

Краткие сообщения

УДК 549.283; 553.086

DOI: 10.31431/1816-5524-2022-2-54-104-109

НАХОДКА МЕДИСТОГО ЗОЛОТА В ЖЕЛЕЗОМАРГАНЦЕВОЙ КОРКЕ С ГАЙОТА АЛЬБА (МАГЕЛЛАНОВЫ ГОРЫ)

© 2022 О.Л. Савельева, Д.П. Савельев, С.В. Москалева, В.А. Рашидов

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, Россия, 683006; e-mail: savelyeva@kscnet.ru

Поступила в редакцию 24.03.2022; после доработки 22.05.2022; принята в печать 27.06.2022

Находки зерен благородных металлов в Fe-Mn корках важны для понимания процессов, приводящих к обогащению корок различными компонентами. В глинисто-фосфатном заполнителе в интерстициях трехслойной Fe-Mn корки, драгированной с гайота Альба Магеллановых гор (Тихий океан), обнаружена частица медистого золота размером 10 мкм. Золото изучено на сканирующем электронном микроскопе в Институте вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, и представлено медистым золотом с примесью платины (до 3.1 вес. % Cu и до 1.7 вес. % Pt). По составу примесей можно предположить офиолитовый источник золота. Форма зерна и его нахождение в неизменном глинисто-фосфатном веществе говорит о его аллотигенной природе. Эта находка расширяет перечень гайотов Тихого океана, на поверхности которых обнаружены частицы аллотигенного золота.

Ключевые слова: медистое золото, железомарганцевые корки, Магеллановы горы, гайот Альба.

ВВЕДЕНИЕ

Железомарганцевые (Fe-Mn) корки Мирового океана являются перспективным сырьем для добычи различных металлов — Co, Ti, Mn, Ni, Pt, Zr, Nb, Te, Bi, Mo, W, Th, редкоземельных элементов (Hein, Koschinsky, 2014). Золото обычно не рассматривается как перспективный компонент при подсчете запасов металлов в Fe-Mn корках, поскольку его содержание в них не достигает величин, достаточных для технологически выгодной отработки. Область, где Fe-Mn корки показывают самое высокое содержание металлов — центральная и западная экваториальная часть Тихого океана — Главная тихоокеанская корковая зона (Pacific Prime Crust Zone — PPCZ) (рис. 1). Среднее содержание золота в корках в этой зоне, по разным публикациям, 99.7 мг/т (n=7) (Hein, Koschinsky, 2014) и 55 мг/т (n=13) (Hein et al., 2013). В других районах содержание золота в корках еще ниже, в частности в Fe-Mn корке гайота Детройт содержание

золота 0.2–1 мг/т (Бережная и др., 2021). Однако любая находка зерен благородных металлов в Fe-Mn корках важна для понимания процессов, приводящих к обогащению корок различными компонентами. Самородное золото было описано в виде единичных частиц длиной до 0.8 мкм в тяжелой магнитной фракции, выделенной из технологических проб Fe-Mn корок, драгированных на гайотах Федорова (ИОАН) и Альба (Дальморгео) Магеллановых гор (Батулин и др., 2005) (рис. 1). В последнее десятилетие было сделано несколько находок самородного золота в океанических Fe-Mn корках в различных точках Тихого океана (Иванов и др., 2021; Михайлик и др., 2013; 2014; Mikhailik et al., 2021). Наиболее крупные частицы золота обнаружены в гидrogenных корках, драгированных на гайоте Детройт (Императорский хребет), гайоте Зубова (Маршалловы о-ва) и подводной горе Медведь Гамми (прикамчатская акватория Тихого океана) (рис. 1). В корке с гайота Детройт клиновидные частицы золота размером

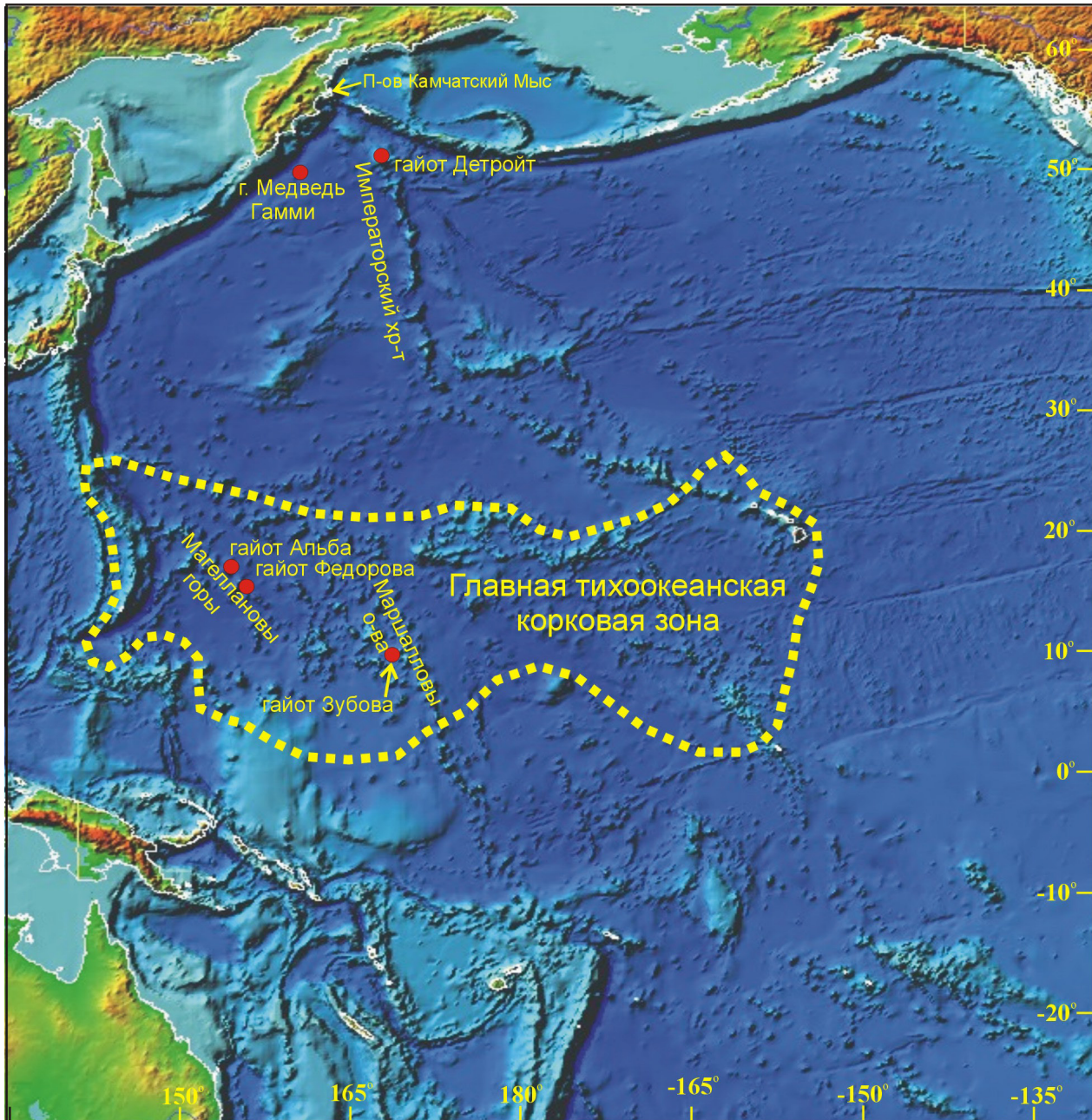


Рис. 1. Места находок самородного золота в Fe-Mn корках по (Mikhailik et al., 2021) с добавлениями. Главная тихоокеанская корковая зона (Hein and Koschinsky, 2014) показана пунктиром.

Fig. 1. Locations of native gold findings in Fe-Mn crusts according to (Mikhailik et al., 2021), with the additions. Pacific Prime Crust Zone (Hein and Koschinsky, 2014) is shown by the dotted line.

