

YOT 553.31.4.078

**ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ  
ЧОВДАРСКОГО ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

**В.М.БАБА-ЗАДЕ\*, Ш.Д.МУСАЕВ\*\*,  
А.З.АХМЕДОВ\*\*\*, Ш.Ф.АБДУЛЛАЕВА\***  
*Бакинский Государственный Университет\**  
*Azerbaijan International Mineral Resource Operating Company LTD\*\**  
*Институт Минерального Сырья Министерства  
Экологии и Природных Ресурсов Азербайджана\*\*\**  
*shax52@mail.ru, sahkla.a@gmail.com*

На примере семи лабораторных технологических проб детально изучены вещественный состав и технологические особенности нового морфогенетического типа золоторудного минерального сырья одного из перспективных золоторудных месторождений Азербайджана.

На Човдарском золоторудном месторождении установлены два природных типа руд: окисленные и первичные сульфидные, которые разграничиваются смешанными полуокисленными рудами и предусмотрены в дальнейшем для освоения совместно с окисленными рудами. Лабораторные технологические пробы отобраны из kernового материала, представляющего различные участки и типы руд месторождения. Проба *Chovdar Composite* (массой 700 кг) есть смесь руд месторождения, отобранных из различных точек и глубин залегания месторождения. Другие шесть композиций *Composite A* (C1, C2, C3) и *Composite B* (C4, C5, C6) kernовых проб, весом по 150 кг каждая, были предназначены для исследований технологических особенностей данного минерального сырья и разработки рациональной технологической схемы его переработки. Исследован химический состав руд и их обций минеральный состав, в т.ч. серосодержащие минеральные формы, минеральные формы меди, формы выделений и ассоциаций основных рудных минералов, формы выделений и ассоциаций благородных металлов. Минеральный состав материала проб был изучен посредством операционной системы *QEMSCAN™*, позволяющей наряду с количественной оценкой выявленных минеральных форм определить и их химический состав, и размеры зерен.

В окисленных рудах (*Composite A*) золото характеризуется самородным состоянием с относительно мелкой крупностью зерен, основное количество которых (более 80%) тесно ассоциируется с нерудными минералами. В продуктах водной сепарации тяжелой фракции выявлены семь зерен самородного золота, шесть из которых размерами 2-8 мкр, одно относительно крупное – 30 мкр. Золото высокопробное 86,6-100,0% (среднее 96,7%). Значительная часть обнаруженных зерен минералов серебра (их всего 16, размеры в среднем 5 мкр) заключены в барите и характеризуются как Ag-Cu сплав, самородной формой, медьсодержащими минералами сульфида серебра – ялпаитом  $Ag_3CuS_2$  и итромайеритом  $AgCuS$ . Почти все эти соединения, как и зерна золота,

*тесно ассоциируются и частично покрыты (заключены) оксидами железа.*

*Золото в первичных сульфидных рудах (Composite B) также характеризуется в основном мелкими самородными зернами, половина из которых (53%) тесно ассоциируются с сульфидами железа и меди, а остальные с легкими – нерудными минералами. В гравитационно обогащенном продукте (золотой «головке») данной пробы обнаружено 21 зерен золота, одно сравнительно крупное (61 мкр) представлено в свободном состоянии, три зерна приурочены, а остальные 17 в виде мелких включений (1-8 мкр) заключены в пирит и сульфиды меди (халькопирит, халькозин, ковеллин). Самородное золото в первичных рудах характеризуется более низким качеством (в среднем Au – 91,8%), чем в пробе окисленных руд.*

*Руды убогосульфидные кварцевые золотосодержащие с минимальным количеством вредных примесей (As, Sb, F, Cl и Hg, Co<sub>2</sub>g – выполнен специальным анализом на углерод органический) при относительно высоком содержании оксидов железа.*

*Выявленные формы нахождения золота в первичных рудах дают основание предположить, что наиболее полное извлечение данного металла может быть обеспечено за счет эффективного выделения из этого типа руд сульфидов железа и меди. Последнее может быть осуществлено флотационным методом обогащения.*

**Ключевые слова:** Човдарское месторождение, золото, вещественный состав, минеральное сырье, технологическая проба, окисленная руда, первичная сульфидная руда, минеральная форма.

## ВВЕДЕНИЕ

Човдарское рудное поле, площадью примерно 350-400 кв.км, расположено в северо-восточном и северном флангах Дашкесанского рудного района. В рудном поле известны сравнительно недавно открытое крупное Човдарское золото-сульфидное месторождение, где промышленными являются золотосодержащие вторичные кварциты площадного типа развития, особенно участок «Центральный» с близповерхностным залеганием рудного тела, обеспечивающего открытую его разработку, гидротермально-измененные золотосодержащие зоны с жильными и линзообразными телами, Данаеричай-Орлиная гора – Пириняльский приподнятый блок с массивными, прожилково-вкрапленными рудами пирит-халькопирит-галенит-сфалеритового состава, содержащих по предварительным данным благородного металла в пределах 0,2-6,0 г/т и др. В пределах рудного поля размещено отработанное Човдарское баритовое месторождение.

Площадь Човдарского золоторудного месторождения сложена верхнебайос – батскими образованиями средней юры, которые смяты в мелкие изоклинальные складки высоких порядков, ориентированные в субмеридиональном направлении. Выявлены также брахисинклинальные и брахиантиклинальные структуры, особенно Човдарская вулканогенная брахиантиклиналь.

В размещении рудных тел месторождения основную роль играют разрывные нарушения. Главные субмеридиональные рудоконтролирующие разломы размещаются в ослабленной зоне шириной 2-3 км, сопровождаются целым рядом параллельных мелких нарушений, залеченных

нередко кварцевой, баритовой, кварц-кальцитовой минерализацией. Неоднократная тектоническая активизация площади приводила к подновлению древних и образованию новых разрывных нарушений преимущественно северо-восточного направления, обеспечивающее перемещение блоков пород. Вследствие этого на территории выявлено три крупных блока (Шадах-Човдар-Чайкендский, Данаеричай-Орлиная гора-Пириняльский, Кызылджа-Лаишский), внутри которых сохраняются фрагменты вулкано-тектонических структур, участки консемидационного прогибания и т.д.

В настоящей работе по результатам химико-аналитических, минералогических и других комплексных исследований детально проанализирован вещественный состав природных разновидностей руд Човдарского золоторудного месторождения. Перечисленные исследования выполнены преимущественно фирмой SGS Mineral Services UK LTD (Онтарио, Канада).

На Човдарском золоторудном месторождении установлены два природных типа руд: окисленные и первичные сульфидные, которые разграничиваются смешанными полуокисленными рудами (рис. 1). Исследования, рассматриваемые в настоящей работе, выполнены на семи лабораторных технологических пробах, отобранных из kernового материала, представляющих различные участки и типы руд месторождения [6,7].

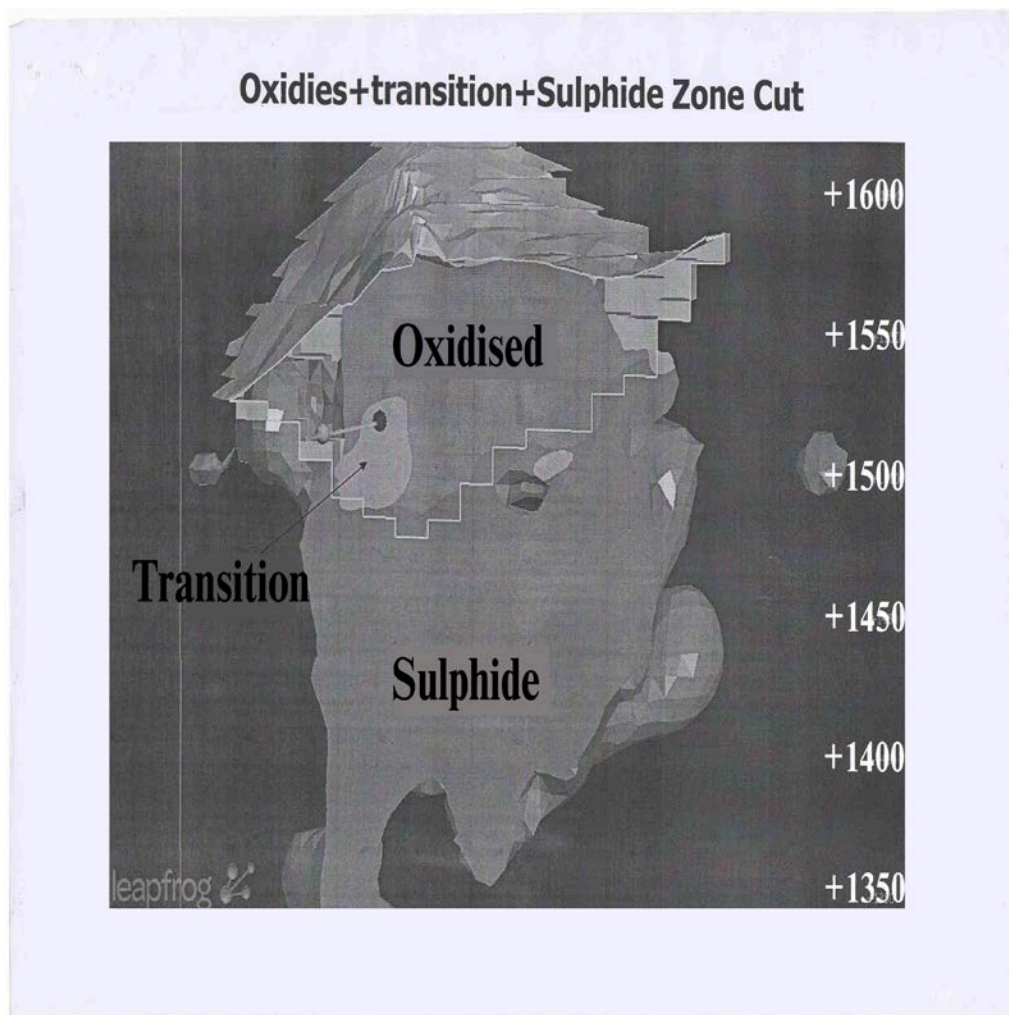
Одна из проб – Chovdar Composite (массой 700 кг) представляла собой смесь руд месторождения, отобранных равномерно из различных точек и глубин залегания рудного тела (180 рядовых kernовых проб из 69 скважин) по всем минерализованным зонам. Проба была предназначена для оценки дробимости и измельчаемости данного минерального сырья. Она характеризовала месторождение в целом, с учетом пропорциональности руд по литологии, текстуре, метасоматизму и типу минерализации в рудном поле. Места и интервалы отбора материала этой пробы (Chovdar Composite) из kernа соответствующих скважин представлены в таблице 1 и рисунке 2.

Другие шесть композиций kernовых проб, весом по 150 кг каждая, были предназначены для исследований технологических особенностей данного минерального сырья и разработки рациональной технологической схемы его переработки. При этом, три пробы (С1, С2, С3) характеризовали руды зоны окисления месторождения в различных частях и глубинах залегания рудного тела, с учетом соотношений содержаний золота и меди в них. Еще три пробы (С4, С5, С6) характеризовали зону первичных сульфидных руд месторождения. Они также были отобраны из различных частей и глубин залегания рудного тела, с учетом соотношений содержаний золота и меди в них. Места и интервалы отбора kernового материала этих шести технологических проб, выбранных из 234-х точек (интервалов) от 44-х скважин, представлены в таблице 2 и рисунке 3.

Кроме того, из вышеуказанных шести технологических проб были составлены композиции в равных пропорциях отдельно окисленных –

Composite A (C1+C2+C3) и первичных (сульфидных) – Composite B (C4+C5+C6) руд, на которых были детально изучены состояния и формы нахождения Au и Ag [7].

Все перечисленные пробы были подвергнуты химическому и минералогическому анализу, результаты всех этих исследований рассматриваются ниже.



