

**Р.А. Аубакирова¹, Ж.Б. Мукажанова^{1*}, К.К. Кабдулкаримова², И.В. Афанасенкова¹,
Ш.К. Саньязова¹**

¹Восточно-Казахстанский университет им. С. Аманжолова,
070004, Республика Казахстан, г. Усть-Каменогорск, ул. