

УДК 551.35:549(265)

ПЕРВАЯ НАХОДКА ПЛАТИНЫ В КОСМОГЕННЫХ СФЕРУЛАХ ЖЕЛЕЗОМАРГАНЦЕВЫХ КОРОК (ГАЙОТ ФЕДОРОВА, МАГЕЛЛАНОВЫ ГОРЫ, ТИХИЙ ОКЕАН)

© 2020 г. Д. П. Савельев^{1,*}, академик РАН А. И. Ханчук², О. Л. Савельева¹,
С. В. Москалева¹, П. Е. Михайлик²

Поступило 31.01.2020 г.

После доработки 06.02.2020 г.

Принято к публикации 10.02.2020 г.

Из образца железомарганцевой корки с гайота Федорова Магеллановых гор механически выделено более 250 магнитных сферул размером 40–200 мкм. По составу сферулы соответствуют в различной степени окисленным железо-каменным и железным (с примесью никеля) метеоритам. Морфология поверхности и внутренняя структура этих сферул близки современным микрометеоритам. Некоторые сферулы имеют зональную структуру с ядром, состоящим из неокисленного никелистого железа с содержанием никеля от 7.5% до 53% и примесью кобальта до 3.7%. Впервые в железомарганцевой корке в сферуле, состоящей из вюстита и магнетита, найдены микровыделения (до 0.5 мкм) родистой платины. Наличие космогенных сферул в исследованном образце указывает на накопление определенной доли платиноидов в железомарганцевых корках вследствие захоронения в них космической пыли.

Ключевые слова: железомарганцевые корки, микрометеоритные сферулы, платина, гайот Федорова, Магеллановы горы

DOI: 10.31857/S2686739720040155

Железомарганцевые корки подводных гор и гайотов обогащены элементами платиновой группы (ЭПГ) относительно глубоководных осадков океана [1]. Основным механизмом этого обогащения считается сорбция ЭПГ из морской воды [2]. Было сделано предположение о том, что добавка космической пыли также может повышать концентрацию платиноидов в Fe–Mn-корках [3]. Процессу накопления космогенных частиц способствуют шероховатые поверхности глобулярных корок, действующие как коллекторы для осаждаемого вещества с высоким удельным весом. Космические сферулы фиксируются в микрозападинах поверхности Fe–Mn-корок. Менее плотные частицы осадка в подавляющем большинстве случаев вымываются придонными течениями [3]. Платиновые минералы могут также поступать в Fe–Mn-корки из подстилающих

базальтов [4]. Микрозондовые исследования позволяют различать космогенные и вулканогенные сферулы, выделенные из Fe–Mn-образований [5]. Это важно для определения наличия в них платиноидов.

В сообщении представлены результаты исследования Fe–Mn-корки (образец СТ35Д159) с гайота Федорова, драгированной в 1992 г. на нис “Геолог Петр Антропов”. Гайот Федорова (ранее известный как ИОАН, а также МЖ-35) расположен на юго-восточном фланге Магеллановых гор в СЗ Пацифике [6]. Образец весом 200 г, включающий верхний массивный (слой III) и подстилающий пористый (слой II) общей толщиной 5.5 см был издроблен до 0.5 мм. Во избежание заражения пробы чужеродным магнитным материалом измельчение проводилось вручную с использованием мраморных ступки и пестика. Для удаления глинистой фракции проба была отмучена и затем высушена. Мощным неодимовым магнитом выделена магнитная фракция. С помощью стальной иглы из магнитной фракции было выделено более 250 сферул, размеры которых варьировали от 40 до 200 мкм. Часть выделенных сферул (около 120 штук) были нанесены на электропроводящий скотч и изучены в электронном микроскопе VEGA3 с аналитической приставкой X-MAX80 в

¹ Институт вулканологии и сейсмологии
Дальневосточного отделения Российской академии наук,
Петропавловск-Камчатский, Россия

² Дальневосточный геологический институт
Дальневосточного отделения Российской академии наук,
Владивосток, Россия