до 10–15 мкм образуют скопление размером 680 мкм, в корке с гайота Зубова найдено зерно размером ~15 мкм (Михайлик и др., 2014; Mikhailik et al., 2021). По мнению авторов, источником золота могли быть гидротермальные флюиды; предполагается, что минеральные фазы золота образовались посредством биогеохимических восстановительных процессов (Mikhailik et al., 2021). В глинистом подстилающем субстрате корки с подводной горы Медведь Гамми идентифицировано зерно золота размером ~60 мкм со следами перемещения (Иванов

и др., 2021; Mikhailik et al., 2021). Для микрочастиц из корки с гайота Детройт установлен состав Ag-Au-Cu, частица с гайота Зубова представлена чистым золотом, зерно с подводной горы Медведь Гамми — Ag-Au (Михайлик и др., 2014; Mikhailik et al., 2021). Мы представляем новую находку самородного золота, сделанную в Fe-Mn корке, драгированной с гайота Альба (рис. 1) из цепи Магеллановых гор. В составе найденной в корке частицы золота зафиксирована примесь меди, а один из четырех анализов показал еще и примесь платины.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Образец с гайота Альба представляет собой трехслойную корку общей мощностью 10–12 см. В целом строение корки соответствует коркам Магеллановых гор, описанным в литературе (Мельников, 2005; Мельников, Плетнев, 2013). Послойное описание образца приведено в работе (Савельев и др., 2022). В нижнем и среднем слое корки кроме Fe-Mn рудного вещества в интерстициях наблюдаются скопления пористого глинисто-фосфатного материала. Образец весом 270 г был издроблен вручную до 0.5 мм с целью поиска космогенных сферул. Отдельные сферулы и частицы корки, содержащие магнитные сферулы, были извлечены из промытой и высушенной массы с помощью магнита, методика выделения описана в работе (Савельев др., 2020). Выделенные зерна были залиты эпоксидной смолой, отполированы с помощью алмазных паст и изучены под электронным микроскопом VEGA3 с аналитической приставкой X-MAX80 в Институте вулканологии и сейсмологии ДВО РАН. Целью исследования было изучение магнитных космогенных сферул, результаты анализа которых изложены в работе (Савельев и др., 2022). Обнаружение частицы золота в глинисто-фосфатном заполнителе интерстиций Fe-Mn корки является случайным. Повторить измерения на другом приборе не удалось, поскольку при переполровке образца частица золота была утеряна.

ФОРМА И СОСТАВ
ВКЛЮЧЕНИЯ ЗОЛОТА

В одном из фрагментов раздробленной Fe-Mn корки вблизи магнетитовой сферулы в глинисто-фосфатном заполнителе было обнаружено включение самородного золота размером 7×10 мкм (рис. 2). Включение имеет неровные, зазубренные края. Участки, сложенные глинисто-фосфатным веществом, имеют неоднородную пористую текстуру, в них преобладает аутигенный апатит (франколит) с содержанием фтора до 3% с примесью глинистого вещества. Каких-либо изменений вмещающего материала вблизи включения золота не наблюдается. Во всех четырех анализах, сделанных по площади зерна, прибор показал примесь меди (максимально — 3.1 вес. % при пересчете анализа на 100% металлической фазы), в одном из анализов было 1.7 вес. % Pt (таблица), рис. 3.

Состав самородного золота (пересчитан на 100% металла), вес. %

Composition of native gold (converted to 100% metal), wt. %

	Pt	Cu	Au
Спектр 52	0	1.9	98.1
Спектр 53	0	3.1	96.9
Спектр 54	1.7	0.9	97.4
Спектр 55	0	1.6	98.4

