

УДК 553.41:622.7(479.25)

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕДИ, СВИНЦА И ЦИНКА В ОТВАЛЬНЫХ ХВОСТАХ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РУД АРМЕНИИ**

**М.В. Мартиросян, Ж.М. Арстамян**

*Национальный политехнический университет Армении*

Предлагаются чувствительные методы определения микрограммовых количеств свинца, меди и цинка в отвальных хвостах коллективной флотации полиметаллических руд Армении с целью наиболее полного использования потенциала исходной руды. Установлено, что для решения этой задачи наиболее целесообразным является экстракционно-абсорбциометрический метод определения свинца и меди основными красителями, позволяющий установить элементный состав отвальных хвостов коллективной флотации на уровне предельно допустимой концентрации. Показана возможность определения цинка комплексонометрическим методом в присутствии индикаторной смеси. Приведены формулы по расчету количества основных цветных металлов (Cu, Zn и Pb) в отвальных хвостах полиметаллических руд. Разработанные методы могут быть рекомендованы для применения в горнодобывающей промышленности, в металлургии, в различных объектах вторичного сырья цветных металлов, а также в производственных сточных водах.

**Ключевые слова:** медь, цинк, свинец, отвальные хвосты, полиметаллическая руда, экстракционно-абсорбциометрический метод, красители, микрограммовое количество.

**Введение.** За последние 25 лет переход к рыночной экономике в значительной степени способствовал развитию горнодобывающей промышленности (ГДП) в Республике Армения (РА). ГДП является одним из приоритетных направлений в экономике РА, так как продукция этой отрасли предопределяет значительную часть экспорта страны.

Интенсивное освоение рудной базы республики в течение длительного периода привело к накоплению в сложных рельефных условиях значительных объемов продуктов обогащения добытой руды. В этой связи в РА в настоящее время сформировано около двух десятков хвостохранилищ с общим объемом отвалов хвостов рудообогащения порядка 250 млн м<sup>3</sup> [1]. В образованных техногенных хвостохранилищах складированы отвалы хвостов медной, коллективной и др. флотации, которые в пересчете на металлы содержат тысячи тонн недоизвлеченных ценных металлов (цветные металлы, железо), а также в значительном количестве серебро и золото. Под влиянием атмосферных осадков, а также физико-химических и биологических факторов металлы в хвостохранилищах подвергаются выщелачиванию и безвозвратно теряются. Исходя из вышесказанного, эффективное освоение таких техногенных месторождений является важной проблемой как с экономической, так и экологической точек зрения.

Для наиболее полного использования всего потенциала рудного месторождения одним из перспективных направлений является переработка отвальных хвостов современными способами. Однако эта проблема связана, в основном, со сложным минералогическим составом полиметаллических руд, очень малым содержанием полезных металлов в отвальных хвостах, отсутствием передовых технологических схем переработки сырья, большим капитальным

внедрением и т.п. Наряду с этим одной из важных проблем является трудноопределяемость в них основных (Cu, Zn, Pb) тяжелых цветных металлов, которые насчитываются в микрограммовых количествах (МГК). Они входят также в перечень приоритетных загрязнителей объектов окружающей среды.

Обычно анализ продуктов с малым содержанием основных компонентов проводят инструментальными методами. Возможность определения микропримесей Cu, Pb и Zn при их совместном присутствии изучена полярографически на стандартных растворах на фоне 0,1 М раствора NaOH. Однако лучшие результаты получаются в чистых металлах и реактивах [2].

Основные металлы полиметаллических руд можно определить методом переменного тока полярографии. На фоне 1 М раствора фосфорной кислоты можно одновременно определить Cu, Pb и Zn по одной полярограмме [2].

Недостатком существующих полярографических методов анализа с применением ртутно-капельного электрода является отсутствие способов определения препятствующих элементов в одной пробе. Каждый элемент определяют отдельно, что осложняет ход анализа [3].

Для определения Cu, Zn, Pb в питьевой воде применяют метод спектроскопии диффузного отражения [4]. Однако при этом требуется предварительное концентрирование ионов [5,6]. Применяется также метод капиллярного зонного электрофореза, требующего дорогостоящего оборудования [7].

