

рассматривать условия накопления богатых железом слоёв в пределах кочковской свиты как заболачиваемые палео-озёра. Наличие примеси Mg в железняках в кочковской свите говорит о благоприятных условиях для его трансформации [3]. В озёрно-болотных условиях возможно была модификация части сидерита в гётит при активном участии гуминовых кислот с локальным образованием брушита [2, 5]. Предполагается, что одно из подобных предполагаемых озёр находилось в районе Киреевского проявления.

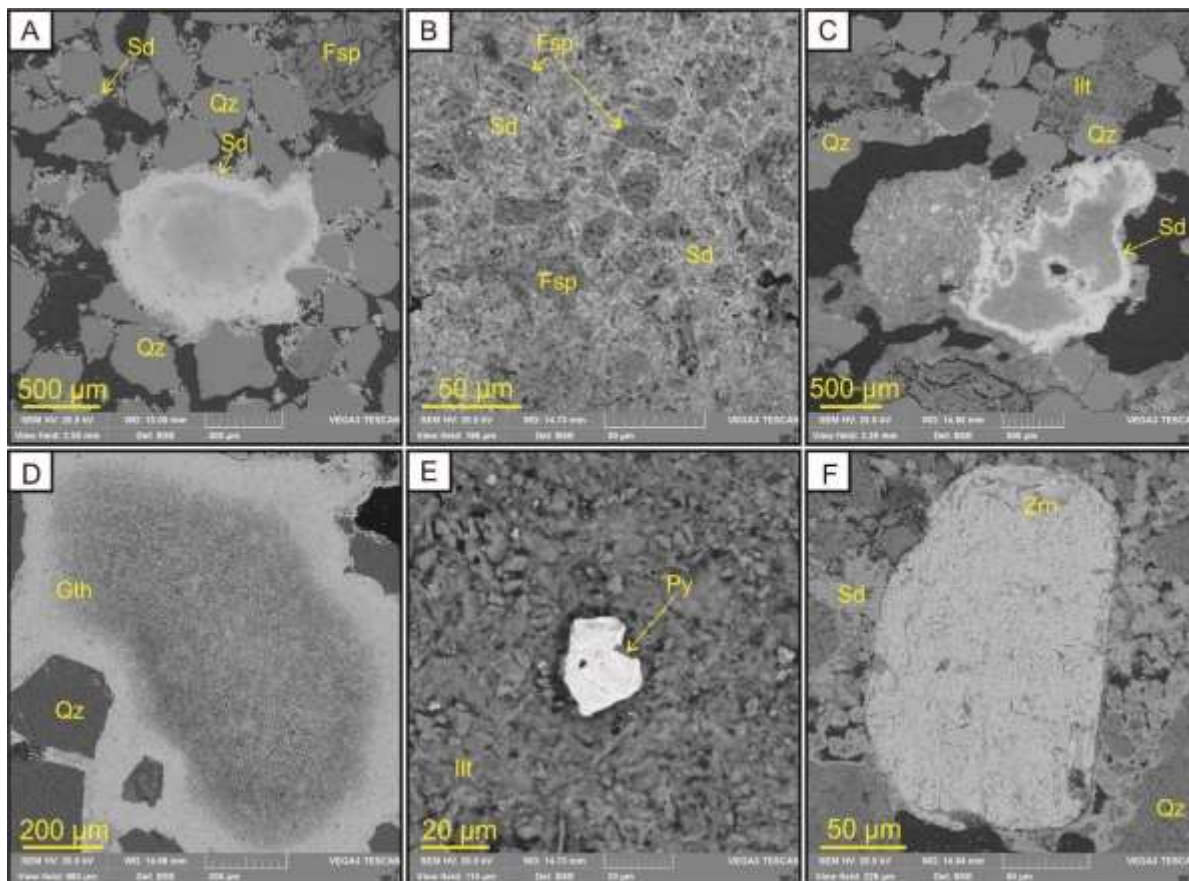


Рис. СЭМ-снимки пород кочковской свиты Киреевского проявления. (А) Сидерит в виде микроконкреций или цемента. (В) Сидеритовый цемент железняков. (С) Пленочные формы сидерита в гравелите. (D) Микроконкреции гётита. (Е) Пирит в иллитовом матриксе. (F) Крупный акцессорий циркона среди сидеритового цемента железняка.

Gth – гетит, Ill – иллит, Py – пирит, Qz – кварц, Sd – сидерит, Zrn – циркон

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант № 20-77-00007).