*E-mail: savelyev@kscnet.ru

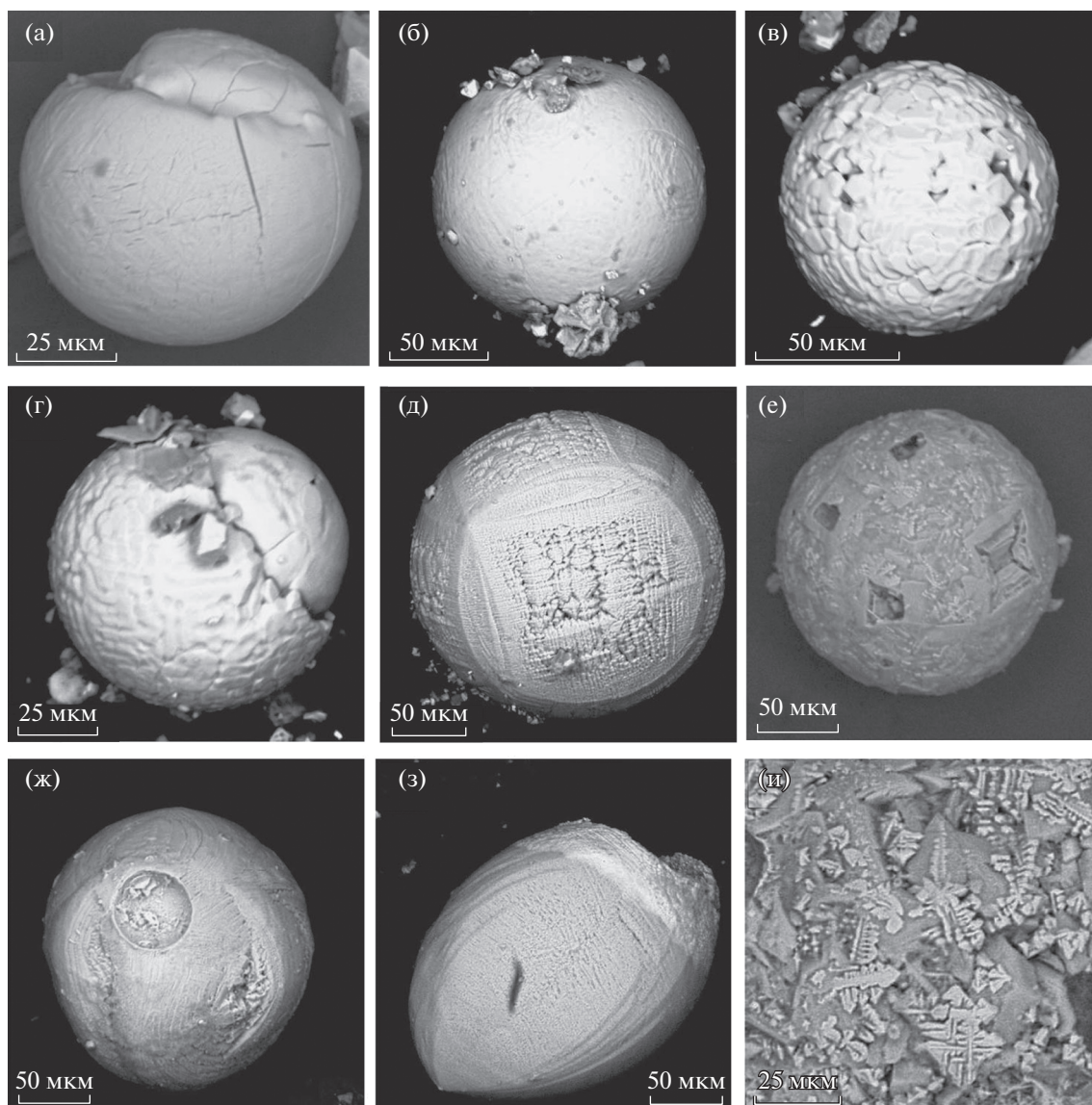


Рис 1. Формы микрометеоритов и структуры их поверхности. а–г – железные микрометеориты (а, б – с гладкой поверхностью, в – с плитчатой поверхностью, г – двухслойная сферула); д–з – железосиликатные микрометеориты (д – с решетчатой структурой, е – с дендритовой структурой, ж – с полостью от железной фазы, з – каплевидной формы, и – фрагмент поверхности сферулы с дендритами магнетита в силикатном матриксе).

ИВиС ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский. Изображения наиболее представительных сферул приведены на рис. 1. Большая часть этих сферул состоит из окисленного железа, часто с примесью никеля и силикатов. Несколько шариков отвечают по составу Fe–Mn-образованиям. Попадание их в магнитную фракцию вызвано тем, что под Fe–Mn-оболочкой, видимо, находится магнитное ядро сферулы. На некоторых железных шариках наблюдались остатки такой оболочки.

