минералогическом музее РАН. От основной массы до 1778 года были отколоты отдельные фрагменты (массой до 4 кг), которые разошлись по многим музеям мира. Один такой фрагмент сохранен и в систематической коллекции Минералогического музея РАН (рис. 1).

Палласиты как класс железо-каменных метеоритов, состоящих из силикатной части (преимущественно крупных зерен оливина), заключенной в металлическую массу, получили свое название от Палласова железа. С классификационной точки зрения палласиты подразделяются на палласиты главной группы (PMG), в которых металлическая масса представлена октаэдритами, сходными с группой IIIAB железных метеоритов, и гораздо более редкие палласиты группы Eagle Station (PES, всего пять находок). Группа PES отличается от PMG

металлической составляющей, которая сопоставляется с группой IF железных метеоритов. Кроме того, оливин PES более кальциевый, чем оливин PMG (Wasson, Choi, 2003).

На сегодняшний день известно 170 находок палласитов, семь из которых найдены на территории РФ и Белоруссии (База данных метеоритного бюллетеня, 2023). Образцы трех из этих семи палласитов (Брагин, Палласово железо, Сеймчан) есть в нашей коллекции. Кроме этого, за последние семь лет в коллекции появились образцы зарубежных палласитов Sericho (Кения) и Imilac (Чили), фотографии которых представлены на рис. 2.

В коллекции Музея нет четырех образцов из семи палласитов, найденных на территории РФ и Белоруссии, но три из них (Караванное, Палласовка и Липовский хутор) есть в метеоритной коллекции РАН. Главная масса (45 кг) палласита Марьялахти, упавшего в 1902 году на территории современной Карелии, хранится в коллекции геологической службы Финляндии.

Типовой образец метеорита Караванное,



Рис. 1. Образец палласита Палласово железо (FMM\_1\_55305) в систематической коллекции Минералогического музея.

самого крупного из зарегистрированных находок PES, хранится в метеоритной коллекции РАН. Некоторые палласиты (например, Vermillion и Yamato 8451) содержат до 3% ортопироксена, и такие метеориты было предложено выделить в отдельную группу пироксеновых палласитов (Bunch et al., 2005). Общее количество находок пироксеновых палласитов неизвестно, так как процесс выделения этой группы не закончен.

К железо-каменным метеоритам, кроме палласитов, относится класс мезосидеритов, для которых зафиксировано 349 находок (База данных метеоритного бюллетеня, 2023). Мезосидериты обычно содержат приблизительно равное количество силикатной и металлической составляющих с небольшим преобладанием первой. Более дробная классификация мезосидеритов проводится по составу силикатной части (группы А, В и С) и степени метаморфизма (петрологические типы 0–4) (Powel, 1969; Floran, 1978; Kimura et al. 2020).

В метеоритной коллекции Музея находится семь образцов из трех различных мезосидеритов. Пятью образцами представлен метеорит Vaca Muerta (Чили), относящийся к подгруппе А1 (рис. 3). В научно-исследовательском фонде есть много мелких фрагментов этого же метеорита из собственных сборов Музея 2023 года. В коллекции также есть по одной пластине мезосидеритов NWA 8741 (классифицирован как представитель подгруппы А4) и NWA 11761 (также из подгруппы А4, но с аномальным количеством троилита).

### Железные метеориты

Коллекции Музея содержат 58 образцов железных метеоритов, из которых в метеоритную коллекцию включены 36 образцов. Железные метеориты можно легко классифицировать по содержанию никеля, который определяет их структуру (Tschermak, 1883), различимую на

