

УДК 553.411.36 (470.5)

© Коллектив авторов, 2013

СТРОЕНИЕ И ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ЗОЛОТОНОСНЫХ КОР ХИМИЧЕСКОГО ВЫВЕТРИВАНИЯ КЕДРОВСКО-ИВДЕЛЬСКОГО РУДНО-РОССЫПНОГО УЗЛА, ВОСТОЧНЫЙ СКЛОН СЕВЕРНОГО УРАЛА

Т.П.Зубова, О.А.Агибалов, Н.М.Иванов, А.Н.Краснов, А.В.Кондратьев, Е.А.Черемисина, Л.В.Шатилова, Ю.В.Щегольков, В.П.Филиппов (ФГУП «ЦНИГРИ»)

В пределах узла работами авторов установлено широкое развитие глинистых золотоносных кор выветривания, тесно связанных с протяженными зонами золото-сульфидно-кварцевой минерализации. В зависимости от литолого-структурных особенностей субстрата выделяются остаточный линейно-трещинный, переотложенный контактово-карстовый и карстовый типы коры выветривания. Проанализированы изменение вещественного состава коры выветривания и типоморфных особенностей самородного золота в зависимости от положения в определенной зоне гипергенного профиля.

Ключевые слова: кора выветривания, карст, россыпи, золото, пирит, элементы-примеси, минерализованные зоны.

Зубова Татьяна Петровна, tanzu3011@mail.ru, Агибалов Олег Анатольевич, Иванов Николай Михайлович, Краснов Антон Николаевич, Кондратьев Александр Владимирович, Черемисина Екатерина Алексеевна, Шатилова Людмила Викторовна, Щегольков Юрий Васильевич, Филиппов Виктор Петрович, vosp@tsnigri.ru

Structure and mineral composition of gold-bearing crusts of chemical weathering of Kedrovsko-Ivdelsky ore-placer knot, eastern versant of the North Urals

T.P.Zubova, O.A.Agibalov, N.M.Ivanov, A.N.Krasnov, A.V.Kondratiev, E.A.Cheremisina, L.V.Shatilova, Yu.V.Shchegolkov, V.P.Filippov

Wide development of clayey gold-bearing crusts of weathering that are closely connected with extensive zones of gold-sulfide-quartz mineralization is established within the territory of the knot. Residual linear-fissured, redeposited contact-karst and karst types of crusts of weathering are distinguished in dependence of lithological and structural peculiarities of substrate. Changes in mineral composition of crusts of weathering and native gold typomorphic features are established in different zones of supergene profile.

Key words: crust of weathering, karst, place, gold, pyrite, trace elements, mineralized zones

Кедровско-Ивдельский рудно-россыпной узел находится в пределах Ивдельского рудно-россыпного района Ауэрбах-Красногурьинской металлогенической зоны, приуроченной к Ауэрбаховскому вулканоплутоническому поясу [1, 2, 4]. На площади узла развиты геологические формации, благоприятные для образования коренной золотоносности: андезит-базальтовые, вулканогенно-карбонатно-терригенные ранне-среднедевонского возраста, дайки основного состава палеозойского комплекса. Система протяженных субмеридиональных разломов сопровождается оперяющими разрывными нарушениями и зонами надвигов, что создает благоприятную обстановку для локализации золотого оруденения в зонах тектонических контактов карбонатных и силикатных пород. Структурно-геоморфологическая позиция территории во многом обусловлена приуроченностью ее к эрозионно-структурным депрессиям (Восточно-Кедровской и Толгтейской), что, как известно, является благоприятным фактором формирования кор химического выветривания и их сохранности при дальнейших денудационных процессах для районов Северного и Среднего Урала.

На рассматриваемой территории развиты многочисленные россыпи, которые отрабатываются с начала XIX в. и до настоящего времени. Иногда при эксплуатации россыпей, как показал проведенный анализ фондовых материалов, в отработку вовлекались и золотоносные коры выветривания с содержаниями Au от 0,1 до 0,7 г/м³. В отдельных штучных пробах из коры выветривания в плотике Преображенской россыпи установлены содержания Au от 1,2 до 4,6 г/т.

В пределах узла находятся частично отработанные мелкие месторождения золото-кварцевого типа, структурно связанные с дайками долеритов — Травянское, Троицкое, Екатерининское, Грань, Шешинское и др., известны золото-сульфидно-кварцевые проявления прожилково-вкрапленного типа в вулканогенно-осадочной толще, обнаружена золотоносность скарнов и контактово-метасоматических железорудных и медных проявлений.

