

## ЗОЛОТОБОГАЩЁННЫЕ КОЛЧЕДАННЫЕ САУМСКОЕ И ГАЛКИНСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ, СЕВЕРНЫЙ УРАЛ

*Колчеданные месторождения с относительно высокими содержаниями золота в рудах выделены [6, 18] в группу золотообогащённых колчеданных месторождений. Некоторые характерные их особенности изучены на примере месторождений Саумское и Галкинское. Геологоразведочные данные по названным объектам получены в результате современных оценочных работ, осуществлённых горными кампаниями АО «Полиметалл УК». По каждому из них были прослежены в 3D объёме особенности пространственной локализации концентраций Au, Cu и Zn рудного уровня ( $Au \geq 1$  г/т,  $Cu \geq 1\%$ ,  $Zn \geq 1\%$ ), выявлены геохимические и технологические отличия золотообогащённых и не обогащённых золотом разностей колчеданных руд, отмечены тенденции поведения химических элементов при их окислении. Статья может быть интересна геологам, проводящим поисково-оценочные работы на коренное золото в районах проявления золотообогащённых колчеданных месторождений, и технологам, создающим технологический регламент поставки руд на перерабатывающую фабрику с месторождений подобного типа.*

*Ключевые слова: золотообогащённые колчеданные месторождения, поисково-оценочные работы, технология переработки колчеданных руд, геохимия первичных и окисленных руд, Урал.*

В последнее десятилетие особое внимание уделяется колчеданным месторождениям, в рудах которых содержание золота варьирует от грамм до первых десятков грамм на 1 т. Такие месторождения названы «золотообогащёнными колчеданными месторождениями» [6, 18]. Они интересны не только по геологической природе их образования, но и с точки зрения практики освоения колчеданных руд с богатыми содержаниями золота. Под руководством АО «Полиметалл УК» было разведано несколько подобных месторождений, локализованных в вулканогенно-осадочных толщах павдинской, шемурской, красноуральской и кабанской свит ордовик-силурийского возраста [5, 10, 12], слагающих осевую часть Тагильского синклиория (рис. 1). Их формирование связывают с завершающими стадиями эпиконтинентального рифтогенеза и переходом к островодужному режиму [16, 19].

В восточной половине Тагильского синклиория распространены гранитоиды петропавловского, арбатского, северо-рудничного и других комплексов силур-девонского возраста, сформировавшихся в коллизонный этап геологического развития Северного Урала. Считается [4, 8, 9, 14], что этот этап сопровождался образованием золоторудной минерализации, в том числе на месторождениях Воронцовское и Тамуньер. При этом на Тамуньерском месторождении, помимо прожилковой золоторудной минерализации, обнаружены рудные тела более ранних массивных



**Несис  
Виталий Натанович<sup>1</sup>**  
генеральный директор

**Мотов  
Андрей Павлович<sup>1</sup>**  
кандидат геолого-минералогических наук  
главный специалист  
дирекции развития бизнеса  
motovAP@polymetal.ru

**Бутняков  
Андрей Васильевич<sup>2</sup>**  
заместитель директора  
по минерально-сырьевой базе

<sup>1</sup> АО «Полиметалл УК»,  
г. Санкт-Петербург

<sup>2</sup> УФ Полиметалл УК,  
г. Екатеринбург

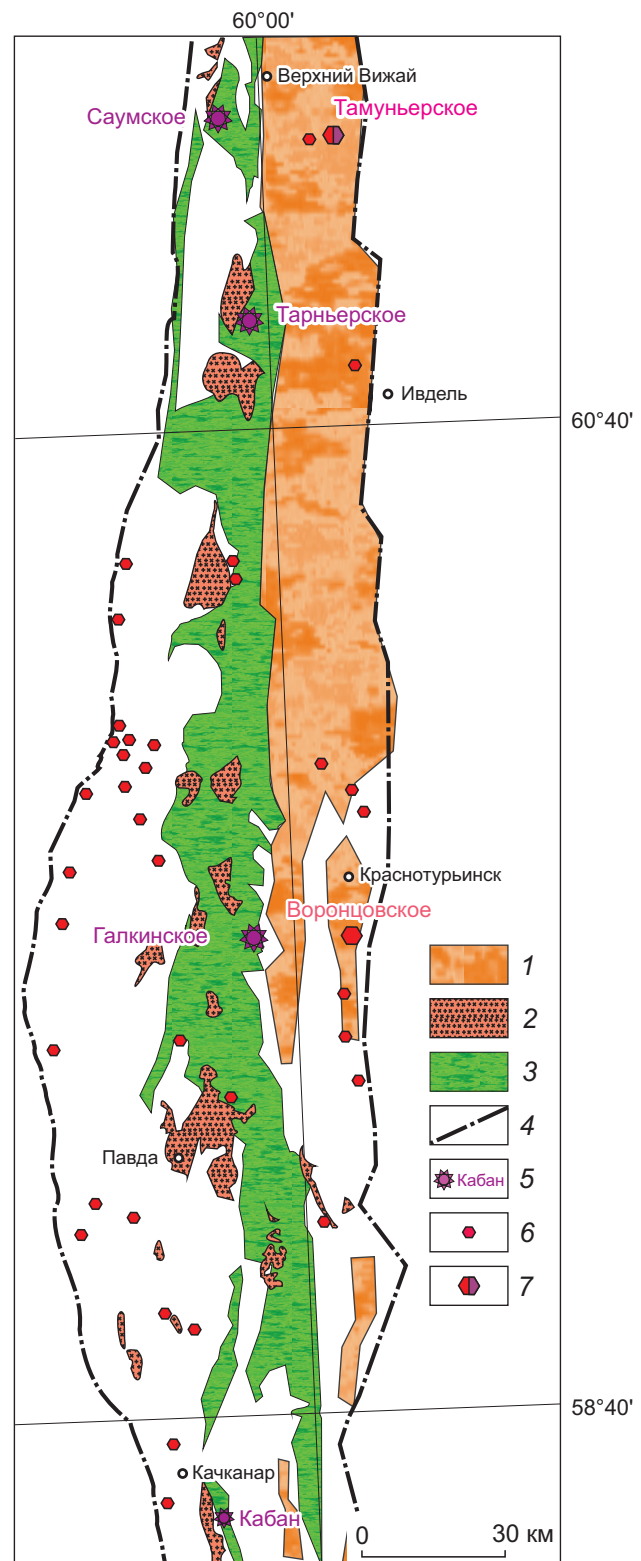


стратифицированных медно-цинковых руд с наложенной прожилковой золоторудной минерализацией [8, 14]. То же самое ранее отмечалось и на других уральских колчеданных месторождениях, например Галкинском [11, 13] и Муртыкты [15].