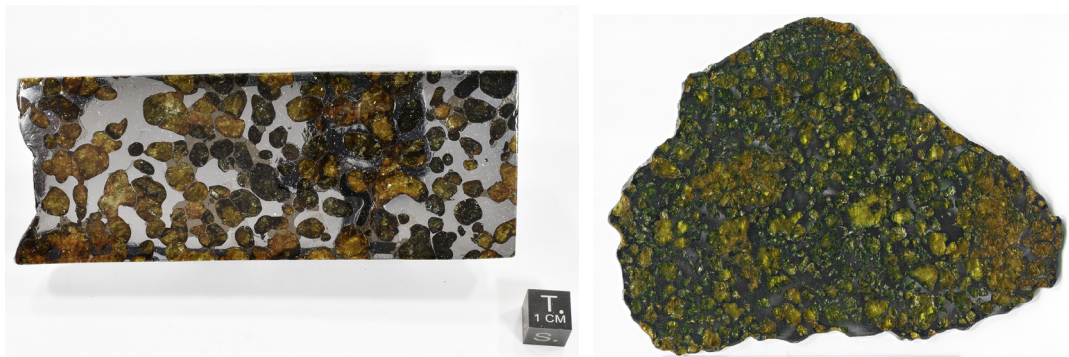


Рис. 2. Образцы палласитов Sericho (FMM\_10\_202) и Imilac (FMM\_10\_195) в коллекции Музея. Пластина метеорита Imilac имеет размеры 23,5 × 17 × 0,2 см. Оба образца подарены Музею В.Н. Калачевым.



Рис. 3. Образец мезосидерита Vaca Muerta в метеоритной коллекции Музея (FMM\_10\_232), подаренный А. Минахиным в 2023 году.

програвленной поверхности. Гексаэдриты (H), которые содержат до 6 мас.% Ni, практически полностью состоят из камасита, в котором ламели тэнита могут выделяться параллельно граням куба (гексаэдра). Гексаэдриты относительно редки и в нашей коллекции представлены только двумя метеоритами (NWA11420 и Уакит).

Октаэдриты (O) содержат 6–14 мас.% Ni, что выражается в значительном количестве тэнита. Камасит образует выделения в виде балок в тэнитовой матрице. Октаэдриты дополнительно классифицируются по ширине балок камасита (размеру зерен) на гиганто-, крупно-, средне- и мелкозернистые (Buchwald, 1975). Октаэдриты визуальнo зрелищны, и они хорошо представлены в коллекции (29 образцов из 17 метеоритов). Эстетически привлекательны образцы среднезернистого октаэдрита Muonionalusta (рис. 4), который в нашей коллекции представлен пятью образцами.

Атакситы (D) содержат от 14 до 66 мас.% Ni и преимущественно состоят из тэнита. Камасита в них недостаточно, чтобы создать видманштеттеную структуру. В нашей коллекции есть шесть образцов из четырех метеоритов

(Чинге, Дроино, NWA859 и Gebel Kamil).

Кроме структурной классификации, для железных метеоритов было предложено разделение на группы по соотношению галлия, германия и никеля исходя из предположения о том, что метеориты различных групп принадлежат ядрам различных небесных тел (Goldberg et al., 1951; Wasson and Kimberlin, 1967). Эта классификация многократно подвергалась ревизии, и в настоящее время она еще далека от завершённой формы. На сегодняшний день выделяется 13 групп метеоритов (Krot et al., 2014) (1224 находки), при этом 151 железный метеорит (11%) не попадает ни в одну из выделенных групп. В метеоритной коллекции (табл. 2) представлены пять из 13 известных групп: IAB – 13 обр., IIAB – 5 обр., IIG – 2 обр., IIIAB – 2 обр., IVA – 7 обр. В коллекции пока нет образцов групп IC, ICs, IID, IIE, IIF, IIE, IIIF IVB.

Железные метеориты, классифицированные вне группы, представлены семью образцами из четырех метеоритов. Все эти метеориты (Дроино, NWA859, Чинге, Gebel Kamil) относятся к атакситам. В 2022 году нами был зарегистрирован новый железный метеорит Оротукан, найденный в Магаданской области. Структурно он относится к октаэдритам, но по набору Ge, Ga и Ni он не попадает ни в одну из известных групп. Мы планируем проверить результаты проведенного анализа и только после этого передать типовой образец в основной фонд Музея, поэтому в данный момент материал метеорита Оротукан (около 90 г), как и других еще не зарегистрированных метеоритов, хранится в научно-исследовательском фонде Музея. Также мы надеемся получить для экспозиции Музея более представительный образец этого метеорита.