Благоприятная геолого-металлогеническая и морфоструктурная позиция рудно-россыпного узла послужила основанием для выделения его в качестве перспективного на поиски месторождений зо-



Рис. 2. Обобщенный геологический разрез золотоносной коры выветривания Ивдельской площади:

1 — четвертичные аллювиальные, делювиальные отложения, галечно-гравийно-песчано-глинистые, щебнисто-глинистые с галькой; 2 — миоцен-плиоценовые аллювиально-пролювиальные и аллювиальные отложения, песчано-гравийно-галечные; 3 — палеоген-неогеновые аллювиально-пролювиальные и аллювиальные отложения, песчано-глинистые с галькой; 4 — кора выветривания (*а* — остаточная, *б* — перемещенная); 5 — переотложенная, перемытая кора выветривания в карсте; 6 — известняки; 7 — окварцованные известняки; 8 — известняки с прослоями туфов; 9 — туфы разного состава; 10 — дайки долеритов; 11 — кварцевые жилы; 12 — обломки карбонатных пород; 13 — дезинтегрированные кварцевые прожилки; 14 — тектонические нарушения; 15 — предполагаемые литологические границы в зоне гипергенеза; сохранившиеся в коре выветривания гидротермально-метасоматические изменения: 16 — обеленные аргиллизиты, 17 — эпидозиты; 18 — участки с заметным количеством циркона в тяжелой фракции шлиха; 19 — зона интенсивного ожелезнения (*а* — сплошная, *б* — гнездообразная); 20 — киноварь; 21 — окисленный пирит; 22 — участки с повышенным содержанием Au в зоне гипергенеза; 23 — потенциально золотоносные зоны минерализации; 24 — комплекс элементов-спутников Au

масспектрометрический, шлихоминералогический). В результате было установлено значительно более широкое распространение кор химического выветривания, чем представлялось ранее, выделены их основные литологические и морфогенетические типы (рис. 1, 2). В процессе исследования выявлена одна из важных прогнозно-поисковых особенностей геолого-металлогенической обстановки Кедровско-Ивдельского рудно-россыпного узла, которая выражается в тесной пространственной связи золотоносных кор выветривания с протяженными зонами золото-сульфидно-кварцевого оруденения. Дополнительный признак золотоносности кор выветривания — непосредственная связь с ними россыпью золота, что отчетливо проявляется при всестороннем изучении разрезов продуктивных горизонтов аллювиальных россыпей и их плотиков в отработанных полигонах. В целом вещественный комплекс коры выветривания отражает состав золоторудных минерализованных зон.

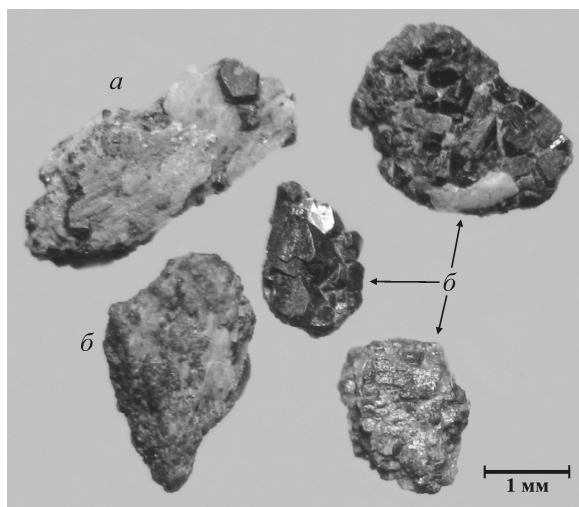


Рис. 3. Окисленный пирит в обломках железистого кварца (*а*), серицит-полевошпатовых метасоматитов из остаточной коры выветривания (*б*)

По результатам опробования горных и буровых выработок, пройденных по коре выветривания (в пределах минерализованных зон), повсеместно отмечаются золото (разной степени концентрации) и сопутствующий комплекс минералов и рудогенных элементов продуктивной золоторудной ассоциации (см. рис. 2). В пробах часто встречается тонкое и мелкое (0,05–0,2 мм) самородное золото рудного облика. Практически по всему разрезу установлен «рудный» золотосодержащий обломочный материал в различной степени преобразованный в зависимости от положения в профиле выветривания: гидроксиды железа, обохренные обломки метасоматитов кварц-полевошпатового, серицитового состава, окварцованные туфы, окварцованные карбонатные породы с вкрапленностью, прожилками окисленного пирита (рис. 3), с содержанием в них Au 2–30 г/т (табл. 1), встречаются сростки кварца с самородным золотом. Из рудных минералов типичным является окисленный пирит, часто золотоносный, с содержаниями Au до 629 г/т (табл. 2), постоянно присутствует киноварь, обнаружены халькопирит, полуокисленный арсенипирит, знаки галенита. По данным масспектрометрического анализа в пробах также отмечаются повышенные содержания Pt 23, 35, 63 г/т, установлены Pd и Ro (см. табл. 2).

Протяженные зоны золотоносных кор выветривания сопровождаются ореолами Au с содержаниями 0,05–0,5 г/т, иногда более, а также комплексом рудогенных элементов — As, Ag, Cu, Pb, Zn, Ba, P (см. рис. 2).