Литература

1. Arhipov S. A.; Martynov V. A. Kochkovsky horizon western siberia and his age analogues in adjacent areas 1980. – P. 452.
2. Martínez-Martínez J.; Benavente D.; Fusi N.; Cañaveras J.C. Brucite-Aragonite Precipitates as Weathering Products of Historic Non-MgO-Based Geomaterials. – Minerals 2020. – 10,599.
3. Rudmin M., Ruban A., Savichev O., Mazurov A., Dauletova A., Savinova O. Authigenic and Detrital Minerals in Peat Environment of Vasyugan Swamp, Western Siberia. – Minerals, 2018. – V 8. – P. 1–13.
4. Surkov V.S. Neogean evolution of the young Ural-Siberian platform. – Geologiya i Geofizika, 2002. V 43. – Pp. 754–761.
5. Van Houten F.B., Bhattacharyya, D.P. Phanerozoic Oolitic Ironstones – Geologic Record and Facies Model. Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 1982. – V 10. – Pp. 441–457.

ПЕРВЫЕ НАХОДКИ КРОНСТЕДИТА В МАССИВНЫХ СУЛЬФИДНЫХ РУДАХ ТАЛНАХСКОЙ ИНТРУЗИИ (НОРИЛЬСКИЙ РУДНЫЙ РАЙОН)

Жимулева Е.С., Якич Т.Ю.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Норильский рудный район, расположенный на северо-западе Сибирской платформы, известен своими уникальными в мировом масштабе запасами медно-никелевых руд с платиноидами. Несмотря на долгую историю исследования этих месторождений, различные аспекты генезиса до сих пор остаются дискуссионными [1–3, 7, 9–12,

14]. Неоднозначно решены вопросы времени и этапов формирования платиноидов в процессе рудообразования, их источников и процессов накопления. Согласно данным [6] возраст платобазальтов совпадает с возрастом формирования основной массы медно-никелевых руд по изотопам (Ar/Ar, U/Pb, Rb/Sr) и составляет 251 ± 3 млн. лет. Учитывая генетическую модель Э.М. Спиридонова [5], ареалы развития минералов платиновых металлов несколько шире контуров сульфидных залежей и совпадают с ареалами флюидного воздействия около сульфидных залежей. Изотопные исследования, проведенные по минералам контактово-метасоматических пород, дают более молодой, чем основная масса сибирских траптов, возраст $247,3 \pm 8,2$ млн. лет [8, 11]. Интенсивность метасоматических проявлений в Норильском рудном районе, разнообразие их вещественного состава, закономерности пространственного размещения и тесная связь с оруденением побудили авторов обратить свое внимание на изучение этих новообразований.

Объектом исследования авторов является изучение вещественного состава новообразованных метасоматических минералов в массивных рудах халькопирит-пентландит-пирротинного состава, отобранных из южной линзы Талнахской интрузии и любезно предоставленных в виде 10 шлифов для изучения Н.Д. Толстых (Институт минералогии и геологии им. В.С. Соболева СО РАН, г. Новосибирск). Исследования выполнялись на базе Томского политехнического университета с использованием оптического микроскопа (ZEISS Axio Imager.A2m), сканирующего электронного микроскопа TESCAN VEGA 3 SBU (TESCAN, Чехия), оснащенного приставкой для рентгенофлуоресцентного энергодисперсионного анализа (ЭДС) OXFORD X-Max 50 с Si/Li кристаллическим детектором. Для заверки данных проводилась Рамановская спектроскопия с применением Thermo Fisher Scientific DXR2 при длине волны лазера 785 нм и мощности 20...25 мВт. Спектры получали в течение 30 с в диапазоне 0...3300 см⁻¹ с тройным накоплением.

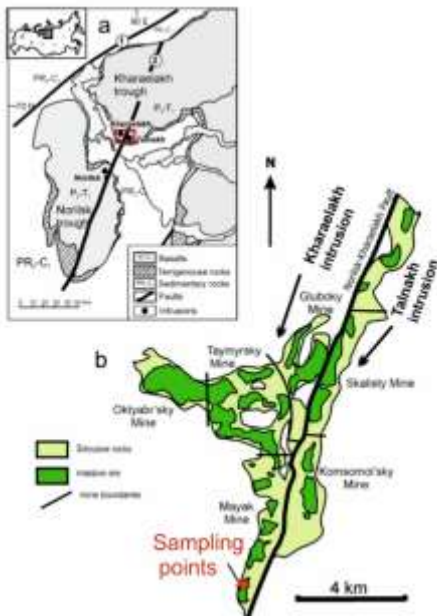


Рис. 1. Положение Талнахской интрузии в структурах Норильского рудного района (а) [15]; места отбора образцов (б). Разломы: 1 – Енисей-Хатангский, 2 – Норильско-Хараелахский