### Импактиты

Импактные образования представлены в метеоритной коллекции 89 образцами. Попигайская астроблема (Якутия) охарактеризована десятью



Рис. 4. Железный метеорит Muonionalusta, слева образец FMM\_10\_190, справа FMM\_10\_199.

Таблица 2. Группы железных метеоритов и их наличие в образцах Минералогического музея РАН

	I	II	III	IV
A	El Taco (1), Odessa (1), Canyon Diablo (2), Campo Del Cielo (3),	NWA 11420(1), Уакит (1), Сихотэ-Алинь (2),	Wolfe Creek (1), Яровое (1)	Mounionalusta (5), Gibeon (2)
B	Morasko (1), Uruacu (1), Toluca (1), Mundrabilla (1), Маслянино (1), Nantan (1)	Agoudal (1)		-
C	-	-	переопределены в подгруппу IAB-sLM	
D		-	переопределены в подгруппу IAB-sLH	
E		-	-	
F		-	-	
G		Twannberg (2)		

Примечания. Пересечения колонок и строк соответствуют группам железных метеоритов (IAB, IIAB, IIIAB, IVA и т.д.). В ячейках перечислены метеориты данной группы и в скобках указано количество имеющихся образцов. Проверк означает отсутствие метеоритов данной группы в коллекции Музея. Ячейки таблицы, соответствующие несуществующим группам, залиты серым цветом.

образцами, среди которых есть представительные образцы зювитов и тагамитов, а также гранито-гнейсы и кварциты со следами ударного воздействия. Помимо этого, метеоритные кратеры в РФ охарактеризованы тремя импактитами Карлинского кратера (Чувашия), тремя зювитами Карской астроблемы (Ненецкий автономный округ), четырьмя импактитами астроблемы Янисъярви (Карелия) и двумя импактитами Каменского кратера (Ростовская область). Два импактита астроблемы Эльгыгытгын (Чукотка) записаны как коэсит в систематическую коллекцию Музея. Кратеры на территории других республик бывшего СССР представлены аллогенной брекчией Терновской астроблемы (Днепропетровская область), импактитом Болгышского кратера (Кировоградская область), импактитом кратера Шийли (Казахстан), двумя образцами жаманшинита и лешательеритом (метеоритный кратер Жаманшин, Казахстан).

Благодаря активным сборам А.А. Разумовского, частично переданным в 2018–2019 гг., в Музее хорошо представлены метеоритные кратеры зарубежной Европы. Из Швеции им привезены образцы тагамита и псевдотахилита кратера Dellen, два импактита кратера Mien, два образца аллогенной брекчии кратера Mallingen, по одному представителю импактных пород кратеров Hummeln, Lockne, Silijan. В коллекции есть образцы трех астроблем Финляндии: зювит и тагамит кратера Saaksjarvi, импактит кратера Lappajarvi и импактит кратера Paasselkä. Также мы храним четыре импактита кратера Gardnos и импактит кратера Ritland (оба в Норвегии), псевдотахилиты, зювиты и аллогенную брекчию кратера Rochechouart (Франция), импактит

кратера Steinheim (Германия), зювит и аллогенную брекчию кратера Ries (Германия).

Импактиты остального мира представлены образцами четырех астроблем. В коллекции есть три образца импактитов метеоритного кратера Santa Fe (США), один образец импактитов кратера Vredefort (ЮАР), импактит кратера Agoudal (Марокко) и импактит из кратера Lonar (Индия).

