

## **НОВЫЕ ПЛАТИНО-ПАЛЛАДИЕВЫЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ДАЙКОВОГО ПОЯСА НА ЗАПАДНОМ СКЛОНЕ СРЕДНЕГО УРАЛА**

**Ю.А. Волченко, В.А. Коротеев, С.И. Нестерова, И.И. Неустроева**

На Среднем, Северном и Приполярном Урале, в пределах Кваркушко-Каменногорского и Малдинского сегментов Центрально-Уральского поднятия, известны многочисленные кулисообразно расположенные рои и свиты сравнительно мощных (от 50-75 до 200-400 м и более) и весьма протяженных (от 1-3 до 9-15 км) габбро-долеритовых и метадолеритовых даек, трассирующих протягивающийся на многие сот-

ни километров региональный Дайковый пояс Урала, представленный структурно-вещественными комплексами обстановок длительной сквозной эпиплатформенной активизации на пассивной палеоокраине подвижной системы [Волченко и др., 1998]. Эти образования имеют широкий спектр возрастных датировок - от венд-кембрия до девона и раннего карбона включительно. Так, для массива горы. Дублинский

## РУДООБРАЗОВАНИЕ, МЕТАЛЛОГЕНИЯ, МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Камень определен радиологический возраст серых габбро-долеритов офитовой структуры по двум зернам светло-розовых цирконов магматического облика (метод Кобера  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  «stepwise evaporation»), оцениваемый в  $671 \pm 7,5$  млн лет, что соответствует позднему рифею [Петров, 1999]. Установлено, что образования Дайковского пояса и разнообразные околодайковые метасоматиты имеют золото-платино-палладиевую специализацию и вмещают многочисленные платинометалльные проявления чурольского, саранинского, малдинского типов (табл. 1). Распределение и формы нахождения ЭПГ в габбро-долеритах, метадолеритах и метадиабазх пояса рассматривались нами ранее [Волченко и др., 1999, 2000, 2005]. Выполненные в последние годы детальные исследования на одном из самых крупных габбро-долеритовых тел западного склона Среднего Урала привели к открытию здесь нового платино-палладиевого проявления в массиве горы Дублинский Камень (рис. 1).

Этот штокообразный массив габбро-долеритов по геологическим и геофизическим данным имеет размеры около  $3 \times 0,6$  км и залегает в терригенно-сланцевых толщах вильвенской свиты венда. По результатам детального структурного и минералого-геохимического картирования массива в масштабе 1:5000, сопровождавшегося отбором и анализом более 100 проб, описанием более 100 прозрачных шлифов и более 100 полированных шлифов, установлено, что он представляет собой отчетливо дифференцированную двухфазную интрузию с закономерным изменением по разрезу (с СВ на ЮЗ) химического состава и физических (магнитных, плотностных) свойств габбро-долеритов, фиксирующих толеитовый тренд его дифференциации (рис.2). Установлено, что в этом направлении происходит отчетливое снижение магнезиальности ( $\text{MgO}$  от 10-8 до 2,5-4 мас. %) и известковистости ( $\text{CaO}$  от 10-12 до 6-8 мас. %) габбро-долеритов и соответствующее закономерное повышение их железистости, титанистости и фосфористости. Структурный план массива (рис. 1) определяется наличием многочисленных тектонических нарушений северо-восточного простирания (азимут простирания  $20-30^\circ$ ), со средними и крутыми ( $45-80^\circ$ ) углами падения на запад и восток. Сопряженные с ними поперечные структурные элементы с многочисленными зеркалами и бороздами скольжения имеют более пологие углы падения ( $20-45^\circ$ ) на север и юг. В большинстве случаев трещины

деформаций и зеркала скольжения содержат разнообразную минерализацию и вмещают жилы и прожилки, сложенные эпидотом, актинолитом, альбитом, стильпномеланом, кварцем, карбонатом, хлоритами и различными сульфидными минералами.