В табл. 1 приведены данные по месторождениям Саумское и Галкинское, полученные в ходе современных геологоразведочных работ.

**Саумское месторождение** размещается в пределах одноимённой вулкано-тектонической депрессии, выполненной породами шемурской свиты (S, šm). Последние представлены афировыми и мелкопорфировыми базальтами, андезидацитами с прослоями кремнистых пород, гравелитов и конгломератов, иногда известняков, прорываемых субвулканическими интрузиями риолитов, которые нередко переходят в плагиограниты и гранодиориты петропавловского комплекса габбро-плагиогранитовой формации. На площади месторождения широко развиты гидротермально-метасоматические образования с переменным содержанием серицита, хлорита, кварца, альбита, преобладанием пирит-серицит-кварцевых разновидностей. Гидротермалиты протягиваются в виде полосы шириной ~1,5 км с северо-востока (от Саумского рудопроявления) на юго-запад на расстояние 4 км. Месторождение на поверхности надёжно фиксируется локальной положительной гравиметрической аномалией интенсивностью до 0,75 мгал и аномалией ВП интенсивностью до 7%, а также комплексной геохимической аномалией меди, цинка, свинца, серебра. Колчеданно-полиметаллическая минерализация наиболее ярко представлена рудным телом 1, достигающим по падению 250 м, по простиранию 140–150 м. Золото-полиметаллические руды проявлены прожилково-вкрапленной минерализацией.

**Рис. 1. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА РАСПОЛОЖЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ПРЕДЕЛАХ ТАГИЛЬСКОГО СИНКЛИНОРИЯ В СООТВЕТСТВИИ С ЕГО ГРАНИЦАМИ НА ГОСУДАРСТВЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ КАРТАХ ПОСЛЕДНЕГО ПОКОЛЕНИЯ м-ба 1:1000000 (P-40, 41, O-40, 41):**



1 – вулканические и осадочные толщи сосвинской, перевозеской, вогранской свит, D; 2 – гранитоиды петропавловского, арбатского, северо-рудничного комплексов, S–D; 3 – вулканогенно-осадочные толщи павдинской, шемурской, красноуральской, кабанской свит, O–S; 4 – граница Тагильского синклиория; 5 – золотообогащённые колчеданные месторождения; 6 – золоторудные проявления и месторождения; 7 – золоторудное месторождение с проявлением медно-цинковых колчеданных руд

## 1. ФАКТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ИЗУЧЕННЫМ МЕСТОРОЖДЕНИЯМ

Месторождения	Период работ, гг.	Количество скважин	Глубина бурения, м	Лабораторно-аналитическое обеспечение
Саумское	2014–2017	140	14 095	Лаборатория ЗАО «Золото Северного Урала», пробирный анализ Au и Ag; атомно-абсорбционный анализ на Cu, Zn, Pb; спектральный анализ на Fe, Mg, Mn, Ni, Co, Ti, V, Cr, Mo, W, Nb, Sb, Bi, As, Sn, Ge, Ga, Be, Sc, Y, Yb, P, Ba
Галкинское	2006–2007, 2016–2018	396	27 500	
Итого		536	41 595	

Главные компоненты руд месторождения – медь, цинк, золото и серебро. Выделяются собственно медные, цинковые, смешанные медно-цинковые с низким содержанием золота и золотообогащённые медно-цинковые руды. Представления о характере залегания рудных концентраций Cu, Zn и Au в пространстве месторождения получены в программе Datamine оконтуривания ореолов распределения элементов по следующим пороговым значениям их содержания: Au  $\geq 1$  г/т, Cu  $\geq 1\%$ , Zn  $\geq 1\%$ . Пространственное распределение ореолов Ag не анализировалось, его средние содержания приведены в табл. 2. Установлено, что форма ореолов концентрации Cu и Zn субпластовая плащеобразная, а ореолов Au линейная с крутым падением (рис. 2).

Геохимические различия необогащённых и золотообогащённых медно-цинковых руд следующие. В медно-цинковых рудах с низким содержанием Au средняя его концентрация составляет десятые доли грамма на 1 т, а Ag – граммы на 1 т (см. табл. 2). Рудные элементы образуют тесные корреляционные связи с другими химическими элементами (рис. 3). Согласно И.В.Викентьеву [20], золото в таких колчеданных рудах наноразмерное и присутствует:

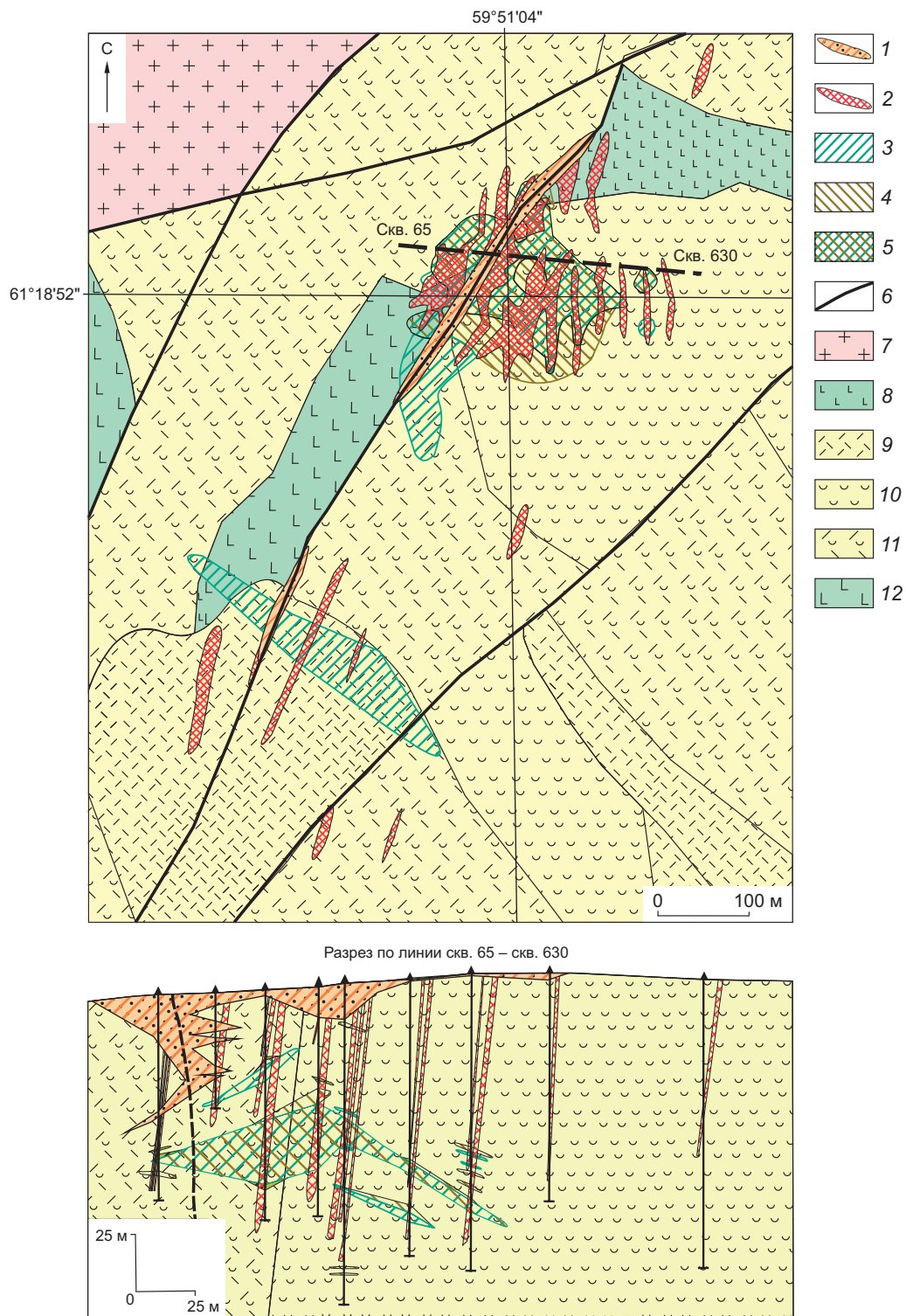
- в виде субмикроскопических включений в сульфидах – арсенопирите, халькопирите, пирите, сурьмяных и мышьяковистых разностях тенантита;
- в гетеровалентных изоморфных структурно связанных формах AuAsS;
- в сорбированных на поверхности кристаллов пирита формах, где количество металла прямо пропорционально удельной поверхности кристаллов сульфидов и обратно пропорционально их размерам [7];
- в составе комплексов с S, H, Fe, As, Te.

В золотообогащённых медно-цинковых рудах среднее содержание Au достигает целых грамм на

1 т, а Ag – десятков грамм на 1 т. Золото образует или не образует слабые корреляционные связи с другими химическими элементами (см. рис. 3).

Испытаниями технологических свойств колчеданно-полиметаллических руд, проведёнными ЗАО «Полиметалл Инжиниринг», выявлено, что при переработке руд с низким содержанием золота, оно обладает упорными свойствами извлечения. В золотообогащённых полиметаллических рудах часть его (15–25%) приобретает свойства свободного, легко переходящего на золотую головку при гравитации, золота.

**Галкинское месторождение** расположено в пределах вулканотектонической структуры, имеющей субконцентрическое и зональное строение. В её центральной части выделены характерные для жерла вулканоструктуры грубообломочные вулканические породы с брекчиевой текстурой. Края вулканоструктуры сложены лавами и туфами. Вмещающие породы месторождения относятся к контрастной базальт-риолитовой формации. Колчеданно-полиметаллическая минерализация локализована в агломератовых и крупнообломочных туфах фельзитов, спёкшихся туфах смешанного состава тёмно-серого, серого и светло-серого цвета. Текстура пород брекчиевидная, обломочная. Обломочный материал угловато-округлой формы, размером до 5–12 см содержит фельзиты 85–90% от массы породы. Агломератовые туфы отличаются от крупнообломочных только размером обломков (1–3 см). Обломочный материал слабо гематитизирован. Цементирующая масса в значительной степени карбонатизирована, количество карбоната достигает 10–15%. Субвулканические породы представлены дайками и малыми телами диоритовых порфириров. Вулканические породы аргиллизированы, окварцованы, участками березитизированы. Гидротермально-метасоматические минералы – смектит, ректорит, гидромусковит, каолинит, иллит, кварц, пирит, кальцит, цеолит, хлорит.