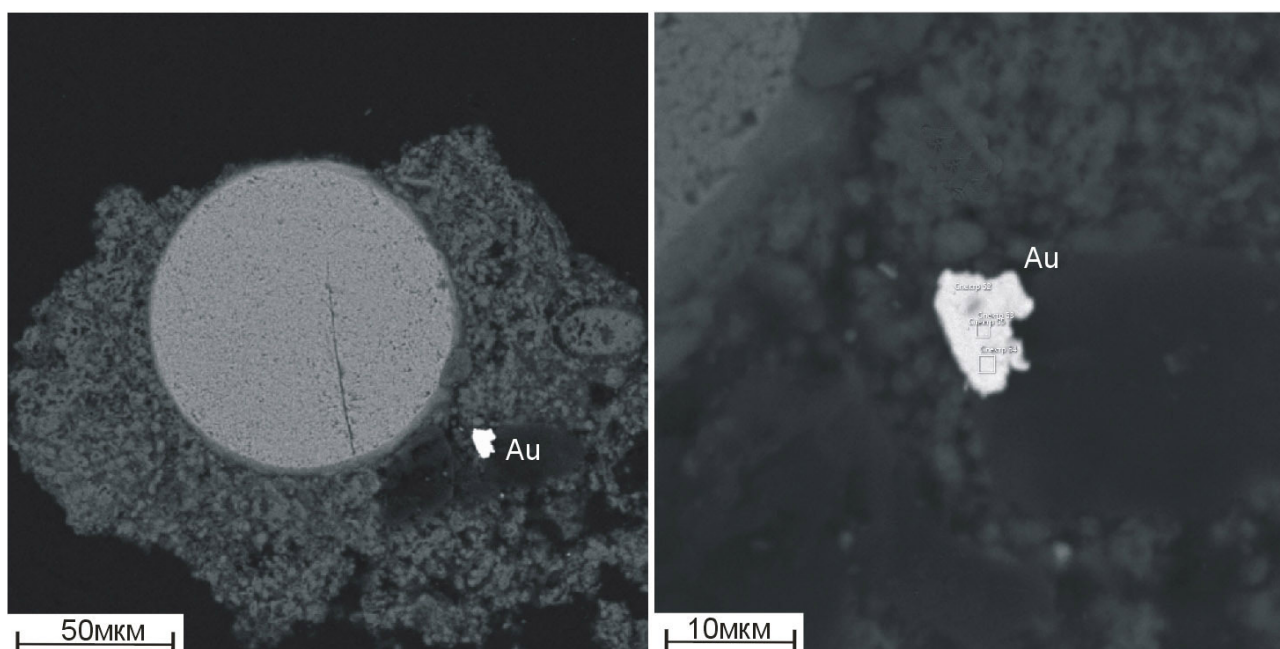


Рис. 2. Включение самородного золота в глинисто-фосфатном матриксе, окружающем магнетитовую сферулу. Изображения получены методом электронной сканирующей микроскопии с обратным рассеянием электронов.

Fig. 2. Inclusion of native gold in the phosphate-argillaceous matrix surrounding the magnetite spherule. Images obtained by scanning electron microscopy with electron backscattering.