Мощность прожилков изменяется от 1-5 мм до 5-10 см и более. Установлено, что наиболее крупные дизъюнктивные нарушения по характеру перемещения представляют собой сбросы, сбросо-сдвиги, сдвиги, реже взбросы с небольшими амплитудами перемещения. Восточная (северо-восточная) часть массива сложена серыми и светло-серыми габбро-долеритами офитовой структуры мелко- и среднезернистыми, массивными, слабо зеленокаменноизмененными, кварцсодержащими с небольшим количеством рудного (от 0,5 до 5 % об.), представленного титаномагнетитом. Вторичные изменения габбро-долеритов проявлены в виде альбитизации и хлоритизации плагиоклаза, развитии актинолита и роговой обманки по пироксену и замещении рудного минерала сфеном и лейкоксеном.

Западная и юго-западная части массива сложены зелеными и серовато-зелеными габбро-долеритами тонко- и мелкозернистыми, с реликтовой структурой офитового типа, сильно зеленокаменноизмененными, апатитсодержащими, с ильменитовой (ильменит-титаномагнетитовой) минерализацией в количестве от 2 до 15 об. %. Вторичные изменения в этих габбро-долеритах проявлены в виде широко развитых позднего альбита, хлорита, эпидота, актинолита, карбоната, стильпномелана. Ильменит и титаномагнетит замещены сфеном и лейкоксеном в виде широких кайм.

В восточной части массива горы Дублинский Камень в 1999 году нами выявлена зона минерализованных габбро-долеритов мощностью до 70-100 метров, прослеженная на расстоянии около 600 метров на двух горизонтах карьера (рис. 1). Эта зона залегает в серых габбро-долеритах нижней части разреза, сечет их, и, далее к югу, прослежено ее продолжение с резким уменьшением общей мощности в виде сближенных маломощных секущих зон минерализованных брекчий в терригенно-сланцевых породах вильвенской свиты венда (рис. 3а). Редковкрапленная и пятнисто-вкрапленная медносульфидная минерализация в габбро-долеритах в зоне окисления делает их отчетливо пятнистыми. Минерализованные габбро-

**Распределение платиновых металлов и золота в платино-палладиевых проявлениях Дайкового пояса Урала**

№ пп	Наименование золото-платино-палладиевых проявлений, типы руд	Исходные руды, г/т				Концентраты, г/т			
		Pt от-до	Pd от-до	Au от-до	Сумма всех ЭПГ и Au	Pt от-до	Pd от-до	Au от-до	Сумма всех ЭПГ и Au
1	Чурольское (Сев. Урал). Саранинский тип. Бедновкрапленные и средневкрапленные медносульфидные руды в зонах расланцевания и метаморфизма габбро-долеритов	0,05-0,43	0,02-0,12	0,05-0,25	0,51	0,13	0,55	3,00	4,95
Отношение Pt/Pd 2,5-3,6. Ряд убывания ЭПГ: Pt, Pd, Ru, Os, Rh, Ir									
2	Саранинское (Средний Урал). Саранинский тип. Бедновкрапленные и пятнисто-вкрапленные медносульфидные руды в деформированных габбро-долеритах	0,10-0,40	0,10-0,50	0,05-0,10	1,0	6,80	30,00	8,70	45,50
Отношение Pt/Pd 1,0-2,0. Ряд убывания ЭПГ: Pd, Pt, Rh, Os, Ru, Ir									
3	Восточное (Средний Урал). Малдинский тип. Бедновкрапленные медносульфидные руды в карбонатизированных и антигоритизированных хромитоносных ультрамафитах в ореоле мощной дайки габбро-долеритов	0,15-0,28	0,58-1,11	0,05-0,20	1,48	2,86	95,0	6,60	103,20
Отношение Pt/Pd 0,30. Ряд убывания ЭПГ: Pd, Pt, Rh, Ir, Os, Ru									
4	Дублинский Камень. (Средний Урал). Саранинский тип. Бедновкрапленные и прожилково-вкрапленные медносульфидные руды в деформированных и метаморфизованных габбро-долеритах	0,01-2,00	0,10-2,20	0,01-1,00	2,0				
Отношение Pt/Pd 0,1-1,0. Ряд убывания ЭПГ: Pd, Pt, Rh, Ir, Os, Ru									

Примечание: анализы выполнены химико-спектральным и спектро-фотометрическим методами в лаборатории ФХМА ИГГ УрО РАН (аналитики И.И. Неустроева, Ю.П. Любимцева, О.А. Березикова).