**Рис. 1.** Схема расположения окисленных, первичных сульфидных и смешанных руд Човдарского месторождения

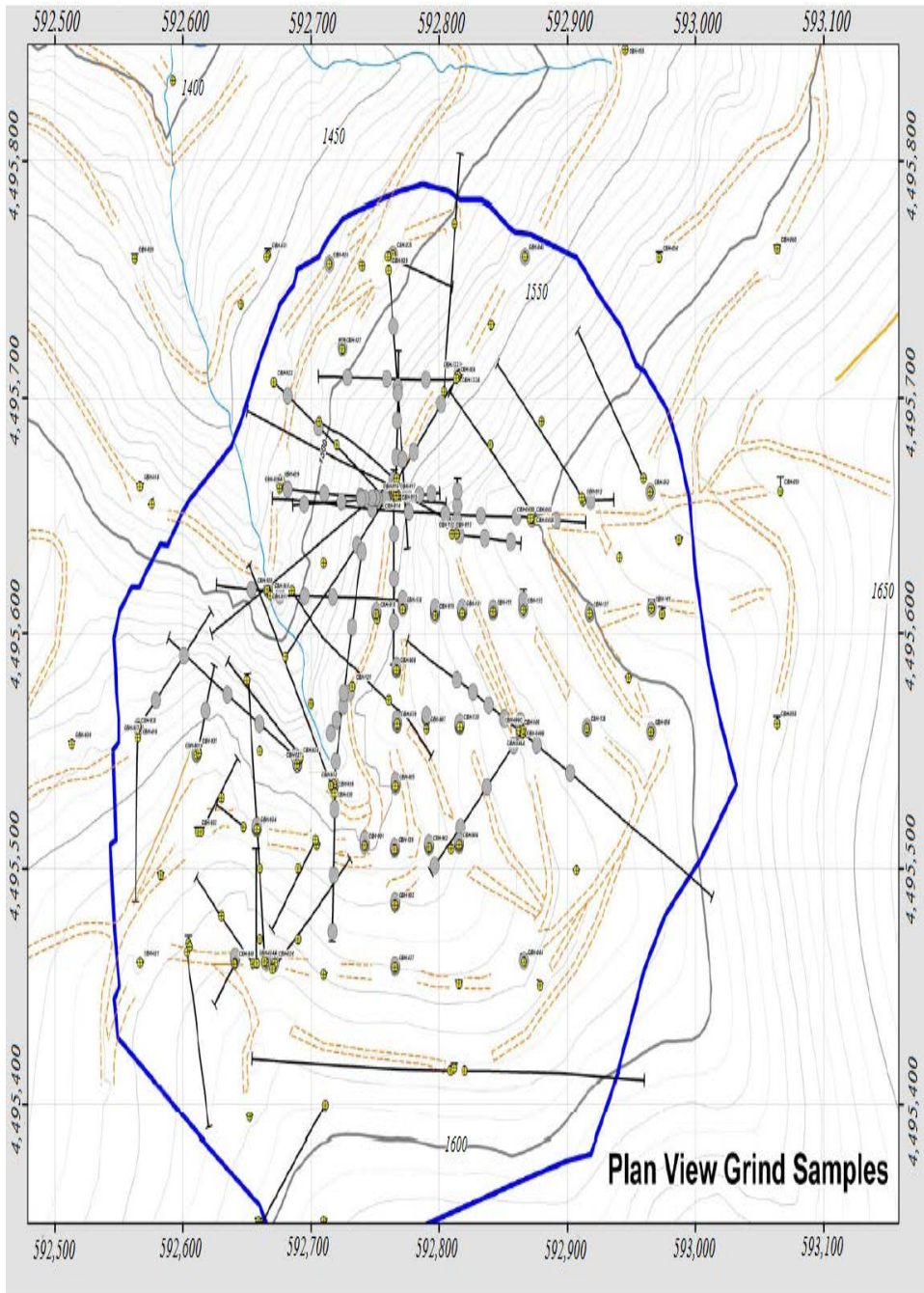


Рис. 2.

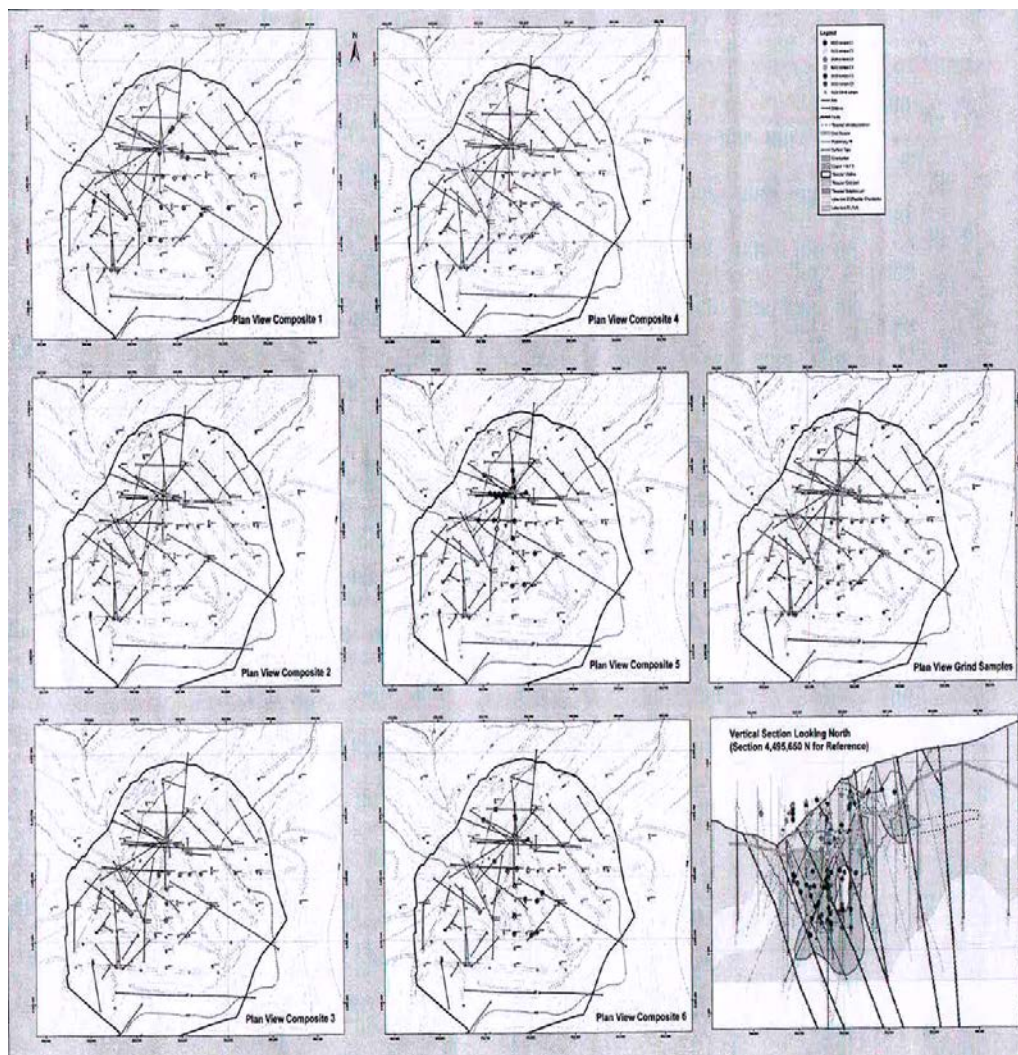


Рис. 3.

### 1. Химический состав технологических проб

Для изучения химического состава рассматриваемых лабораторных технологических проб был выполнен полный силикатный (на породо- и рудообразующие соединения – оксиды), поэлементный анализ на ряд практически значимых элементов, а также пробирный анализ на золото и серебро. Результаты анализа химического состава по основным элементам и соединениям (оксидам), содержащимся во всех вышеуказанных технологических пробах, представлены в таблице 1, а результаты поэлементного анализа шести основных технологических проб (С1 – С6) представлены в таблице 2.

Согласно данным этих таблиц, основным промышленно ценным компонентом во всех рассматриваемых технологических пробах является золото с содержаниями в пределах от 0.65 до 3.85г/т. Для попутного из-

влечения определенный интерес представляет серебро при содержаниях в пределах от 2.5 до 23.2г/т. Кроме того, следует отметить, что в одной из проб, характеризующей первичные руды (С5), выявлено относительно повышенное содержание меди – 0.825%, что дает основание предполагать о возможности попутного эффективного извлечения этого металла из первичного – сульфидного типа руд месторождения.

В пробах окисленных руд (С1 – С3) выявлено относительно низкие содержания меди (в пределах 0.006 – 0.017%). Данный фактор свидетельствует, что медь в окисленных рудах месторождения не имеет практического значения.

Таблица 1

**Химический состав (в %) основных элементов и соединений в технологических пробах**

Наименование элементов и соединений	Наименование проб								
	Chovdar Composite	Окисленные			Первичные сульфидные			Окислен.	Первич.
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Сомп. А	Сомп. В
Au, г/т <sup>1</sup>	1.08	0.65	2.4	3.2	1.1	3.85	1.1	1.89	2.04
Ag, г/т <sup>1</sup>	6.1	12.3	9.4	15.6	3.5	23.2	2.5	-	-
Cu	0.15	0.01	0.006	0.017	0.01	0.825	0.014	-	-
SiO <sub>2</sub>	71.9	77.6	84.7	81.0	66.0	69.4	67.7	86.9	72.3
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.9	7.82	5.32	3.53	17.2	7.87	17.3	4.09	9.62
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.62	8.08	4.98	8.59	6.03	10.7	4.59	5.25	8.62
MgO	0.09	0.05	0.05	0.08	0.05	0.08	0.08	0.08	0.07
CaO	0.25	0.09	0.08	0.08	0.07	0.05	0.12	0.11	0.07
Na <sub>2</sub> O	0.04	0.05	0.04	0.08	0.05	<0.01	0.03	0.05	0.02
K <sub>2</sub> O	0.23	0.09	0.07	0.06	0.30	0.23	0.57	0.06	0.26
TiO <sub>2</sub>	0.45	0.43	0.43	0.47	0.45	0.36	0.39	0.44	0.38
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.07	0.09	0.05	0.05	0.09	0.03	0.08	0.05	0.05
MnO	0.03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.02	0.04	0.06	0.07	0.03	0.05	0.03	0.04	0.03
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	<0.01	0.02	0.01	<0.01	0.03	<0.01	0.03	0.01	0.01
ППП	7.56	5.18	3.41	3.95	8.97	8.40	8.33	3.19	8.02
В т.ч. H <sub>2</sub> O <sup>+</sup> 2		2.30	1.06	1.26	3.84	1.11	3.20	1.45	3.41
CO <sub>2</sub> (Собщ) 3		0.07(0.01)	0.06	0.08 (0.02)	0.06	0.06	0.09	0.18	0.14
SO <sub>3</sub> (Собщ) 4		2.81(1.12)	(0.01)	2.61 (1.04)	(0.01)	(0.01)	(0.02)	(0.04)	(0.025)
			2.29		5.07	7.23	5.04	1.56	4.47
			(0.92)		(2.03)	(2.89)	(2.02)	(0.62)	(1.79)
Σ	99.2	99.6	99.2	98.0	99.3	96.9	99.2	100.3	99.4
Собщее 5								0.03	0.02
Сорган. 5								<0.05	<0.05

Примечание: <sup>1</sup> – по результатам пробирного анализа;

<sup>2</sup> - расчетное содержание H<sub>2</sub>O<sup>+</sup> по количеству Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (в глине – каолините и алуните, согласно данным количественного минералогического анализа);

<sup>3</sup> - расчетное содержание CO<sub>2</sub> по количеству MgO и CaO (в карбонатах – MgCO<sub>3</sub>, CaCO<sub>3</sub>);

<sup>4</sup> расчетное содержание SO<sub>3</sub>, включенное в показатель ППП: SO<sub>3</sub> = ППП – (H<sub>2</sub>O + CO<sub>2</sub>)

<sup>5</sup> - по результатам специального анализа на углерод.

Результаты поэлементного анализа (табл. 2), выполненного на эмиссионном спектроскопии с индукционной плазмой (ISP), свидетельствуют, что кроме вышеуказанных элементов (Au, Ag и Cu в первичных рудах), других ценных компонентов с промышленно значимыми содержаниями в исследуемых пробах как окисленных, так и первичных рудах не выявлено.

Таблица 2

**Поэлементный химический состав (в %) технологических проб Човдара**

№ п/п	Наименование элементов	Наименование проб					
		Окисленные руды			Первичные – сульфидные руды		
		C1	C2	C3	C4	C5	C6
1	Cu	0.01	0.006	0.017	0.01	0.825	0.014
2	Pb	0.03	0.014	0.036	0.02	0.011	0.009
3	Zn	0.003	0.003	0.003	0.002	0.025	0.002
4	As	0.0353	0.0179	0.0693	0.0211	0.0629	0.0226
5	Cd	0.0003	0.0001	0.0001	0.0001	0.0013	<0.0001
6	Ni	0.001	0.002	0.001	0.001	0.002	0.002
7	Co	0.001	0.001	0.001	0.002	0.004	0.003
8	Bi	0.0011	0.0058	0.006	0.0007	0.0008	<0.0001
9	Sb	0.0009	0.0028	0.0125	0.0001	0.0392	<0.0001
10	Hg	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
11	Te	0.0003	<0.0001	0.0038	<0.0001	0.0126	<0.0001
12	Se	<0.0001	<0.0001	0.0003	<0.0001	<0.0001	<0.0001
13	F	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
14	Cl	0.04	0.05	0.03	0.03	0.02	0.02
15	Собщ.	0.95	0.55	0.80	5.37	9.51	5.58
16	CO <sub>3</sub>	0.28	<0.01	<0.01	0.51	0.78	0.49

Оценивая химический состав рассматриваемых проб руд, необходимо отметить весьма положительный фактор - незначительные содержания в них таких вредных примесей, как As, Sb, F, Cl и Hg, которые, обычно, негативно отражаются на технологии переработки подобных золотосодержащих руд. Кроме того, необходимо также отметить, что согласно результатам специального анализа на углерод органический, выполненный на смесевых пробах окисленных (Сомр.А) и первичных (Сомр.В) руд, содержания этого вредного материала в обоих типах руд незначительны - <0.05% (табл.1).

