

**ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
МЕДНО-ЦИНКОВЫХ РУД АРТАПИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ
МАЛОГО КАВКАЗА**

А.З.Ахмедов

НИИ минерального сырья национальной геологоразведочной службы

МЭПР Азербайджана

AZ1117, г.Баку, ул. Натаван, 16: alihakmedov@mail.ru

**MATERIAL COMPOSITION AND TECHNOLOGICAL PECULIARITIES
OF COPPER-ZINC ORES OF ARTAPA DEPOSIT IN LESSER CAUCASUS**

A.Z.Ahmadov

Research Institute of Mineral Commodities of National Geological Survey

Natavan Str. 16, Baku, Azerbaijan, AZ1117: alihakmedov@mail.ru

Keywords: *Lesser Caucasus, pyrites, copper-zinc, material composition, refining technology, enrichment, flotation*

Summary. The material composition and technological features of the pyrite copper-zinc mineral commodities discovered in 1910 by the German company "Br. Siemens" were first-ever assessed in detail. The investigations were carried out based on the two technological lab samples of ores and their mixture (with ratio 1:1) taken from the tunnel No. 2. One of the samples characterizes the site enriched with ore minerals (Zn, Cu, Fe), and the other one characterizes the poor ore-bearing rocks located nearby. Gold- and silver-bearing natures of ores from both sites were revealed. Forms of the main ore minerals' presence, degree of their oxidation and the size of the precipitation are determined. Taking into account the material composition and the revealed technological features, a flotation enrichment scheme was developed and experimentally carried out with an aim to process the tested mineral commodities, which provides sufficiently high recovery indices of the conditioned zinc concentrate with industrially significant contents of gold, silver and cadmium.

© 2019 Earth Science Division, Azerbaijan National Academy of Sciences. All rights reserved.

Как известно, азербайджанская часть Малого Кавказа характеризуется наличием многочисленных месторождений и рудопоявлений цветных и благородных металлов. По названному минеральному сырью наиболее перспективным в данном регионе считается Гядабейский рудный район. Здесь еще с середины XIX века германской концессией «Бр. Сименс» производилась промышленная эксплуатация и обработка одноименного колчеданного медного золотосодержащего месторождения.

Отметим, что эксплуатация Гядабейского месторождения в те годы осуществлялась малопродуктивным, экономически хищническим и экологически далеко небезвредным способом, основанным на непосредственном металлургическом переделе руды. Так, в начальный период обрабатывались руды с содержанием меди 8-10%, затем бортовое содержание по указанному

металлу было снижено до 4,5%, а к концу эксплуатации (1912- 1917 г.г.) – до 2,5% (Мамедов и др., 2005). В результате на месторождении, особенно на верхних его горизонтах, остались достаточно значимые запасы золотосодержащих медных руд, которые в настоящее время успешно обрабатываются фирмой "AIMG R.V. Investment".

Рассматриваемое в настоящей статье Артапинское (Ново-Гореловское) медно-цинковое месторождение расположено в северо-восточной части Гядабейского рудного поля, в 1 км к северу от пос. Артапа (Ново-Гореловка). Данный рудоносный участок был выявлен в 1910 г. фирмой «Бр. Сименс» в результате проходки двух штолен. Одна из них (шт. №2) подсекла крутопадающее рудное тело в форме штока с богатым колчеданным медно-цинковым оруденением. На некоторых участках этого рудного тела содержание

меди достигало 5%, а цинка – 15% (Murtuzayev, 2016). Отметим, что в тот период времени выявленное рудное тело было оконтурено не полностью.

В 2013-2015 годах на данном рудоносном участке Малокавказской геолого-поисковой экспедицией Национальной геологоразведочной службы была проведена геолого-поисковая стадия работ на комплекс ценных компонентов, а также металлы платиновой группы с прогнозной их оценкой по категории P₁ (Murtuzayev, 2016). В рамках этой работы была восстановлена упомнутая выше штольня №2.

Исследования, представленные в настоящей работе, были выполнены на материале двух лабораторных технологических проб руд (общим весом 210 кг), отобранных из прямого ствола шт. №2. Одна из них характеризовала обогащенный цинком (8,5%) и медью (0,9%) участок штольни, а вторая – рудоносные породы (в %: Zn – 0,15, Cu – 0,03, Fe – 2,0, S – 0,25), расположенные на стыке с обогащенным рудным участком. В обеих пробах установлены 0,8 и 0,25 г/т золота и 39,5 и 3,0 г/т серебра, свидетельствующие об их золото- и сереброносности.