Тектиты являются разновидностью импактитов, часто отличающейся особой красотой. Находки зеленоватых прозрачных молдавитов (или влтавинов) известны с XVIII века, и их часто используют в ювелирных украшениях. Загадочные стекловатые образования находили на всех континентах, и неудивительно, что в коллекции Музея они занимают достойное место. Молдавиты представлены семью образцами (пять в коллекции метеоритов и импактитов). Светло-желтое ливийское стекло также представлено восемью образцами, часть из которых содержит сферолиты кристобалита. Также в коллекции Музея представлены тектиты из Вьетнама (один образец), три индошинита из Китая, три индошинита из Таиланда, семь фрагментов квинстаунитов (дарвиновское стекло) из Тасмании, три образца филиппинитов (Филиппины), тектитоподобное импактное стекло кратера Ауеллул (Мавритания), иргизиты из Казахстана, тектиты Ильинского метеоритного кратера (Винницкая область), атакамаиты (Чили) и австралиты (Австралия).

В коллекции импактитов присутствуют образцы импактитоподобных пород с невыясненным до конца генезисом. К таким образцам относятся кофельситы (стекловатые



кремнекислые породы, слагающие маломощные жилы в гнейсах) из структуры Kofels (Австрия). Часть исследователей рассматривает эти породы как милониты (Mash et al., 1985), а другая часть считает структуру Kofels метеоритным кратером (Storzer et al., 1971).

## Обсуждение

### Представительность метеоритных минералов

В каталоге минеральных видов Музея есть 40 минеральных видов (с учетом земных аналогов) из 133 минералов, открытых в метеоритном веществе. Можно сказать, что представительность минералогической коллекции в ее метеоритной части составляет чуть более 30%. Это существенно меньше, чем по всем минеральным видам в целом (около 68% минеральных видов представлено в коллекции Музея). В первую очередь это связано с недоизученностью имеющихся образцов. Надо отметить и то, что уровень взаимодействия Музея с исследователями метеоритного вещества многие годы был недостаточным. Несомненно, в музейных образцах содержится больше минералов, чем это можно предположить по каталогам. В качестве примера можно привести хорошо изученные образцы метеорита NWA12590 (Konovalova et al., 2021a), в которых описан ряд минералов-эндемиков метеоритов. В Музее хранится типовой образец этого метеорита, и еще две пластины этого метеорита записаны на минеральные виды гроссманит и кушироит, а также один препарат передан А.В. Касаткиным как тетратэнит. В переданных пластинах есть также гексамолибден и другие редкие интерметаллиды (Konovalova et al., 2021b), но выделить дополнительно отдельные образцы или препараты для записи на каждый обнаруженный минеральный вид не представляется возможным. Возможно, стоит пересмотреть систему фиксации новых для Музея минеральных видов в музейных образцах. Это может оказаться полезным не только для существенного расширения списка метеоритных минералов, но и для описания уникальных минералогических объектов с ограниченным количеством вещества.

### Представительность метеоритов в коллекции

За относительно небольшое время в Минералогическом музее им. А.Е. Ферсмана создана достаточно представительная коллекция, включающая в себя главные типы метеоритов. Хорошо охарактеризованы обыкновенные и углистые хондриты (за исключением очень редких типов). В коллекции есть представители всех распространенных типов железных и железо-каменных метеоритов. Для относительно распространенных групп метеоритов Музею удалось получить хорошие экспозиционные