Из колориметрических методов практическое значение получили дитизионовый [8], ксиленоловый оранжевый (КО) [9], диэтилдитиокарбаматный (Cu) методы [8]. Они отличаются чувствительностью, но малоизбирательны.

Проведенные нами исследования показали, что применение стандартных методик контроля по определению содержания основных металлов в отвальных хвостах не обеспечивает получения воспроизводимых данных. Это связано с тем, что существующие стандарты предусмотрены только для отдельных конкретных объектов. В связи с этим становится актуальной разработка чувствительных методов определения основных тяжелых металлов в отвальных хвостах, особенно не требующих дорогостоящего лабораторного оборудования.

**Целью настоящей работы** является разработка чувствительных методов для определения микрограммовых количеств Cu, Zn и Pb в отвальных хвостах коллективной флотации полиметаллических руд РА.

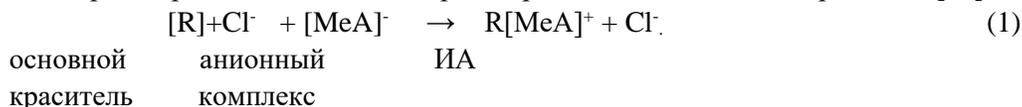
Следует отметить, что при аналитическом контроле химического состава отвальных хвостов возникали определенные трудности, связанные с растворением исследуемого материала. Для растворения проб на основе свинца обычно применяется соляная кислота. Однако свинец переходит в раствор не полностью. Применение только азотной кислоты также не дало приемлемых результатов. Поэтому для полного разложения проб нами применялась смесь соляной и азотной кислот в различных соотношениях. Бурная реакция с выделением бурого газа NO<sub>2</sub> наблюдается при кипячении раствора. опыты показали, что лучшие результаты получаются при применении смеси указанных кислот в соотношении 3:1 при кипячении раствора.

В зависимости от природы вещества и содержания компонентов в образцах нами разработана методика как разложения, так и определения основных компонентов Cu, Zn и Pb из одной навески с учетом также влияния препятствующих элементов.

**Ход разложения проб.** Навеску пробы в количестве 0,3...0,5 г помещают в колбу, добавляют 15...20 мл смеси соляной и азотной кислот в соотношении 3:1. Раствор кипятят. Происходит бурное выделение NO<sub>2</sub>, образуется белый осадок. Затем приливают еще 10 мл смеси кислот, продолжают кипятить раствор до исчезновения черных кристаллов. Добавляют 5 мл HCl, выпаривают досуха, к сухому остатку приливают 30...40 мл воды, раствор кипятят 5...7 мин и фильтруют (белая лента).

Осадок промывают несколько раз горячей водой. Фильтрат переносят в мерную колбу (50 мл), доливают до метки водой (раствор А). Раствор сохраняют для определения Cu, Zn и Pb.

**Методика исследования.** Современная служба контроля предъявляет высокие требования к способам определения тяжелых металлов высокочувствительными и избирательными методами, обеспечивающими установление крайне малых количеств металлов на уровне предельно допустимой концентрации (ПДК). Потому применение вышеуказанных методов невозможно. С этой точки зрения целесообразны экстракционно-абсорбциометрические (ЭА) методы с применением основных красителей (ОК). Преимущество ОК заключается в том, что с анионными комплексами металлов они образуют ионные ассоциаты (ИА), которые экстрагируются органическими растворителями и в водном растворе оставляют избыток красителя [10]:



**Результаты исследования и их обсуждение.** Для установления микрограммовых количеств меди был применен разработанный нами ранее ЭА метод определения меди трифенилметановым красителем кристаллическим фиолетовым (КФ) [11]. КФ с хлоридным анионным комплексом меди (I) образует ИА фиолетового цвета  $[K\Phi]^+ CuCl_2^-$ , хорошо извлекается толуолом из 1...2 н HCl растворов. Восстановление меди (II) проводят аскорбиновой кислотой.