С целью определения возможности увеличения запасов месторождения, нижеописываемые детальные химико-технологические исследования

минерального сырья месторождения были выполнены на смеси указанных проб руд, составленной в соотношении 1:1. Минералогическое же изучение было осуществлено раздельно на материалах обеих проб. Отметим, что для данного месторождения рассматриваемые ниже детальные исследования никем ранее не проводились.

Вещественный состав руды

Химический состав материала смесевой технологической пробы руды был установлен по результатам полного химического (в том числе силикатного), комбинированного пробирно-атомно-абсорбционного (на Au, Ag, Pt, Pd), а также количественного атомно-эмиссионного с индуктивно связанной плазмой (ICAP) анализов. Последние два вида анализа выполнены в институте ЦНИГРИ, г. Москва.

Результаты указанных исследований (табл. 1) свидетельствуют, что основными промышленно значимыми ценными компонентами исследуемой пробы руды являются цинк и медь. Для попутного извлечения весьма важное значение могут иметь Au, Ag и Cd. Содержание же платиноидов и других металлов очень низкое, что не позволяет рассматривать их как промышленно значимые.

Таблица 1

Химический состав исследуемой технологической пробы руды

№ п/п	Элементы	Содержание: %, г/т	№ п/п	Соединения	Содержание: %
1	Zn	4,35	1	SiO ₂	48,55
2	Cu	0,54	2	Al ₂ O ₃	10,64
3	Au, г/т*	0,53	3	Fe ₂ O ₃ , в т. числе Fe валов.	9,90
4	Ag, г/т *	20,0			6,93
5	Pt, г/т *	0,0023	4	SO ₃ , в т. числе S общ.	12,75
6	Pd, г/т *	0,0024			5,10
7	Cd	0,014	5	CaO	2,89
8	Pb	0,035	6	MgO	1,86
9	As**	0,0012	7	Na ₂ O	2,52
10	Sb**	0,0005	8	K ₂ O	1,21
11	Co**	0,0012	9	TiO ₂	0,57
12	Te**	<0,0001	10	MnO	0,22
13	Se**	<0,0005	11	P ₂ O ₅	0,10
14	In**	0,00012	12	П.П.П.	3,10
15	Ni**	0,00173		Итого	94,31
16	Mo**	0,00065			
17	Ba**	1,28			
	Итого	6,23			

Примечание: * - комбинированный пробирно-атомно-абсорбционный анализ;
** - атомно-эмиссионный с индуктивно связанной плазмой (ICAP) анализ

Положительным фактором вещественного состава рассматриваемой руды является незначительное присутствие в ней вредных примесей – мышьяка (0,0012%) и сурьмы (0,0005%), жестко лимитируемых в получаемых из подобных руд концентратах цветных металлов для последующего металлургического передела.

Оценивая состояние главных рудообразующих элементов (Fe, S) и их соединений, отметим присутствие в исследуемой пробе достаточно значимых содержаний серного ангидрида SO_3 (12,75%) и оксида железа Fe_2O_3 (9,9%), что дает основание предполагать: наряду с сульфидными минералами меди и цинка в пробе присутствует также относительно большое количество сульфидов железа (пирита и пирротина).

Основным породообразующим соединением является оксид кремния (48,5%). Кроме того, в пробе наблюдаются относительно повышенные содержания оксида алюминия (10,6%), а также оксидов натрия и калия (суммарно 3,7%), что означает присутствие в ней значимых количеств минералов глины. Последние обычно осложняют технологический процесс флотационного извлечения минералов ценных компонентов из подобных руд. Наряду с указанными, в пробе отмечается также некоторое количество карбонатообразующих оксидов кальция (2,9%) и магния (1,9%).

Одними из основных факторов вещественного состава руд цветных металлов, определяющими их технологические свойства, являются минеральная форма нахождения основных рудных минералов и количественные соотношения гипогенных и гипергенных их форм. Для оценки этих особенностей на материале исследуемой пробы был выполнен гидрохимический рациональный (фазовый) анализ на основные рудные минералы¹. Анализ был осуществлен по методике, рекомендованной Н.А.Филипповой (1963).

Результаты этих исследований (табл.2) свидетельствуют, что медные минералы в испытуемой руде на 67% представлены первичным сульфидом (халькопиритом), а около 24% – вторичными сульфидами (халькозином, ковеллином и борнитом) и незначительно (~9%) – окисленными минералами (азуритом, малахитом, купритом и др.).