Как и следовало ожидать в пробах первичных сульфидных руд установлены относительно повышенные содержания общей серы (5.4 – 9.5%) по сравнению с пробами окисленных руд (0.55 – 0.95%). Кроме того, в пробе первичной руды (С5) с относительно высоким содержанием меди (0.825%), наблюдаются сравнительно повышенные содержания мышьяка (0.063%) и сурьмы (0.039%). Данный фактор дает основание предполагать о наличии в рассматриваемых рудах некоторого (незначительного) количества мышьяка и сурьмасодержащих, возможно медных сульфидных минералов.

Оценивая результаты химического анализа на пороодо- и рудообразующие соединения (табл.1), отметим, что в пробах как окисленных, так и первичных руд основным пороодообразующим соединением является оксид кремния. При этом в окисленных рудах количество названного соединения (77.6 – 84.7%) несколько выше, чем в первичных рудах (66.0 – 69.4%).

Кроме того, в пробах обоих типов руд наблюдаются несколько повышенные содержания глинообразующего соединения -  $Al_2O_3$ . При этом значительно более высокие содержания указанного соединения выявлено в пробах первичных руд (7.9 – 17.3%). Данный фактор может оказать негативное влияние на технологию переработки этих руд.

Положительным фактором, особенно для гидрометаллургической технологии переработки как окисленного, так и первичного типов руд, является незначительные содержания в рассматриваемых пробах карбонатобразующих соединений -  $CaO$  и  $MgO$ . Пределы содержаний последних составляют всего 0.05– 0.12%.

Оценивая рудообразующие соединения, следует отметить, что в пробах окисленных руд содержания серы (общей), как и следовало ожидать, значительно ниже, чем в пробах первичных руд (см. табл.2). Так, если в первых содержания серы колеблется в пределах 0.5 - 0.95%, то во вторых пределы содержаний этого элемента в десять раз больше – 5.4-9.5%. При этом, количества оксида железа ( $Fe_2O_3$ ) в пробах обоих типов руд находятся приблизительно в одинаковых пределах: в окисленных рудах 5.0 – 8.6%, а в первичных 4.6 – 10.7% (табл.1). Данный фактор свидетельствует, что в пробах окисленных руд основная масса железа представлена его оксидными минералами, при незначительном количестве сульфидов железа (согласно данным таблицы 2 присутствие значимых содержаний сульфидов других металлов весьма ограничено).

В пробах же первичных руд, при относительно низких содержаниях в них меди (за исключением пробы С5) и других цветных металлов, основное количество железа, по всей вероятности, представлено его сульфидами, что позволяет характеризовать материал этих проб как первичная – сульфидная руда.

В рассматриваемых пробах обоих типов руд установлено также наличие оксида титана ( $TiO_2$ ) с содержаниями в пределах 0.36 – 0.47%, что, вероятно, связано с присутствием в этих рудах титанистого железняка – ильменита ( $FeTiO_2$ ), а возможно и некоторого количества рутила и титаномагнетита.

Более подробно минеральный состав исследуемых проб руд и характеристика выявленных минералов рассматриваются ниже.

## **2. Минералого-петрографические исследования**

Минеральный состав материала проб был изучен посредством операционной системы QEMSCAN<sup>TM</sup>. Эта система основана на количественной оценке вещества, посредством сканирующей электронной микроскопии полированных шлифов. Система в каждой микронной точке интервала рассматриваемого поля собирает электронные сигналы химического спектра (X-ray сигналы), обрабатывает их в автономном режиме посредством сравнения этого спектра с видом минерала, идентифицированного в соответствующей программе (SIP) или в имеющейся базе данных. В конечном итоге выдается соответствующая характеристика минерала и материала исследуемой пробы. Данная система, наряду с количественной оценкой выявленных минеральных форм, позволяет определить их химический состав и размеры зерен.

### *2.1. Общий минеральный состав*

Общий приближенно-количественный минеральный состав рассматриваемых технологических проб и состояние (размерность) зерен выявленных минералов были изучены на материалах этих проб, продробленных до 2-х крупностей: -3.35мм и -0.212мм. Отметим, что исследования на более мелком материале (-0.212мм) позволяют более точно характеризовать количественный состав минералов. Результаты этих исследований, выполненные на технологических пробах окисленных руд, представлены в таблице 3, а на пробах первичных руд – в таблице 4.

Согласно данным, представленными в таблице 3, основным породообразующим минералом проб окисленных руд является кварц с массовой долей в пределах 74 – 88%, при средней крупности зерен 0.22 – 0.34мм (при крупности исследуемого материала проб -3.35мм). На более мелко дробленном материале (-0.212мм) этих проб крупность зерен кварца значительно уменьшается (до 0.009-0.068мм), при незначительном увеличении массовой доли этого минерала, что естественно, т. к. высвобождаются его сростки с другими минералами и соответственно более точно характеризуется массовая доля анализируемого минерала.

Из породообразующих минералов в пробах окисленных руд выявлены также относительно значимые количества минералов глины (6-16%) со средней крупностью зерен 0.04-0.05мм, а также незначительные количества других силикатов (0.1- 0.4%), алунита (0.1- 0.7%), слюды (0.05-0.1%) и других, включающих барит, ярозит, апатит, карбонаты, циркон (суммарно 0.4- 1.0%).

Глины, согласно данным полуколичественного рентгено-дифрактометрического анализа (X-ray Diffraction), в рассматриваемых пробах представлены в основном каолинитом (>30 отн.%), частично диккитом (10-30%), в незначительных количествах – иллитом, плагиоклазом, калиевым полевым шпатом (2-10 отн.%).

Рассматривая рудообразующие минералы, отметим, что в данных пробах окисленных руд они в большей степени представлены железом и железо-титановыми оксидами (суммарно 3.6-6.1 абс.%), чем сульфидами железа и меди (суммарно 1-2.3 абс.%).

Данный фактор свидетельствует о достаточно высокой степени окисленности этих руд, при весьма малых содержаниях в них сульфидов меди (суммарно 0.02-0.07 абс.%). Последние представлены в основном вторичными сульфидами – халькозином, ковеллином, борнитом. Количество первичного сульфида – халькопирита во всех рассматриваемых пробах составляет всего 0.02%. Более подробно минералы меди, обнаруженные в исследуемых рудах, будут рассмотрены ниже.

Таблица 3

**Приближенно-количественный минеральный состав (%) и размерность зерен (мкр) выявленных минералов  
в пробах окисленных руд**

Наименование минералов	Крупность материала -3.35мм						Крупность материала -0.212мм					
	С1		С2		С3		С1		С2		С3	
	Количество, %	Средний размер, мкр	Количество, %	Средний размер, мкр	Количество, %	Средний размер, мкр	Количество, %	Средний размер, мкр	Количество, %	Средний размер, мкр	Количество, %	Средний размер, мкр
Пирит	2.57	57	1.35	45	2.16	47	1.67	9-38	0.98	9-28	2.13	8-35
Халькопирит	0.02	16	0.01	16	0.03	20	0.02	4-7	0.02	3-8	0.02	3-9
Другие Cu сульфиды <sup>1</sup>	0.00	0	0.00	15	0.04	71	0.04	3-19	0.00	6-23	0.02	8-26
Энаргит	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
Тетраэдрит	0.00	0	0.00	0	0.00	15	0.00	0	0.00	0	0.00	0
Другие сульфиды	0.00	16	0.05	34	0.02	16	0.02	3-8	0.02	3-8	0.11	4-8
Итого: сульфиды	2.59	-	1.41	-	2.25	-	1.75	-	1.02	-	2.28	-
Fe Оксиды	5.40	50	1.81	49	3.40	52	4.11	8-30	2.23	6-32	4.07	7-29
Fe-Ti Оксиды	1.13	21	1.23	21	1.52	21	1.95	5-13	1.37	5-12	2.09	5-12
Кварц	73.56	223	87.73	339	81.05	281	74.27	9-54	88.18	9-68	84.30	9-59
Глины	16.12	51	7.53	48	8.90	37	16.09	6-31	6.53	6-15	5.64	5-18
Другие силикаты	0.62	22	0.08	22	1.62	27	0.43	4-13	0.11	4-11	0.30	5-11
Алунит	0.37	40	0.07	17	0.11	18	0.67	4-33	0.12	3-8	0.25	3-8
Слюды	0.02	17	0.02	18	0.02	17	0.08	5-10	0.08	5-11	0.05	5-10
Другие <sup>2</sup>	0.18	27	0.13	40	1.14	74	0.65	7-37	0.38	5-28	1.00	6-39
Итого	100.0	-	100.0	-	100.0	-	100.0	-	100.0	-	100.0	-

Примечание: <sup>1</sup> - другие Cu сульфиды включают: халькозин, ковеллин, борнит;

<sup>2</sup> - другие включают: барит, ярозит, апатит, карбонаты, циркон.

Таблица 4

**Приближенно-количественный минеральный состав (%) и размерность зерен (мкр) минералов,  
выявленных в пробах первичных сульфидных руд**

Наименование минералов	Крупность материала -3.35мм						Крупность материала -0.212мм					
	С4		С5		С6		С4		С5		С6	
	Количество, %	Средний размер, мкр	Количество, %	Средний размер, мкр	Количество, %	Средний размер, мкр	Количество, %	Средний размер, мкр	Количество, %	Средний размер, мкр	Количество, %	Средний размер, мкр
Пирит	11.79	69	19.87	92	11.86	76	13.75	10-53	21.30	9-55	14.38	10-53
Халькопирит	0.01	15	1.71	45	0.06	25	0.02	3-7	2.10	6-30	0.01	3-8
Другие Су сульфиды <sup>1</sup>	0.00	0	0.64	26	0.00	0	0.00	0	0.89	4-16	0.00	0
Энаргит	0.00	0	0.01	17	0.00	0	0.00	0	0.02	4-10	0.00	0
Тетраэдрит	0.00	0	0.16	26	0.00	0	0.00	0	0.23	6-18	0.00	0
Другие сульфиды	0.00	17	0.04	23	0.02	21	0.04	4-7	0.28	3-7	0.03	3-7
Итого: сульфиды	11.80	-	22.43	-	11.94	-	13.81	-	24.82	-	14.42	-
Fe Оксиды	0.34	38	0.00	16	0.00	0	0.59	5-26	0.26	6-71	0.06	4-21
Fe-Ti Оксиды	1.20	21	0.93	22	0.75	23	1.18	5-12	1.01	5-12	0.77	5-12
Кварц	57.47	180	67.53	270	60.67	194	59.41	8-51	63.11	9-56	53.89	8-50
Глины	27.31	85	7.80	62	22.75	71	22.73	6-31	8.82	6-25	25.35	6-33
Другие силикаты	0.37	20	0.14	17	0.50	18	0.29	4-11	0.06	3-10	0.36	3-8
Алунит	0.15	16	0.16	16	0.09	16	0.39	3-7	0.65	3-7	0.39	3-7
Слюды	1.27	43	1.01	43	3.02	45	1.37	5-19	0.95	6-20	4.48	5-20
Другие <sup>2</sup>	0.09	32	0.01	25	0.29	69	0.22	5-24	0.33	7-31	0.28	7-33
Итого	100.0	-	100.0	-	100.0	-	100.0	-	100.0	-	100.0	-

Примечание: <sup>1</sup> - другие Су сульфиды включают: халькозин, ковеллин, борнит;

<sup>2</sup> - другие включают: барит, ярозит, апатит, карбонаты, циркон.

Оценивая размеры зерен сульфидов, отметим, что при крупности материала проб -3.35мм средний размер зерен пирита в них составляет 45-57мкр, халькопирита - 16-20мкр, других сульфидов – 16-34мкр. При крупности материала -0.212мм размер зерен пирита уменьшается до 8-38мкр, халькопирита до 3-9мкр и других сульфидов до 3-8мкр. Данный фактор свидетельствует о некотором переизмельчении сульфидов, особенно халькопирита, уже при тонком дроблении руд.

Рассматривая приближенно-количественный минеральный состав проб первичных – сульфидных руд (табл.4), отметим, что породообразующие минералы в них, также как и в пробах окисленных руд, представлены в основном кварцем. Однако количество кварца в этих пробах (54-63%) значительно меньше (на 20-25%), чем в пробах окисленных руд. Кроме того, в отдельных пробах первичных руд (С4, С6) выявлены значительные содержания глины (23-27%). Отметим также более высокие, чем в окисленных рудах, содержания слюды (1.4-4.5%). Количества других породообразующих минералов (силикаты, алунит и др.) находятся почти на таком же уровне, как и в пробах окисленных руд. При этом перечень и крупность минералов указанных минеральных веществ (глины, силикатов и др.) также почти одинаковы.

В первичных рудах выявлено значительно большее количество рудообразующих минералов, главным из которых является пирит. При этом, в отдельной пробе названного типа руд (С5) количество пирита составляет более 21%. В этой же пробе установлено наибольшее количество различных сульфидов меди (3.2%). В остальных двух пробах (С4, С6) количества сульфидов меди (0.01-0.02%) не представляют практического значения.