Одна из особенностей золоторудной минерализации узла, отчетливо проявленная в вещественном составе кор, — тесная ассоциация Au и P. В пробах из коры выветривания, содержащих большое количество обломков кварц-полевошпатовых метасоматитов с прожилками и вкрапленностью окисленного пирита (с включениями самородного золота), определены аномально высокие содержания P. Геохимические ореолы Au и P, оконтуренные по данным горно-буровых и площадных наземных

1. Химический состав проб Ивдельской площади по результатам масспектрометрического анализа, г/т

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Au	0,11	12,5	2,57	9	0,033	15,2	11	0,71	0,63	29,2	0,18	38,2	1,99	13,6	10,7
Li	6,36	140,7	113,9	75,15	14,96	36,6	56,9	200	6,59	7,79	5,38	7,07	2,63	1,74	2,28
Be	0,21	2,50	2,60	2,62	1,04	5,82	8,09	1,93	1,55	2,88	4,54	2,04	1,03	4,76	3,23
Na	293,8	718,2	359,2	231,4	173,01	352	1705	1259	246	1584	1121	2378	421	235	81,7
Mg	805,2	4801	4236	3306	3930	2158	5243	11 628	11 541	10 129	10 514	17 263	8611	5700	4694
K	1156	14 276	8669	5895	19 309	530	3327	1052	782	2864	2187	876	776	3309	750
Sc	9,5	111,3	106,3	75,20	103,1	5,58	9,01	32,1	16,4	23,0	20,5	24,8	17,0	30,2	15,9
Ti	491,1	3242	2281	2038	3443	12 853	32 336	1277	2887	4019	7493	30 656	32 474	19 498	33 884
V	24,9	197,30	101,7	100,5	105,5	487	306	1669	529	877	1019	930	584	804	705
Cr	8,3	134,4	106,5	84,8	34,63	172	141	85,0	40,7	37,6	61,5	86,1	174	711	336
Mn	1557	356,9	166,4	727,2	1877	1045	272	52 096	953	56 454	8317	5601	2589	1229	2851
Co	5,40	38,80	12,27	20,6	39,93	52,8	8,42	698	971	341	165	343	905	638	632
Ni	11,45	107,6	79,2	70,4	20,99	70,7	43,1	519	533	88,9	92,2	76,2	119	280	160
Cu	3,35	61,30	123,4	60,8	54,86	139	130	366	586	620	773	486	1969	2284	1887
Zn	19,32	140,5	129,3	114,4	77,57	206	187	235	116	238	382	189	479	716	256
As	101,5	60,0	10,97	0,00	62,96	208	145	<60	662	521	158	2265	460	2572	961
Y	6,68	77,4	88,5	95,7	16,78	9,80	38,6	118	78,5	64,1	40,0	77,9	90,3	197	179
Mo	0,64	1,40	0,78	0,73	0,21	10,1	3,47	2,29	4,42	23,6	44,2	7,88	2,93	2,21	3,34
Sh	1,72	1,95	1,15	0,64	0,00	7,45	15,0	3,02	8,96	2,22	10,1	4,49	2,13	2,34	5,37
Sb	1,19	2,34	0,82	0,74	0,36	9,07	6,07	2,88	19,8	31,5	11,8	17,3	8,82	12,8	17,2
Te	0,00	0,00	0,00	0,00	1,14	1,61	1,35	0,92	0,45	<0,43	1,00	4,13	2,56	2,28	2,45
Ba	29,69	135,6	102	106	250,9	154	57,0	9870	78,5	11623	1431	531	66,4	50,4	56,6
La	7,49	51,33	49,83	43,0	5,15	26,1	53,3	41,2	16,2	40,1	17,5	20,1	18,2	38,9	38,1
Yb	0,61	5,18	5,61	5,77	1,63	2,37	6,29	13,9	5,79	7,86	5,00	7,18	7,86	18,5	18,3
W	9,42	8,26	7,65	10,91	11,27	13,0	62,2	4,16	3,82	2,96	2,04	7,06	22,0	16,1	10,0
Hg	0,03	0,73	0,56	0,26	0,10	<12,5	<12,5	<12,5	22,5	<12,5	<12,5	<12,5	<12,5	<12,5	<12,5
Tl	0,12	0,53	0,46	0,43	0,17	0,11	0,09	0,50	0,07	0,57	0,09	0,11	0,06	0,04	0,19
Pb	6,24	27,02	23,41	22,1	0,33	1028	45,3	80,9	153	97,5	37,3	48,9	34,1	56,5	54,2
Bi	0,40	1,34	1,56	1,07	9,93	1,56	1,41	0,92	1,22	1,86	0,46	7,40	2,69	1,56	1,03

Примечание. 1 — элемент; 2 — известняк; 3 — глины; розовая (3), зеленовато-коричневая (4), коричневая (5), охристая (6); 7 — окварцованные обломки туфов; 8, 9 — ожеженные обломки пород; 10 — обломки кварц-серицитового состава; 11–16 — окисленный шпирит.