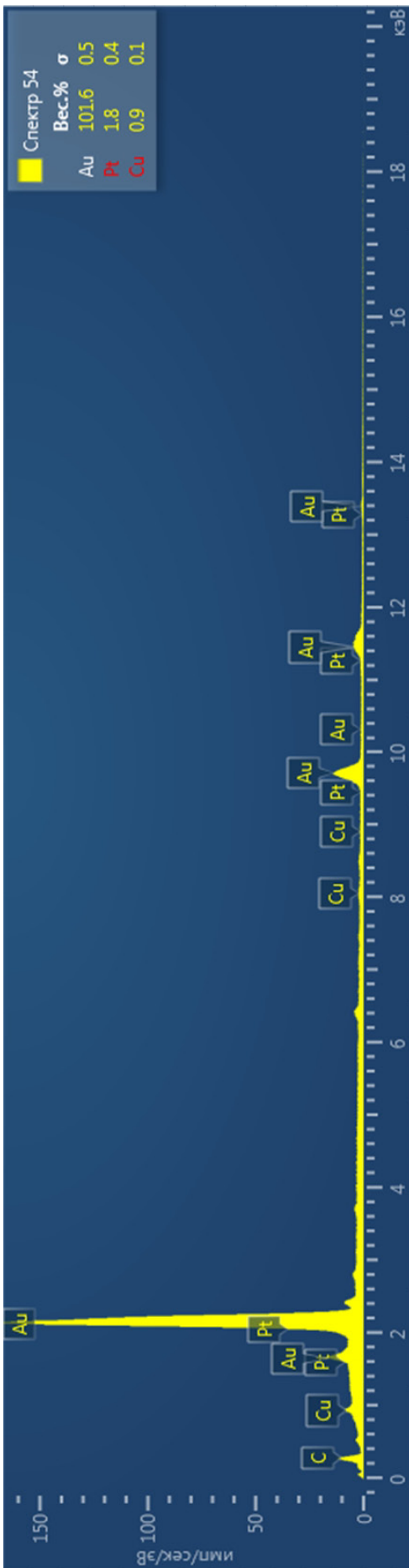


Рис. 3. Спектр золота с примесью платины и меди, полученный на сканирующем электронном микроскопе VEGA3 с аналитической приставкой X-MAX80.

Fig. 3. Spectrum of gold with platinum and copper impurities obtained with the VEGA3 scanning electron microscope with the X-MAX80 analytical attachment.

Находка одного включения золота в корке, драгированной с одного из гайотов Магеллановых гор, не может характеризовать золотоносность всего этого района. Однако повторяемость таких находок на различных гайотах и подводной горе в Тихом океане (Иванов и др., 2021; Михайлик и др., 2013; 2014; Mikhailik et al., 2021) не позволяет пренебречь этим фактом. Медистое золото с примесью серебра было отмечено в Fe-Mn корке гайота Детройт (Михайлик и др., 2013; 2014). В отличие от нашей находки, золото в образцах с гайота Детройт является, видимо, аутигенным (Mikhailik et al., 2021). Необычный состав найденного нами включения золота — отсутствие примеси серебра, наличие примеси меди и платины — может дать информацию об источнике этого включения. Золото ассоциации с платиной было описано в зернах самородной меди из шлиховых проб р. Белой, размывающей офиолитовый комплекс п-ова Камчатский Мыс (Савельев, Философова, 2017) (рис. 1). Однако, в зернах из офиолитов Камчатского Мыса состав включений благородных металлов значительно сложнее — Cu+Pt+Au+Fe+Ni+Pd, поэтому нельзя однозначно сопоставлять эти объекты. В то же время, наличие меди и платины в составе примесей говорит в пользу офиолитового источника зерна, обнаруженного нами в Fe-Mn корке, отобранной на гайоте Альба. В строении островных дуг, слагающих «огненное кольцо» по периферии Тихого океана, офиолитовые комплексы имеют широкое распространение (Голич, Высоцкий, 2020), поэтому прибрежные песчаные пляжи могут содержать россыпное золото с примесью меди и платины. При этом непонятно, каким образом отдельное зерно золота попало в центральную часть Тихого океана. Ледовый разнос на тропических широтах можно исключить.

Косвенным свидетельством в пользу наличия обломочного золота в Fe-Mn корках служит большая неравномерность его распределения, что может быть следствием «эффекта самородка», то есть неравномерного распределения отдельных частиц самородного золота в корке. Например, в корках сходного химического состава, драгированных в одной и той же точке в Беринговом море, содержания золота различаются более чем в 10 раз (Батулин и др., 2010). Для прояснения вопроса об источниках золота в корках необходимо большее число находок, которые позволили бы сопоставить состав аллотигенного золота Fe-Mn корок с коренными источниками.

Исследование выполнено при финансировании по теме НИР № 0282-2019-0004 Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН.