Остальные сферулы (130 шт.) были залиты эпоксидной смолой, отполированы с помощью алмазной пасты и также изучены под электронным микроскопом. Исследование полированных

сферул показало наличие нескольких разновидностей, отличающихся по составу и внутренней структуре (рис. 2). Часть сферул имеет структуры, связанные с быстрым остыванием перегретого расплава – дендритовую (рис. 2в, г), решетчатую (рис. 2б), микроспинифекс (рис. 2а). Они состоят из окислов железа и силикатной матрицы в разных соотношениях. Иногда внешним слоем железосиликатной сферулы является Fe–Mn-оболочка (рис. 2е). Другая часть сферул состоит из окислов железа – вюстита и магнетита с массивной (рис. 2з, и) или гранулярной (рис. 2м) структурой; иногда сферулы имеют зональное строение с различным составом или структурой зон

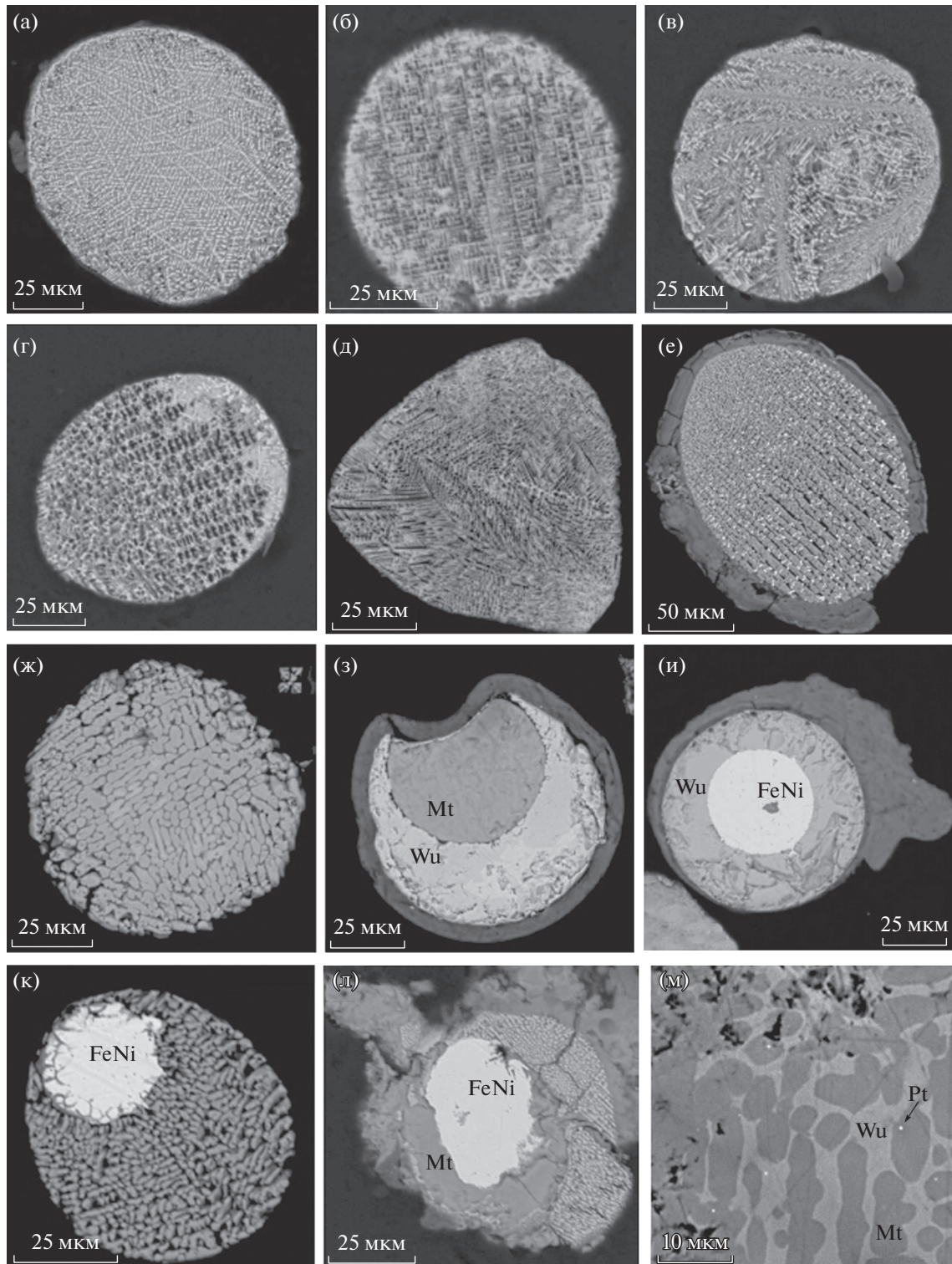


Рис. 2. Структуры микрометеоритов в полированных срезах. а–е – железосиликатные сферулы (структуры: а – микроспинифекс, б – решетчатая, в – дендритовая, г – решетчатая+дендритовая; д – микрометеорит с треугольным сечением, е – в Fe–Mn-оболочке); ж–з – сферулы из окислов железа (ж – с решетчатой структурой, з – двухслойная с Fe–Mn-оболочкой); и–л – сферулы с железоникелевым ядром, окруженным окислами железа; м – фрагмент магнетит-вюститовой сферулы с гранулярной структурой с микровключениями родистой платины. Mt – магнетит, Wu – вюстит, FeNi – железоникелевый сплав, Pt – включения родистой платины. Изображения (рис. 1 и 2) получены методом электронной сканирующей микроскопии с обратным рассеянием электронов.

(рис. 2з, и, л); некоторые сферулы покрыты Fe–Mn-оболочкой (рис. 2з, и). В зональных сферулах иногда наблюдается ядро из сплава железа и никеля с примесью кобальта (рис. 2и–л). Содержание никеля в этом сплаве варьирует от 7.5 до 53 весовых %, а кобальта — достигает 3.7%. В сферулах, состоящих из окислов железа, также фиксируется примесь никеля и кобальта — до 9% и до 1.1%, соответственно; причем в вюститите FeO примесь никеля и кобальта обычно выше, чем в магнетите FeFe₂O₄.

Задачами нашего исследования было удостоверить в том, что выделенные сферулы являются именно микрометеоритами, а также попытаться найти в них платиноиды. За космогенный материал можно принять сферулы другого происхождения — вулканогенного или техногенного. Техногенные шарики могут попасть в Fe–Mn-корки только при ненадлежащей пробоподготовке. Поэтому тщательно соблюдалась стерильность пробы. Наличие Fe–Mn-оболочек у некоторых из выделенных сферул также доказывает их природное