Цинковые минералы почти на 63% представлены первичным сульфидом (сфалеритом), а ~27% – высокожелезистым сульфидом (марматитом), что подтверждено рассматриваемыми ниже минералогическими исследованиями.

Окислы цинка (каламин, смитсонит) в рассматриваемой пробе руды составляют всего 10,4%.

Рассматривая главные железосодержащие минералы руды, отметим, что основным из них является пирит (~69%). Кроме того, в руде присутствуют также пирротин, оксиды и гидроксиды железа (суммарно 28%). Причем по результатам рассматриваемых ниже минералогических исследований количество оксидов и гидроксидов железа в испытуемой пробе руды незначительно. В этой связи наиболее вероятно, что рассматриваемая форма минералов железа представлена в основном пирротинном.

В целом приведенные результаты рационального анализа свидетельствуют, что материал исследуемой пробы характерен для колчеданной Cu-Zn руды. По степени окисленности основных рудных минералов его можно отнести к первичному, тяготеющему к полуокисленному (смешанному) типу руды. Относительно повышенное количество вторичных сульфидов меди, а также некоторое количество окислов и гидроксидов железа в пробе, вероятно, можно объяснить весьма давним сроком вскрытия шт. №2 (1910 г.), откуда был отобран рассматриваемый материал руды.

*Минералогические исследования*² были выполнены посредством изучения под микроскопом ряда прозрачных шлифов и аншлифов, изготовленных из каменного материала проб, отобранных как из обогащенного рудного участка, так и из участка рудоносных пород шт. №2.

По результатам исследований *аншлифов*, изготовленных из материала *обогащенного рудного участка*, установлено, что они в различном количестве насыщены рудными сульфидными минералами. При этом по степени насыщения сульфидами можно выделить аншлифы, характеризующие прожилковый (5-10% сульфидов), густо прожилковый (до 30-35%) и менее часто – массивный (50-60%) типы руды. По количественному составу главным рудным минералом является сфалерит, затем следует пирит, далее халькопирит и в меньшем количестве пирротин.

Особо следует отметить, что в руде с прожилковой текстурой установлено наличие чрезвычайно мелких – эмульсионных зерен халькопирита внутри сфалерита (рис.1). Этот природный факт, обусловленный генезисом рассматриваемого месторождения, позволяет, по нашему мнению, предположить возможность наличия на его глубоких горизонтах значительно более крупного рудного тела.

¹ исследования выполнены доктором философии по химическим наукам А.А.Шибяевой

² исследования выполнены А.М.Ахмедовым

Показатели рационального (фазового) анализа основных рудных минералов

Металл	Формы нахождения минералов	Абсолютное содержание металла, %	Распределение минеральных форм, %
Медь	Сульфаты (водорастворимые)	0	0
	Окислы (азурит, малахит, куприт и др.)	0,049	8,9
	Вторичные сульфиды (халькозин, ковеллин, борнит)	0,131	23,7
	Первичный сульфид – халькопирит	0,371	67,4
	Медь в руде по балансу	0,551	100
Цинк	Окислы (каламин, смитсонит)	0,44	10,4
	Первичный сульфид (сфалерит)	2,66	62,7
	Высокожелезистый сульфид (марматит) и алюмосиликаты	1,14	26,9
	Цинк в руде по балансу	4,24	100
Железо	Пирротин, оксиды, гидроксиды	1,62	28,2
	Пирит и частично халькопирит	3,95	68,6
	Другие железосодержащие	0,18	3,2
	Железо в руде по балансу	5,75	100

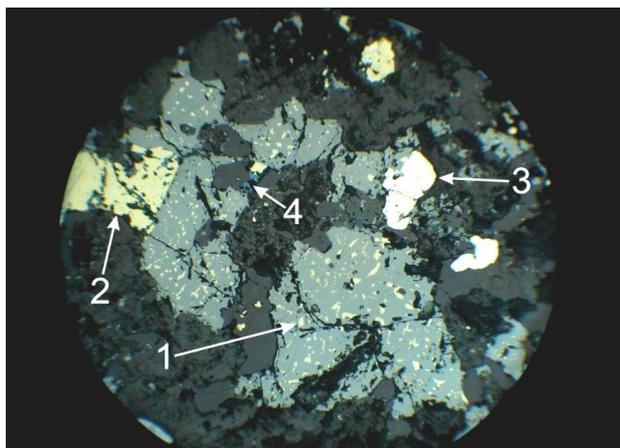


Рис. 1. Руда с вкрапленной текстурой: сфалерит с эмульсионной вкрапленностью халькопирита (1); сросток халькопирита и сфалерита (2); сросток пирита и сфалерита (3); редкие зерна ковеллина (4). Аншлиф, увеличение $56,7^{\times}$

Необходимо также указать, что присутствие в руде чрезвычайно тесной ассоциации сфалерита с халькопиритом обусловит в технологическом процессе переработки этого минерального сырья определенную трудность селективного отделения халькопирита от сфалерита. Более подробно о данной особенности исследуемой руды будет рассмотрено далее в разделе технологическая характеристика руды.