Подчиняемость основному закону фотометрии - 0,14...5,0 мкг/мл, коэффициент экстракции - 0,98 (молярный коэффициент погашения  $\epsilon=85000 \text{ л.мол}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ ) [11]. Ранее метод нами был успешно применен для определения микрограммовых количеств меди в электролите отработанных свинцово-кислотных аккумуляторов после его обезвреживания [12].

#### Экстракционно-абсорбциометрическое определение меди КФ в отвальных хвостах.

Необходимые реактивы:

- 1) соляная кислота, 1 н раствор;
- 2) аскорбиновая кислота ( $M_r=176$ ), 0,05 М раствора. Одну таблетку (0,3 г) лекарственного препарата растворяют в 35 мл воде;
- 3) КФ, 0,1%; 0,01% раствор готовится разбавлением 0,1%-го раствора перед употреблением;
- 4) стандартный раствор сульфата меди (II), 0,1 н раствор (готовят из  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  марки ч.д.а.). 12,484 г соли растворяют в воде в мерной колбе емкостью 1 л, добавляя по каплям раствор серной кислоты ( $pH=1,0$ ) до исчезновения мути, затем доливают до метки водой. В 1 мл полученного раствора содержится 3,2 мг меди. При необходимости, определяют концентрацию раствора;
- 5) уксусно-кислый буфер (к 62,5 г уксусно-кислого натрия добавляют 6,25 мл 80%-го раствора уксусной кислоты и в 250 мл мерной колбе доливают до метки водой).

Ход определения проб. Пробу (20 мл) раствора А выпаривают в корундовом тигле досуха, сухой остаток растворяют в уксусно-кислом буферном растворе и в колбу того же буферного раствора (раствор Б) доливают до объема 20 мл.

В делительной воронке к аликвотной части раствора Б (1,0 мл) добавляют 2 мл 1,0 М раствора HCl, затем через 1...2 мин 0,5 мл 0,05 М раствора аскорбиновой кислоты. Приливают 0,6 мл 0,01%-ного раствора КФ и 4 мл толуола. После минутного встряхивания разделяют и измеряют оптическую плотность (ОП) органической фазы на спектрофотометре СФ-16 при  $b=0,1 \text{ см}$ ,  $\lambda=605 \text{ нм}$ . В качестве раствора для сравнения применяют толуол.

Построение градуировочного графика. Для приготовления эталонных растворов в делительные воронки наливают стандартный раствор меди (II) с содержанием 50 мкг/мл в количестве (в мл): 0,0 (“холостой раствор”); 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 соответственно. В них содержание меди равно (в мкг):

5,0; 10; 20; 25. Затем добавляют по 0,6 мл 0,01%-ного раствора КФ и продолжают определение меди по вышеуказанной методике. Градуировочный график строят в координатах  $A$  (оптическая плотность) –  $C$  (концентрация исследуемого элемента).

Содержание меди в % в пробах определяют по формуле

$$C_{\text{Cu}} = \frac{C \cdot V_1}{g \cdot V_2 \cdot 10000}, \quad (2)$$

где  $C$  - содержание меди в аликвотной части раствора, найденное по градуировочному графику,  $\text{мкг}$ ;  $V_1$  - общий объем анализируемого раствора,  $\text{мл}$ ;  $V_2$  - объем аликвотной части раствора,  $\text{мл}$ ;  $g$  - навеска пробы,  $\text{г}$ .

Содержание меди, вычисленное по (2), составляет в среднем 0,1023% (0,1108; 0,0902; 0,0923; 0,099; 0,1192) в пробах отвальных хвостов.

Экстракционно-абсорбциометрическое определение свинца красителем метиленовым голубым (МГ) в отвальных хвостах. Нами был выбран ЭА метод определения свинца основным красителем тиазинового ряда метиленовым голубым. Сущность выбранного метода заключается в том, что МГ с йодидным анионным комплексом свинца (II) ( $\text{PbI}_3^-$ ) образует ионный ассоциат, который извлекается органическим растворителем, оставляя в водном растворе избыток красителя и другие сопутствующие ионы [13].

Необходимые реактивы:

- 1) кислоты для разложения;
- 2)  $\text{H}_2\text{SO}_4$  – 2 н раствор;
- 3) йодид калия – 1 н раствор;
- 4) метиленовый голубой - 0,025% раствор;
- 5) экстрагент-смесь (2:1) дихлорэтана с толуолом;
- 6) исходный стандартный раствор нитрата свинца, 1  $\text{мг/мл}$  свинца.