долериты формируют прерывистые линейные тела площадью от 50-150 м<sup>2</sup> до 600-1000 м<sup>2</sup>. В их пределах вкрапленность сульфидов распределена очень неравномерно (рис. 4а, б, в). Размеры сгустков-пятен изменяются от 0,5 × 1 см

до 5 × 5 см, количество их на 1 кв. м достигает 10-20, что соответствует суммарному количеству сульфидов здесь в 5-20 об. %. Содержание серы общей в рудах изменяется при этом от 0,04 до 0,3 мас. %, достигая в отдельных

РУДООБРАЗОВАНИЕ, МЕТАЛЛОГЕНИЯ,  
МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

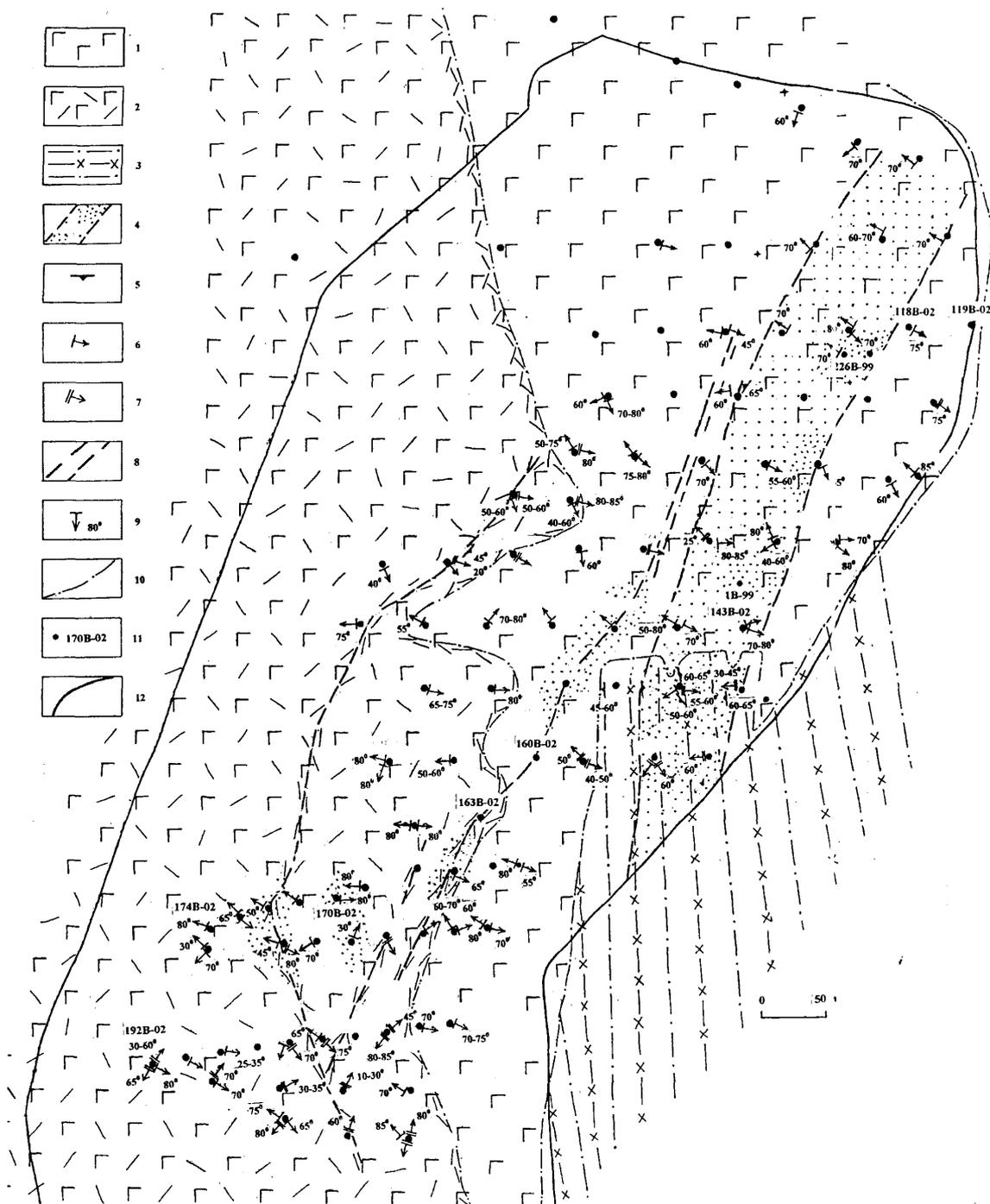


Рис. 1. Схематическая геолого-структурная карта габбро-долеритового массива г. Дублинский Камень. Составил Ю.А. Волченко, 2005 г. Условные обозначения: 1 – габбро-долериты серые средне-мелкозернистые, слабо зеленокаменно измененные, кварцсодержащие, с титаномagnetитовой минерализацией в количестве от 0,5 до 5,0 об. %; 2 – габбро-долериты зеленые и серовато-зеленые, тонко-мелкозернистые, сильно зеленокаменно измененные, апатитсодержащие, с ильменит-титаномagnetитовой минерализацией в количестве от 2 до 12-15 об. %; 3 – алевропелиты и алевропесчаники, сильно мятые и рассланцованные, с прожилками стилпномелана, кварца и альбита; 4 – зоны (участки) минерализованных (платино-палладиеносных) габбро-долеритов с редковкрапленной и