2. Результаты анализа мономинеральных проб по результатам масспектрометрического и атомно-абсорбционного (*) анализов

Привязка		Анализируемый материал	В валовой пробе, г/т	Содержание, г/т			
				Au	Pt	Pd	
Л-1 С-9	33–39 м	Окисленный пирит, кубический	0,05	1,57	7,78	0,12	
Л-2 С-0	1–3,5 м	Окисленный пирит	0,004	13,48	<0,005	<0,005	
	26–29,8 м	Гидроксиды железа	0,0	21,57	<0,005	<0,005	
		Обломки известняка с вкрапленностью сульфидов		29,22	1,71	1,87	
		Окисленный пирит		3,57	0,33	0,74	
5713, западный борт р. Шапши		Окисленный пирит	0,023	10,74	<0,005	<0,005	
Л-3 с-301/14–15			0,004	11,3	19,6	0,087	
Л-3 с-302/8–9		Электромагнитная фракция (на 80% состоит из окисленного пирита)	0,004	56,7	63,5	1,37	
Л-3 с-304/21,5–23			0,06	67,4	104	1,0	
Л-3 с-304/23–24,5			0,03	12,3	23,9	0,23	
Л-3 с-304/28,5–30			0,03	5,53	1,76	<0,1	
Л-3 с-311/18,5–20		Окисленный пирит	+0,3 мм	0,17	1,82	0,047	0,014
			0,3–0,16 мм	2,54	0,039	0,026	
			-0,16 мм	4,06	0,38	<0,05	
Л-3 с-311/26–27			0,01	0,43	35,9	0,078	
Л-2 К-6/17–20		Обломки кварц-полевошпатовых метасоматитов с вкрапленностью окисленного пирита	0,16	0,18	7,02	0,049	
Л-2 К-6/48–51		Окисленный пирит	+0,3 мм	0,22	18,7	13,3	1,5
			0,3–0,16 мм	21,8	2,24	0,032	
			-0,16 мм	25,6	10,9	0,094	
Л-2 К-6/66–69		Обломки кварц-полевошпатовых метасоматитов с вкрапленностью окисленного пирита	0,05	1,98	25,1	0,1	
р. Талая, с-3/13–15			2,57	629,3*	Нет данных		
Участок Шайтанка, строительный карьер		Неокисленный пирит разной морфологии	Нет данных	30,0	0,48	0,097	
Л-4 с-401/2,3–3,3		Гидроксиды железа	0,01	29,2	32,3	0,22	
Л-4 с-409/6,8–7,8		Окисленный пирит	0,03	1,99	0,21	<0,03	
Л-4 с-409/1,7–2,8		Электромагнитная фракция (80% окисленный пирит)	1,1	13,6	0,62	0,051	
Л-4 с-409/2,8–3,8		Окисленный пирит	0,6	10,7	0,27	0,026	

работ, образуют комплексные аномалии в плане и разрезе. На геохимическую связь Au и P, в свое время, указывал А.Е.Ферсман [9]. Достаточно показательными примерами такой связи служит золотоносность широко распространенных проявлений, а также отдельных месторождений фосфоритов Русской платформы — Егорьевского [14], Верхнекамского [10], Кингисепского [3]. В качестве одной из причин такой связи некоторые авторы [7, 12] рассматривают резкие колебания кислотно-щелочной среды, вызывающие при совместном присутствии Au и P их выпадение из раствора. При этом привнос P может происходить как в результате эндогенных, так и экзогенных (хемогенных) процессов в области мелководного шельфа (в том числе

при обилии органики), где золото (при соответствующих условиях) находится в комплексных соединениях органических кислот или в форме хлорида [8].

Минерализованные зоны, по которым формируются коры выветривания, развиты вдоль тектонических нарушений, фиксирующихся в плане и разрезе по интенсивному ожелезнению пород и аномально высоким концентрациям Ti.

По степени сохранности и морфологическим особенностям выделяются остаточные линейно-трещинные, переотложенные контактово-карстовые и карстовые коры выветривания. Первые наиболее тесно связаны с золоторудной минерализацией. Они формируются по силикатной составляющей.

щей разреза — туфам разного состава, долеритам. В линейных зонах вертикальная мощность коры выветривания >50 м (проектные скважины не вышли из зоны структурных глин), а перекрывающих ее четвертичных делювиально-пролювиальных отложений до 2 м.

Ниже приводится обобщенный разрез остаточной золотоносной коры выветривания линейно-трещинного типа, составленный авторами с использованием данных горно-буровых работ и изучения естественных обнажений.

С некоторой долей условности в разрезе коры выветривания можно выделить три горизонта, различающихся по вещественному составу, отражающему степень преобразования золотого оруденения и вмещающих пород в зоне гипергенеза. Наиболее глинистые (57–76%) верхние горизонты (0–15 м) профиля выветривания представлены пестроцветными красно-желтыми бесструктурными глинами, в составе шламовой фракции (класс -0,02 мм) преобладают кварц, гетит, каолинит, гидрослюда. Обломочная часть представлена дресвой сильно выветрелых ожелезненных, иногда каолинизированных вулканогенных пород с вкрапленностью полуокисленного пирита. В тяжелой электромагнитной фракции преобладает трещиноватый эпидот, обеленный за счет замещения его глинистыми минералами. Выход тяжелой фракции очень низкий <1%. По данным полуколичественного минералогического анализа, она состоит из полуокисленного и неокисленного пирита, знаков киновари, полуокисленного игольчатого арсенопирита, знаков мелкого золота (<0,25 мм). В легкой фракции преобладает кварц (в тонких классах — рисовидный), много ожелезненных обломков пород с участками реликтовой серицитизации и вкрапленностью окисленного пирита, встречаются мусковит, альбит.