образцы. Более редкие группы представлены отдельными образцами или пока отсутствуют в коллекции. Акапулькоиты, энстатитовые хондриты и обриты в нашей коллекции есть только условно, так как это маленькие фрагменты (размером около 1 мм), запрессованные в эпоксидную смолу и записанные как образцы редких минералов. Мы видим несколько способов развития метеоритной коллекции. Во-первых, необходимо продолжать исследование и регистрацию нового метеоритного вещества. Несколько лет такой работы позволило получить для Музея в виде регистрационных масс несколько редких углистых хондритов, а также представителей групп урейлитов и эвкритов. Материал для исследований поступает от многих любителей метеоритов, но, к сожалению, далеко не все передаваемые образцы оказываются метеоритами. Передаваемые для исследования образцы вначале регистрируются в научно-исследовательском фонде Музея, из них делаются препараты и проводятся необходимые аналитические работы. Если образец оказывается метеоритом, то его владелец передает Музею не менее 20 г вещества как регистрационную массу. После этого составляется заявка на регистрацию, которая отсылается в номенклатурный комитет Международного метеоритного общества, де-факто являющийся международным регистратором метеоритного вещества. В ходе рассмотрения заявки комитет может задать уточняющие вопросы, ответы на которые иногда требуют дополнительных исследований. После утверждения комитетом каждому метеориту присваивается уникальное имя и его описание заносится в базу данных Метеоритного бюллетеня. Это позволяет подготовить регистрационную массу нового метеорита для рассмотрения ЭФЗК (экспертной фондово-закупочной комиссией) Музея с целью его записи в метеоритную коллекцию. Шлифы нового метеорита записываются в шлифотеку Музея и доступны для дальнейшего изучения, в том числе и внешними исследователями. Правила рассмотрения заявок от исследовательских групп изложены на сайте Музея ([https://www.fmm.ru/Научно-исследовательский\\_фонд\\_образцов](https://www.fmm.ru/Научно-исследовательский_фонд_образцов)). Если выясняется, что переданный для исследования образец не является метеоритом, то он возвращается владельцу, а сделанные препараты остаются в научно-исследовательском фонде. Возможны случаи, когда такой образец, не являясь метеоритом, также представляет интерес для Музея. Тогда владельцу образца предоставляются результаты исследования и предлагается передать этот образец или его фрагмент в коллекцию Музея. Во-вторых, необходимы постоянные контакты с научными группами, коллекционерами метеоритов и дилерами. Это позволяет узнавать о

новых интересных находках и участвовать в их изучении, а также о хороших коллекционных образцах, которые иногда удается получить в коллекцию Музея в виде даров или в результате обмена. В-третьих, сотрудники Музея могут принимать участие в метеоритных экспедициях. Организовать собственные метеоритные экспедиции Музею сейчас не под силу, но участие отдельных сотрудников в метеоритных экспедициях приносит хорошие результаты.

### Представительность импактитов в коллекции

В коллекции представлены импактиты (105 образцов), относящиеся к 27 из 190 известных метеоритных кратеров. Из них на территории РФ описано 19 импактных структур, но в коллекции есть представители только шести астроблем. В большинстве случаев эти образцы дополнительно не изучались и их описание в каталоге базируется только на макроскопических описаниях, сделанных людьми, которые передали образцы. Современная петрографическая классификационная схема для импактитов была принята совсем недавно (Stoffler et al., 2007), и вся имеющаяся коллекция требует тщательной научной ревизии. К сожалению, в Музее пока нет специалистов по импактному веществу. Возможно, было бы рациональным привлечение к изучению коллекции внешних специалистов, но после ухода из жизни В.И. Фельдмана (2011) и В.Л. Масайтиса (2019) их научные группы распались и найти универсального и профессионального исследователя импактитов в РФ чрезвычайно сложно. Кроме ревизии и классификации имеющихся в коллекции импактных пород, к первоочередным задачам относится проверка на подлинность некоторых тектитов (молдавтитов, индошинитов и т.д.), для которых на рынке распространены подделки из-за их высокой стоимости.

### Экспозиция метеоритов и импактитов

В 2022 году была начата большая работа по обновлению экспозиции в Музее, посвященной метеоритной коллекции. На протяжении многих лет метеоритная экспозиция поддерживалась А.Я. Скрипник (ГЕОХИ РАН). Экспозиция преимущественно состояла из уникальных образцов метеоритной коллекции РАН, переданных де-юре Музеем Метеоритному комитету, но де-факто (т.е. физически) оставшихся в Музее. Сотрудники ГЕОХИ РАН (Д.Д. Бадюков, Н.С. Безаева, К.А. Лоренц, К.М. Рязанцев и другие) совместно с сотрудниками Музея провели ревизию экспозиции, работы по обновлению и освещению витрин, актуализации этикеток, добавлению новых экспонатов и чистке старых. Наряду с этим сотрудники Музея сделали отдельную витрину (№126), в которой экспонируются лучшие образцы метеоритной коллекции Музея (87 образцов).