пятнисто-прожилкововкрапленной медносульфидной и медносульфидно-полиметаллической минерализацией; 5 – ориентировка полосчатости в габбро-долеритах; 6 – ориентировка трещин деформаций и зеркал скольжения в габбро-долеритах; 7 – ориентировка минерализованных трещин деформаций с прожилками эпидот-актинолитового, альбит-кварцевого, карбонатно-хлоритового состава; 8 – зоны тектонических нарушений; 9 – элементы залегания геологических контактов пород и минерализованных зон; 10 – геологические контакты пород установленные и предполагаемые; 11 – места отбора и номера проб; 12 – проектные контуры карьера.

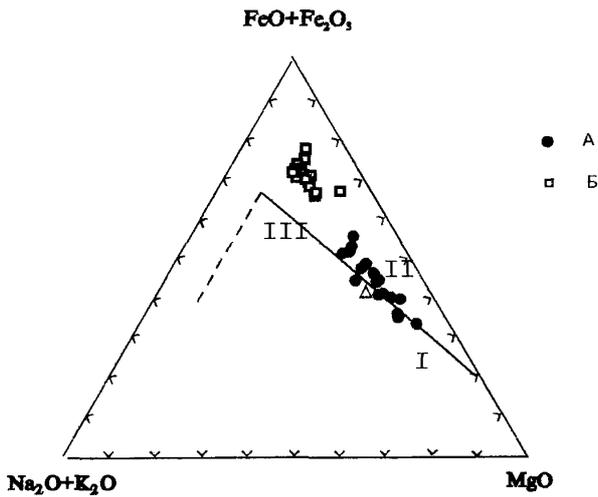


Рис. 2. Тип дифференциации габбро-долеритов массива г. Дублинский Камень. Условные обозначения: А – серые габбро-долериты слабо зеленокаменно измененные, кварцсодержащие с титаномагнетитом; Б – зеленые габбро-долериты сильно зеленокаменно измененные, с ильменит-титаномагнетитовой минерализацией. На обобщенной диаграмме дифференциации траппового расплава поле I – магниезильные породы (пикритовые и троктолитовые габбро-долериты); поле II – нормальные габбро-долериты; треугольником обозначена точка, соответствующая среднему составу габбро-долеритов Сибирской платформы; поле III – железистые породы (габбро-пегматиты, феррогаббро-долериты) – по Нестеренко, Альмухамедову [1973].