В среднем переходном горизонте (15–40 м), состоящем в основном из бесструктурных глин желто-коричневого цвета, сохранились отдельные фрагменты структурного элювия (с гнездами интенсивного ожелезнения и опесчанивания за счет выветривания окварцованных пород), а также разноориентированные дезинтегрированные кварцевые прожилки мощностью ~0,5–2,0 см. В легкой фракции преобладают ожелезненные обломки полевошпатовых пород с участками серицитизации, кварц, альбит. Тяжелая фракция состоит преимущественно из гидроксидов железа, окисленного и неокисленного пирита. По сравнению с нижележащими горизонтами минералы более полно высвобождены из агрегатов и сростков, в то же время они сохраняются от полного замещения их гипергенными минералами, как это наблюдается в верхних

горизонтах профиля выветривания. Глинистость по сравнению с верхними горизонтами несколько уменьшается и составляет 56%. В классе -0,02 мм преобладают кварц, гетит, в меньших количествах присутствует амфибол, гидрослюда, эпидот, плагиоклаз, хлорит, ярозит.

Самый нижний вскрытый буровыми скважинами горизонт (40–50 м) представлен структурными глинами по сильно смятым вулканогенным породам с ожелезнением вдоль слоистости. В легкой фракции много ожелезненных обломков кварц-полевошпатовых пород с участками серицитизации, вкрапленностью тонкого окисленного пирита. Тяжелая фракция состоит преимущественно из гидроксидов железа, примеси окисленных пирита и арсенопирита, знаков мелкого золота. В отличие от более верхних горизонтов в ее составе много сростков минералов, обломков пород, что свидетельствует о неполном их разрушении под действием выветривания. Степень глинистости 47%, в классе -0,02 мм преобладают кварц, гетит, в больших количествах отмечаются остаточные минералы коренного субстрата: калиевый полевой шпат и пиррофиллит — продукты гидротермально-метасоматического процесса. Таким образом, в изученном разрезе золотоносной коры выветривания заметна тенденция к постепенному ослаблению степени преобразования рудного вещества минерализованных зон и пород вмещающей толщи от верхнего горизонта к нижним.

Вскрытая мощность золотоносных кор равняется 50 м. Поскольку в самых нижних горизонтах преобладают глины, в целом зона окисления по золотоносным метасоматитам может составить не менее 100 м.

По результатам рентгенофазового анализа в тонких алеврит-пелитовых классах по всему вскрытому вертикальному разрезу преобладает кварц, на уровне примесей присутствуют каолинит, слюда, хлорит, плагиоклаз, смектит, т.е. кора выветривания развивалась по существенно окварцованным породам. В составе тонких классов сохранились остаточные минералы, что говорит о неглубоких гипергенных преобразованиях, которые соответствуют стадии гидратации, начального выщелачивания. Каолинит появляется только в верхних горизонтах профиля выветривания.

По составу наиболее зрелых горизонтов рассмотренная остаточная линейно-трещинная кора выветривания относится к коре выветривания неполного профиля каолинит-гидрослюдистого, гидрослюдисто-каолинистового состава с большим количеством кварцевой составляющей.

Представленный профиль выветривания сохра-

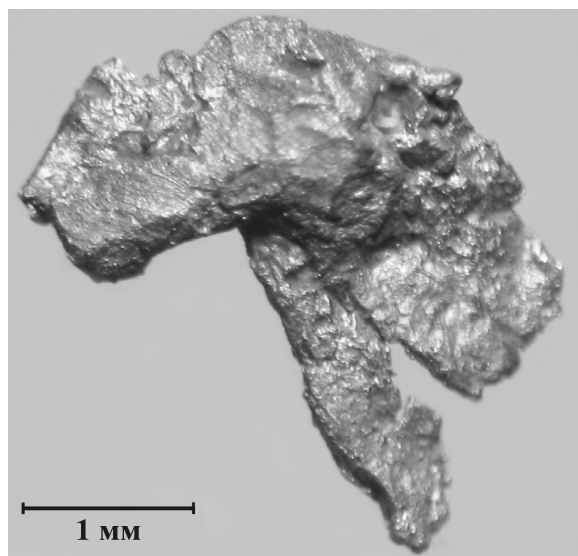


Рис. 4. Золото из остаточной коры выветривания вблизи дайки долеритов трещинно-прожилковой морфологии

нился в отдельных интенсивно проработанных линейных зонах. Наиболее широко развиты менее глинистые остаточные коры выветривания мощностью >30 м. Они представлены в основном щебнисто-глинистым материалом — глины с прослоями структурного элювия туфов, в разной степени метасоматически измененных.