Приготовление: 1,5984 г нитрата свинца (II) (х.ч.) растворяют в дистиллированной воде в мерной колбе 1 л и доливают до метки водой. 1 мл раствора свинца содержит 1 мг Pb (раствор 1);

7) рабочий стандартный раствор нитрата свинца (II), содержащий 50  $\text{мкг/мл}$ . Приготовление: раствор 1 разбавляют дистиллированной водой перед применением.

Экстракционно-абсорбциометрическое определение свинца МГ.

Отбирают 10 мл раствора А и в корундовом тигле выпаривают досуха. Сухой остаток растворяют в 2 н серной кислоте и доливают до объема 10 мл той же кислотой.

В делительной воронке к аликвотной части раствора (1 мл) добавляют: 1 мл 2 н серной кислоты, 0,3 мл 1 н раствора йодида калия, 0,3 мл 0,025 %-ного раствора МГ, 2 мл смеси дихлорэтана с толуолом (2:1). После минутного встряхивания разделяют и измеряют ОП экстракта на спектрофотометре СФ-16 при  $\lambda=676 \text{ нм}$ ,  $b=0,1 \text{ см}$ . В качестве раствора сравнения применяют экстракт “холостого опыта”, т.е. экстракт в отсутствие свинца.

Построение градуировочного графика. Построение проводят по вышеописанной методике для меди. Прямолинейная зависимость соблюдается при содержании свинца 0,3...10  $\text{мкг/мл}$  ( $\epsilon=80000$ ).

Для расчета свинца используется формула (1) с учетом того, что слагаемые формулы относятся к соответствующим компонентам. Содержание свинца, вычисленное по (2), составляет в среднем 0,0066% (0,0067; 0,0071; 0,0062; 0,0067) в пробах отвальных хвостов.

Определение цинка в отвальных хвостах флотации. При анализе отвальных хвостов флотации цинк определяют совместно с медью из одной навески полярографическим методом на аммиачном фоне. Совместно с цинком на одной полярограмме можно определить также медь.

Если содержание меди в пробе превышает содержание цинка, то определение цинка возможно только после предварительного отделения меди в виде  $\text{Cu}_2\text{S}$ . Тогда возникает опасность частичного образования сульфида цинка.

Известен также комплексонометрический метод определения цинка в присутствии индикатора КО [13]. Однако  $\text{Cu}$ ,  $\text{Pb}$  и  $\text{Fe}$  мешают определению цинка, а их предварительное отделение осложняет анализ. Четкость перехода окраски раствора в эквивалентной точке зависит от того, насколько была правильно проведена нейтрализация раствора аммиаком перед прибавлением буферного раствора ( $\text{pH}=5\dots 6$ ).

Исходя из сказанного, нами был выбран другой вариант метода.

Принцип анализа. Определение основано на образовании прочного комплекса цинка с этилендиаминтетрауксусной кислотой (ЭДТА). Взаимодействие компонентов происходит в стехиометрическом соотношении 1:1. Титрование цинка с ЭДТА проводят в слабокислой среде с  $\text{pH}=5$  в присутствии индикаторной смеси 1 - (2-пиридилазо) - 2-нафтола (ПАН) и комплексоната меди. При наличии в растворе ионов цинка раствор окрашен в розово-фиолетовый цвет. В конце титрования раствор окрашивается в желтоватый цвет. Предел обнаружения –  $0,5 \text{ мг}$ , измеряемые концентрации –  $0,5\dots 10 \text{ мг/л}$ .

Определению цинка медь не мешает. Мешают железо и алюминий; их удаляют с помощью цитратного буферного раствора [14].

$20 \text{ мл}$  раствора А переносят в стакан ( $100 \text{ мл}$ ), нагревают до  $70\dots 80 \text{ }^\circ\text{C}$ , добавляют раствор гидроксида аммония (конц.) до полного выделения гидроксида железа (III) (проверить полноту осаждения). Раствор фильтруют (белая лента), осадок промывают несколько раз горячей водой. Колбу с фильтратом кипятят до удаления запаха аммиака. Фильтрат переносят в колбу, доливают до объема  $40 \text{ мл}$  водой.