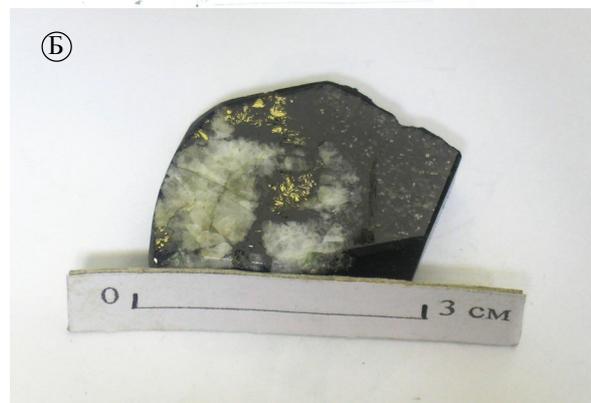
Рис. 4 (А, Б, В). Минерализованные габбро-долериты серые с редковкрапленной и прожилково-вкрапленной медносульфидной минерализацией (обр. 226В99, 1В99).

случаях 1 мас. % и более. Простираение минерализованной зоны СВ 25-30°. Контакты зоны падают на запад под углами 60-80°, реже на

Рис. 3. А – Одна из зон кварц (белое)-альбит (серое)-хлоритовых (темно-серое) брекчий в серых габбро-долеритах вблизи контакта с терригенно-сланцевой толщей (рядом с пробой 143В-02); Б – субпараллельная минерализация в зоне кварц-альбит-хлоритовых брекчий в серых габбро-долеритах.

## РУДООБРАЗОВАНИЕ, МЕТАЛЛОГЕНИЯ, МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Рис. 5. А – Минерализованные габбро-долериты зеленые с многочисленными полыми трещинами и щетками кварц-карбонат-альбитового (белое и серое) и стильпномеланового (черное) состава (около обр. 181В-02); Б – Минерализованные габбро-долериты зеленые с медно-полиметаллической сульфидной минерализацией (около обр. 170В-02).



восток под углами 55-75°. На западе (юго-западе) эта Главная минерализованная зона оперяется серией из двух-трех маломощных (от 1-2 до 6 м) минерализованных зон СВ простирания, круто падающих на запад и восток. Зоны содержат медносульфидную и медно-полиметаллическую минерализацию и сопровождаются системой прожилков кварц-альбит-хлорит-эпидот-стильпномеланового состава (рис. 5).

Ассоциация сульфидных минералов в Главной минерализованной зоне и оперяющих ее зонках представлена халькопиритом, пирротинном, пентландитом, пиритом, галенитом, блеклыми рудами. Содержание платиновых металлов и золота в новых проявлениях массива г. Дублинский Камень приведено в таблице (табл. 2). Основная особенность распределения платиновых металлов и золота в минерализованных зонах заключается в их тес-

Таблица 2

**Распределение ЭПГ и Au в минерализованных зонах и различных типах габбро-долеритов массива г. Дублинский Камень**

№ пп	Типы руд и горных пород	Кол-во анал.	Содержание, г/т			Сумма всех ЭПГ и Au
			Pd от-до X <sub>ср</sub>	Pt от-до X <sub>ср</sub>	Au от-до X <sub>ср</sub>	
1	Главная минерализованная зона массива: серые средне- и мелкозернистые габбро-долериты с титаномагнетитом, слабо зеленокаменноизмененные, кварцсодержащие с редковкрапленной и пятнисто-вкрапленной медносульфидной минерализацией	21	<u>0.10-2.20</u> 0.37	<u>0.01-2.00</u> 0.23	<u>0.01-1.00</u> 0.12	0.85
2	Маломощные минерализованные зоны с медносульфидной и полиметаллической минерализацией, оперяющие на западе и юго-западе Главную минерализованную зону	8	<u>0.02-0.10</u> 0.042	<u>0.02-2.00</u> 0.68	<u>0.01-0.90</u> 0.30	1.66
3	Габбро-долериты серые средне-мелкозернистые слабо зеленокаменноизмененные кварцсодержащие с титаномагнетитовой минерализацией в количестве от 0.5 до 5 % объемных.	11	<u>0.04-0.06</u> 0.058	<u>0.005-0.05</u> 0.023	<u>0.005-0.013</u> 0.010	0.08
4	Габбро-долериты зеленые и серовато-зеленые, тонко и мелкозернистые, сильно зеленокаменноизмененные, апатитсодержащие, с илименит-титаномагнетитовой минерализацией в количестве от 2 до 12 %.	16	<u>0.01-0.06</u> 0.017	<u>0.005-0.04</u> 0.010	<u>0.005-0.04</u> 0.010	0.035

Примечание: анализы выполнены химико-спектральным и спектро-фотометрическим методами в лаборатории ФХМА ИГГ УрО РАН (аналитики И.И. Неустроева, Ю.П. Любимцева, О.А. Березикова).