Следует отметить, что результаты химического анализа на содержание серы общей (табл.2) в рассматриваемых пробах первичных руд несколько не согласуются с расчетным содержанием этого элемента по суммарному количеству сульфидов, указанными в таблице 4. В последней, количество сульфидов, вероятно завышено. Однако, следует учесть, что минеральный состав проб, представленный в таблице 4, является приближенно-количественным.

В пробах рассматриваемого типа руд установлены сравнительно низкие содержания оксидов железа и титана (суммарно 0.8-1.7%). При этом, массовая доля непосредственно оксида железа составляет максимально в одной из проб (С4) всего 0.59%, а в двух других 0.06-0.26%. Данный фактор подтверждает первичный – сульфидный характер руд этих проб.

В пробах первичных руд крупность зерен пирита (70-90мкр) и халькопирита (15-45мкр) несколько выше, чем в пробах окисленных руд. Однако при относительно мелком дроблении материала (до -212мм) наблюдается, также как и на окисленных рудах, некоторое переизмельчение этих минералов, особенно халькопирита. Данный фактор следует учесть при разработке флотационной технологии переработки этого типа руд.

## *2.2. Серосодержащие минеральные формы*

Для характеристики рудного минерального сырья и разработки технологии его переработки большое значение имеет перечень и количест-

венное соотношение в нем серосодержащих минералов. С этой целью во всех шести технологических пробах были выявлены серосодержащие минералы и установлены количественные их соотношения, Расчет последних производился по содержанию серы в соответствующем серосодержащем минерале в %-ах от общего содержания серы в анализируемой пробе. Результаты этих исследований представлены в таблице 5. В этой же таблице представлены исходные содержания серы в анализируемой пробе, установленные посредством поэлементного химического анализа (табл.2).

Согласно представленным данным (табл. 5), во всех рассматриваемых пробах основным серосодержащим минералом является пирит. При этом, из общей массы серусодержащих минералов наибольшее количество пирита, как и следовало ожидать, отмечено в первичных рудах (90.5-98.8%).

Из серосодержащих минералов в пробах окисленных руд выявлены относительно повышенные содержания алунита (3.1-9.9%), барита (7.3-9.9%) и некоторое количество ярозита (0.4-1.0%). Последний характерен, обычно, для руд зоны окисления сульфидных месторождений.

В пробах первичных руд зафиксированы значительно меньшие количества алунита (0.8%) и барита (0.2-0.3%). Серосодержащий минеральный состав этих проб, в целом, характерен для первичных руд сульфидных месторождений. Перечень и количественные соотношения сульфидов меди в пробах рассматриваются ниже в соответствующем разделе.

Таблица 5

**Серосодержащие минералы и их количественные соотношения  
в технологических пробах  
(относительный % от общего содержания серы)**

Наименования серосодержащих минералов	Наименование проб					
	Окисленные руды			Первичные сульфидные руды		
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
S (общее)	0.95	0.55	0.80	5.37	9.51	5.58
Пирит	80.5	86.1	82.8	98.6	90.5	98.8
Халькопирит	0.4	1.0	0.7	0.1	6.0	0.0
Борнит	0.0	0.0	0.1	0.0	0.8	0.0
Халькозин	0.7	0.1	0.1	0.0	0.7	0.0
Ковеллин	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2	0.0
Энаргит	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Тетраэдрит	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0
Другие сульфиды	0.5	1.1	2.5	0.2	0.1	0.1
Алунит	9.9	3.4	3.1	0.8	0.8	0.8
Барит	7.5	7.3	9.9	0.2	0.3	0.2
Ярозит	0.4	1.0	0.5	0.1	0.0	0.0
Другие	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Итого	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

### 2.3. Минеральные формы меди

Минеральные формы меди и их относительные количественные соотношения (в % от общего содержания Cu в пробе) также были оценены во всех шести технологических пробах. Результаты этих исследований представлены в таблице 6. В этой же таблице представлены исходные содержания меди в анализируемой пробе, установленные посредством поэлементного химического анализа (табл.2).

Данные, представленные в таблице 6, свидетельствуют, что содержания меди почти во всех рассматриваемых пробах, кроме пробы первичной руды - С5, характеризуются очень низкими значениями (0.006-0.017%). Относительно повышенное содержание меди в пробе С5 (0.825%) дает основание предполагать о возможной промышленной значимости этого металла в первичных рудах месторождения. В этой связи представляется очень важным оценить минеральные формы нахождения меди в рассматриваемых пробах, особенно в первичных рудах.

По результатам выполненных исследований (табл. 6) установлено, что медь в пробе С5 на 49% представлена его первичным сульфидом – халькопиритом и суммарно почти на 45% характеризуется его вторичными сульфидами – халькозином (25%), борнитом (17%) и ковеллином (2.6%). Кроме того, в этой пробе выявлены незначительные количества сульфидов меди, содержащих сурьму – тетраэдрит (5.6 отн.%) и мышьяк – энаргит (0.5 отн.%). В других пробах первичных руд (С4, С6), характеризующихся низкими содержаниями меди, также установлены незначительные количества тетраэдрита и энаргита. Причем в пробе С5, с содержанием 0.014% меди, почти 30% этого металла представлено тетраэдритом.

Оценивая наличие тетраэдрита и энаргита в пробах окисленных руд, отметим, что только в одной из этих проб (С3) обнаружено незначительное количество тетраэдрита.

В целом, минеральные формы меди в пробах первичных руд характерны для названного природного типа минерального сырья сульфидных месторождений. Несколько повышенные содержания вторичных сульфидов меди (халькозина и борнита) в пробе С5 дают основание предполагать, что возможно часть этой пробы была отобрана из зоны смешанных руд месторождения, или близких к зоне окисленных руд.

Низкие содержания меди в рассматриваемых пробах окисленных руд не позволяют по его минеральным формам достаточно убедительно обосновать степень окисленности материала этих проб.

Таблица 6

**Минеральные формы меди и их количественные соотношения  
в технологических пробах (в % от общего содержания Cu)**

Наименование минералов меди	Наименование проб					
	Окисленные руды			Первичные – сульфидные руды		
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Cu общее	0.01	0.006	0.017	0.01	0.825	0.014
Халькопирит	14.5	74.6	34.7	91.1	49.2	61.6
Борнит	0.1	0.0	18.3	0.4	16.9	4.3
Халькозин	85.4	25.4	20.6	7.7	25.2	5.2
Ковеллин	0.0	0.0	25.2	0.0	2.6	0.0
Энаргит	0.0	0.0	0.0	0.6	0.5	0.0
Тетраэдрит	0.0	0.0	1.1	0.2	5.6	28.9
Другие	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Итого	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

*2.4. Формы выделений и ассоциаций основных рудных минералов*

Для технологической оценки рудного минерального сырья чрезвычайно важное значение имеют формы выделений и ассоциаций основных рудных минералов, как между собой, так и с минералами вмещающих пород, при определенной крупности измельчения руды. Данный фактор позволяет оценить возможную степень извлечения из руды соответствующего минерального компонента. Используемая для рассматриваемых минералогопетрографических исследований операционная система (QEMSCAN<sup>TM</sup>), позволяет проводить подобные исследования.

Исследования, рассматриваемые в настоящем разделе, выполнены на материалах проб крупностью -0.212мм (50% -0.075мм). При этом изучались отдельно классы -0.212 +0.025мм и -0.025 +0.0мм, полученные посредством ситового анализа соответствующей пробы. Затем результаты исследований указанных классов объединялись и в соответствии с их выходами рассчитывалось среднее содержание (%) анализируемой формы минерала в руде крупностью -0.212мм.

Результаты исследований форм выделений и соответствующих ассоциаций сульфидов меди в объединенном материале (крупностью -0.212мм) соответствующей пробы представлены в таблице 7, а подобные исследования, выполненные для сульфида железа – пирита, представлены в таблице 8. Кроме того, на примере наиболее характерной пробы первичной руды – C5, для визуальной оценки данной работы, представлены рисунки 4 и 5, характеризующие в этой пробе различные формы выделений сульфидов меди (рис.4) и пирита (рис.5).

Таблица 7

**Количественные соотношения (относительный %) форм выделения и ассоциаций сульфидов меди**

Наименование ассоциаций сульфидов меди	Наименование проб					
	Окисленные руды			Первичные сульфидные руды		
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Полностью свободные	0.3	8.5	24.3	0.0	48.0	2.4
В основном свободные	2.1	7.1	0.0	0.0	26.8	1.5
В ассоциации с пиритом	0.0	1.8	2.2	11.3	6.7	5.1
--<<< с др. сульфидами	0.0	0.0	0.4	0.0	2.9	0.0
--<<< с кварцем	0.4	3.1	3.5	0.8	2.2	1.7
--<<< со слюдой	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2
--<<< с глинами	0.0	0.0	0.7	4.1	1.6	8.6
--<<< с др. силикатами	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
--<<< с оксидами Fe и Ti	0.2	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0
--<<< с др. минералами	2.7	3.3	0.7	3.6	0.2	0.0
--<<< сложных комплексов	94.2	76.3	66.4	80.2	11.6	77.5
Итого	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

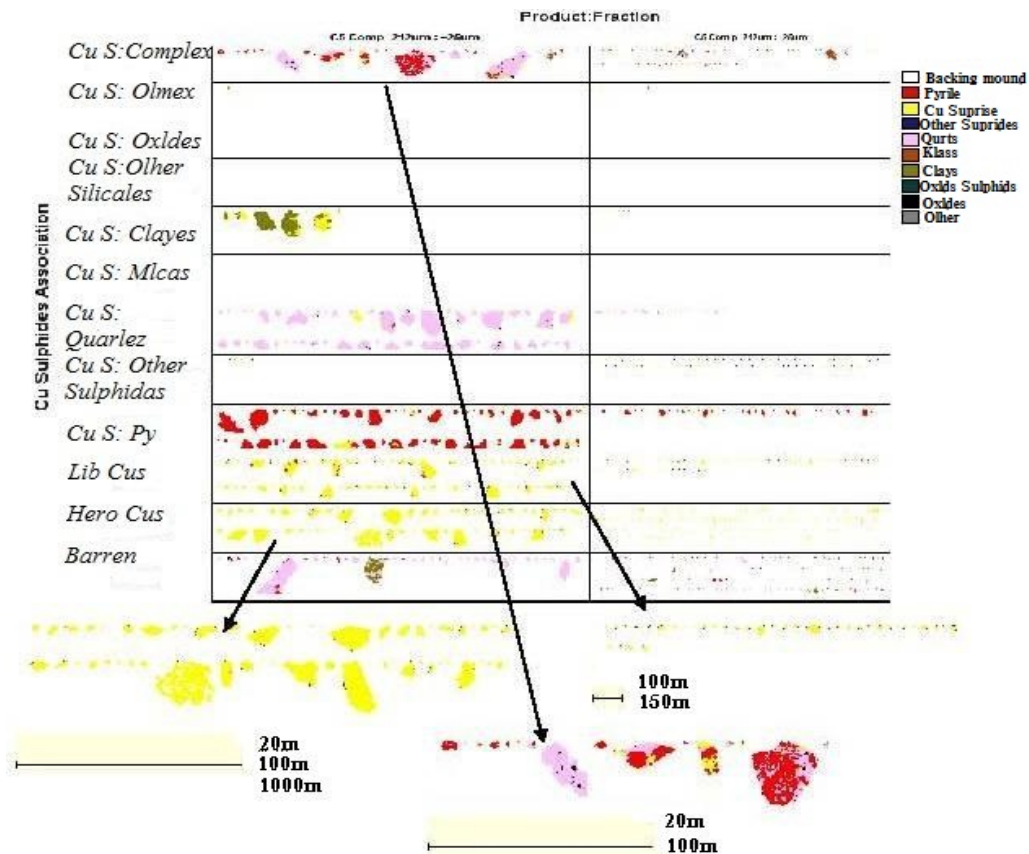


Рис. 4. Формы выделений сульфидов меди в пробе первичной руды – C5

Данные, приведенные в таблице 7, свидетельствуют, что сульфиды меди в пробах с низкими содержаниями названного металла, как в окисленных (С1-С3), так и первичных (С4, С6) рудах представлены в основном (на 66-94отн.%) тонкодисперсными формами в тесной ассоциации со сложными (трудно диагностируемыми) комплексами. В этой связи селективное выделение медных минералов из подобных разновидностей руд представляется как технологически, так и экономически нецелесообразным.

В пробе первичной руды (С5) с относительно высоким содержанием меди (0.825%), сульфиды меди, при вышеуказанной крупности материала, представлены в основном (на 75%) свободными формами; еще около 10% названных минералов характеризуются как ассоциации с пиритом и другими сульфидами. Данный фактор дает основание предполагать, что при некотором уменьшении крупности материала подобных руд месторождения (до 75-80% -0.074мм) технологически возможно получить достаточно высокие показатели селективного извлечения из них медных минералов (до 90%).