Список литературы [References]

- Батурин Г.Н., Дубинчук В.Т., Савельев Д.П. и др.* Железомарганцевые корки на дне Берингова моря // Доклады Академии наук. 2010. Т. 435. № 2. С. 225–229 [Baturin G.N., Dubinchuk, V.T., Savel'ev D.P. et al. Ferromanganese crusts on the bottom of the Bering Sea // Doklady Earth Sciences. 2010. V. 435. № 1. P. 1478–1482. <https://doi.org/10.1134/S1028334X11080058>].
- Батурин Г.Н., Коноплева Е.В., Дубинчук В.Т., Мельников М.Е.* Океанология. 2005. Т. 45. № 2. С. 286–294 [Baturin G.N., Konopleva E.V., Dubinchuk V.T., Melnikov M.E. Platinum and gold in the ferromanganese crusts of the Pacific Ocean // Oceanology. 2021. V. 45. № 2. P. 269–276].
- Бережная Е.Д., Дубинин А.В., Зологина Е.Н., Михайлик Е.В.* Геохимия элементов группы платины в железомарганцевой корке гайота Детройт, Тихий океан // Океанология. 2021. Т. 61. № 1. С. 106–115. <https://doi.org/10.31857/S0030157421010032> [Berezhnaya E.D., Dubinin A.V., Zologina E.N., Mikhailik E.V. Platinum group element geochemistry in ferromanganese crust of the Detroit guyot, Pacific Ocean // Oceanology. 2021. V. 61. № 4. P. 94–103. <https://doi.org/10.1134/S0001437021010033>].
- Голич А.Н., Высоцкий С.В.* Островодужные офиолиты подводной горы Хахаджима (желоб Бонин, Филиппинское море) // Тихоокеанская геология. 2020. Т. 39. № 3. С. 32–50. <https://doi.org/10.30911/0207-4028-2020-39-3-32-50> [Golich A.N., Vysotskiy S.V. Island-Arc Ophiolites of the Hahajima Seamount (Bonin Trench, Philippine Sea). Russian Journal of Pacific Geology. 2020. V. 14. № 3. P. 221–240. <https://doi.org/10.1134/S1819714020030033>].
- Иванов В.В., Ханчук А.И., Михайлик П.Е.* Природа самородного золота в железомарганцевых корках северо-западной части Тихого океана // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2021. Т. 497. № 1. С. 44–48. <https://doi.org/10.31857/S2686739721030038> [Ivanov V.V., Khanchuk A.I., Mikhailik P.E. Nature of native gold in ferromanganese crusts on the seafloor of the Northwestern Pacific Ocean // Doklady Earth Sciences. 2021. V. 497. № 1. P. 223–226. <https://doi.org/10.1134/S1028334X2103003X>].
- Мельников М.Е.* Месторождения кобальтоносных марганцевых корок. Геленджик: ФГУП ГНЦ «Южморгеология», 2005. 230 с. [Melnikov M.E. Deposits of Cobalt-Bearing Manganese Crusts. Gelendzhik: Yuzhmorgeologiya, 2005. 230 p. (in Russian)].
- Мельников М.Е., Плетнев С.П.* Возраст и условия формирования кобальтоносных марганцевых корок на гайотах Магеллановых гор // Литология и полезные ископаемые. 2013. № 1. С. 3–16. <https://doi.org/10.7868/S0024497X12050059> [Melnikov M.E., Pletnev S.P. Age and formation conditions of the Co-rich manganese crust on guyots of the Magellan seamounts // Lithology and Mineral Resources. 2013. V. 48. № 1. P. 1–13. <https://doi.org/10.1134/S0024490212050057>].
- Михайлик Е.В., Ханчук А.И., Михайлик П.Е. и др.* Первая находка видимого золота в железомарганцевых корках Тихого океана // Доклады Академии наук. 2013. Т. 449. № 5. С. 574–574. <https://doi.org/10.7868/S0869565213110200> [Mikhailik E.V., Khanchuk A.I., Mikhailik P.E. et al. The first find of visible gold in ferromanganese crusts of the Pacific Ocean // Doklady Earth Sciences. 2013. V. 449. № 2. P. 422–426. <https://doi.org/10.1134/S1028334X13040120>].
- Михайлик П.Е., Ханчук А.И., Михайлик П.Е. и др.* Самородное золото в железомарганцевых корках гайота Детройт (Императорский хребет, Тихий океан) // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2014. № 4 (176). С. 13–24 [Mikhailik E.V., Khanchuk A.I., Mikhailik P.E. et al. Occurrence of native gold in ferromanganese crusts of the Detroit guyot // Vestnik of the Far East Branch. 2014. № 4 (176). P. 13–24 (in Russian)].
- Савельев Д.П., Савельева О.Л., Москалева С.В., Рашидов В.А.* Состав космогенных сферул из железомарганцевых корок Магеллановых гор // Геохимия. 2022. Т. 67. № 5. С. 413–422. <https://doi.org/10.31857/S0016752522050090> [Savel'yev D.P., Savel'yeva O.L., Moskaleva S.V., Rashidov V.A. Composition of Cosmic Spherules from Ferromanganese Crusts of the Magellan Rise // Geochemistry International. 2022. V. 60. № 5. P. 410–420].
- Савельев Д.П., Филоsofova Т.М.* Микровключения минералов ЭПГ и золота в породах офиолитового комплекса п-ова Камчатский Мыс // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2017. № 2. Вып. 34. С. 5–13. [Savel'yev D.P., Filosofova T.M. Microinclusions of platinum group elements and gold minerals in rocks from ophiolite complex in the Kamchatsky Mys peninsula // Vestnik KRAUNTs. Nauki o Zemle. 2017. № 2 (34). P. 5–13 (in Russian)].
- Савельев Д.П., Ханчук А.И., Савельева О.Л. и др.* Первая находка платины в космогенных сфераулах железомарганцевых корок (гайот Федорова, Магеллановы горы, Тихий океан) // Доклады Российской Академии наук. Науки о Земле. 2020. Т. 491. № 2. С. 15–19. <https://doi.org/10.31857/S2686739720040155> [Savel'yev D.P., Khanchuk A.I., Savel'yeva O.L. et al. First Find of Platinum in Cosmogenic Spherules of Ferromanganese Crusts (Fedorov Guyot, Magellan Seamounts, Pacific Ocean) // Doklady Earth Sciences. V. 491. № 2. P. 199–203. <https://doi.org/10.1134/S1028334X20040157>].
- Mikhailik P., Mikhailik E., Ivanov V.* Gold in Ferromanganese Deposits from the NW Pacific // Minerals. 2021. V. 11. № 9. P. 979. <https://doi.org/10.3390/min11090979>.
- Hein J.R., Koschinsky A.* Deep-ocean ferromanganese crusts and nodules // Holland H.D., Turekian K.K. (Eds.), second edition Treatise on Geochemistry. V. 13. Elsevier, Oxford, 2014. P. 273–291. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-08-095975-7.01111-6>
- Hein J.R., Mizell K., Koschinsky A., Conrad T.A.* Deep-ocean mineral deposits as a source of critical metals for high-and green-technology applications: Comparison with land-based resources // Ore Geology Reviews. 2013. V. 51. P. 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2012.12.001>