Остаточная кора выветривания формируется не только по туфогенным прослоям среди известняков, в зоне гипергенеза встречаются и дайки основного состава. Степень выветривания последних зависит от твердости пород. Отмечаются дайки как дезинтегрированные, так и полностью выветрелые до глинистого состояния. Часто пространственно к дайковым телам приурочены кварцевые жилы. В результате выветривания в глинистом материале образуются более крепкие окварцованные обломки, дресва кварца.

В коре выветривания с обломками даек долеритов, кварцевых жил и прожилков, как правило, присутствует самородное золото >0,5 мм, иногда до 3,0 мм (рис. 4), представленное кристаллами, их сростками, дендритоидами, трещинно-прожилковыми и гемиидиоморфными выделениями, часто с примазками гидроксидов железа на поверхности. Пробность его 825–947%, в оболочке 982–1000%.

Практически все выявленные остаточные линейные коры выветривания, развитые по прослоям туфов среди карбонатных пород, золотоносны. В старых отработанных на девонские бокситы карьерах имеется большое количество крутопадающих

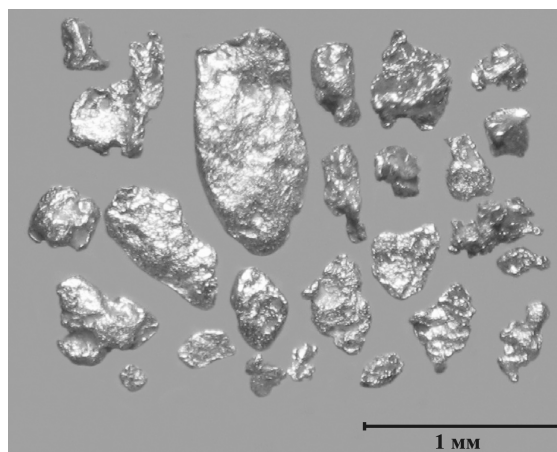


Рис. 5. Слабоокатанные кристаллы золота и их сростки, комковидные, гемиидиоморфные и пластинчатые частицы из карста вблизи рудной зоны

даек долеритов, габбро-диабазов, андезитов-базальтов мощностью 0,5–5,0 м с вкрапленностью окисленного пирита. Дайки хлоритизированы, эпидотизированы, карбонатизированы. По дайкам и серицитизированным, полевошпатизированным прослоям туфов среди известняков формируются линейные крутопадающие маломощные зоны (1,0–5,0 м) рыже-коричневых глин остаточной коры выветривания, в которой при опробовании установлено самородное золото размером 0,05–0,3 мм в количестве от 1 до 15 знаков на пробу объемом 5–10 кг. Кроме золота, в составе проб отмечаются пирит разной степени окисления, киноварь, обломки окварцованных, серицитизированных вулканогенных пород, мелкий бипирамидальный кварц, барит, альбит. По данным спектрального анализа в этих же участках фиксируются аномальные концентрации As, Cu, Zn, Pb.

В целом золото из глинизированных минерализованных зон преимущественно мелкое (0,05–0,2 мм) рудного облика, представлено главным образом кристаллами, их сростками, пластинчатыми трещинно-прожилковыми выделениями, часто в сростании с пиритом. Преобладает золото с пробностью 840–970%, встречается низкопробное 600–760%. В самородном золоте рудно-россыпного узла авторами установлен комплекс рудогенных элементов-примесей. По результатам локального микро-рентгеноспектрального анализа (на 13 элементов) самородного золота из 117 проб, отобранных из канав, скважин и отвалов техногенных россыпей, в нем, кроме примеси Ag, практически постоянно (в 100% проб) присутствуют Hg и Te, часто отмечаются W (в 93%), Cu (в 85%), Pt (в 65%), реже Bi (в 59%), Sb (в 31%). В золоте относительно небольшого коли-

чества проб содержатся Pb (в 14% проб), Pd (в 11% проб), As и Zn (в 8% проб).

Таким образом, самородное золото коры выветривания Ивдельско-Бурмантовской площади характеризуется устойчивой парагенетической ассоциацией рудогенных элементов-примесей (Hg, Te, W, Cu, Pt), которую можно рассматривать в качестве типоморфной для золота Кедровско-Ивдельского рудно-россыпного узла.

По данным электронной оже-спектроскопии на поверхности золота постоянно отмечается S при среднем содержании 5,3 ат. %. Пики серы фиксируются в 56 спектрах из 59. Исследование рыхлого материала коры выветривания методом рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии показало наличие S только в трех пробах из 12 в количестве 0,5 ат. %. Это дает основание предполагать, что достаточно большие концентрации серы на поверхности золота не связаны с пребыванием последнего в коре выветривания, а являются следствием тесной (парагенетической) связи его с сульфидами продуктивной золоторудной ассоциации. Многочисленные сростки золота с сульфидами отмечались авторами при изучении минерального состава золотоносных кор выветривания.