Необходимые реактивы:

- 1) двунариевая соль ЭДТА;  $0,1 \text{ н}$  раствора ЭДТА готовят из фиксанала;  $0,01 \text{ н}$  раствора ЭДТА готовят разбавлением  $0,1 \text{ н}$  раствора ЭДТА водой;
- 2) стандартный раствор цинка,  $100 \text{ мг/л}$ ;  $0,246 \text{ г}$   $\text{ZnSO}_4$  или  $0,4398 \text{ г}$   $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  растворяют в дистиллированной воде в мерной колбе ( $1 \text{ л}$ ) и доливают до метки водой;
- 3) ПАН,  $0,1 \%$  раствор в этаноле ( $96^\circ$ );
- 4) сульфат меди,  $0,05 \text{ М}$  раствор. Растворяют  $12,4840 \text{ г}$   $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  в дистиллированной воде в мерной колбе ( $1 \text{ л}$ ) и доливают до метки водой. Концентрацию раствора проверяют комплексонометрическим методом.

Ход титрования. В коническую колбу ( $100 \text{ мл}$ ) пипеткой ( $5 \text{ мл}$ ) вносят раствор меди (II), затем добавляют  $5 \text{ мл}$  воды,  $5 \text{ мл}$  ацетатного буферного раствора ( $\text{pH}=5$ ),  $1\dots 2$  капли индикатора ПАН до появления фиолетовой окраски и оттитровывают  $0,1 \text{ н}$  раствором ЭДТА до появления желтой окраски.

Нормальность раствора меди (II) определяется по формуле

$$N = \frac{N_1 V_1}{V}, \quad (3)$$

где  $N$  - нормальность сульфата меди (II);  $N_1$  - нормальность ЭДТА;  $V_1$  - объем раствора ЭДТА, израсходованного на титрование,  $\text{мл}$ ;  $V$  - объем раствора сульфата меди, взятого для анализа,  $\text{мл}$ .

Необходимые реактивы:

- 1) раствор комплексоната меди. Смешивают  $0,1 \text{ н}$  раствора ЭДТА и сульфата меди в стехиометрическом соотношении 1:1. После смешивания в растворе не должно быть избытка ни ионов меди (II), ни ЭДТА;

- 2) гидроксид натрия,  $1 \text{ н}$  и  $0,1 \text{ н}$  растворы;

3) цитратный буферный раствор (pH=5) – 21,008 г лимонной кислоты растворяют в мерной колбе (1 л) в 200 мл 1 н раствора гидроксида натрия. Объем раствора доводят до метки водой. Для получения раствора с pH=5 к раствору добавляют 0,1 н раствора гидроксида натрия из расчета 4 мл на 96 мл цитратного буферного раствора.

Ход анализа. В коническую колбу (250 мл) помещают 60 мл воды, добавляют 6 мл цитратного буферного раствора, 2 мл стандартного раствора сульфата цинка, 1 мл раствора комплексоната меди, 5 капель индикатора ПАН. После прибавления каждого реактива смесь перемешивают, нагревают раствор до кипения и оттитровывают 0,01 н раствором ЭДТА до перехода розово-фиолетовой окраски в желтоватую. При определении цинка в пробах к 60 мл воды добавляют 6 мл цитратного буферного раствора, 10 мл исследуемого раствора пробы цинка и продолжают анализ в той же последовательности, как описано выше.

В качестве контрольной пробы (“холостой опыт”) используют 70 мл воды, добавляют все реактивы в той же последовательности и продолжают анализ, как описано выше.

Расчетную концентрацию цинка в % в пробах определяют по формуле

$$Zn = \frac{T_{k/Zn} \cdot V_k \cdot V_1}{V_2 \cdot g} \cdot 100\% , \quad (4)$$

где

$$T_{k/Zn} = \frac{N_k \cdot \Xi_{Zn}}{1000} [г/мл]. \quad (5)$$

Здесь  $V_k$  - объем ЭДТА, израсходованного на пробу с исследуемым раствором;  $V_1$  - общий объем исследуемого раствора, мл;  $V_2$  - объем аликвотной части раствора;  $g$  - навеска пробы, г.

