

УДК 553.491.8.06+549.271.3(470.5)

МИНЕРАЛОГИЯ

Ю. А. ВОЛЧЕНКО, В. М. НЕЧЕУХИН, А. И. РАДЫГИН,
Г. А. САНДЛЕР

НОВЫЙ ТИП ПЛАТИНОИДНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ В ГИПЕРБАЗИТАХ СКЛАДЧАТЫХ ПОЯСОВ

(Представлено академиком В. И. Смирновым 4 II 1975)

Во всех работах, посвященных рассмотрению состава и классификации платиноидного оруденения (⁽¹⁻³⁾ и др.), подчеркивается специализация гипербазитов складчатых поясов на тяжелые платиноиды (Pt, Ir, Os), встречающиеся почти исключительно в виде минералов класса твердых растворов и лишь отчасти в виде интерметаллических и прочих соединений. Этот тип минерализации, широко проявленный в ряде массивов Платиноносного пояса Урала и наиболее полно здесь изученный, получил наименование «уральского типа» (⁽²⁾).

Однако, несмотря на традиционные представления о единообразном, сквозном типе платинометального оруденения в различных членах габбро-гипербазитовых комплексов Платиноносного пояса, как и в аналогичных породных ассоциациях других складчатых поясов, давно подмечена повышенная палладиенность магнетитовых пироксенитов и сопряженных с ними образований (⁽⁴⁾), что связывалось многими исследователями предположительно с изменением состава заключенной в них самородной платины в сторону обогащения ее палладием, вплоть до образования палладистой платины и самородного палладия (^(5, 6)). В целом формы нахождения платиновых металлов в оруденелых гипербазитах, слагающих залежи титаномагнетитовых руд в ряде массивов Платиноносного пояса (Гусевогорском, Качканарском, Конжаковском, Баранчинском и др.), были изучены крайне слабо, что единодушно отмечалось всеми исследователями, но единичные находки в них самородных выделений тяжелых платиноидов (⁽³⁻⁷⁾) рассматривались, тем не менее, как бесспорное доказательство генетического единства платиноидной минерализации в оруденелых гипербазитах и вмещающих их дунитах, оливиновых пироксенитах и габброидах.

Детальные исследования на хорошо вскрытом и геологически изученном Качканарском габбро-гипербазитовом комплексе, вмещающем Гусевогорское титаномагнетитовое месторождение (⁽⁸⁾), позволили существенно уточнить геохимическую специализацию высокожелезистых гипербазитов с вкрапленным и сплошным титаномагнетитовым оруденением в отношении платиноидов и установить минеральные формы их нахождения в этом типе образований. Полученные материалы позволили нам сформулировать вывод (⁽⁹⁾) о полигенном в целом характере платиноидной минерализации в комплексах Платиноносного пояса, обусловленном наличием в породных ассоциациях этих комплексов трех различных типов платиноидного оруденения, в том числе в гипербазитах с титаномагнетитовым оруденением — специфичной сульфидной платино-палладиевой минерализации, что существенно изменяет привычные представления об «уральском типе». Единый процесс преобразования маложелезистых гипербазитов (дунитов, верлитов, оливиновых пироксенитов) и возникновение на их месте высокожелезистых гипербазитов, сопровождающийся формированием титаномагнетитового оруденения и накопле-

нием палладия и протекающий под определяющим влиянием габброидных источников, приводит, как выяснилось, к возникновению очень своеобразного платино-палладиевого оруденения, которое по совокупности признаков представляет собой новый тип, неизвестный до настоящего времени в подобных образованиях других регионов, но по отдельным минералогическим и геохимическим параметрам сопоставимый с месторождениями платиновых металлов в габброидных и габбро-гипербазитовых комплексах платформ (3, 10, 11).

Выделенный тип минерализации представлен рассеянной в магнетитовых пироксенитах и других разностях оруденелых гипербазитов вкрапленностью разнообразных палладиевых и платиновых сульфидов, арсенидов, антимонидов, теллуридов, а также и самородных сплавов палладия с платиной, медью, ртутью и железом (табл. 1), которые тесно ассоциируют и срastaются с халькопиритом, никелистым пиритом, пентландитом, а также титаномagnetитом. Максимальные концентрации платиноидов

приурочены к реакционным фронтальным зонам богатых вкрапленных руд, сложенных оливинowymi магнетитовыми пироксенитами с характерным густовкрапленно-мелкопрожилковым титаномagnetитовым оруденением и несущих, как правило, повышенные количества различных сульфидов железа, меди, никеля. Последнее хорошо согласуется с данными распределения палладия и платины в технологических продуктах обогащения оруденелых гипербазитов, показывающими исключительную концентрацию платины и особенно палладия в коллективном сульфидном концентрате (табл. 2). По общему

уровню содержания благородных металлов вкрапленные титаномagnetитовые руды с платиноидной минерализацией рассматриваемого типа относятся к категории бедных. Относительная распространенность в них платиновых металлов характеризуется следующим рядом убывания: Pd, Pt, Os, Rh, Ir, а отношение палладия к платине изменяется от 3 : 1 до 1 : 2—5, но обычно палладий и платина содержатся в примерно равных количествах. Вопреки известным предположениям (12, 13), руды практически не золотоносны (0,3—10 мг/т Au), а локально проявленная бедная золоторудная минерализация имеет поздний, явно наложенный характер (9).