Состав собственных минералов благородных металлов и минералов с примесными их количествами в минерализованных зонах массива г. Дублинский камень (мас.%)

№пп	Pd	Pt	Au	Ag	Sb	Bi	Hg	Cu	Fe	Ni	Co	Te	As	S	Σ
1	36,10	1,60	-	-	12,99	6,11	1,04	сл	1,78	0,24	-	40,81	0,23	-	100,90
2	21,95	1,78	-	-	1,06	4,32	1,18	сл	14,08	0,67	-	53,07	0,37	-	98,48
3	0,26	-	0,42	60,36	-	-	-	1,21	-	-	-	35,31	-	-	97,56
4	0,27	-	0,24	59,61	-	-	-	1,49	-	сл	-	35,52	-	-	97,13
5	0,16	-	0,37	0,08	-	-	-	0,28	2,76	11,20	24,13	-	40,05	21,52	100,55
6	0,11	-	0,45	0,08	-	-	-	0,28	2,36	7,67	26,38	-	41,38	20,73	99,44
7	0,26	-	0,52	0,11	-	-	-	0,28	2,83	5,28	27,13	-	39,91	21,53	97,85
8	0,23	-	0,42	0,10	-	-	-	0,15	1,99	7,27	26,73	-	40,13	20,96	97,98
9	0,32	-	0,46	0,08	-	-	-	0,12	4,63	12,50	20,01	-	40,93	19,66	98,71
10	0,37	-	0,61	0,10	-	-	-	0,23	4,02	12,05	22,72	-	39,89	19,36	99,35
11	0,29	-	1,09	0,10	-	-	-	0,24	4,62	10,89	20,12	-	40,91	20,58	98,84

Кристаллохимические формулы минералов

1. Котульскит сурьмянистый  $(Pd_{0,80} Pt_{0,02} Fe_{0,08} Ni_{0,01} Hg_{0,01})_{0,92} (Te_{0,76} Sb_{0,25} Bi_{0,07})_{1,08}$
2. Котульскит железистый  $(Pd_{0,44} Pt_{0,02} Fe_{0,54} Ni_{0,02} Hg_{0,01})_{1,03} (Te_{0,89} Bi_{0,04} Sb_{0,02} As_{0,01})_{0,97}$
3. Гессит  $(Ag_{1,95} Cu_{0,07} Pd_{0,01...})_{2,03} Te_{0,97}$
4. Гессит  $(Ag_{1,93} Cu_{0,08} Pd_{0,01...})_{2,02} Te_{0,98}$
5. Кобальтин никелистый  $(Co_{0,66} Ni_{0,31} Fe_{0,08} Cu_{0,01...})_{1,06} As_{0,86} S_{1,08}$
6. Кобальтин никелистый  $(Co_{0,73} Ni_{0,21} Fe_{0,07} Cu_{0,01...})_{1,02} As_{0,91} S_{1,06}$
7. Кобальтин никелистый  $(Co_{0,76} Ni_{0,15} Fe_{0,08} Cu_{0,01...})_{1,00} As_{0,88} S_{1,11}$
8. Кобальтин никелистый  $(Co_{0,75} Ni_{0,21} Fe_{0,06...})_{1,02} As_{0,89} S_{1,08}$
9. Кобальтин никелистый  $(Co_{0,57} Ni_{0,35} Fe_{0,14...})_{1,06} As_{0,91} S_{1,02}$
10. Кобальтин никелистый  $(Co_{0,64} Ni_{0,34} Fe_{0,12...})_{1,10} As_{0,88} S_{1,00}$
11. Кобальтин никелистый  $(Co_{0,57} Ni_{0,31} Fe_{0,14} Au_{0,01...})_{1,03} As_{0,91} S_{1,06}$

Примечание: анализы выполнены методом РСМА на приборе JXA-5 в лаборатории ФХМА ИГГ УрО РАН (аналитик Воронина Л.К.).