происхождение. От вулканогенного железа микрометеориты отличаются примесью никеля. При нагревании и окислении железных микрометеоритов в верхних слоях атмосферы происходит обогащение никелем и кобальтом металлического шарика, окруженного расплавленным оксидом железа, обедненным более тугоплавкими металлами [7]. В процессе выветривания железных микрометеоритов происходит вынос никеля с поверхностной оболочки, и в этом случае их трудно отличить от вулканогенных магнетитовых шариков [8]. Однако изучение химического состава внутренней части сферул позволяет определить их генезис.

Значительная примесь никеля и кобальта в исследованных нами сферулах позволила идентифицировать их как космогенный материал. Металлическое ядро в них отвечает составу тэнита — никелистого метеоритного железа. Структуры поверхности изученных сферул, такие как: дендриты магнетита в силикатном стекле (рис. 1е, и), параллельные полосы на силикатных шариках (рис. 1ж, з), следы ликвации на силикатный и железоникелевый расплав (иногда — полость от выпавшего железного шарика — рис. 1ж) возникли при плавлении во время вхождения частиц космической пыли в атмосферу и быстром остывании в атмосфере после торможения [9].

В одной из сферул, состоящей из глобул магнетита в вюститовом матриксе, обнаружены микровыделения родистой платины размером менее 0.5 мкм. Максимальное содержание Pt и Rh в анализах — 14.8 и 1.36 вес. % соответственно. Микровыделения благородных металлов наблюдаются преимущественно в магнетитовой фазе и единичные — в вюститовой (рис. 2м). Сходные выделе-

ния платиноидов были описаны в микрометеоритах, выделенных из глубоководных осадков Индийского океана [10]. Полученные нами анализы платиносодержащих фаз включают другие элементы (кроме Pt и Rh) — кислород, железо и никель. Однако некоторые факты позволяют сделать вывод, что эти элементы захвачены в анализ из вмещающих фаз. Было получено 13 анализов с Pt и Rh и несколько анализов вмещающих фаз (вюстит и магнетит, оба минерала с примесью никеля). Это позволило применить статистические методы и вычистить вмещающую фазу. О том, что микропроявления являются именно самородной фазой (родистой платиной) свидетельствует четкая корреляция Pt и Rh (коэффициент корреляции 0.98) и обратная корреляция Pt и Fe (–0.4), а также примерное соответствие отношения Fe/O в анализах вмещающей фазы (соответственно магнетиту или вюстититу). Полученные данные не дают однозначных доказательств, но все-таки говорят в пользу определения именно самородной фазы PtRh (с отношением Pt/Rh около 10).