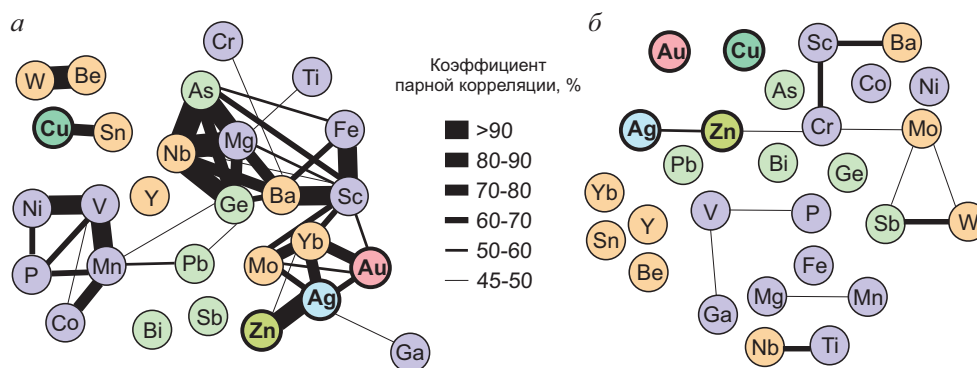


**Рис. 2. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА-СХЕМА И РАЗРЕЗ САУМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ:**

1 – наиболее глубоко проникающая (до 40 м) зона окисления первичных руд; ореолы рудного уровня с содержанием главных рудных компонентов: 2 – Au  $\geq 1$  г/т, 3 – Cu  $\geq 1\%$ , 4 – Zn  $\geq 1\%$ , 5 – Cu  $\geq 1$  и Zn  $\geq 1\%$ ; 6 – тектонические нарушения; 7 – плагиограниты, S<sub>1</sub>; 8 – долериты пироксен-порфириновые, S<sub>1</sub>; вулканогенно-осадочные толщи шемурской свиты, S<sub>1</sub>; 9 – риодациты, 10 – туфопесчаники и туфоконгломераты риодацитового состава, 11 – пемзовые туфы риодацитового состава, 12 – базальты плагиопорфириновые

## 2. СОДЕРЖАНИЕ РУДНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПЕРВИЧНЫХ НЕ ОБОГАЩЁННЫХ И ОБОГАЩЁННЫХ ЗОЛОТОМ РУДАХ ИЗУЧЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Параметры содержаний	Au, г/т	Ag, г/т	Cu, %	Zn, %	Au	Ag	Cu	Zn
					Коэффициент парной корреляции и химический элемент, коррелирующий с рудным элементом			
<b>САУМСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ</b>								
<b>Медная руда</b>								
<i>Не обогащённая золотом (23 пробы)</i>								
Среднее арифметическое	0,12	5,58	1,72	0,06	77 Yb	86 Zn		
Минимальное	0,001	0,005	0,95	0,001	68 Ag	Yb 78	78 Sn	45 Yb
Максимальное	0,4	53	4,02	0,5	60 Mo	59 Mo		
					53 Sc	Ga 46		
<i>Золотообогащённая (149 проб)</i>								
Среднее арифметическое	1,73	27,01	3,68	0,29				
Минимальное	0,46	2,5	0,95	0,001		51 Zn		49 Cr
Максимальное	20,5	101	14,96	0,74				
<b>Цинковая руда</b>								
<i>Не обогащённая золотом (90 проб)</i>								
Среднее арифметическое	0,22	12,63	0,09	2,08				
Минимальное	0,1	2,5	0,01	0,95	51 Ag	79 As		
Максимальное	0,48	101	0,38	5,29	48 As	67 Sb		
						63 Fe		
<i>Золотообогащённая (238 проб)</i>								
Среднее арифметическое	1,75	40,05	0,15	5,38				
Минимальное	0,46	2,5	0,008	0,99		65 Pb		
Максимальное	10,7	391	0,63	38		59 Zn		
<b>ГАЛКИНСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ</b>								
<b>Медно-цинковая руда</b>								
<i>Не обогащённая золотом (24 пробы)</i>								
Среднее арифметическое	0,19	32,73	2,29	3,54				90 Ge
Минимальное	0,05	2,5	0,95	0,05	57 Ga	95 Cu	46 Fe	89 Ni
Максимальное	0,4	234	10,2	22,4		50 Fe		87 Mg
								87 Mn
								86 As
								46 Sb
								46 V
<i>Золотообогащённая (127 проб)</i>								
Среднее арифметическое	5,14	141,91	3,41	15,82				
Минимальное	0,54	16,7	0,96	1,33	61 Ag	75 Zn	52 Bi	51 Pb
Максимальное	82,2	1269	9,5	51,9		66 Pb		
<b>Цинковая руда</b>								
<i>Не обогащённая золотом (179 проб)</i>								
Среднее арифметическое	0,11	4,51	0,09	1,37				
Минимальное	0,05	2,5	0,05	0,86	52 As		58 Zn	46 Ge
Максимальное	0,43	15,5	0,32	3,6				
<i>Золотообогащённая (38 проб)</i>								
Среднее арифметическое	0,85	29,43	0,19	2,06				
Минимальное	0,46	6,4	0,05	0,85	79 Ag	53 Mo	56 Bi	57 Cu
Максимальное	3,9	113	0,39	6				



**Рис. 3. СХЕМЫ КОРРЕЛЯЦИИ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ВЫБОРКАХ ПРОБ НЕОКИСЛЕННЫХ МЕДНЫХ РУД С НИЗКИМ СОДЕРЖАНИЕМ Au (а) И ЗОЛОТООБОГАЩЁННЫХ РУД (б) САУМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**



**Рис. 4. КОЛЧЕДАННО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКАЯ РУДА С МЕТАКОЛЛОМОРФНОЙ ПОЛОСЧАТОЙ ТЕКСТУРОЙ:**

рудные минералы – халькопирит, сфалерит, пирит, марказит, галенит, теннантит

Колчеданно-полиметаллическим залежам присущи пласто- и плащеобразная морфология, согласная с залеганием вмещающих пород, и многоярусный характер залегания. На месторождении выявлены две крупные колчеданно-полиметаллические залежи (верхняя и нижняя) и 12 мелких тел. Верхняя рудная залежь прослежена по простиранию на 1030 м при ширине 230 м в западной части и 550 м в восточной. Текстуры руд массивная, полосчатая, пятнистая; структуры – глобулярная, сферолитовая, колломорфно-зональная, коррозионная прожилково-петельчатая, эмульсиевидная (рис. 4).