Наряду с отмеченным, в аншлифах установлен тонко прожилковый халькопирит-пирит-пирротинный тип руд, в пирите которого при большом увеличении ($\sim 600^{\times}$) зафиксировано очень мелкое – точечное зернышко *самородного золота* (рис. 2). Данный фактор подтверждает золотоносность рассматриваемого рудного участка.

В аншлифах встречается также незначительно окисленная пиритовая руда (без других сульфидов). Здесь реликтовые зерна пирита частично покрыты или же полностью замещены гетитом.

Просмотр *прозрачных шлифов* показал, что исследуемый материал характеризуется несколькими типами нерудных пород, в том числе: биотит-плагиоклаз-кварцевыми роговиками; биотит-плагиоклаз-шпинелевыми роговиками; крупными зернами биотит-плагиоклаз-андалузитовых измененных гибридных пород; кварц-серицитовыми метасоматитами. Во всех шлифах наблюдается от 2 до 15-20% рудных минералов.

В шлифе, характеризующем оруденелые биотит-плагиоклаз-кварцевые роговики, установлены зерна сфалерита. Агрегаты последнего отмечаются в глубоких трещинах. Размеры сфалерита варьируют в пределах 0,04-0,4 мм, составляя в среднем около 0,2 мм. В проходящем свете четко выделяются две разновидности сфалерита (рис. 3): темно-коричневый железосодержащий *марматит* ($ZnFeS$) и янтарно-желтый *клеюфан* (ZnS), при этом количество первого (темного) преобладает. Этот факт свидетельствует о том, что выделение из исследуемой руды высококачественного цинкового концентрата ($Zn \geq 50\%$), лимитируемого по содержанию железа, представляется сомнительным. Следует отметить, что наличие в рудах Артапинского (Ново-Гореловского) месторождения «черной цинковой обманки» (марматита) отмечено также в работе В.М. Баба-заде и др. (2003).

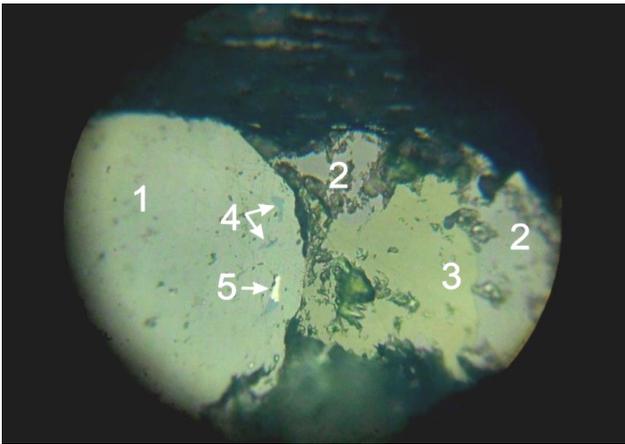


Рис. 2. Самородное золото (5), выявленное в пирит-пирротин-халькопиритовом типе руды: пирит (1); пирротин (2); халькопирит (3); блеклая руда (4). Аншлиф с иммерсией, увеличение 598,5^x

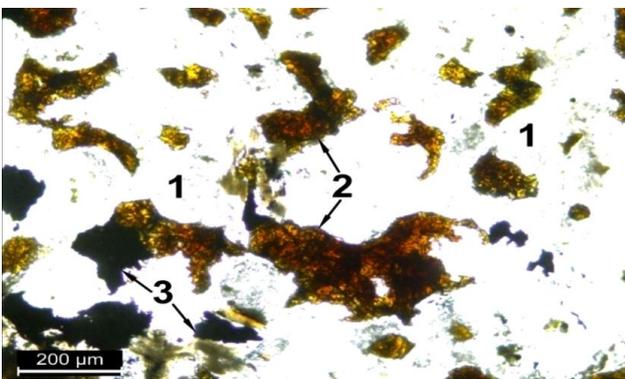


Рис. 3. Вкрапленная руда – метасоматит (1): сфалерит (2) различного цвета – от светло-желтого (клеюфан) до темно-коричневого (марматит); не просвечивающийся рудный минерал (3). Шлиф, увеличение 100^x

Изучением *анишлифов материала участка рудоносных пород* установлено, что они представлены равномерной редкой вкрапленностью магнетита и гематита, а также единичными мелкими зернами сульфидных минералов. По результатам этих исследований материал данного участка штольни может характеризоваться как убогая сульфидная руда.