Оценивая минералогическое состояние пирита (табл.8), отметим, что данный минерал в пробах обоих типов руд характеризуется в основном свободными формами. При этом, суммарное количество полностью и в основном свободных зерен пирита в пробах окисленных руд колеблется в пределах 53-76%, а в пробах первичных руд 80-82%. Более низкое количество относительно свободных зерен пирита в пробах окисленных руд обусловлено сравнительно высоким количеством этого минерала, находящегося в тесных ассоциациях с кварцем (6.5-30%) и со сложными (трудно диагностируемыми) комплексами (10-33%). Положительным фактором для обоих типов руд является весьма незначительное количество пирита, тесно ассоциируемого с глинами (0.1-3.5%).

Таблица 8

**Количественные соотношения (относительный %) форм выделения и ассоциаций пирита**

Наименование ассоциаций пирита	Наименование проб					
	Окисленные руды			Первичные сульфидные руды		
	С1	С2	С3	С4	С5	С6
Полностью свободный	68.5	48.1	45.4	58.3	65.6	57.9
В основном свободный	7.8	11.2	7.7	22.1	16.6	22.4
В ассоциации с Si сульфидами	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0
--<-- с др. сульфидами	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
--<-- с кварцем	6.5	29.8	12.9	6.8	10.3	4.7
--<-- со слюдой	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
--<-- с глинами	1.5	0.0	0.1	2.7	0.6	3.5
--<-- с др. силикатами	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
--<-- с оксидами Fe и Ti	0.4	0.1	0.3	0.0	0.0	0.1
--<-- с др. минералами	0.3	0.9	0.5	0.1	0.1	0.1
--<-- сложных комплексов	15.0	10.0	33.1	10.0	6.2	11.2
Итого	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

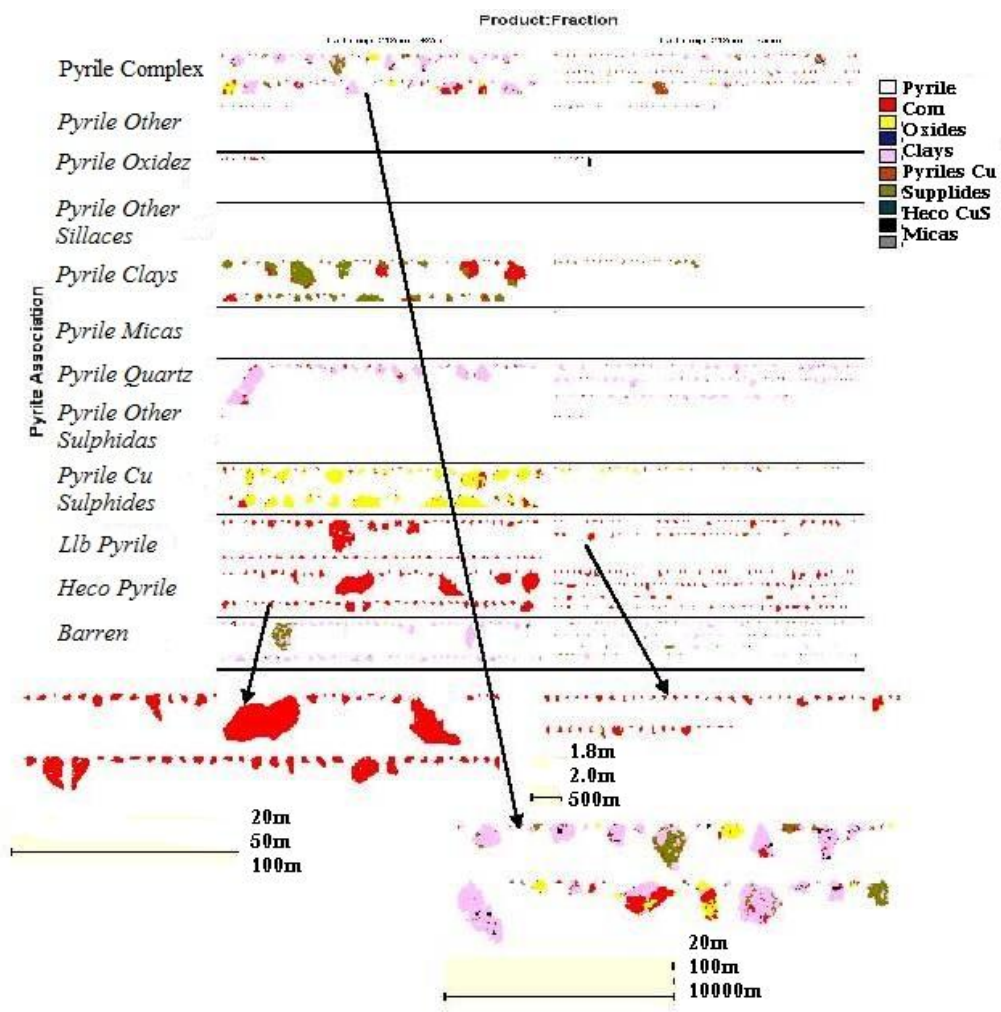


Рис. 5. Формы выделений пирита в пробе первичной руды – С5

В целом, рассмотренные формы выделения пирита свидетельствуют о возможности достаточно эффективного его извлечения из первичных руд месторождения (до 85%) флотационным методом обогащения. Принимая во внимание, что часть золота в этих рудах может быть тесно ассоциировано с пиритом, данный фактор следует считать положительным.

### 3. Формы выделений и ассоциаций благородных металлов

#### 3.1. Вещественный состав смесевых проб окисленных и первичных руд

Рассматриваемые в настоящем разделе исследования выполнялись, как было отмечено выше, на двух композициях (смесях) оцениваемых

технологических проб, одна из которых была составлена из проб окисленных руд C1+C2+C2 - Composite A, а другая из проб первичных руд C4+C5+C6 - Composite B.

По результатам пробирного анализа содержание золота в указанных смесевых пробах составило: Composite A – 1.89г/т; Composite B – 2.04г/т. Полный химический состав этих проб по породо- и рудообразующим химическим соединениям представлен выше в табл.1.

На данных материалах смесевых проб был выполнен также полуколичественный рентгено-дифракционный (XRD) минералогический анализ, ориентировочные результаты которого представлены в таблице 9, а приближенно рассчитанные содержания всех выявленных минералов указаны в таблице 10.

Таблица 9

**Ориентировочные результаты полуколичественного рентгено-дифракционного (XRD) минералогического анализа смесевых проб**

Наименование проб	Содержание, %			
	Основное (>30 отн.%)	Умеренное (10-30 отн.%)	Малое (2-10 отн.%)	Незначительное (<2 отн.%)
Composite A	Кварц	Диккит	Гетит, барит	Пирит, магнетит, гематит, рутил, циркон, ярозит
Composite B	Кварц	Диккит	Пирит	Гетит, рутил, ярозит, калиевый полевой шпат, циркон

Согласно результатам выполненных исследований (табл.9, 10), минеральный состав обеих смесевых проб в основном идентичен. Как и следовало ожидать, разница заключается лишь в том, что в пробе первичных руд (Сомр.В) количество пирита значительно больше, чем в пробе окисленных руд (Сомр.А). В последней, наоборот – сравнительно больше гидроокислов и окислов железа (гетит, магнетит, гематит), и барита.

В целом, минеральные составы смесевых проб - Сомр.А и Сомр.В в отдельности характерны соответственно для окисленных и первичных руд умеренно сульфидных месторождений. При этом отметим, что первичные руды Човдара излишне обогащены глинистым минералом – диккитом (минерал с составом каолинита –  $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ ).

Таблица 10

**Приближенно-рассчитанные результаты полуколичественного  
рентгено-дифракционного (XRD) минералогического  
анализа смесевых проб**

Минералы	Содержание, %	
	Сомр. А	Сомр. В
Кварц	79.7	62.0
Диккит	10.4	23.4
Пирит	1.0	9.9
Гетит	2.7	1.3
Магнетит	1.0	-
Гематит	0.8	-
Ярозит	0.9	0.8
Рутил	0.5	0.5
Барит	2.0	-
Калиевый полевой шпат	-	1.9
Циркон	0.9	0.1
Кальцит	-	0.2
И т о г о	99.9	100.0

*3.2. Схема подготовки смесевых проб к минералогическим исследованиям*

Исследования по изучению форм нахождения Au и Ag в рассматриваемых смесевых пробах А и В были выполнены на материалах этих проб (весом по 1.0кг), измельченных до крупности -0.15мм (80% -100меш). Подготовка проб для минералогических исследований осуществлялась по схеме (рис.6), включающей предварительное разделение измельченного материала (-0.15мм) соответствующей пробы (около 0.45 кг) в тяжелой жидкости с удельным весом 3.1г/см<sup>3</sup>. Далее, для выделения потенциально свободных частиц золота, полученная тяжелая фракция, содержащая в основном сульфиды, оксиды железа и тяжелые силикатные минералы, подвергалась тщательной отмывке (сепарации) в специальном лотке с выделением для пробы окисленной руды (А) последовательно 3-х продуктов: золотосодержащая «головка»; продукт оксидов железа; хвосты сепарации. Для пробы сульфидной руды (В) в данной операции были выделены 4 продукта: золотосодержащая «головка»; продукт сульфидов; продукт минералов сноса (второстепенный); хвосты сепарации.

Из всех продуктов сепарации (в том числе из легкой фракции от разделения в тяжелой жидкости) были изготовлены и изучены под электронным микроскопом 13 полированных шлифов, 7 из которых представляли пробу А, а 6 – пробу В. Кроме того, все продукты сепарации были подвергнуты пробирному анализу на золото и рассчитано распределение этого металла в них. Часть продуктов сепарации была подвергнута также химическому анализу на Ag, Fe, As и S (табл.11).

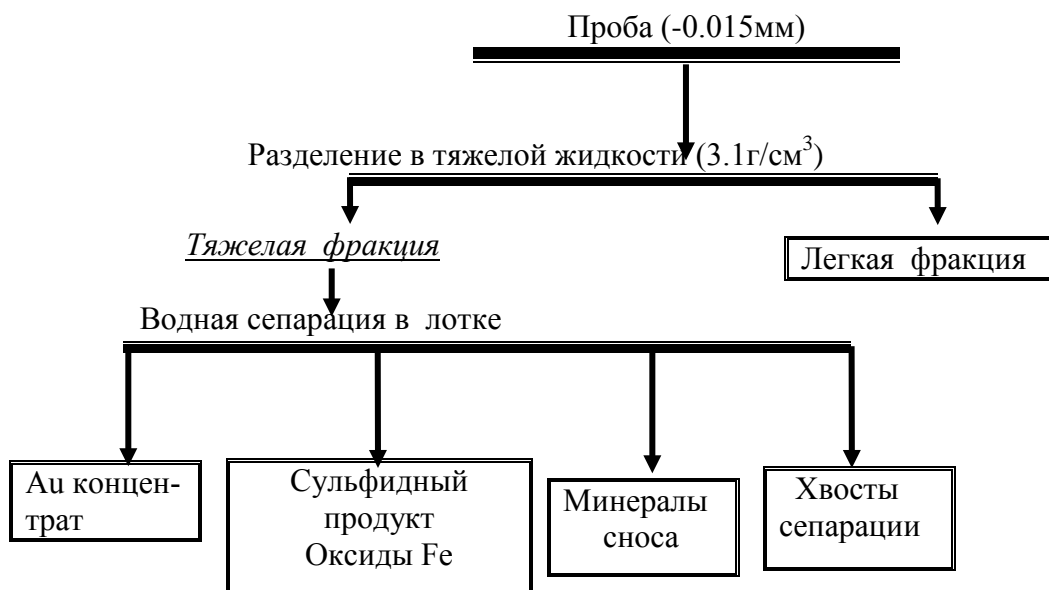


Рис. 6. Схема подготовки проб к минералогическим исследованиям на золото

Результаты исследований (табл.11), выполненные на пробе окисленной руды (Сомр.А), показывают, что всего около 16% золота, содержащегося в этой пробе, распределяется в тяжелую фракцию. При последующей водной сепарации этой фракции в лотке, всего около 3% указанного металла руды выделяется в так называемую «золотую головку» (Au концентрат) с потенциально возможным наличием свободных зерен золотин, и около 11% этого металла выделяется в продукт оксидов Fe-Ti. Данные факторы дают основание предполагать, что основное количество золота в окисленных рудах месторождения представлено мелкими – тонкодисперсными формами, возможно тесно ассоциируемыми с легкими нерудными минералами. Незначительная же часть золота тесно ассоциирована с оксидами Fe-Ti.

Исследования на пробе первичной руды (Сомр.В) показали, что в тяжелую фракцию (с выходом материала – около 11%) распределяется 53% золота, содержащегося в этой пробе. Последующая водная сепарация тяжелой фракции в лотке обеспечила возможность получения «золотой головки» (Au концентрат с потенциально возможным наличием свободных зерен золотин) с распределением в нее всего 3.5% названного металла. Кроме того, был также получен продукт почти чистых сульфидов железа (S-44.3%, Fe-40.9%) с извлечением из него до 43% золота этой пробы руды. Данные факторы дают основание предполагать, что основное количество золота в первичных рудах месторождения, также как и в окисленных рудах, представлено мелкими – тонкодисперсными формами, при

этом почти половина из них тесно ассоциировано с сульфидами железа, а другая половина – с легкими нерудными минералами.