Содержание цинка, вычисленное по (4) и (5) в отвальных хвостах, в среднем составило 0,142% (0,145; 0,140; 0,140; 0,143).

**Заключение.** На основании анализа литературных источников показана необходимость создания чувствительных методов определения элементного состава отвальных хвостов коллективной флотации полиметаллических руд. Выявлено, что существующими стандартными методами не всегда обеспечиваются однозначные и воспроизводимые данные о составе материала.

Разработаны экстракционно-абсорбциометрические методы определения микрограммовых количеств Си и Рв и комплексонометрический метод – для Zn в составе отвальных хвостов коллективной флотации полиметаллических руд Армении. Представленные формулы рекомендуется применять для получения расчетных данных при определении меди, цинка и свинца в микрограммовых количествах во вторичной металлургии цветных металлов, а также при обезвреживании промстоков производств тяжелых цветных металлов, гальваносток и т.п.

Разработанные методы можно применять в качестве аналитического контроля химического состава промежуточной и товарной продукции при переработке отходов полиметаллической руды горнометаллургических фабрик республики. Это, несомненно, позволит увеличить объем выпускаемой продукции в виде цветных металлов и сплавов, а также решить важные экологические проблемы.

Разработанные нами методы отличаются чувствительностью и избирательностью.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Государственного комитета по науке при Министерстве образования и науки РА, грант 15Т-2F166.*

## Литература

1. **Манукян Л.А.** Безопасная эксплуатация хвостохранилищ горных предприятий Армении. - Ереван: "ЕГЕЯ", 2003. – 347 с.
2. **Глотко Е.Д., Гейрихс К.Я., Баркова А.А.** Методы анализа продуктов предприятий свинцово-цинковой промышленности. - М.: Металлургия, 1969. – 296 с.
3. **Моросанова С.А., Прохорова Г.В., Семеновская Е.Н.** Методы анализа природных и промышленных объектов. - М.: МГУ, 1988, - 93 с.
4. **Рамазанов А.Ш., Есмаил Г.К.** Определение меди, цинка, кадмия и свинца в воде методом спектроскопии диффузного отражения // Аналитика и контроль. - 2015. - Т.19, №3. - С. 259-267.
5. **Рамазанов А.Ш., Есмаил Г.К.** Сорбционное концентрирование ионов меди, цинка, кадмия и свинца из водных растворов природной глиной // Вестник ДГУ. - 2014. - Вып.1. - С. 179-185.
6. **Татаева С.Д., Рамазанов А.Ш., Магомедов К.Э.** Групповое концентрирование и спектроскопическое определение некоторых d-элементов // Аналитика и контроль. - 2012. - Т.16, №4. - С. 394-398.
7. **Неудачина Л.К., Лебедева Е.А.** Совместное определение ионов тяжелых металлов методом капиллярного зонного электрофореза с использованием комплекса селектора // Аналитика и контроль. - 2014. - Т.18, №4. - С.458-468.
8. **Шарло Г.** Методы аналитической химии. Количественный анализ неорганических соединений. Часть вторая. - М.: Химия, 1969. - 539с.
9. **Гуркина Т.В., Игошвин А.М.** Фотометрическое определение микрограммовых количеств меди, цинка и свинца в природных водах с использованием кселолового оранжевого // Журнал аналитической химии. - 2006. - Т.20, N7. - С.778-781.
10. **Блюм И.А.** Экстракционно-фотометрические методы анализа с применением основных красителей. - М.: Наука, 1970. - 219с.
11. **Арстамян Ж.М., Мангасарян С.Г.** Экстракционно-абсорбциометрическое определение меди кристаллическим фиолетовым в природных и сточных водах // Химический журнал Армении. - 2006. - Т.59, N2. - С.48-52.
12. **Мартirosян М.В., Арстамян Ж.М., Амян А.В., Агбалиян А.С.** Обезвреживание электролита отработанных свинцовых аккумуляторов // Вестник НПУА: Металлургия, Материаловедение, Недропользование. - 2016. – N1. - С.22-33.
13. **Карапетян Т.Г., Арстамян Ж.М.** Экстракционно-абсорбциометрическое определение свинца красителем тиазинового ряда метиленовым голубым в производственных сточных водах // Тезисы конференции СНО, посвященной 90-летию ЕГУ. – Ереван, 2009. - С.11 (на армянском языке).
14. **Дмитриев М.Т., Казнина Н.И., Пинигина И.А.** Санитарно-химический анализ загрязняющих веществ в окружающей среде. - М.: Химия, 1989. - 367с.