При исследовании *прозрачных шлифов* определено, что данный участок представлен биотит-плагиоклазовыми роговиками с кварц-хлорит-эпидот-содержащими прожилками.

В целом, результаты минералогических исследований свидетельствуют, что материал пробы обогащенного рудного участка шт. №2 характеризует богатую колчеданную медно-цинковую руду, главными рудными минералами которой являются (по количественному убыванию): *сфалерит, пирит, халькопирит и пирротин*. *Сфалерит* представлен двумя разновидностями: железосодержащим *марматитом* и *клеюфаном* с

относительно высокой их крупностью (в среднем ~ 0,2мм). *Халькопирит* представлен в основном очень мелкими – эмульсионными вкраплениями в сфалерите, что, как было отмечено выше, приведет к трудности его селективного выделения из руды.

Пробу, отобранную из участка рудоносных пород, следует характеризовать как убогую сульфидную руду, что обуславливает возможность отработки её совместно с рудой обогащенного участка. Положительные результаты этих исследований позволят, по нашему мнению, увеличить запасы месторождения. Исследования, выполненные в этом направлении на смеси указанных проб руд (1:1), рассматриваются далее.

Технологическая характеристика смеси руд

Основным методом переработки колчеданных руд цветных металлов является флотационный способ обогащения, основанный на практическом использовании различий в физико-химических поверхностных свойствах минералов руды по их способности прилипать к пузырькам воздуха в водной среде (Абрамов, Леонов, 1993).

Не вдаваясь в сущность и детали этого физико-химического процесса, отметим, что для эффективного селективного выделения ценных компонентов из колчеданных руд существенное значение имеет правильный выбор технологической схемы флотации, обуславливаемой их вещественным составом и технологическими особенностями.

В мировой практике обогатительных фабрик Cu-Zn руд используются в основном 2 варианта технологических схем: *прямая селективная флотация минералов ценных компонентов; предварительная коллективная флотация всех сульфидов с последующим разделением (селекцией) коллективного концентрата* (Методические рекомендации..., 2007). Обе эти схемы были экспериментально испытаны на рассматриваемой смеси руды.

Эксперименты по схеме прямой селективной флотации, как и предполагалось, не дали удовлетворительных результатов. В медном узле флотации, несмотря на относительно тонкое измельчение руды (90% <0,075мм), совместно с халькопиритом активно флотируется сфалерит. Попытки депрессировать последний различными флотореагентами не способствовали улучшению показателей селекции названных минералов. Данный факт подтверждает результаты ранее представленных минералогических исследований, свидетельствующих о наличии в испытуемой руде чрезвычайно мелкого – эмульсионного халькопирита, тесно ас-

социруемого со сфалеритом (см. рис. 1), что увеличивает технологический процесс.

Экспериментами по схеме коллективно-селективной флотации были установлены более удовлетворительные показатели. Так, на относительно более крупном материале руды (70-75% кл. <0,075мм) в оптимальных условиях коллективного узла флотации всех сульфидов был получен черновой флотоконцентрат с содержаниями, в %: меди – 2,75, цинка – 24,1 и железа – 13,1. При этом степень извлечения меди, цинка и железа в этот продукт составила соответственно: 83, 87 и 31%. Одновременно в рассматриваемый продукт извлекаются значимые количества содержащихся в руде Au, Ag и Cd.

Исследования по изысканию оптимального режима селекции данного концентрата были направлены на раздельное получение кондиционного медного и цинкового концентратов. Операция селекции минералов названных металлов осуществлялась посредством изыскания оптимальных реагентных режимов депрессии медных минералов и сульфидов железа (пирита и пирротина) при переменном доизмельчении материала этого концентрата вплоть до крупности 98% кл. <0,075мм (в том числе 90-92% кл. <0,045мм).