Выделения палладиевых и платиновых минералов обычно монофазны, реже состоят из 2—4 зерен различного состава. Размеры отдельных кристаллических зерен и сростков изменяются от 1—5 до 100—200 мкм, но наиболее обычные выделения в 30—70 мкм. В количественном отношении резко преобладают соединения (рис. 1, табл. 1), относящиеся к минеральным разновидностям высокопикта (собственно высокопикт, высокопикт платиновый, железистый, а также установленные качественно ртутный и никелевый высокопикты). Собственно платиновые минералы содержатся в резко подчиненных количествах (рис. 1) и представлены именно палладиевыми разновидностями (табл. 1), причем «самородная платина» — мелкими и тонкими выделениями палладистой ферроплатины, находящейся в тесном сростании с палладистым и ртутным бреггитом. Для многих из исследованных минералов характерна переменность состава, связанная с наличием кристаллических зерен, обладающих явной или скрытой зональ-

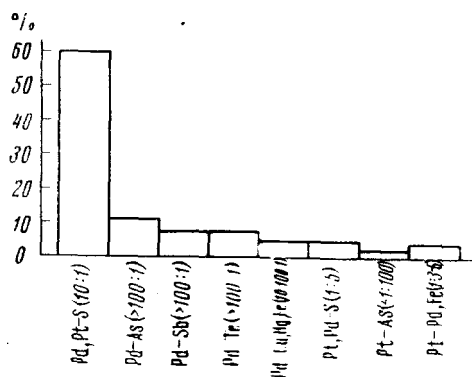


Рис. 1. Гистограмма распространенности различных соединений металлов в рудах Гусевгорского месторождения. 95 детально исследованных минеральных зерен. В скобках указано отношение Pd : Pt

Таблица 1

Состав платиноидных минералов в рудах Гусевогорского месторождения (вес.%) *

Минеральные виды и разновидности **	Pd	Pt	Fe	Cu	Ni	Hg	Te	Sh	As	S	Σ
Высоцкит PdS (4)	73,5	4,6	0,4	0,5	1,1	—	—	—	—	21,4	101,5
Высоцкит платиновый (Pd, Pt)S (3)	62,0	16,3	0,5	0,2	1,5	—	—	—	—	20,0	100,5
Аттенит (?) (Pd, Hg) ₃ As	62,6	0,3	1,1	0,1	0,2	21,1	—	—	15,5	—	100,9
Мергит (?) Pd ₅ (Sb, As) ₂ (2)	71,6	0,3	0,3	0,4	0,01	—	—	22,7	4,1	0,1	99,5
Теллурид палладия PdTe _{1+x}	34,1	0,1	1,2	0,3	0,01	0,1	57,7	—	0,1	0,3	94,0
Ртутный теллурид палладия (Pd, Hg)Te	26,5	0,1	2,4	1,2	0,01	18,3	51,0	—	0,2	0,1	95,8
Медистый палладий PdCu	55,9	4,8	3,2	28,7	—	—	3,2	—	—	—	99,8
Палладистая ртуть Hg ₃ Pd ₂	21,1	0,2	0,4	0,01	0,01	60,5	—	—	—	—	82,2
Брэггит (Pt, Pd)S	9,4	73,2	0,7	0,8	2,4	—	—	—	—	14,1	100,6
Брэггит железистый (Pt, Pd, Fe)S	24,4	36,6	7,6	0,02	1,3	0,4	—	—	—	18,2	88,5
Брэггит ртутный (Pt, Pd, Hg)S	14,1	51,1	1,3	0,02	0,01	21,8	—	—	—	13,6	101,9
Ферроплатина палладистая Pt ₂ (Pd, Fe)	25,5	60,4	12,5	0,4	0,01	—	—	—	—	—	98,8
Поликсен высокожелезистый Pt ₂ Fe (3: 1972—1974 гг.)	1,5	87,0	10,2	0,7	—	—	—	—	—	—	99,4

* Анализы выполнены на рентгеновском микроанализаторе JXA-5. Аналитик — Г. А. Сандлер.