ной связи с местами концентрации сульфидов меди, железа и никеля. Максимальное суммарное содержание благородных металлов в новых платино-палладиевых проявлениях составляет 2-3 г/т. Постоянно присутствует серебро в количестве от 1 до 3 г/т. Необходимо отметить, что в минерализованных зонах, секущих терригенно-сланцевые толщи, кроме вышеперечисленных благородных металлов, появляются повышенные количества родия и иридия. Ряд убывания ЭПГ в новых платино-палладиевых проявлениях типичен для Дайкового пояса в целом: палладий, платина, родий, иридий, осмий, рутений. Величина отношения палладия к платине заметно варьирует – от 1,6 – в Главной минерализованной зоне до 0,1 – в оперяющих ее зонках, что связано с очень неравномерным распределением платины в рудах.

В рудовмещающих габбро-долеритах отношение палладия к платине более выдержанное: в серых габбро-долеритах – 2,5 в зеленых – 1,7. Собственная благороднометалльная минерализация установлена непосредственно в минерализованных габбро-долеритах и представлена теллуридами палладия и серебра, а

также никелистыми кобальтинами, содержащими повышенные примесные количества (до 1-1,5 мас. %) палладия, золота и серебра (табл. 3). Котульскиты сурьмянистые и железистые встречаются в виде мелких (10-20 мкм) зерен в халькопирите и пирротине. Гесситы медистые, содержащие повышенные примесные количества палладия и золота, встречаются в виде мелких зерен (10-30 мкм) в халькопирите. Кобальтины никелистые присутствуют рядом с выделениями халькопирита, пирротина и пентландита. Для сульфидов, парагенных с минералами благородных металлов, очень характерны ощутимые примесные количества никеля и кобальта. В галените, установленном в одной из оперяющих зон (рис. 5а, б), и содержащем в сумме около 1 мас. % никеля и кобальта, присутствуют повышенные примесные количества палладия, золота и серебра в сумме от 0,8 до 1 мас. %.

В целом, геологические и минералого-геохимические особенности новых платино-палладиевых проявлений саранинского типа в Дайковом поясе сближают их с ранее выявленными в его пределах объектами и повышают перспективы этого платиноворудного пояса Урала в целом.

РУДООБРАЗОВАНИЕ, МЕТАЛЛОГЕНИЯ,  
МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

*Список литературы*

*Волченко Ю.А., Золоев К.К., Коротеев В.А. и др.* Новые и перспективные типы платинометалло-го оруденения Урала // Геология и металлогения Урала. Кн. 1. Екатеринбург, 1998. С. 238-255.

*Волченко Ю.А., Коротеев В.А.* Платина. // Месторождения полезных ископаемых Урала. Екатеринбург, 2000. С. 103-114.

*Волченко Ю.А., Коротеев В.А., Неустроева И.И., Вилисов В.А.* Платиноидное оруденение в габбродиабазам западного склона Урала – новый тип минерализации // Ежегодник – 1998. ИГГ УрО РАН. Ека-

теринбург, 1999. С. 101-105.

*Волченко Ю.А., Сорока Е.И., Коротеев В.А., Неустроева И.И.* Малдинский тип золото-платино-палладиевых руд (зап. склон Урала): состав, условия нахождения, способность к россыпеобразованию // Структура, геодинамика и минерагенические процессы в литосфере. Мат-лы XI междунар. научной конф. Сыктывкар, 2005. С.55-56.

*Нестеренко Г.В., Альмузхамедов А.И.* Геохимия дифференцированных траппов (Сибирская платформа). М.: Наука, 1973. 198 с.

*Петров Г.А.* Государственная геологическая карта Урала, лист О-40-ХVIII. Объяснительная записка. Фонды УГСЭ, 1999.