Таблица 11

**Распределение золота по продуктам сепарации проб окисленных (Сомр.А) и первичных (Сомр.В) руд (см. рис.6)**

Наименование проб	Продукты сепарации	Выход, %	Содержание, г/т, %					Распределение Au, %
			Au, г/т	Ag, г/т	Fe, %	As, %	S, %	
Окисленная Composite A	Au концентрат	0.15	35.3	-	-	-	-	2.8
	Продукт оксидов Fe-Ti	3.22	6.23	-	25.6	0.31	5.35	10.6
	Хвосты водной сепарации	0.72	6.23	-	-	-	-	2.4
	Итого тяжелая фракция	4.09	7.30	-	-	-	-	15.8
	Легкая фракция	95.91	1.66	9.6	2.67	0.03	0.58	84.2
	Исходная проба руды	100.0	1.89	-	-	-	-	100.0
Первичная Composite B	Au концентрат	0.16	44.6	-	-	-	-	3.5
	Продукт сульфидов	8.34	10.5	-	40.9	0.19	44.3	42.9
	Продукт сноса минералов	1.64	8.0	-	24.5	0.16	-	6.4
	Хвосты водной сепарации	0.80	1.07	-	-	-	-	0.4
	Итого тяжелая фракция	10.94	9.93	-	-	-	-	53.3
	Легкая фракция	9.06	1.07	5.0	2.45	0.019	2.57	46.7
	Исходная проба руды	100.0	2.07	-	-	-	-	100.0

*3.3. Минералогическое изучение полированных шлифов*

Как было отмечено, для оценки форм нахождения Au и Ag в рассматриваемых смесевых пробах, из всех полученных продуктов сепарации (см. рис.6) были изготовлены и рассмотрены под электронным микроскопом 13 полированных шлифов, в том числе 7 из пробы окисленных (Сомр.А) и 6 из пробы первичных (Сомр.В) руд. При этом, были проведены сканирования и изучены состояния выявленных зерен Au и Ag минералов, в том числе их размеры (длина, ширина, площадь поверхности, расчетный диаметр), формы ассоциаций с другими минералами (свободное, приуроченное или заключенное внутри соответствующего минерала), а также их химический состав (спектральное зондирование), позволяющий установить разновидность оцениваемого минерального соединения.

*3.3.1. Проба окисленных руд – Composite A*

В указанном материале пробы окисленных руд (Сомр.А) было выявлено всего 7 знаков (зерен) золота и 16 знаков серебра и его минералов. Места нахождения (наименование продуктов обогащения руды), размеры и формы ассоциаций выявленных зерен золота представлены в таблице 12, а их химический состав (по Au и Ag) – в таблице 13. Аналогичные

данные по серебру представлены в таблицах 14 и 15. Кроме того, на рисунках 7 и 8 показаны микрофотографии (оптическое изображение), выявленных в рассматриваемой пробе зерен золота, а на рисунке 9 – Ag минералов.

Таблица 12

**Размеры и формы ассоциаций золота в пробе окисленных руд**

№ зерна	Продукт обнаружения зерна Au	Размеры зерен Au, мкр				Формы ассоциаций
		Длина	Ширина	Площадь, мкр <sup>2</sup>	Расчетный диаметр зерна	
1	Оксиды Fe	12	5	60	8	Свободное
2	Оксиды Fe	12	6	72	8	Приурочено к халькопирит/ковеллину
3	Оксиды Fe	3	3	9	3	Заклучено в гетите
4	Хвосты водной сепарации	30	30	900	30	Свободное
5	Легкая фракция	7	2	14	4	Приурочено к неустановленному минералу
6	Легкая фракция	2	2	4	2	---<---
7	Легкая фракция	2	2	4	2	Заклучено в неустановленном минерал/лимонит
Пределы расчетного диаметра зерен					2-30	
Усредненный диаметр всех зерен					8	

Представленные результаты электронной микроскопии (табл.12) подтверждают высказанное ранее предположение о наличии в рассматриваемом типе руд в основном мелкого золота. Из 7-ми выявленных зерен этого металла только одно зерно можно характеризовать как относительно крупное с расчетным диаметром 30 мкр (0,03 мм). Причем, это зерно пористое (рис.7а) и, вероятно, тонкое – «плавающее», т.к. оно обнаружено в хвостах водной сепарации от тяжелой фракции руды. Остальные же зерна характеризуются довольно мелкими формами, крупностью 2-8мкр. Часть очень мелких, почти дисперсных зерен (2-3мкр) покрыты (заклучены) окислами железа (рис.8а, с).

Спектральное зондирование выявленных зерен золота (табл.13) показало, что по своему химическому составу (полуколичественный анализ) все 7 зерен характеризуются в основном как высокопробное самородное золото с содержаниями основного металла в пределах 86.6 – 100.0%, в среднем – 96.7%. Представленные в табл.13 номера зерен соответствуют указанным в табл.12.

Таблица 13

**Результаты спектрального зондирования выявленных зерен Au (Сомр.А)**

№ зерна	Содержание, %			Наименование соединения
	Au	Ag	Сумма	

1	100.0	-	100.0	Самородное Au
2	100.0	-	100.0	Самородное Au
3	87.7	12.3	100.0	Самородное Au
4	93.4	6.6	100.0	Самородное Au
5	100.0	-	100.0	Самородное Au
6	99.6	0.4	100.0	Самородное Au
7	86.6	13.4	100.0	Самородное Au
В среднем	96.7	3.3	100.0	Самородное Au

Следует отметить, что наличие в окисленных рудах рассматриваемого месторождения в основном мелкого золота, часть из которых весьма тесно ассоциирована (покрыта) с окислами и гидроокислами железа, было установлено также ранее и сделано предположение о возможном присутствии в названном типе руд так называемого «плавающего» золота, т.к. экспериментально выделить относительно крупное золото различными гравитационными методами обогащения практически не удалось [2].

Таблица 14

**Размеры и формы ассоциаций серебра в пробе окисленных руд**

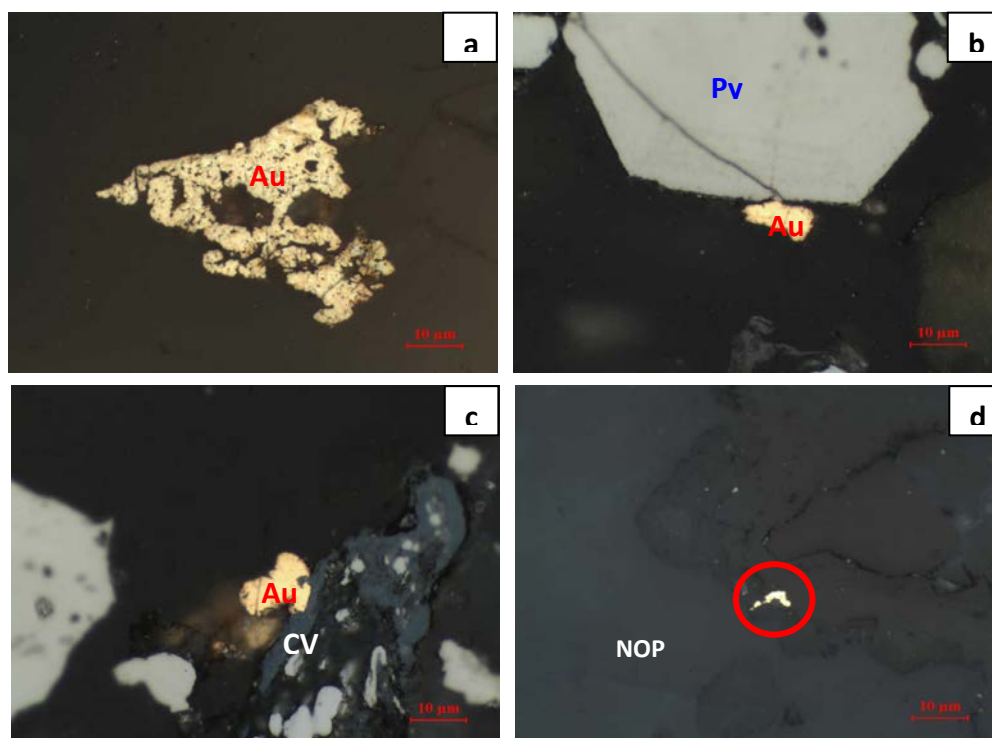
№ зерна	Продукт обнаружения зерна Ag	Размеры зерен Ag минералов, мкр				Формы ассоциаций	Наименование минерала
		Длина	Ширина	Площадь мкр <sup>2</sup>	Расчетный диаметр зерна		
1	Оксиды Fe	12	2	24	5	Заклучено в барите	Cu-Ag минерал
2	Оксиды Fe	10	4	40	6	Заклучено в барите	Cu-Ag минерал
3	Оксиды Fe	14	3	42	6	Заклучено в барите	Cu-Ag минерал
4	--«--	15	4	60	8	Заклучено в барите	Cu-Ag минерал
5	--«--	10	2	20	4	Заклучено в барите	Cu-Ag минерал
6	--«--	7	2	14	4	Заклучено в барите	Cu-Ag минерал
7	--«--	4	2	8	3	Заклучено в барите	Cu-Ag минерал
8	--«--	4	0.5	2	1	Заклучено в барите	Cu-Ag минерал
9	--«--	10	2	20	4	Заклучено в барите	Cu-Ag минерал
10	--«--	4	2	8	3	Заклучено в барите	Cu-Ag минерал
11	--«--	8	3	24	5	Заклучено в барите	Ялпаит-Ag <sub>3</sub> CuS <sub>2</sub>
12	--«--	2	1	2	1	Заклучено в барите	Ялпаит-Ag <sub>3</sub> CuS <sub>2</sub>
13	--«--	8	3	24	5	Заклучено в барите	Cu-Ag минерал
14	Легкая фракция	8	6	48	7	Заклучено в барите	Самород. Ag
15	Легкая фракция	12	3	36	6	Заклучено в барите	Самород. Ag
16	Легкая фракция	16	2	12	3	Заклучено в барите	Cu-Ag минерал
Пределы расчетного диаметра зерен					1-8		
Усредненный диаметр всех зерен					5		

Оценивая формы нахождения минералов серебра в пробе окисленных руд (табл.14, рис.9), отметим, что все выявленные зерна этих минералов характеризуются довольно мелкими (1-8 мкр), почти дисперсными формами, заключенными в барите. По своему химическому составу (табл.15), установленному спектральным зондированием, основное количество этих зерен (7 знаков) характеризуются как Ag – Cu сплав, 2 зерна – самородной формой Ag, еще 2 зерна медьсодержащим сульфидом серебра – ялпаитом ( $Ag_3CuS_2$ ) и одно зерно также медьсодержащим сульфидным минералом – штрмейеритом ( $AgCuS$ ).

Таблица 15

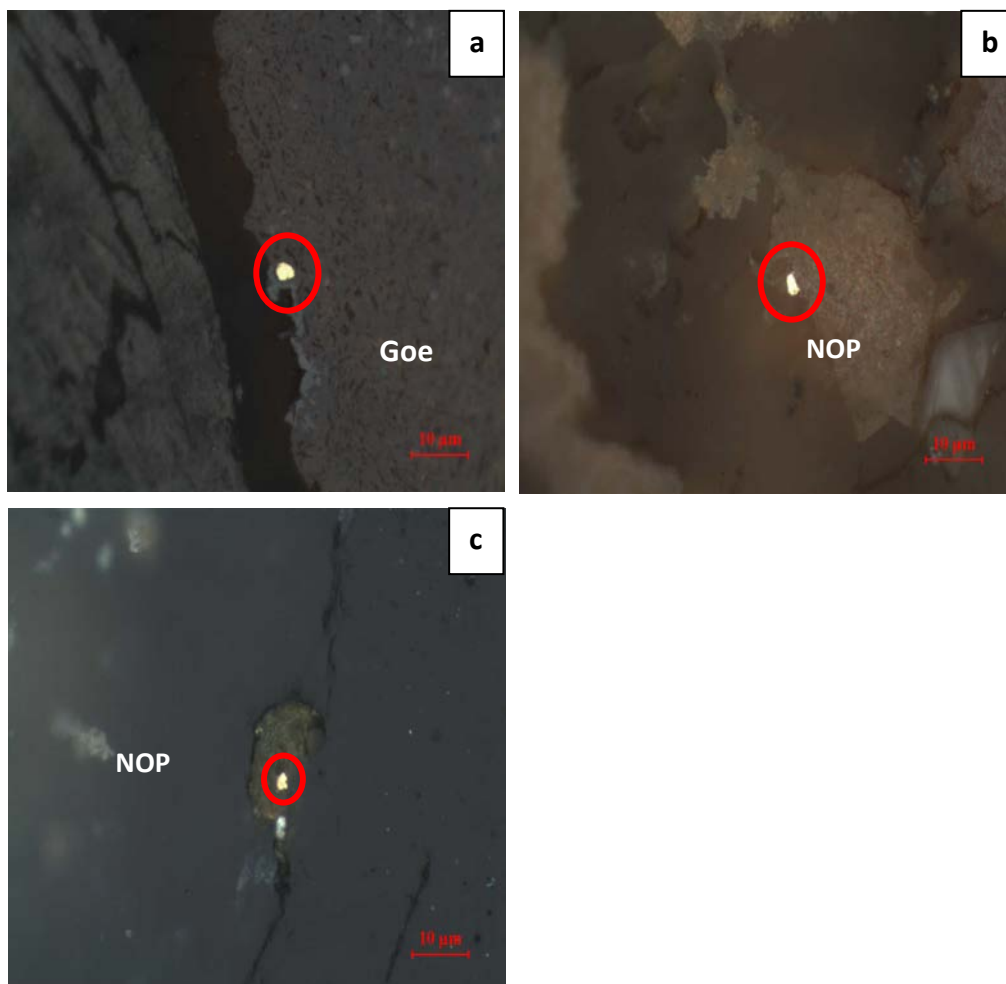
**Результатирующие данные спектрального зондирования выявленных зерен минералов Ag в окисленных рудах (Сомр.А)**