*Поступила в редакцию 20.01.2017.  
Принята к опубликованию 07.09.2017.*

## **ՊՂՆՁԻ, ԿԱՊԱՐԻ ԵՎ ՑԻՆԿԻ ՈՐՈՇՈՒՄԸ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԲԱԶՄԱՄԵՏԱԴԱՅԻՆ ՀԱՆՔԵՐԻ ԹԱՓՈՆԱՅԻՆ ՊՈՉԱՆՔՆԵՐՈՒՄ**

### **Մ.Վ. Մարտիրոսյան, Ժ.Մ. Առստամյան**

Առաջարկվում են Հայաստանի բազմամետաղային հանքերի կոլեկտիվ ֆլուտացիայի թափոնային պոչանքներում կապարի, պղնձի և ցինկի միկրոգրամային քանակների որոշման զգայուն մեթոդներ՝ ելման հանքի պոտենցիալն ամբողջությամբ օգտագործելու նպատակով: Սահմանվել է, որ այդ խնդիրը լուծելիս կապարի և պղնձի որոշման համար նպատակահարմար է կիրառել էքստրակցիոն-աբսորբցիաչափական մեթոդը հիմնային ներկանյութերով, որը թույլ է տալիս որոշել կոլեկտիվ ֆլուտացման թափոնային պոչանքների տարրային կազմը՝ սահմանային թույլատրելի խտությունների (ՄԹԽ) մակարդակով: Ցույց է տրվում ցինկի որոշման հնարավորությունը կոմպլեքսոնաչափական մեթոդով ինդիկատորային խառնուրդի առկայությամբ: Ներկայացված են բազմամետաղային հանքանյութերի թափոնային պոչանքներում պարունակվող ծանր

գունավոր մետաղների (Cu, Zn և Pb) քանակների հաշվարկի բանաձևերը: Մշակված մեթոդները կարող են հանձնարարվել լեռնահանքարդյունաբերության, մետալուրգիայի բնագավառներում գունավոր մետաղների երկրորդային հումքի տարբեր օբյեկտներում կիրառման, ինչպես նաև արտադրական թափոնաջրերի որոշման համար:

**Առանցքային բառեր.** պղինձ, ցինկ, կապար, թափոնային պոչանքներ, բազմամետաղային հանքանյութ, էքստրակցիոն-աբսորբցիաչափական մեթոդ, ներկանյութեր, միկրոգրամային քանակություն:

## DEFINING THE COPPER, LEAD AND ZINC IN THE FINAL TAILINGS OF POLYMETALLIC ORES IN ARMENIA

**M.V. Martirosyan, J.M. Arstamyan**

Sensitive methods for determining the microgram quantities of lead, copper and zinc in the final tailings of the collective flotation of polymetallic ores in Armenia are introduced with the aim of making a full use of the potential of the initial ore. It is found that to solve this problem, it is expedient to apply the extraction-absorptiometric method of determination of lead and copper by basic dyes. which makes it possible to determine the elemental composition of the dumping tailings of collective flotation at the level of maximum allowable concentration (MPC). The possibility of determining zinc by a complexometric method in the presence of an indicator mixture is shown. Formulae for calculating the number of basic non-ferrous metals (Cu, Zn and Pb) in the tailings of polymetallic ores are given. The developed methods can be recommended for application in the field of mining industry, in metallurgy, in various objects of non-ferrous recycled materials, and also in industrial wastewater in microgram quantities.

**Keywords:** copper, zinc, lead, tailings, polymetallic ore, extraction-absorptiometric method, dyes, microgram quantity.