В Fe–Mn-корках подводных гор Уэйк-Неккер и Магеллановых акцессорные минералы платиновой группы обнаружены в виде твердых растворов Fe, Pt, Pd, Rh, а также в виде сульфидов, станнатов, селенидов, силицидов и примесей к природной бронзе [4]. Источником этих минералов М.П. Торохов и М.Е. Мельников считают базальты субстрата, основываясь на сходстве минерального состава тяжелой фракции Fe–Mn-корок и базальтов. Также с подстилающими базальтами связывают находки платиновых минералов в Fe–Mn-корках поднятия Мидпасифик [11], хотя в числе выделенных акцессориев описаны и космогенные микросферулы. Следует отметить, что содержание ЭПГ в океанических базальтах на 2–3 порядка меньше, чем в каменных метеоритах, и на 3–4 порядка меньше, чем в железных метеоритах, а также в никель-железной фазе метеоритов [12]. Таким образом, определенная часть платиновых минералов Fe–Mn-корок с гайотов Тихого океана имеет метеоритное происхождение. Результаты нашего исследования показывают, что платиноиды в корках могут находиться в виде микровключений самородной фазы в космогенных сферулах. Наша находка не опровергает выводов предшественников о том, что основным механизмом накопления платины в Fe–Mn-корках является сорбция из морской воды.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарны Т.Е. Пузанковой, предоставившей для исследования образец Fe–Mn-корки из коллекции Кафедры географии, геологии и геофизики КамГУ им. Витуса Беринга.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФ № 18–17–00015.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hein J.R., Mizell K., Koschinsky A., Conrad T.A. // Ore Geology Reviews. 2013. V. 51. P. 1–14.
2. Батурин Г.Н., Коноплева Е.В., Дубинчук В.Т., Мельников М.Е. // Океанология. 2005. Т. 45. № 2. С. 286–294.
3. Halbach P., Kriete C., Prause B., Puteanus D. // Chemical Geology. 1989. V. 76. P. 95–106.
4. Торохов М.П., Мельников М.Е. // ДАН. 2005. Т. 405. № 4. С. 511–513.
5. Finkelman R.B. // Science. 1970. V. 167. P. 982–984.
6. Мельников М. Е., Плетнев С. П. // Литология и полезные ископаемые. 2013. № 1. С. 3–16.
7. Brownlee D.E., Bates D.A., Wheelock M.M. // Nature. 1984. V. 303. P. 693–695.
8. Van Ginneken M., Genge M.J., Folco L., Harvey R.P. // Geochim et Cosmoch Acta. 2016. V. 179. P. 1–31.
9. Genge M.J., Engrand C., Gounelle M., Taylor S. // Meteoritics and Planetary Science. 2008. V. 43. P. 497–515.
10. Rudraswami N.G., Parashar K., Shyam Prasad M. // Meteoritics and Planetary Science. 2011. V. 46. P. 470–491.
11. Рудашевский Н.С., Крецер Ю.Л., Аникеева Л.И. и др. // ДАН. 2001. Т. 378. № 2. С. 246–249.
12. Маракушев А.А., Грановский Л.Б., Зиновьева Н.Г. и др. Космическая петрология. М.: Наука, 2003. 389 с.

FIRST FIND OF PLATINUM IN THE COSMOGENIC SPHERULES OF FERROMANGANESE CRUSTS (FEDOROV GUYOT, MAGELLAN SEAMOUNTS, PACIFIC OCEAN)

D. P. Savelyev^{a,#}, Academician of the RAS A. I. Khanchuk^b, O. L. Savelyeva^a, S. V. Moskaleva^a, and P. E. Mikhailik^b

^a Institute of Volcanology and Seismology, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russian Federation

^b Far-Eastern Geological Institute, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russian Federation

[#]E-mail: savelyev@kscnet.ru

More than 250 magnetic spherules 40–200 μm in size were mechanically isolated from the sample of the ferromanganese crust from the Fedorov Guyot of the Magellan Seamounts. In composition, spherules correspond to varying degrees with oxidized iron-stone and iron (nickel-admixture) meteorites. The surface morphology and internal structure of these spherules are close to modern micrometeorites. Some spherules have a zonal structure with a core consisting of unoxidized nickel iron, the nickel content in it varies from 7.5% to 53%, and the admixture of cobalt reaches 3.7%. In the spherule, consisting of wüstite and magnetite, nuggets (up to 0.5 μm) of rhodium platinum were found. The presence of cosmogenic spherules in the studied sample indicates the accumulation of a certain fraction of PGEs in ferromanganese crusts due to the burial of cosmic dust in them.

Keywords: ferromanganese crusts, micrometeorite spherules, platinum, Fedorov Guyot, Magellan Seamounts