Выявленная устойчивая прямая корреляция Au и P, установленная по результатам спектрального анализа рудного материала золотоносных кор выветривания, подтверждается данными оже-спектроскопии: на поверхности ряда золотин зафиксирован P в ассоциации с Ca, что указывает на возможное присутствие в рудах апатита. Эти же элементы в ассоциации с N и Cl обнаружены на поверхности индукционных граней пирита.

С помощью метода оже-спектроскопии на поверхности некоторых золотин остаточных линейно-трещинных кор выветривания по туфам обнаружены тонкие пленки оксида золота, устойчивость которого определяется щелочными окислительными условиями [13]. Химический потенциометрический анализ водных вытяжек глинистых отложений коры выветривания по туфам показал слабощелочную среду — pH 7,7–7,9. По-видимому, именно слабощелочные условия рассматриваемой коры выветривания способствуют стабилизации и сохранности как пленок оксида золота, так и сульфидных фаз на поверхности золотин.

Облик самородного золота зависит от положения золотого оруденения в зоне профиля выветривания. У преобладающей массы золотин самых верхних горизонтов (наиболее «зрелой части» коры выветривания) существенно изменяется внутренняя структура — появляются высокопробные коррозийные каймы и межзерновые прожилки, наро-

сты высокопробного аутигенного золота. Поверхность золотин становится пористой в результате длительного пребывания в условиях гипергенеза. В отдельных образцах самородного золота изменениям подвергнута значительная часть среза золотины или вся его площадь. В нижних горизонтах профиля выветривания (структурный элювий, глинисто-щебнистые образования) нередко присутствует золото рудного облика без явных следов гипергенных изменений, иногда с фрагментами субструктуры роста на поверхности зерна. Характерно преобладание кристаллов, их сростков и зерен гемиидиоморфных форм. Внутренняя структура золота мозаичная, реже разномозаичная или крупномозаичная двойниковая.

Концентрации элементов-примесей в самородном золоте также зависят от его нахождения на определенном уровне профиля выветривания. Золото из остаточной коры нижних горизонтов, наиболее тесно связанное с коренным оруденением, характеризуется преобладанием концентраций Cu 0,07–0,18 и Bi 0,12–0,32% при частоте встречаемости последнего 64%. В верхних горизонтах коры концентрации Cu 0,01–0,06, Bi 0,00–0,11%, а частота встречаемости Bi 35%. В пробах из верхних наиболее зрелых горизонтов профиля выветривания по сравнению с нижними в 1,5 раза уменьшается содержание Hg и в два — Pb.

Рассматривая техногенные россыпи (с некоторой долей условности) в качестве самой верхней части экзогенного разреза, отметим, что в отобранном из них золоте (с учетом чувствительности используемого анализа) отсутствуют As, Sb, Zn, Pd, крайне редко (в 1% проб) встречается Pb.

Разные типы кор выветривания — остаточные линейно-трещинные, контактово-карстовые, карстовые — часто совмещены пространственно, при этом остаточные линейно-трещинные постепенно переходят в контактово-карстовые и карстовые. Контакттово-карстовые золотоносные коры формируются по зонам минерализации на контакте силикатных (туфов или даек долеритов) и карбонатных пород. Материал в зонах крутопадающих контактов представлен смесью ожелезненных глин с нарушенной структурой и многочисленных обломков пород разного состава, что отражается в составе шлихов, полученных при промывке рыхлого материала.

Карстовые переотложенные коры выветривания образуются в результате заполнения карстовой полости глинистым, глинисто-щебнистым материалом, за счет переотложения, частичного перемива остаточной коры выветривания, аллювиальных, аллювиально-пролювиальных, делювиально-пролювиальных отложений. Карстовые полости заполне-

ны преимущественно глинами охристо-каолинитового, каолинитового состава, степень глинистости которых составляет от 35 до 54%.

При постепенном выщелачивании карбонатных пород, выщележащие терригенные породы, оказавшиеся в зоне гипергенеза, заполняли карстовую полость, сохраняя остаточную зональность коры выветривания. При этом менялась морфология литологических контактов и рудных тел за счет проседания, сползания выщележащих отложений (см. рис. 2). Рудные тела приобретали мульдообразную, линзообразную формы с наклонным залеганием. Среди частично перемытого рыхлого материала сохраняются линзы, блоки остаточной коры выветривания, отражающие минеральный состав коренного субстрата.

При быстром образовании карста заполнивший его материал имеет пестрый состав. В нем содержатся угловатые обломки пород, присутствует хорошо окатанная галька кварца, по-видимому, образовавшаяся при вмывании водными потоками или за счет просадки выщележащих отложений. И при первом, и при втором способах заполнения карстовых полостей происходил переувлажнение и сортировка материала. В тяжелой фракции преобладают ильменит, циркон, магнетит. Минералы имеют как угловатую форму, так и в разной степени окатанную.