Жильно-штокверковые золото-полиметаллические руды приурочены к метасоматическим ореолам серицит-кварцевого и аргиллизитового (ил-



**Рис. 5. ЗОЛОТООБОГАЩЁННАЯ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКАЯ РУДА С ПРОЖИЛКОВО-ВКРАПЛЕННОЙ ТЕКСТУРОЙ**

лит-сметитового) составов. Прожилки различной направленности с сетчатым рисунком могут располагаться субпараллельно или перпендикулярно друг к другу, веером расходиться из одного узла. Имеют кварцевый, кварц-серицитовый, кварц-плагиоклазовый, баритовый и карбонатный составы с включениями агрегатов пирита, сфалерита, галенита, халькопирита, самородного золота. По составу ведущих рудных минералов выделяются медно-цинковые, цинковые и собственно золотые руды. Текстуры руд прожилковые и прожилково-брекчиевые (рис. 5).

Как и в случае с Саумским месторождением, особенности залегания рудных концентраций Cu, Zn и Au в пространстве Галкинского месторождения определены путём оконтуривания ореолов

распределения элементов в тех же пороговых значениях. Ореолы концентрации Cu и Zn на месторождении субпластовые плащеобразные, а ореолы Au имеют узкую линейную форму и крутое падение (рис. 6). Статистически представительные данные о геохимических особенностях руд месторождения собраны по не обогащённым и обогащённым золотом медно-цинковым и цинковым рудам (см. табл. 2).

Испытания руд Галкинского месторождения, проведённые в АО «СЖС Восток Лимитед» в 2018 г, показали, что технологические свойства золота в не обогащённых и обогащённых золотом колчеданных рудах сходны с таковыми в аналогичных рудах Саумского месторождения. В колчеданно-полиметаллических рудах с низким содержанием золота, оно имеет упорные свойства извлечения при переработке руд. В золотообогащённых полиметаллических рудах часть его (15–25%) приобретает свойства свободного, легко переходящего на золотую головку при гравитации, золота.

Для всех колчеданных месторождений Урала характерно проявление процессов окисления первичной минерализации [1–3, 17], в том числе для месторождений Саумское и Галкинское (см. рис. 2, 6). Наиболее представительный материал по вертикальной зональности окисления первичных руд собран по золотообогащённым цинк-медно-колчеданным рудам и собственно золотым рудам Саумского месторождения.

*Вертикальный профиль окисления золотообогащённых цинк-медных руд.* Визуальные признаки окисления золотообогащённых цинк-медных руд выявлены при картировании керн в диапазоне глубин от 1,1 до 65 м. В верхней части профиля руды представляют собой бурый дресвяно-щебенисто-глинистый материал. С увеличением глубины среди этого материала появляются участки с пиритовыми сыпучками, фрагментами окисленных руд, состоящими не только из гематита и гётита, но и из малахита, азурита, куприта, церрусита, ярозита и других минералов, характерных для зоны окисления. Выделяются две зоны окисленных руд: верхняя (глубина 1,1–38 м) и нижняя (38–65 м). В верхней зоне накапливаются серебро и медь, в нижней – медь. Содержание золота в окисленных разностях медно-цинковых руд практически не изменяется, тогда как содержание цинка – самого подвижного элемента профиля окисления сульфидных месторождений [17] – заметно падает (табл. 3).

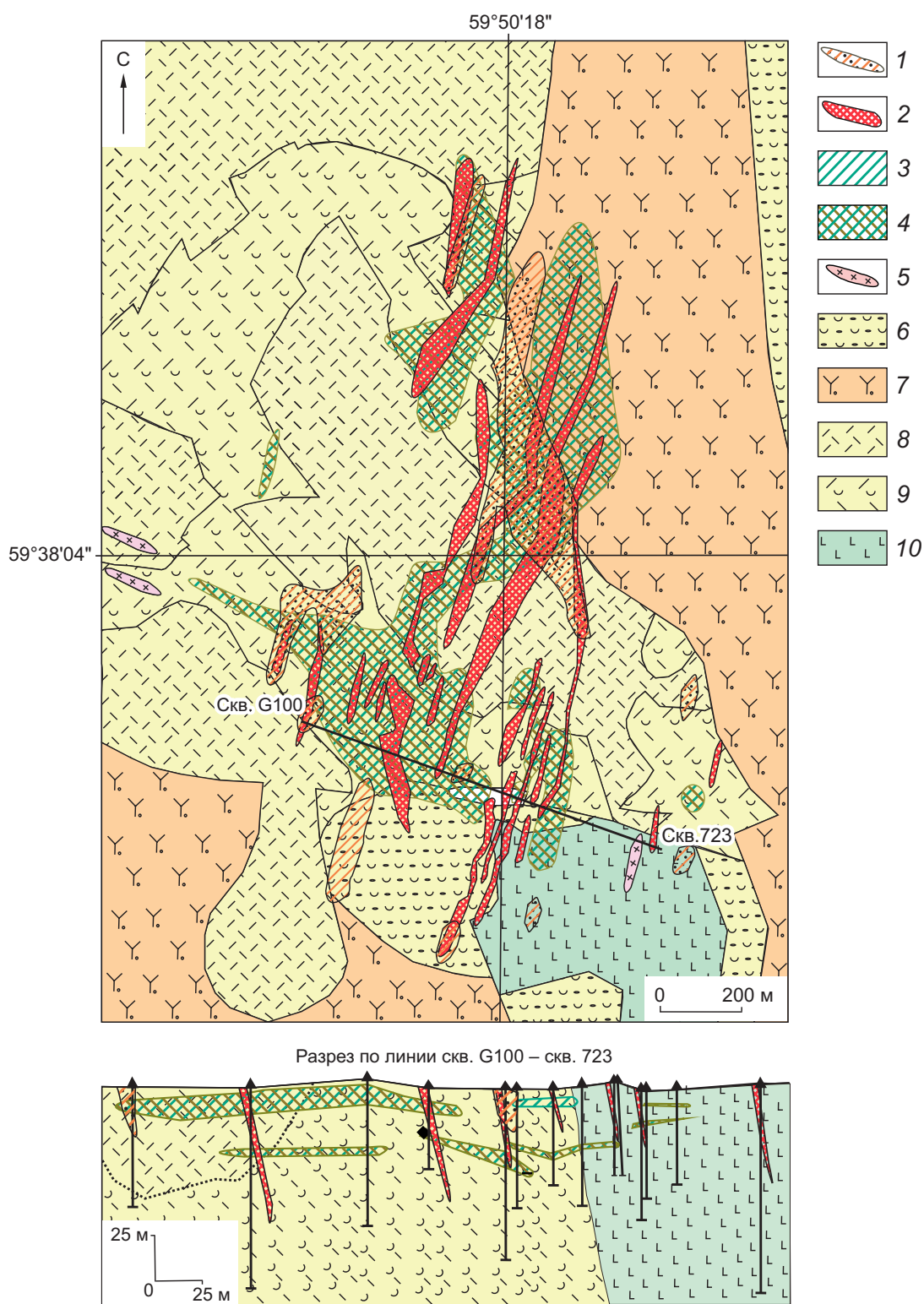
### 3. СРЕДНЕЕ АРИФМЕТИЧЕСКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РУДНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ВЕРТИКАЛЬНОМ ПРОФИЛЕ ЗОНЫ ОКИСЛЕНИЯ ЗОЛОТО-СЕРЕБРО-ЦИНКОВО-МЕДНОЙ И ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНОЙ РУД