Количество зерен	Содержание элементов, %					Наименования минералов Ag
	Ag		Cu		S	
	Пределы	Среднее значение	Пределы	Среднее значение		
2	84.1-96.7	90.4	3.3-15.9	9.6	-	Самородное Ag
7	41.3-73.8	62.0	26.0-58.7	37.8	-	Ag - Cu сплав
2	49.7-61.9	55.7	26.6-32.9	29.7	14.5	Ялпаит – $Ag_3CuS_2$
1	55.1		28.6		16.33	Штрмейерит- $AgCuS$

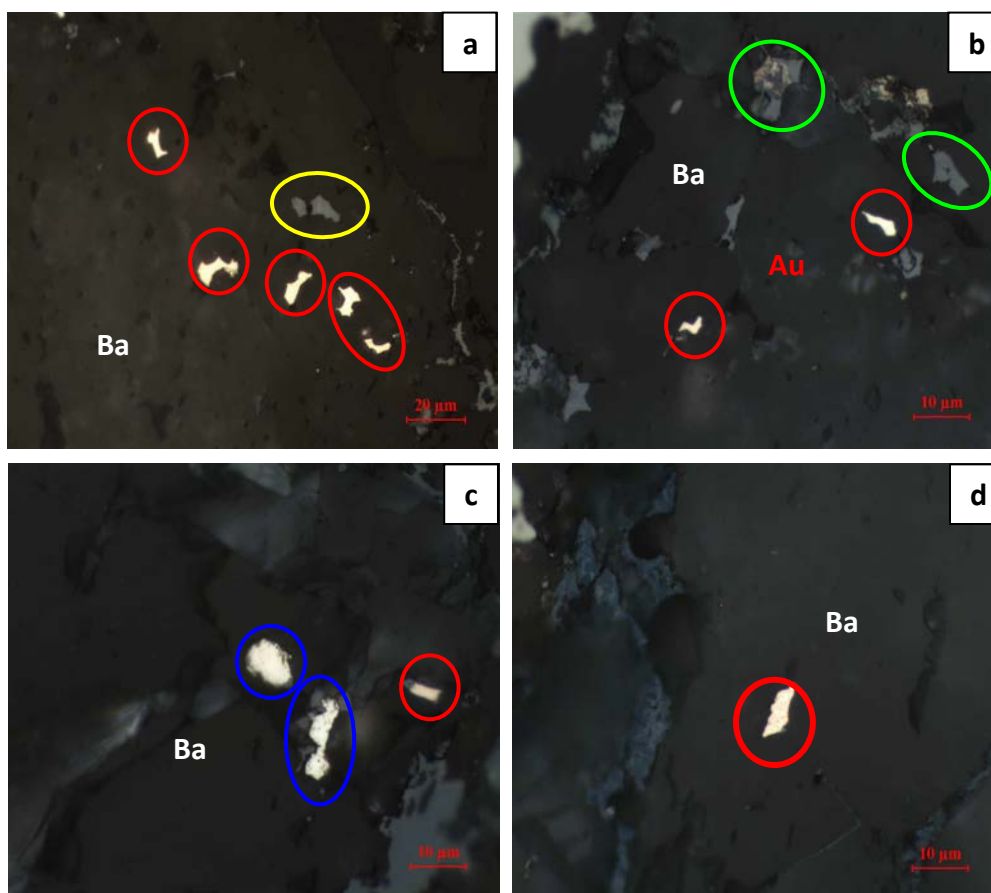


**Рис. 7.** Фотографии зерен золота (желтое) в пробе окисленной руды (Сомр.А)

a) – большое свободное и частично пористое зерно; b) – свободное зерно около пирита (Pv); c) - приурочено к ковеллину (CV) и к темным (неопределенный) минералам (NOP); d) – свободное (обведено красным), приурочено к темным (неопределенный) минералам.



**Рис.8.** Фотографии мелких зерен золота (обведены красным) в пробе окисленных руд (Сомр.А)  
а и с) – заключено в гетите; б) – заключено в темном (неопределенный) минерале (NOP)



**Рис. 9.** Фотографии зерен минералов Ag в пробе окисленных руд (Сомр.А)

Все минералы заключены в барите:

а) – Cu-Ag сплав (обведены красным) и штромейерит-AgCuS (обведен желтым); б) – Cu-Ag сплав (обведен красным) и ялпаит-Ag<sub>3</sub>CuS<sub>2</sub> (обведены зеленым); в) – Cu-Ag сплав (обведен красным) и самородное серебро (обведены синим); д) – Cu-Ag сплав (обведен красным).

### 3.3.2. Проба первичных руд - Composite B

При микроскопическом исследовании шести полированных шлифов данной пробы (Сомр.В) было выявлено 21 зерно золота. Все они были обнаружены в предварительно обогащенном материале пробы - Au концентрате. Места нахождения (наименование продукта обогащения руды), размеры и формы ассоциаций выявленных зерен золота представлены в таблице 16, а их химический состав (по данным микроспектрального зондирования на Au и Ag) – в таблице 17. Кроме того, на рисунке 10 показаны микрофотографии (оптическое изображение) некоторых выявленных в рассматриваемой пробе зерен золота.

Таблица 16

**Размеры и формы ассоциаций золота в пробе первичных руд  
(Сомр.В)**

№ зерна	Продукт обнаружения зерна Au	Размеры зерен Au, мкр				Формы ассоциаций
		Длина	Ширина	Площадь, Мкр <sup>2</sup>	Расчетный диаметр зерна	
1	Au концентрат	2	1	2	1	Заключено в пирите
2	Au концентрат	1	1	1	1	Заключено в пирите
3	Au концентрат	2	1	2	1	--«--
4	Au концентрат	6	2	12	3	--«--
5	Au концентрат	1	1	1	1	--«--
6	Au концентрат	7	4	28	5	Приурочено к пириту
7	Au концентрат	3	1	3	2	Заключено в борнит/ халькозин/ковеллин
8	--«--	2	2	4	2	--«--
9	--«--	2	1	2	1	--«--
10	--«--	5	2	10	3	--«--
11	--«--	2	2	4	2	--«--
12	--«--	1	1	1	1	--«--
13	--«--	2	1	2	1	--«--
14	--«--	5	4	20	4	--«--
15	--«--	6	4	24	5	--«--
16	--«--	2	1	2	1	--«--
17	--«--	3	3	9	3	--«--
18	--«--	7	3	21	5	--«--
19	--«--	10	8	80	9	Приурочено к борнит/ халькозин/ковеллину
20	--«--	4	3	12	3	--«--
21	--«--	75	50	3750	61	Свободное
Пределы расчетного диаметра зерен					1 - 61	
Усредненный диаметр всех зерен					6	

Таблица 17

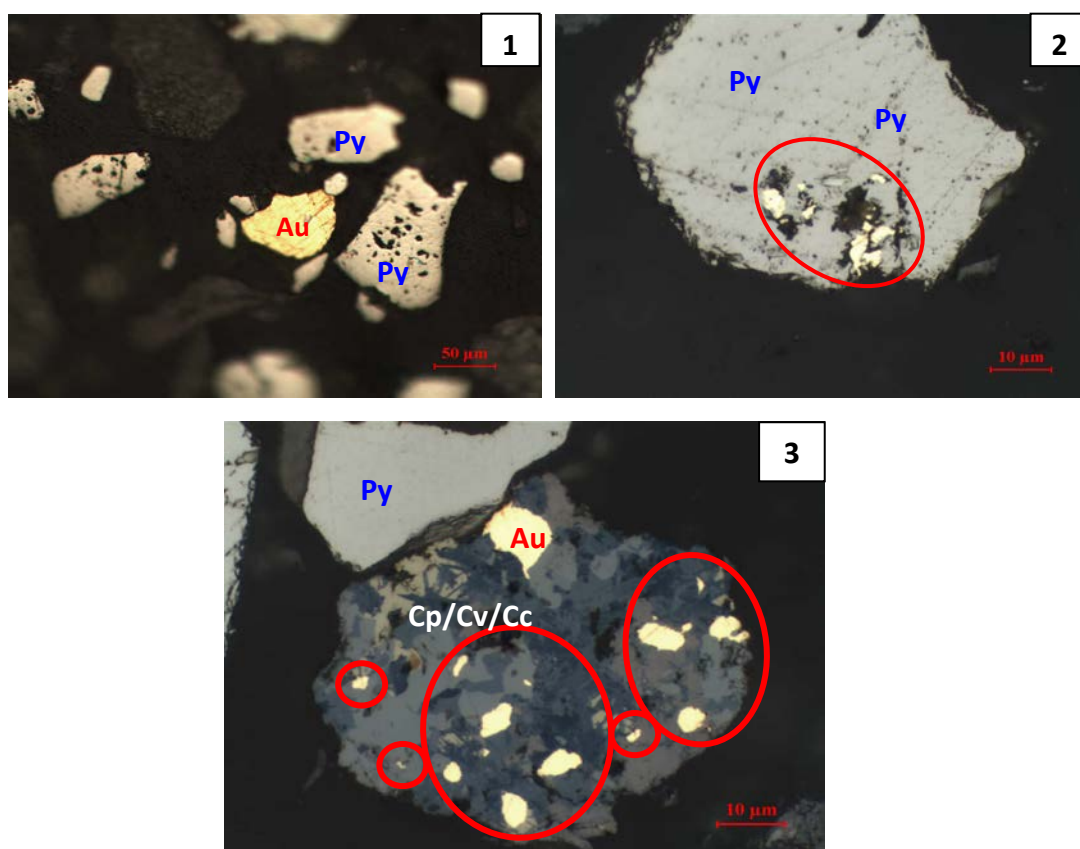
**Результатирующие данные спектрального зондирования некоторых  
выявленных зерен золота в первичных рудах (Сомр.В)**

Количество зёрен	Содержание элементов, %				Наименование соединения
	Au		Ag		
	Пределы	Среднее значение	Пределы	Среднее значение	
3	85.7-95.3	91.8	4.7-14.3	8.2	Самородное Au

Согласно результатам выполненных исследований (табл.16), основное количество зерен золота, выявленных в данной пробе руд, характеризуются очень мелкими, почти дисперсными формами, заключенными в сульфидах железа (пирит) и меди (халькопирит, ковеллин, халькозин). Из

21 обнаруженных зёрен всего одно зерно характеризуется как относительно крупное (61 мкр) – свободное (рис. 9, 1), три зерна (крупностью 3-9 мкр) оцениваются как приуроченные к сульфидам меди и железа, а остальные – 17 знаков представлены весьма мелкими формами (в основном 1-3 мкр) заключенными (покрытыми) в названные сульфиды.

По результатам микроспектрального зондирования 3-х зёрен золота (табл.17) они классифицируются как самородное золото. Содержанием основного металла в них колеблется в пределах 85.7 – 95.3%, в среднем – 91.8%. Следует отметить, что данный показатель пробыности золота несколько ниже, чем в пробе окисленных руд (96.7%, табл.13).



**Рис. 10.** Фотографии зерен золота (желтое и обведены красным) в пробе первичных руд (Сомр.В) 1) – свободное; 2) – заключенные в пирит (Py); 3) – заключенные в халькопирит/ковеллин/халькозин (Cp/Cv/Cc)

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В целом, по результатам минералого-петрографических исследований смесевых проб окисленных (Composite A) и сульфидных первичных (Composite B) руд можно сделать следующие выводы.