В рудном карсте Ивдельской площади встречаются обломки полевошпатовых, серицитизированных пород с вкрапленностью, прожилками окисленного пирита, обильны гидроксиды железа. Содержания Au по результатам золото-спектрального анализа в основном низкие и не отражают присутствие самородного золота гравитационных классов. Содержания рудогенных элементов на порядок ниже. В шлихоминералогических пробах при этом содержания Au от 0,4 до 5,9 г/т. Кластогенное золото в карсте в отличие от золотоносной остаточной коры выветривания более крупное. Чаще отмечаются классы +0,5 мм (рис. 5), иногда зерна до 4,9 мм, в одной из канав был найден маленький самородок в сростании с платиной (находка В.Г.Зенковой). Золото в карсте преобразовано на 60%. Пробность не затронутых преобразованиями реликтов 825–950%, в коррозионной оболочке 982–990%, характерны сглаженная поверхность, наросты вторичного золота.

Значимые содержания Au (500–3000 мг/м³) обнаружены в ложковых россыпях, представленных делювиально-пролювиальными отложениями, пространственно тесно связанными с участками развития золотоносных кор выветривания. Золото в них крупнее, чем в корах, за счет переувлажнения и сортировки

и составляет 0,3–5 мм. Присутствует золото окатанное и рудного облика, часто в сростании с кварцем.

Приведенные данные позволяют сделать следующие выводы.

В пределах Кедровско-Ивдельского рудно-россыпного узла широко развиты золотоносные коры выветривания разных литологических и морфологических типов, характеризующиеся своеобразием золотоносности, вещественного состава и типоморфизма золота.

Золотоносные коры выветривания пространственно связаны с протяженными зонами золото-сульфидно-кварцевой минерализации и россыпями золота.

Для Ивдельской площади установлена минералогическая и геохимическая зональность золотоносной коры выветривания.

Комплекс прямых и косвенных признаков золоторудной минерализации, тесное пространственное совмещение эндогенных и экзогенных проявлений золота отвечают системе «коренной источник-кора выветривания-россыпь». Это — один из прогностно-поисковых критериев в пределах рудно-россыпных таксонов металлогенических провинций.

Типовая геологическая обстановка узла, характерная для Ауэрбах-Краснотурьинской металлогенической зоны, особенности вещественного состава золотоносных кор, а также локализованные в результате геологоразведочных работ прогнозные ресурсы служат весомыми предпосылками для выявления в пределах узла промышленного золоторудного объекта воронцовского типа [5, 6, 11].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барышев А.Н., Тарасова Е.В. Макет карты для металлогенического районирования территории восточных регионов Северного, Приполярного и Полярного Урала (Цветные металлы) м-ба 1:1 000 000. – М.: ЦНИГРИ, 2008.
2. Золотоносность Урала (объяснительная записка к карте золотоносности Урала м-ба 1:1 000 000) / Н.К.Курбанов, П.С.Ревякин, П.Г.Кучеревский и др. – М.: ФГУП ЦНИГРИ, 2005.
3. Константинов В.М., Казаков А.А., Новиков В.М., Трубкин Н.В. Золото в фосфоритах Кингисеппского месторождения Русской платформы // Отечественная геология. 2005. № 5. С. 48–51.
4. Кривцов А.И. Металлогения андезитовидных вулканоплутонических поясов. Ч. II. – М.: ЦНИГРИ, 1999.
5. Полякова Т.П., Риндзюнская Н.М., Николаева Л.А. Золото в корах выветривания Урала // Руды и металлы. 1995. № 1. С. 42–52.
6. Риндзюнская Н.М., Полякова Т.П., Бобров В.Н. Геолого-минералогическая характеристика зоны гипер-

- генеза Воронцовского золоторудного месторождения // Руды и металлы. 1995. № 4. С. 42–52.
7. Рожков И.С., Никитин Н.М., Ясырев А.П. Россыпное золото в мезо-кайнозойских отложениях центральной части Русской платформы // Тр. ЦНИГРИ. 1996. Вып. 72. С. 185–199.
 8. Турлычкин В.М., Горенков Н.П. Фосфориты — адсорбенты золота и восстановители до свободного — металлического // Геол. вестн. центральных районов России. 1999. № 3. С. 14–17.
 9. Ферсман А.Е. Геохимия. Т. 4 – Л.: Госхитехиздат, 1939.
 10. Филиппов В.П., Иванов Н.М., Матвеева Е.В., Сычкин Н.И. Россыпное золото Русской платформы, его источники и перспективные типы // Разведка и охрана недр. 1998. № 9–10. С. 20–23.
 11. Черемисин А.А., Злотник-Хоткевич А.Г. Воронцовское золоторудное месторождение // Руды и металлы. 1997. № 1. С. 59–70.
 12. Шарков А.А. О генезисе фосфатных месторождений урана и редких земель Мангышлака // Отечественная геология. 2005. № 5. С. 29–41.
 13. Щегольков Ю.В. Пленочный оксид золота на поверхности золотин в корях выветривания по сульфидно-магнетитовым рудам месторождения Новогоднее-Монто // Руды и металлы. 2007. № 4. С. 53–57.
 14. Ясырев А.П. Золото и серебро в фосфоритах Русской платформы // Тр. ЦНИГРИ. 1967. Вып. 72. С. 200–203.
-