НАХОДКА МЕДИСТОГО ЗОЛОТА

**FINDING OF CUPROUS GOLD IN FERROMANGANESE CRUST
FROM THE ALBA GUYOT OF THE MAGELLAN SEAMOUNTS**

O.L. Savelyeva, D.P. Savelyev, S.V. Moskaleva, V.A. Rashidov

*Institute of Volcanology and Seismology, FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky,
Russia, 683006; savelyeva@kscnet.ru*

Received March 24, 2022; revised May 22, 2022; accepted June 27, 2022

A 10 μm particle of cuprous gold was found in the phosphate-argillaceous matrix of a three-layer Fe-Mn crust dredged from the Guyot Alba of the Magellan Seamount (Pacific Ocean). The gold was studied with a scanning electron microscope at the Institute of Volcanology and Seismology, Far East Branch of the Russian Academy of Sciences. The gold is represented by cuprous gold with an admixture of platinum (up to 3.1 wt % Cu and up to 1.7 wt % Pt). The composition of impurities suggests an ophiolitic source of gold. The shape of the grain and its presence in the unaltered matrix indicates its allothigenic nature. This finding expands the list of of the Pacific Ocean guyots with allotigenic gold particles found on the surface.

Keywords: cuprous gold, ferromanganese crusts, Magellan Seamounts, Alba Guyot.