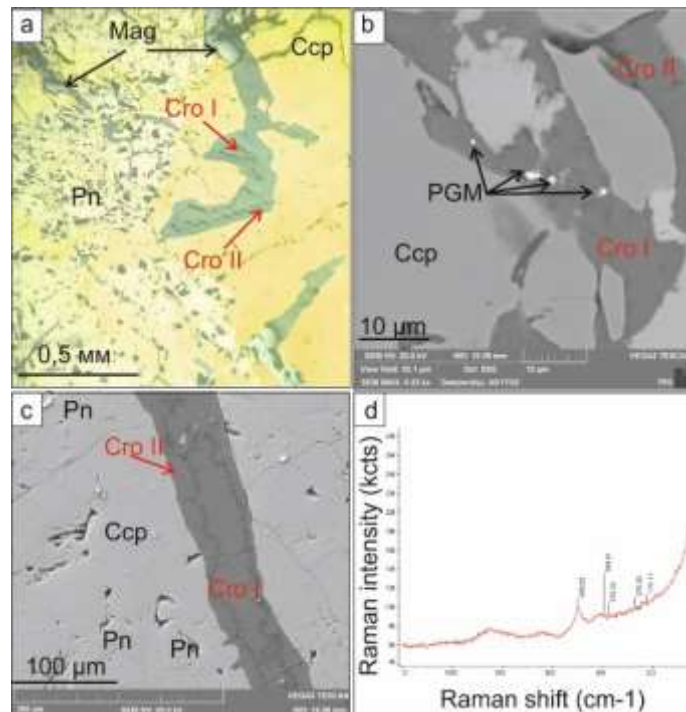


Рис. 2. Микрофотографии анилифов в отраженном свете оптического (а) и обратно-отраженных электронах сканирующего электронного микроскопа (б, с). Секунные прожилки, сложенные кронстедтитом, выполняющие внутренние части прожилков (Cro I) и внешние каймы (Cro II), в ассоциации с магнетитом (Mag) (а), пентландитом (Pn) и халькопиритом (Ccp) (а, с); минералы платиновой группы (PGM), представленные, главным образом, арсенидами палладия с примесью никеля и находящиеся в пространственной связи с кронстедтитом (Cro); полученный спектр кронстедтита с главным пиком 499,00 (см⁻¹)

Талнахская дифференцированная интрузия характеризуется габбро-долеритовым составом и включает одноименное месторождение (рис. 1). Основной тектонической единицей Талнахской интрузии является Норильско-Хараелахский глубинный долгоживущий разлом, протягивающийся в субмеридиональном направлении и сопровождаемый многочисленными тектоническими нарушениями [4]. Представленные для исследования образцы являются высокомедистыми массивными рудами с большим количеством разнообразных платиноидов, главным образом палладиевого состава [13, 15].

При изучении вещественного состава новообразованных минералов, представленных водными железосодержащими силикатами и перманентно присутствующими в образцах в виде секундных прожилков (рис. 2, а), была установлена их тесная пространственная связь с платиноидами (рис. 2, б), главным образом представленных

арсенидами палладия. Установленная зависимость сонахождения определила интерес авторов к более точному определению этого минерала. При изучении на Рамановском спектрометре было установлено, что искомый минерал соответствует кронстедтиту $(\text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+})_3(\text{Si}, \text{Fe}^{3+})_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ (рис. 2, d). Минерал относится к подгруппе серпентина, группе каолинит-серпентина. В качестве примесей могут присутствовать Al, Ca.

В аншлифах установлены два различных морфологических типа (возможно, политипа) этого минерала (рис. 2). Внутренние части совместных ассоциаций выполнены более плотными почковидными массами и содержат примеси до 1,22 вес. % Ca и 0,26 вес.% Mg. Внешние границы обрастают игольчатыми, пирамидальными, волокнистыми кристаллами самоочищенной беспримесной более железистой, по всей видимости, более поздней политипной модификации. Платиноиды приурочены как к игольчатым, так и почковидным агрегатам.

Предполагается, что тесная пространственная связь арсенидов палладия и никеля с малораспространенным и неупомянутым ранее в рудах норильского рудного района филлосиликатом железа – кронстедтитом может являться косвенным признаком их совместного образования в результате наложенного процесса под воздействием флюида, при температурах более низких, чем считалось ранее [1].

Изучение минеральных взаимоотношений, сложно-диагностируемых и на первый взгляд малоинтересных метасоматических ассоциаций, позволяет расширить представления о процессах рудообразовании платиноидов не только в Норильском рудном районе, но и за его пределами.