Следующим этапом работы является создание общей экспозиции, основанной на обновленной концепции для экспонирования метеоритного и импактного вещества. Однако создание такой концепции требует многопланового взвешенного подхода, и эта работа еще не закончена. В новой экспозиции необходимо представить минералогию метеоритов, морфологию индивидов, наглядно показать текстурные особенности строения, классификационные признаки и многое другое. Экспонирование импактного вещества также требует системного многопланового подхода, и мы надеемся, что эту работу удастся сделать в обозримом будущем.

### Благодарности

Авторы благодарят К.А. Лоренца, В.В. Шарыгина и И.В. Пекова за ценные замечания, позволившие улучшить статью.

### Список литературы:

- База данных метеоритного бюллетеня. 2023. Электронный ресурс <https://www.lpi.usra.edu/meteor/metbull.php>
- Еремеева А.И. Рождение научной метеоритики (История Палласова Железа). М.: Наука, 1982. 253 с.
- Кривовичев В.Г. Минеральные виды. СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2021. 600 с.
- Назаров М.А. Метеоритная коллекция Российской Академии наук // Музеи Российской Академии Наук. Альманах. 1999. М.: Научный мир, 2000. С. 47–62.
- Пеков И.В., Зубкова Н.В., Агаханов А.А., Турчкова А.Г., Житова Е.С., Пуцаровский Д.Ю. Новая разновидность хладниита из вулканических эксгалайций. Генетическая кристаллохимия хладниита // ДАН. Науки о Земле. 2023. Т. 512. №2. С. 233–241.
- Плечов П.Ю., Белаковский Д.И., Паутов Л.А., Пеков И.В., Касаткин А.В., Агаханов А.А., Карпенко В.Ю., Некрылов Н.А., Гриценко Ю.Д., Гаранин В.К., Карнов А.О. Важнейшие научные результаты Минералогического музея им. А.Е. Ферсмана в 2019 году // Новые данные о минералах. 2020. №54(3). С. 74–95.
- Чуканов Н.В., Пеков И.В., Левицкая Л.А., Задов А.Е. Дрониноит  $Ni_3Fe^{3+}Cl(OH)_8 \cdot 2H_2O$  – новый минерал группы гидроталькита из выветрелого метеорита Дронино // Зап. РМО. 2008. Т. 137. №6. С. 38–46.
- Berkley J.L., Taylor G.J., Keil K., Harlow G.E., Prinz M. The

nature and origin of ureilites // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 1980. V. 4(10). P. 1579–1597.

*Britvin S.N., Rudashevskii N.S., Krivovichev S.V., Burns P.C., and Polekhovskiy Y.S.* Allabogdanite, (Fe,Ni)<sub>2</sub>P, a new mineral from the Onello meteorite: The occurrence and crystal structure // *American Mineralogist*. 2002. V. 87. P. 1245–1249.

*Buchwald V.F.* Handbook of iron meteorites. Their history, distribution, composition and structure. Arizona State University, 1975.

*Floran R.J.* Silicate petrography, classification, and origin of the mesosiderites: Review and new observations. In Proceedings of the Ninth Lunar and Planetary Science Conference, Houston, Texas, March 13–17, 1978. Pergamon Press.

*Fuchs L.H.* Djerfisherite, alkali copper–iron sulfide: a new mineral from enstatite chondrites // *Science*. 1966. V. 153. P. 166–167.

*Goldberg E., Uchiyama A., & Brown H.* The distribution of nickel, cobalt, gallium, palladium and gold in iron meteorites // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 1951. V. 2(1). P. 1–25.

*Kallemeyn G.W., Rubin A.E., Wang D., & Wasson J.T.* (1989). Ordinary chondrites: Bulk compositions, classification, lithophile-element fractionations and composition-petrographic type relationships // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 1989. V. 53(10). P. 2747–2767.