В результате этих экспериментов было установлено, что даже при указанном чрезвычайно тонком измельчении коллективного концентрата удовлетворительного показателя степени отделения медных минералов от цинковых не наблюдается. В подобранном оптимальном режиме флотации был получен кондиционный цинковый концентрат (40-45% Zn), в котором содержание лимитируемой меди не опускалось ниже 3,8-4,0%. Этот фактор ещё раз подтверждает чрезвычайно тесную природную ассоциацию (взаимопрорастание) халькопирита и сфалерита.

Кроме меди, в цинковом концентрате наблюдается также относительно высокое содержание лимитируемого железа (12-13%), что обусловлено, как было отмечено ранее, наличием в испытуемом минеральном сырье железосодержащей разновидности сфалерита – марматита (см. рис.3), а также возможным присутствием в концентрате некоторого количества пирита и пирротина. Попытка депрессировать последние показала возможность повышения качества цинкового концентрата, однако в этом случае наблюдается заметное снижение степени извлечения цинка из руды. Данное обстоятельство свидетельствует, что часть сфалерита в руде тесно ассоциировано с названными сульфидными железами.

На основании кратко рассмотренных выше технологических исследований для переработки колчеданных Cu-Zn руд Артапинского место-

рождения рекомендована и экспериментально осуществлена коллективно-селективная схема флотации, представленная на рис.4.

По этой схеме на 5 навесках испытуемой руды весом по 1кг был осуществлен эксперимент замкнутого цикла флотации, имитирующий беспрерывное промышленное производство. В технологическом режиме схемы использованы стандартные флотореагенты, применяемые в практике переработки подобных руд. Конечные технологические показатели, полученные в этом опыте, представлены в табл. 3.

Результаты этого эксперимента (табл.3) свидетельствуют, что разработанный технологический режим рекомендуемой схемы флотации обеспечивает относительно высокие показатели выделения из рассматриваемого минерального сырья кондиционного цинкового концентрата. В последнем содержание основного металла составило 44,2%, при извлечении его из руды – 86,6%.

Дополнительно в этот концентрат с промышленно значимыми содержаниями соизвлекаются попутные ценные компоненты, в том числе: 58,8% золота, 66,4% серебра и 86,3% кадмия, что значительно повышает ценность этого товарного продукта.

Кроме того, следует отметить, что практически идентичная степень извлечения кадмия и цинка в цинковый концентрат (табл.3) свидетельствует, что сфалерит в данном минеральном сырье кадминосный и кадмий, вероятно, в основном изоморфно связан со сфалеритом.

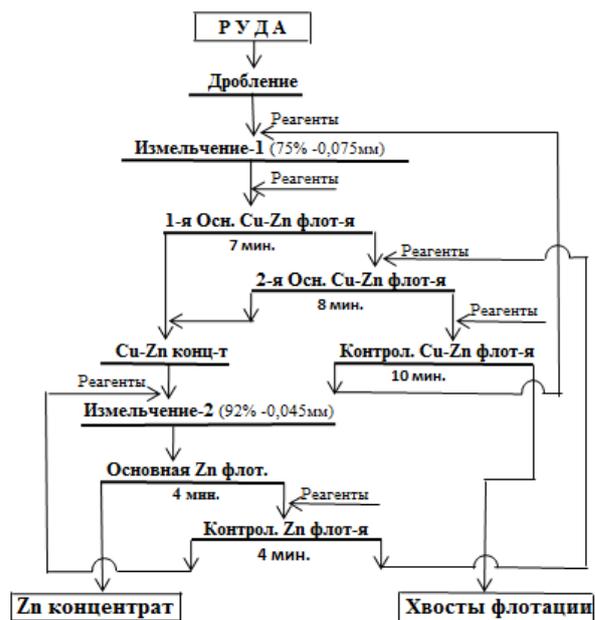


Рис. 4. Рекомендуемая принципиальная флотационная технологическая схема переработки минерального сырья Артапинского месторождения

Технологические показатели рекомендуемой схемы флотации

Продукты флотации	Выход, %	Содержание: %, г/т						Извлечение: %					
		Zn, %	Au, г/т	Ag, г/т	Cd, г/т	Cu, %	Fe, %	Zn	Au	Ag	Cd	Cu	Fe
Zn концентрат	8,37	44,17	3,13	142,7	1390	3,90	11,95	86,6	58,8	66,4	86,3	53,4	15,7
Хвосты флотации	91,63	0,625	0,20	6,6	20,0	0,24	5,85	13,4	41,2	33,6	13,7	46,6	84,3
Руда по балансу	100	4,27	0,49	18,0	135,0	0,49	6,36	100	100	100	100	100	100

Заклучение

Детально исследованы вещественный состав и технологические особенности минерального сырья Артапинского месторождения. Установлено, что основное рудное тело месторождения, расположенное в его разведочной штольне №2, представлено относительно богатой медно-цинковой колчеданной рудой со значимыми содержаниями в ней золота, серебра и кадмия.