Au, г/т	КК Au	Ag, г/т	КК Ag	Cu, %	КК Cu	Zn, %	КК Zn
<i>Золотообогащённые цинк-медные руды</i>							
Верхняя зона окисления, глубина 1,1–38 м (29 проб)							
2,65	1,10	89,12	1,92	4,80	1,43	1,48	0,33
Нижняя зона окисления, глубина 38–65 м (26 проб)							
2,35	0,97	45,72	0,98	5,38	1,60	1,90	0,42
Первичные руды (305 проб)							
2,41	1,00	46,45	1,00	3,36	1,00	4,47	1,00
<i>Собственно золотые руды</i>							
Верхняя зона окисления, глубина 0,3–13 м (139 проб)							
4,25	2,26	47,42	1,87	0,06	0,46	0,05	0,45
Средняя зона окисления, глубина 13–27 м (131 проба)							
7,60	4,05	68,64	2,71	0,09	0,72	0,03	0,31
Нижняя зона окисления, глубина 27–53 м (47 проб)							
3,02	1,61	125,62	4,96	0,15	1,28	0,02	0,22
Первичные руды (99 проб)							
1,88	1,00	25,35	1,00	0,12	1,00	0,11	1,00

Примечание. КК – коэффициент концентрации рудного элемента в зоне окисленных руд по сравнению со средним его содержанием в первичных рудах.

Сопоставление корреляционных матриц химических элементов в выборках проб, характеризующих первичные золотообогащённые медно-цинковые руды, с матрицами по рудам нижней и верхней зон окисления показывает следующее. В первичных слабо окисленных рудах нижней зоны золото слабо коррелирует только с серебром, в сильно окисленных, кроме серебра, – с As, Sb, Pb, Ni, Ge, Bi, Fe (рис. 7, а–в).

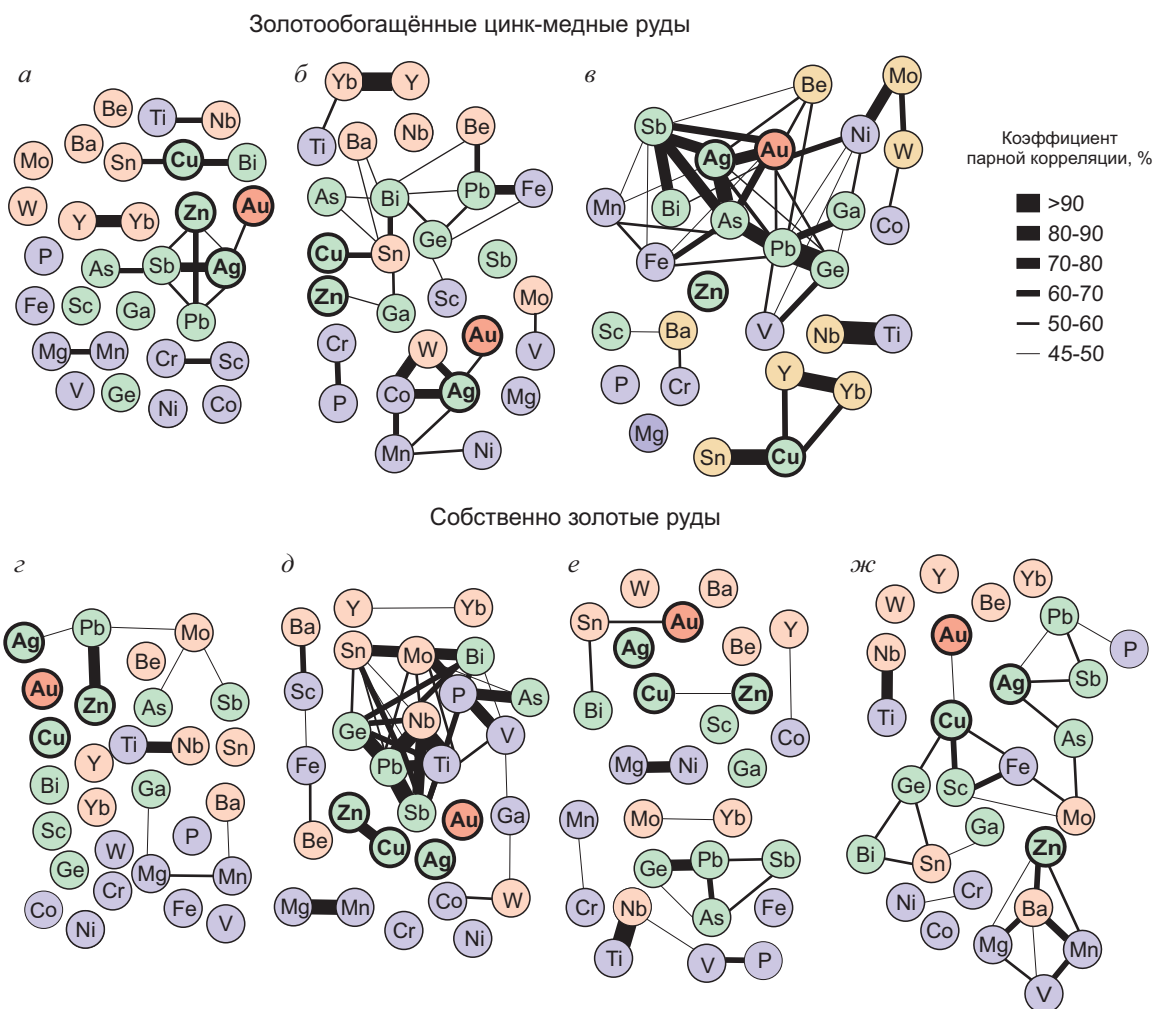
Увеличение ассоциативности и усиление корреляционных связей химических элементов по мере повышения степени окисления сульфидных руд можно объяснить преобразованием сульфидов в сложные минеральные агрегаты, которые, согласно С.С.Смирнову [17], представлены гидросульфатами (молибдатами, вольфраматами, хроматами) в сростании с оксидами и гидроксидами Fe, Mn, Pb,