*Kimura M., Sugiura N., Yamaguchi A., & Ichimura K.* The most primitive mesosiderite Northwest Africa 1878, subgroup 0 // *Meteoritics & Planetary Science*. 2020. V. 55(5). P. 1116–1127.

*Keil K.* Enstatite achondrite meteorites (aubrites) and the histories of their asteroidal parent bodies // *Geochemistry*. 2010. V. 70(4). P. 295–317.

*Kononova K.A., Plechov P.Y., Litasov K.D., Shcherbakov V.D., & Vasiliev S.P.* Evolution of Pyroxene Composition During CAI Formation in CV3-Chondrite Northwest Africa 12590. In 52nd Lunar and Planetary Science Conference. 2021a. No. 2548, p. 1517.

*Kononova K.A., Plechov P.Y., Litasov K.D., Shcherbakov V.D., & Vasiliev S.P.* Mineralogy of the Complex Refractory Metal Nuggets in B1 Type CAI from CV3-Chondrite Northwest Africa 12590. In 52nd Lunar and Planetary Science Conference. 2021b. No. 2548, p. 1961.

*Krot A.N., Keil K., Scott E.R.D., Goodrich C.A., & Weisberg M.K.* Classification of meteorites and their genetic relationships // *Meteorites and cosmochemical processes*. 2014. V. 1. P. 1–63.

*McSween Jr H.Y.* Petrographic variations among carbonaceous chondrites of the Vigarano type // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 1977. V. 41(12). P. 1777–1790.

*McSween H.Y., Mittlefehldt D.W., Beck A.W., Mayne R.G., & McCoy T.J.* HED meteorites and their relationship to the geology of Vesta and the Dawn mission. The Dawn mission to minor planets 4 Vesta and 1 Ceres, 2012. P. 141–174.

*Masch L., Wenk H.R., & Preuss E.* Electron microscopy study of hyalomylonites – evidence for frictional melting in landslides // *Tectonophysics*. 1985. V. 115(1–2). P. 31–160.

*Metzler K., Hezel D.C., Barosch J., Wölfer E., Schneider J.M., Hellmann J.L., Berndt J., Stracke A., Gattacceca J., Greenwood R.C., Franchi I.A., Burkhardt C., Kleine T.* The Loongana (CL) group of carbonaceous chondrites // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 2021. V. 304. P. 1–31.

*Mittlefehldt D.W., & Lindstrom M.M.* Geochemistry and genesis of the angrites // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 1990. V. 54(11). P. 3209–3218.

*Pekov I.V., Perchiazzi N., Merlino S., Kalachev V.N., Merlini M., Zadov A.E.* 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*. 2007. V. 19. P. 891–898.

*Powell B.N.* Petrology and chemistry of mesosiderites – I. Textures and composition of nickel-iron // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 1969. V. 33(7). P. 789–810.

*Rubin A., Ma C.* Meteorite Mineralogy. Oxford Research Encyclopedia of Planetary Science, 2020. 49 p.

*Storzer D., Horn P., & Kleinmann B.* The age and the origin of Kofels structure, Austria // *Earth and Planetary Science Letters*. 1971. V. 12(2). P. 238–244.

*Stöffler D. and Grieve R.A.F.* Impactites, Chapter 2.11 in Fettes D., and Desmons J. (eds.) *Metamorphic Rocks: A Classification and Glossary of Terms, Recommendations of the International Union of Geological Sciences*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2007. P. 82–92, 111–125, and 126–242.

*Tschermak G.* Beitrag zur classification der Meteoriten. Sitzber. Akad. Wiss. Wien, Math.-Naturwiss. Kl., Abt. I. 1883. B. 88. S. 347–371.

*Van Schmus W.R., & Wood J.A.* A chemical-petrologic classification for the chondritic meteorites // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 1967. V. 31(5). P. 747–765.

*Wasson J.T., & Kimble J.* The chemical classification of iron meteorites – II. Irons and pallasites with germanium concentrations between 8 and 100 ppm // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 1967. V. 31(10). P. 2065–2093.