Вещественный состав рудоносных пород, находящихся близ основного рудного тела, позволяет характеризовать их как золотоносные убогие сульфидные руды. Данный фактор обуславливает возможность отработки их совместно с минеральным сырьём основного рудного тела и, как следствие, позволит увеличить запасы месторождения.

Минералогическими исследованиями выявлено, что главными рудными минералами в основном рудном теле являются сфалерит, пирит, халькопирит и незначительно пирротин. Причём халькопирит представлен в основном чрезвычайно мелкими – эмульсионными вкраплениями в сфалерите, что свидетельствует о трудности и неэффективности его селективного выделения из руды. Кроме того, учитывая предполагаемый генезис месторождения, такое природное состояние значительной части халькопирита дает ос-

нование рассматривать возможность наличия на глубоких его горизонтах более крупного рудного тела.

Сфалерит в руде характеризуется двумя разновидностями: темно-коричневым железосодержащим марматитом и янтарно-желтым клейофаном. При этом количественно марматит преобладает, что обуславливает невозможность выделения из рассматриваемой руды высококачественного цинкового концентрата ($Zn \geq 50\%$), лимитируемого по содержанию железа.

Технологические исследования выполнены на смеси проб основного рудного тела и участка рудоносных пород шт. №2 в соотношении 1:1. Специальным гидрохимическим фазовым анализом смесевой пробы установлены количественные формы нахождения в ней основных рудных минералов и степень их окисленности, свидетельствующая о первичном характере материала данной руды.

Для переработки рассматриваемого минерального сырья экспериментально разработана и рекомендована флотационная технологическая схема обогащения, обеспечивающая достаточно высокие показатели выделения кондиционного цинкового концентрата с промышленно значимыми содержаниями в нём золота, серебра и кадмия, что подтверждает возможность увеличения запасов месторождения за счет его убогих рудоносных пород.

ЛИТЕРАТУРА

- Абрамов А.А., Леонов С.Б. Обогащение руд цветных металлов. Недра. Москва, 1993, 284 с.
- Баба-заде В.М., Мусаев Ш.Д., Насибов Т.Н., Рамазанов В.Г. Золото Азербайджана. Азербайджан Милли Энциклопедиясы. Баку, 2003, 309 с.
- Мамедов М.М., Мухтаров Г.Г., Ширинов Ю.Р. Гядабей. Насир. Баку, 2005, 236 с.
- МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ по применению классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Медные руды. ФГУ ГКЗ. Москва, 2007, 40 с.
- Филиппова Н.Ф. Фазовый анализ руд цветных металлов и продуктов их переработки. Металлургиздат. Москва, 1963, 212 с.
- Murtuzayev N.M. 2013-2015-ci illərdə Ərtəpə sahəsində platin qrupu metallara və kompleks filizlərlə aparılmış axtarış işləri. Milli Geoloji-Kəşfiyyat Xidmətinin Kiçik Qafqaz Geoloji Axtarış Ekspedisiyasının Hesabatı. DİAF ETSN. Bakı, 2016, 147 s.

REFERENCES

- Abramov A.A., Leonov S.B. Ores enrichment of nonferrous metals. Nedra. Moscow, 1993, 284 p. (in Russian).
- Baba-zade V.M., Musayev Sh.D., Nasibov T.N., Ramazanov V.G. Gold of Azerbaijan. Azerbaijan National Encyclopedia. Baku, 2003, 309 p. (in Russian).
- Filippova N.F. Phase analysis of non-ferrous metals ores and refinery products. Metallurgizdat. Moscow, 1963, 212 p. (in Russian).
- Mammadov M.M., Mukhtarov G.G., Shirinov Yu.R. Kedabek. Nasir. Baku, 2005, 236 p. (in Russian).
- METHODOLOGICAL RECOMMENDATIONS on using the classification of field reserves and predicted resources of solid commercial minerals. Copper ores. 2007. FGU GKZ. Moscow, p.40. (in Russian).
- Murtuzayev N.M. The prospecting works carried out in Artapa field to the platinum group metals and complex ores during 2013-2015 years. The report of the Lesser Caucasus Geological Search Expedition of The National Geological-Exploration Service. Baku, 2016, 147 p. (in Azerbaijani).

**ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МЕДНО-ЦИНКОВЫХ РУД
АРТАПИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ МАЛОГО КАВКАЗА**

А.З.Ахмедов

*НИИ минерального сырья национальной геологоразведочной службы МЭПР Азербайджана
AZ1117, г.Баку, ул. Натаван, 16: alikahmedov@mail.ru*

Резюме. Впервые детально оценены вещественный состав и технологические особенности колчеданного медно-цинкового минерального сырья, выявленного в 1910 году германской фирмой «Бр. Сименс». Исследования выполнены на примере двух лабораторных технологических проб руд, отобранных из разведочной штольни №2, и их смеси (1:1). Одна из проб характеризует обогащенный рудными минералами участок штольни, а другая – рядом находящиеся убогие рудоносные породы. Выявлено золото- и сереброносность руд обоих участков. Установлены формы нахождения основных рудных минералов, степень их окисленности и крупность выделения. С учетом выявленных технологических особенностей минерального сырья, разработан и экспериментально осуществлен флотационный процесс обогащения смеси названных материалов руд, обеспечивающий получение кондиционного цинкового концентрата с промышленно значимыми содержаниями в нём золота, серебра и кадмия.

Ключевые слова: *Малый Кавказ, Артана, колчедан, медь-цинк, руда, вещественный состав, технология обработки, обогащение, флотация*

**KIÇIK QAFQAZIN ƏRTƏPƏ YATAĞI MİS-SİNK FİLİZLƏRİNİN
MADDİ TƏRKİBİ VƏ TEXNOLOJİ XÜSUSİYYƏTLƏRİ**

Ə.Z.Əhmədov

*Azərbaycan ETSN Milli Geoloji-Kəşfiyyat Xidmətinin Mineral Xammal ETİ
AZ1117, Bakı şəh., Natavan küç.16: alikahmedov@mail.ru*

Xülasə. Məqalədə, ilk dəfə olaraq, Almaniyanın “Simens qardaşları” şirkəti tərəfindən 1910-ci ildə aşkarlanmış, lakin tam hədudlanmamış kolçedan mis-sink mineral xammalının maddi tərkibi və texnoloji xüsusiyyətləri ətraflı qiymətləndirilmişdir. Tədqiqatlar bu şirkət tərəfindən keçilmiş 2 saylı kəşfiyyat mağarasından götürülmüş 2 laborator texnoloji nümunələrin və onların qarışığının (1:1) üzərində yerinə yetirilmişdir. Nümunələrdən biri mağaranın filiz mineralları ilə zəngin sahəsini, o biri isə bu sahənin qovşağında yanaşı olan kasad filizdaşıyan süxurları təmsil etmişdir. Hər iki sahənin filizlərində qızılın və gümüşün iştirakı aşkarlanmışdır. Qarışdırılmış nümunədə əsas filiz mineralları, onların oksidləşmə dərəcələri və dənəmetrik ayrılmaları təyin edilmişdir. Mineraloji tədqiqatlarla müəyyən edilmişdir ki, nəzərdən keçirilən mineral xammalda xalkopiritin mühüm hissəsi sfaleritdə çox xırda – emulsiyalı möhtəvilərlə təmsil olunur. Sfalerit iki növlə təqdim olunur: dəmirsaxlayan marmatitlə və kleyofanla. Qeyd olunan xammalın maddi tərkibini və texnoloji xüsusiyyətlərini nəzərə alaraq, onun emalı üçün eksperimental olaraq flotasiya zənginləşdirilmə texnoloji sxemi işlənilib hazırlanmış və tətbiqə tövsiyə edilmişdir. Bu sxem üzrə filizdən nisbətən yüksək ayrılma dərəcəsi ilə kondisiyalı sink konsentrasiyası alınmışdır. Həmçinin bu əmtəə məhsulunda filizin tərkibində yanaşı komponentlər olan qızıl, gümüş və kadmiumun sənaye əhəmiyyətli miqdarlarla və nisbətən yüksək çıxımlarla ayrılması müəyyən edilmişdir. Ümumiyyətlə, tədqiqatlardan alınmış nəticələr göstərir ki, kasad filizdaşıyan süxurların hesabına yatağın filiz ehtiyatlarını artırmaq mümkündür.

Açar sözlər: *Kiçik Qafqaz, Artana, kolçedan, filiz, maddi tərkib, emal texnologiyası, zənginləşdirmə, flotasiya*