**Рис. 6. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА-СХЕМА И РАЗРЕЗ ГАЛКИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ:**

1 – наиболее глубоко проникающая (до 25 м) зона окисления первичных руд; ореолы рудного уровня с содержанием главных рудных компонентов: 2 – Au  $\geq 1$  г/т, 3 – Cu  $\geq 1\%$ , 4 – Cu  $\geq 1$  и Zn  $\geq 1\%$ ; вмещающие породы: 5 – диоритовые порфириды, 6 – туфопесчаники и туфоконгломераты, 7 – дацит-порфиры, 8 – фельзиты массивные, 9 – туфы агломератовые, 10 – андезибазальты





**Рис. 7. СХЕМЫ КОРРЕЛЯЦИИ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ВЫБОРКАХ ПРОБ ИЗ ЗОН ВЕРТИКАЛЬНОГО ПРОФИЛЯ ОКИСЛЕНИЯ РУД САУМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ:**

золотообогащённые цинк-медные руды: а – первичные, б – нижней зоны окисления (глубина 38–65 м), в – верхней зоны окисления (1,1–38 м); собственно золотые руды: г – первичные, д – нижней зоны окисления (27–53 м), е – средней зоны окисления (13–27 м), ж – верхней зоны окисления (1–13 м)

As (лимонитом, гематитом, сурьмяными охрами, вульфенитом, скородитом).

Процесс окисления первичных сульфидных руд существенно влияет на их технологические свойства. Цинк выносятся, первичные медные минералы замещаются вторичными, что приводит к утрате флотационных свойств медных минералов. Только золото в окисленных рудах остаётся товарным рудным компонентом, извлекаемым прямым цианированием.

*Вертикальный профиль зоны окисления собственно золотых руд.* Прослежен в интервале глубин

0,3–53 м. В нём выделены три зоны окисления. Наиболее богатая по содержанию золота средняя зона находится на глубине 13–27 м (см. табл. 3). Местоположение наиболее обогащённой золотом средней зоны соответствует классическим представлениям о расположении зоны вторичного обогащения – ниже «железной шляпы» и выше начального фронта окисления первичных руд [2, 17].

Сопоставление корреляционных матриц химических элементов в выборках проб, характеризующих первичные золотые руды, с выборками проб вертикального профиля окисления показывает, что

в первичных золотых рудах золото не коррелирует с другими химическими элементами. Такая же картина наблюдается и в слабо окисленных рудах нижней, фронтальной, зоны окисления. В более сильно окисленных рудах верхней зоны окисления золото слабо коррелирует с медью, а в средней зоне с оловом (см. рис. 7, з–ж).

Итак, на основании анализа распределения концентраций Cu, Zn и Au рудного уровня на месторождениях Саумское и Галкинское выявлено, что ореолы накопления Cu и Zn имеют субпластовую плащеобразную морфологию, тогда как ореолы накопления Au характеризуются линейной и секущей по отношению к напластованию вмещающих пород морфологией. Форму ореолов концентрации Au легче всего объяснить приуроченностью их к тектоническим нарушениям, рассекающим цинк-медные колчеданные залежи. Линейные ореолы концентрации Au установлены и за пределами оре-

олов концентрации Zn и Cu. Можно предположить, что тектонические нарушения, контролирующие расположение линейных ореолов концентрации Au внутри колчеданных месторождений, за пределами колчеданных месторождений перспективны на обнаружение самостоятельной золоторудной минерализации.

В медно-цинковых рудах с низким содержанием Au подавляющая часть золота находится в трудно извлекаемой форме и не поддается простому цианированию. В золотообогащенных медно-цинковых рудах, помимо трудно извлекаемого золота, содержится легко извлекаемое обычным цианированием.