*Проба окисленных руд (Composite A)*

1. Материал пробы представлен в основном кварцем (~80%), некоторым количеством глинистого минерала – диккитом (10%), оксидами железа (5.5%) и титана (0.5%), баритом (2%) и в незначительном количестве – пиритом (1%).
2. Золото в материале пробы характеризуется самородным состоянием с относительно мелкой крупностью зерен, основное количество которых (более 80%) тесно ассоциируются с легкими – нерудными минералами (табл.11, легкая фракция от разделения материала пробы в тяжелой жидкости).
3. В продуктах водной сепарации тяжелой фракции выявлены 7 знаков (зёрен) самородного золота, 6 из которых характеризуются крупностью в пределах 2-8мкр, и одно относительно крупное – 30мкр с весьма пористой структурой.
4. По форме ассоциаций два выявленных относительно крупных зерна (8 и 30мкр) золота представлены в свободном состоянии, а остальные находятся в тесной ассоциации и частично покрыты (заключены) оксидами железа.
5. По результатам микроспектрального зондирования почти все выявленные зёрна самородного золота характеризуются как высокопробные с содержаниями основного металла в пределах 86.6-100.0% (в среднем 96.8%).
6. В материале пробы обнаружены 16 мелких зерен минералов серебра (в среднем 5мкр), заключенных в барите. Значительная часть этих зёрен характеризуются как Ag-Cu сплав, 2 зерна - самородной формой, 3 зерна - медьсодержащими минералами сульфида серебра: ялпаитом и штроейеритом.
7. Установленные формы нахождения Au и Ag дают основание с большой долей вероятности предположить, что наиболее полное выделение золота из окисленных руд может быть обеспечено только при относительно тонком измельчении этих руд (в пределах 80 – 90% - 75мкр). В этой связи, применение для данного минерального сырья метода кучного выщелачивания представляется малоэффективным и нецелесообразным. Что касается серебра, то эффективное выделение этого металла представляется маловероятным.

*Проба сульфидных первичных руд (Composite B)*

1. Минеральный состав пробы в основном идентичен с пробой окисленных руд (Сомр.А) при значительно более высоком содержании пирита (10%) и незначительном присутствии оксидов железа (1.3%), что позволяет характеризовать её как первичная сульфидная руда. Следует отметить более высокое содержание глинистого минерала – диккита (23%) в рассматриваемой пробе.
2. Золото в данной пробе также характеризуется в основном мелкими са-

- морозными зернами, половина из которых (53%) тесно ассоциируются с сульфидами железа и меди, а остальные с легкими – нерудными минералами.
3. В гравитационно обогащенном продукте (золотой «головке») данной пробы обнаружено 21 знака (зёрен) золота, из которых всего одно сравнительно крупное (61мкр) представлено в свободном состоянии, 3 зерна приурочены, а остальные 17 в виде мелких включений (1-8мкр) заключены в пирит и сульфиды меди (халькопирит, халькозин, ковеллин).
  4. По результатам микроспектрального зондирования 3-х зёрен самородное золото в первичных рудах характеризуется более низким качеством (в среднем Au – 91,8%), чем в пробе окисленных руд (96,8%).
  5. Выявленные формы нахождения Au в первичных рудах дают основание предположить, что наиболее полное извлечение данного металла может быть обеспечено за счет эффективного выделения из этого типа руд сульфидов железа и меди. Последнее может быть осуществлено флотационным методом обогащения. При этом следует отметить, что обнаруженное в рассматриваемых рудах относительно крупное свободное зерно Au, позволяет предположить возможность выделения подобных гравитационными методами обогащения перед флотацией сульфидов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Азадалиев Дж.Д., Мусаев Ш.Ф., Мамедова Т.А. Характерные особенности Човдарского золоторудного месторождения (Малый Кавказ, Азербайджан) // Вестник Бакинского Университета. Серия естественных наук. 2013, №2, с.117-130.
2. Ахмедов А.З., Мусаев Ш.Д. и др. Вещественный состав и технологические характеристики минерального сырья Човдарского золоторудного месторождения // Изв.НАН Азербайджана. Науки о Земле. 2004, №4, с.64-73.
3. Баба-заде В.М., Мусаев Ш.Д., Насибов Т.Н., Рамазанов В.Г. Золото Азербайджана. Азербайджан Милли Энциклопедиясы. Баку, 2003, 424 с.
4. Баба-заде В.М., Абдуллаева Ш.Ф. Благороднометалльные рудно-магматические системы: Човдарское месторождение, Сомхито-Карабахская зона//Вестник Бакинского Университета. Серия естественных наук. 2009, №3, с.138-158.
5. Баба-заде В.М., Абдуллаева Ш.Ф. Благороднометалльные рудно-магматические системы. Баку: БГУ, 2012, 276 с.
6. The Mineralogical Characteristics of seven Metallurgical Samples. Prepared for SGS Mineral Services SERVICES UK LTD – Chovdar Deposit. Project 12278-001, M15005-NOV09, M15021-NOV09. January 30, 2010, Leyksfild, Ontario, Canada.
7. A Gold deportment study of two composite samples from the Chovdar deposit. Prepared for SGS Mineral Services UK LTD. Project 12278-002–M15011-JAN10. January 2, 2010, Leyksfild, Ontario, Canada.

## ÇOV DAR QIZIL FİLİZİ YATAĞI MİNERAL XAMMALININ MADDİ TƏRKİBİ

V.M.BABAZADƏ, Ş.C.MUSAYEV, A.Z.ƏHMƏDOV, Ş.F.ABDULLAYEVA

### XÜLASƏ

Yeddi laboratoriya texnoloji sınağın əsasında Azərbaycanın perspektivli yataqlarından biri olan yeni morfoqenetik tipli qızıl filizi mineral xammalının dəqiq maddi tərkibi və texnoloji xüsusiyyətləri öyrənilmişdir.

Çovdar qızıl filizi yatağında filizlərin iki təbii tipi müəyyən edilmişdir: oksidləşmiş və ilkin sulfid. Laboratoriya texnoloji sınaqlar yatağın müxtəlif sahələrini və filiz tiplərini səciyyələndirən kern materialından götürülmüşdür. Çovdar Composite sınağı (700 kq çəki ilə) yatağın müxtəlif nöqtələrindən və yatım dərinliyindən götürülmüş filizlərin qatışıdır. Hər birinin çəkisi 150 kq olan digər altı kompozisiya Composite A (C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>) və Composite B (C<sub>4</sub>, C<sub>5</sub>, C<sub>6</sub>) kern nümunələri olub, verilən mineral xammalın texnoloji xüsusiyyətlərinin tədqiqi və onun emalının rəşional texnoloji sxeminin işlənilməsi üçün nəzərdə tutulmuşdur. Filizlərin kimyəvi tərkibi və onların ümumi kimyəvi tərkibi, o cümlədən kükdə saxlayan mineral formaları, misin mineral formaları, əsas filiz minerallarının ayrılma və assosiasiya formaları, nəcib metalların ayrılma və assosiasiya formaları təyin edilmişdir. Nümunələrin mineraloji tərkibi QEMSCAN™ əməliyyat sistemi ilə təyin edilmişdir. Bu sistem aşkar olunmuş mineral formalarının miqdari qiymətləndirilməsi ilə yanaşı, onların kimyəvi tərkibini və dənələrin ölçüsünü təyin etməyə birbaşa imkan verir.

Qızıl oksidləşmiş filizlərdə (Composite A) dənələrin iriliyinə nəzərən xırda olmaqla sərbəst vəziyyəti ilə səciyyələnir. Onların əsas hissəsi (80%-dən çox) qeyri-filiz mineralları ilə assosiasiya təşkil edir. Ağır fraksiyanın su ayrılması məhsullarında yeddi sərbəst qızıl dənəsi aşkar olunmuşdur, onlardan altısı 2-8 mkr, bir dənə isə nisbətən böyük – 30 mkr ölçüdədir. Qızıl yüksək əyyarlıdır 86,6-100,0% (orta hesabla 96,8%). Gümüşün müəyyən olunmuş dənələrinin əksər hissəsi (onlar cəmi 16-dır, ölçüləri orta hesabla 5 mkr) baritdədir və Ag-Cu ərintisi, sərbəst, gümüşün mis saxlayan sulfidi-yalpait Ag<sub>3</sub>CuS<sub>2</sub> və ştromeyerit AgCuS forması ilə səciyyələnir. Bütün bu birləşmələr, qızıl dənələri kimi, sıx assosiasiya təşkil edir və qismən dəmir oksidi ilə örtülmüşdür.

İlkin sulfid filizlərində (Composite B) qızıl, həmçinin xırda sərbəst dənələrlə səciyyələnir və onlardan yarısı (53%) dəmir və misin sulfidləri ilə qalanları isə yüngül – qeyri-filiz mineralaları ilə sıx assosiasiya təşkil edir. Bu nümunənin qravitasiya zənginləşmiş məhsulunda (qızıl “başlığı”) qızılın 21 dənəsi müəyyən edilmişdir, onlardan biri sərbəst vəziyyətdə iri (61 mkr), üç dənə və habelə yerdə qalan 17 dənə isə xırda daxilolmalar şəklində (1-8 mkr) piridə və misin sulfidlərində (xalkopirit, xalkozin, kovellin) toplanmışdır. İlkin filizlərdə sərbəst qızıl oksidləşmiş filizlərə nisbətən aşağı keyfiyyətlidir (orta hesabla Au-91,8%).

Filizlər kasıb sulfid kvarslı qızıl saxlayandır, zərərli qatışıqların (As, Sb, F, Cl və Hg, C<sub>üzvi</sub> –xüsusi üzvi karbon analizi vasitəsilə yerinə yetirilmişdir) minimal, dəmir oksidinin isə nisbətən yüksək miqdarı ilə səciyyələnir.

İlkin filizlərdə qızılın aşkar olunmuş formaları əsas verir ki, bu metalın tam çıxarılması bu tip filizlərdən dəmir və misin sulfidlərinin effektiv çıxarılmasının hesabına baş verə bilər. Sonuncu zənginləşmiş flotasiya üsulu ilə yerinə yetirilə bilər.

**Açar sözlər:** Çovdar yatağı, qızıl, maddi tərkib, mineral xammal, texnoloji sınaq, oksidləşmiş filiz, ilkin sulfid filizi, mineral forması

## THE MATERIAL COMPOSITION OF MINERAL RAW MATERIALS OF CHOVDAR GOLD ORE DEPOSIT

V.M. BABA-ZADEH, Sh.J.MUSAYEV,  
A.Z .AHMADOV, Sh.F.ABDULLAYEVA

### SUMMARY

The material composition and technological peculiarities of the new morphogenetic type of gold ore mineral raw materials of one of the prospective gold ore deposits of Azerbaijan have been studied in detail by the example of seven laboratory technological samples.

Two natural types of ores have been established in Chovdar gold ore deposit: oxidized and primary sulphide that are delimited by the mixed semi-oxidized ores and have been provided for development together with oxidized ores in the future. Laboratory technological samples have been taken from core material representing different areas and types of deposit's ores. The sample of Chovdar Composite (with 700 kg weight) is mixture of deposit's ores taken from various points and the occurrence depths of deposit. Other six compositions of Composite A (C1, C2, C3) and Composite B (C4, C5, C6) of the core samples, each weighing 150 kg, were intended to investigation of the technological features of this mineral raw materials and development of rational technological scheme of its processing. The chemical composition of ores and their total mineral composition including sulfur-containing mineral forms, mineral forms of copper, forms of separations and associations of the main ore minerals, forms of separations and associations of the precious metals have been investigated. The mineral composition of the samples' material has been studied by the QEMSCAN<sup>TM</sup> operating system allowing to determine their chemical composition and grain sizes along with quantitative assessment of the revealed mineral forms.

The gold is characterized by native state with a relatively small grain size, the principal amount of which (more than 80%) is closely associated with the non-metallic minerals in the oxidized ores (Composite A). Seven grains of the native gold, six of which with size - 2-8  $\mu\text{m}$ , one relatively large - 30  $\mu\text{m}$  have been revealed in water separation products of the heavy fraction. High-grade gold is 86,6-100,0% (average 96.7%). A significant part of the discovered grains of the silver minerals (they are 16 in all, their average size - 5  $\mu\text{m}$ ) includes in barite and is characterized as Ag-Cu alloy, native form, copper-containing minerals of silver sulfide – jalpaite  $\text{Ag}_3\text{CuS}_2$  and shtromeyerite  $\text{AgCuS}$ . Nearly all these compounds as well as gold grains are closely associated and are partially covered by iron oxides.

Gold in the primary sulphide ores (Composite B) is also characterized mostly by small native grains, half of them (53%) is closely associated with sulphides of iron and copper, and the rest - with light non-metallic minerals. There have been found 21 grains of gold, one of them being relatively large (61  $\mu\text{m}$ ) has been presented in free state, three grains have been confined and the other 17 as small inclusions (1-8  $\mu\text{m}$ ) have been included in pyrite and copper sulfides (chalcopyrite, chalcocite, covellite) in the gravitational concentrated product (gold "head"/gold gravity concentrate) of this sample. The native gold in the primary ores is characterized by lower quality (average Au - 91,8%) than in the sample of the oxidized ores.

Low-sulfide quartz gold-containing ores are characterized with minimum amount of harmful impurities (As, Sb, F, Cl and Hg,  $C_{\text{org}}$  – it has been carried out by special analysis for organic carbon) at relatively high content of iron oxides.

The revealed gold speciation in primary ores suggest that the most complete extraction of this metal can be provided due to the effective recovery of iron and copper sulfides from this type of ore. The last one may be carried out by flotation method.

**Key words:** Chovdar deposit, gold, material composition, mineral raw material, technological sample, oxidized ore, primary sulphide ore, mineral form.