Литература

1. Годлевский, М.Н. К вопросу о генезисе сульфидных медно-никелевых месторождений на Сибирской платформе / М.Н. Годлевский // Геология рудных месторождений. – 1959. – М 2. – Р. 17–30.
2. Котульский В. К. К вопросу о происхождении магматических медно-никелевых месторождений / В.К. Котульский // Докл. АН СССР. – 1946. – Т. 51. – М 5. – С. 381–384.
3. Криволюцкая Н.А. Эволюция траппового магматизма и Pt-Cu-Ni рудообразование в Норильской районе: дис. ... д-ра геол.-минерал. наук / Криволюцкая Надежда Александровна. – Москва, 2012. – 355 с.
4. Петрология Талнахской рудоносной дифференцированной трапповой интрузии / В.В. Золотухин, В.В. Рябов, Ю.Р. Васильев, В.А. Шатков. – М.: «Наука», 1975. – 432 с.
5. Спиридонов Э.М. Рудно-магматические системы Норильского рудного поля / Э.М. Спиридонов // Геология и геофизика. – Н., 2010. – С. 1356–1378.
6. A reconnaissance $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronological study of the ore-bearing and related rocks, Siberian Russia / G. Dalrymple, G. Czamanske, V. Fedorenko, O. Simonov, M. Lanphere, A. Likchachev // Geochim. Cosmochim. Acta. – 1995. – V. 59. – P. 2071–2083.
7. Barnes S.J., Malitch K.N. and Yudovskaya M.A. (2020a). Introduction to a Special Issue on the Norilsk-Talnakh Ni-Cu-Platinum Group Element Deposits [Text] / S.J. Barnes, K.N. Malitch, M.A. Yudovskaya // Economic Geology. – 2020a. – V. 115. – P. 1157–1172.
8. Contact Metamorphic and Metasomatic Processes at the Kharaelakh Intrusion, Oktyabrsk Deposit, Norilsk-Talnakh Ore District: Application of Laser Ablation-Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry Dating of Perovskite, Apatite, Garnet, and Titanite / A. Marfin, A. Ivanov, V. Kamenetsky, A. Abersteiner, T. Yakich and T. Dudkin // Economic Geology. – 2020. – V. 115(6). – P. 1213–1226.
9. Fractional crystallization-induced variations in sulfides from the Noril'sk-Talnakh mining district (polar Siberia, Russia) / C.J. Duran, S.-J. Barnes, P. Pleše, M. Kudrna Prašek, M.L. Zientek, P. Pagé // Ore Geology. – 2017. – V. 90. – P. 326–351.
10. Geology of the western flanks of the Oktyabr'skoe deposit, Noril'sk district, Russia: Evidence of a closed magmatic system / N.A. Krivolutsкая, B.I. Gongalsky, T.B. Kedrovskaya, I.V. Kubrakova, O.A. Tyutyunnik, V.Y. Chikatueva, Y.V. Bychkova, L. Magazina, E.N. Kovalchuk, A.I. Yakushev // Mineralium Deposita. – 2018. – V. 54. – P. 611–630.
11. Hybrid Nature of the Platinum Group Element Chromite-Rich Rocks of the Norilsk 1 Intrusion: Genetic Constraints from Cr Spinel and Spinel-Hosted Multiphase Inclusions / I. Chayka; V. Kamenetsky; L. Zhitova; A. Izokh; N. Tolstykh; A. Abersteiner; B. Lobastov; T. Yakich // Economic Geology. – 2020. – V. 115(6). – P. 1321–1342.
12. Naldrett A.J. A model for the Ni-Cu-PGE ores of the Noril'sk region and its application to other areas of flood basalt / A.J. Naldrett // Economic Geology. – 1992. – V. 87. – P. 1945–1962.
13. Origin of the Pd-Rich Pentlandite in the Massive Sulfide Ores of the Talnakh Deposit, Norilsk Region, Russia / V. Kalugin, V. Gusev, N. Tolstykh, A. Lavrenchuk and E. Nigmatulina // Minerals. – 2021. – 11(11). – 1258.
14. Three-Dimensional Distribution of Platinum Group Minerals in Natural MSS-ISS Ores From the Norilsk One Deposit, Russia / J. Sittner, V. Brovchenko, A. Siddique, F. Buyse, M. Boone, A.D. Renno, V. Cnudde, M. Merkulova, S.F. Sluzhenikin // Frontiers in Earth Science. – 2022. – V. 10. – DOI: 10.3389/feart.2022.860751
15. Unique Cu-rich sulphide ores of the Southern-2 orebody in the Talnakh Intrusion, Noril'sk area (Russia): Geochemistry, mineralogy and conditions of crystallization / N. Tolstykh, N. Krivolutsкая, I. Safonova, M. Shapovalova, L. Zhitova, A. Abersteiner // Ore Geology Reviews. – 2020. – Vol.122. – Art.103525.

ПЕРЕДОВЫЕ МЕТОДЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ (СКАРНОВЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ)

Ибрахим М.А.

Научный руководитель доцент Котельников А.Е.

Российский университет дружбы народов, г. Москва, Россия

Основное направление моих исследований – понимание генезиса, геологии и геохимии, и общих особенностей скарновых месторождений и редкоземельных элементов (РЗЭ). Целью исследования является оценка возможности применения передовых методов геологической разведки полезных ископаемых. Объектом исследования