Большое влияние на технологические свойства руд оказывают процессы окисления. Из руд выносятся цинк, изменяются минеральные формы концентрации меди, упорная форма концентрации золота сменяется свободной.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баранников А.Г., Азовская О.Б. Золотоносные объекты гипогенно-гипергенного типа на Урале. Конвергентность признаков их отличия от рудоносных кор выветривания // Изв. Уральского Государственного Горного Университета. 2017. № 2 (46). С. 13–22.
2. Белогуб Е.В. Минералогия гипергенеза сульфидных месторождений Южного Урала // Мат-лы XI съезда РМО «Современная минералогия: от теории к практике». СПб., 2010. С. 142–144.
3. Блинов И.А., Бутняков А.В. Минералы зоны окисления Кабанского колчеданного месторождения (Средний Урал) // Металлогения древних и современных океанов. 2017. № 23. С. 70–74.
4. Воронцовское золоторудное месторождение. Геология, формы золота, генезис / И.В.Викентьев, Е.А.Тюкова, В.В.Мурзин и др. – Екатеринбург: Форт Диалог-Итсеть, 2016.
5. Государственная геологическая карта СССР масштаба 1:200 000. Сер. Среднеуральская. Лист Р-40-XXX. Объяснительная записка / С.Г.Пестрецов, А.М.Курбацкий, В.П.Ульянова и др. – Свердловск: Уралгеология, 1989.
6. Гусев А.И., Гусев Н.И. Петрология магматических систем золото-обогащенных колчеданных объектов Рудного Алтая и Салаира // Природные ресурсы Горного Алтая. Геология, геофизика, гидрогеология, геоэкология, минеральные и водные ресурсы. 2015. № 19. Вып. 1–2. С. 68–78.
7. Зависимость концентрации микроэлементов от размера кристаллов в пробе / В.Л.Таусон, Д.Н.Пастушкова, Д.Н.Бабкин и др. // Геология и геофизика. 2010. Т. 51. № 7. С. 981–992.
8. Замятина Д.А., Мурзин В.В. Источники вещества и флюида при формировании золото-сульфидного оруденения Ауэрбаховского вулканоплутонического пояса на Северном Урале // Литосфера. 2016. № 1. С. 169–177.
9. Знаменский С.Е. Структурные условия формирования коллизионных месторождений золота восточного склона Южного Урала: Автореф. дисс... д-ра геол.-минер. наук. – М.: МГУ, 2008.
10. Контарь Е.С. Геолого-промышленные типы месторождений меди, цинка, свинца на Урале (геологические условия размещения, история формирования, перспективы). – Екатеринбург: УГГУ, 2013.
11. Мотов А.П., Валеев О.К., Малах Ю.Е. Некоторые признаки преобразования колчеданных руд // Мат-лы конф. «Месторождение стратегических металлов: закономерности размещения, источники вещества, условия и механизмы образования». М., 2015. С. 327–328.
12. Несис В.Н., Мотов А.П. Не вскрытые ресурсы колчеданной минерализации Тагильского и Магнитогорского синклиория // VII Чтения памяти член-корр. РАН С.Н.Иванова. Мат-лы Всеросс. науч. конф., посвященной 70-летию основания Уральского отделения

- Российского минералогического общества. Екатеринбург, 2018. С. 127–129.
13. Новое Галкинское золото-полиметаллическое месторождение / И.В.Викентьев, В.Л.Русинов, О.В.Русинова и др. // Мат-лы науч. конф. «Новые горизонты в изучении процессов магмо- и рудообразования». М., 2010. С. 215–216.
  14. Нохрина Д.А., Мурзин В.В., Молошаг В.П., Егоров С.А. Вещественный состав метасоматитов и руд Тамуньерского месторождения (Северный Урал) // Ежегодник-2009. Тр. ИГГ УрО РАН. Вып. 157. Месторождения полезных ископаемых. 2010. С. 234–236.
  15. Пучков В.Н. Палеодинамика Южного и Среднего Урала. – Уфа: ГИЛЕМ, 2000.
  16. Сазонов В.Н., Огородников В.Н., Коротеев В.А., Полев Ю.А. Месторождение золота Урала. – Екатеринбург: УГГА, 2001.
  17. Смирнов С.С. Зональность сульфидных месторождений. – Ленинград: Красный Печатник, 1936.
  18. Dube B., Gosselin P., Hannington M., Galley A. Gold-rich volcanogenic massive sulphide deposits // Mineral Deposits of Canada: a synthesis of major deposit types, district metallogeny, the evolution of geological provinces, and exploration methods. Geological Association of Canada, Mineral Deposits Division. Special Publication. 2007. №. 5. P. 75–94.
  19. Puchkov V.N. General features relating to the occurrence of mineral deposits in the Urals: What, where, when and why // Ore Geology Reviews. Journal for Comprehensive Studies of Ore Genesis and Ore Exploration. 2016. P. 1–26.
  20. Vikentyev I.V. Precious metal and large volcanic-hosted massive sulfide deposits in the Urals // Mineralogy and Petrology. Austria, 2006. Vol. 87 (3). P. 305–326.

## GOLD-RICH PYRITE SAUMSKOYE AND GALKINSKOYE DEPOSITS, NORTH URALS

V.N.Nesis<sup>1</sup>, A.P.Motov<sup>1</sup>, A.V.Butnyakov<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> JSC «Polymetal Management Company», St.Petersburg, <sup>2</sup> Ural Branch of JSC «Polymetal Management Company», Yekaterinburg)

*Pyrite deposits hosting relatively high-grade gold ores are presented as a group of gold-rich pyrite deposits. Some of their features were studied for Saumskoye and Galkinskoye deposits. Exploration data on these deposits resulted from advanced estimates made by JSC Polymetal mining companies. Works at both deposits included 3-D tracing of spatial localization for ore-level Au, Cu and Zn concentrations ( $Au \geq 1$  g/t,  $Cu \geq 1\%$ ,  $Zn \geq 1\%$ ), geochemical and technological differences in gold-rich and gold-free pyrite ores are defined, chemical element oxidation trends are noted. The paper may be of interest to geologists engaged in prospecting for primary gold and its estimation in areas hosting gold-rich pyrite deposits, and technologists who develop technological regulations of ore supply to a processing plant from such deposits.*

*Keywords: gold-rich pyrite deposits, prospecting and estimation, pyrite ore processing technology, primary and oxide ore geochemistry, Urals.*