** Цифра в скобках — число анализов.

ностью. Все платиноидные минералы обладают близким набором главных примесных элементов (Fe, Cu, Ni, Hg), но геохимическое своеобразие нового типа минерализации во многом определяется ртутью, повышенные концентрации которой выявлены в представителях почти всех встреченных минеральных видов (табл. 1), позволяя в данных случаях наметить ранее неизвестные ртутные разновидности этих палладиевых и платиновых минералов. Заметим, что общее число встреченных минеральных видов и разновидностей, составляющих минерализацию рассматриваемого типа, приближается к 15, что определенным образом отражает разнообразие среды и условий процесса минералообразования.

Во время проведения лабораторных и полупромышленных испытаний в концентратах, извлеченных из осредненных титаномагнетитовых руд, были встречены лишь единичные зерна сырой платины гравитационной крупности, представленные высокожелезистым поликсом (табл. 1) в сростании с лауритом, эрликманитом, куперитом и впервые выявленными природными соединениями родия с серой. Эта метаморфизованная самородная платина вполне дунитового типа связана, очевидно, с реликтовыми блоками метадунитов, верлитов и оливиновых шпроксенитов, которые в большом количестве встречаются в периферических частях залежей титаномагнетитовых руд.

Таблица 2

Распределение Pd и Pt по фракциям гравитационного концентрата, полученного из хвостов мокрой магнитной сепарации титаномагнетитовых руд Гусевогорского месторождения (испытания 1972–1974 гг.) *

Фракция	Выход, вес. %	Содержание, г/т		Распределение, %	
		Pd	Pt	Pd	Pt
Магнетитовая	15,9	0,6	0,05	0,79	0,82
Ильменитовая	6,5	2,52	1,24	1,36	8,32
Сульфидная (пирит, халькопирит, борнит, и др.)	0,8	1280	82,15	85,09	67,86
Нерудная (пироксен, оливин, роговая обманка и др.)	76,8	2,0	0,29	12,76	23,00
Гравитационный концентрат хвостов	100,0	12,04	0,97	100,0	100,0

* Анализы выполнены в лабораториях института «Уралмеханобр» пробирно-спектральным и пробирно-химическим методами. Аналитики — М. Г. Киперман, О. А. Лячко, Р. Н. Уфимцева.

Выявленный в высокожелезистых гипербазитах с обогащенным титаномагнетитовым оруденением существенно высокоплатиновый тип платино-палладиевой минерализации формируется, как установлено, в ходе метасоматического преобразования более ранних высокомагнетитовых гипербазитов под влиянием внедряющихся габбро-норитов. Чем, по-видимому, и обусловлена сопоставимость данного типа в первую очередь с платиноидной минерализацией руд, связанных с дифференцированными габброидными интрузиями платформенных областей. Наличие в габбро-гипербазитовых комплексах складчатых поясов нового типа платино-палладиевой минерализации делает понятными недавние «экзотические» находки (¹⁴, ¹⁵) мертиита $Pd_3(Sb, As)_2$ и винцентита $(Pd, Pt)_3(As, Sb, Te)_2$ в платиновых россыях Аляски и Борнео.

Институт геологии и геохимии
им. А. Н. Заварицкого
Уральского научного центра
Академии наук СССР
Свердловск

Поступило
4 II 1975

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Н. К. Высоцкий, Платина и районы ее добычи. МЭДС. Петроград, 1923.
- ² А. Г. Бетехтин, Платина и другие минералы платиновой группы, М.—Л., 1935.
- ³ J. B. Mertie jr., Economic Geology of the Platinum Metals, U. S. Dep. Intern. Geol. Surv. Prof. Paper, № 630, Washington, 1969. ⁴ А. А. Печен, Н. В. Лизунов, Изв. АН СССР, сер. геол., № 5 (1944). ⁵ И. К. Латыш, Тр. Горн. геол. инст. УФАИ СССР, в. 42 (1959). ⁶ В. Г. Фоминых, П. И. Самойлов и др., Пироксениты Качкана-ра, Свердловск, 1967. ⁷ Л. В. Разин, К. В. Юркин, Геол. рудн. месторожд., № 2 (1971). ⁸ Ю. А. Волченко, Тр. III Уральск. петрогр. совещ., Свердловск, 1974.
- ⁹ Ю. А. Волченко, Н. Г. Вилесов, В. М. Нечушкин, Ежегодник-1973, Свердловск, 1974.
- ¹⁰ G. A. Kingston, Mineral. Mag., v. 35, № 274 (1966). ¹¹ А. Д. Генкин, Минералы платиновых металлов и их ассоциации в медноникелевых рудах Норильского месторождения, «Наука», 1968. ¹² Л. Ф. Борисенко, Е. Д. Уфимов, ДАН, т. 201, № 2 (1971).
- ¹³ Л. Ф. Борисенко, А. Д. Миллер, Э. И. Фишер, Геохимия, № 2 (1972). ¹⁴ G. A. Desborough, J. J. Finney, B. F. Leonard, Am. Mineral., v. 58, 1 (1973). ¹⁵ E. F. Stumpfl, M. Tarkian, Mineral. Mag., v. 39, № 305 (1974).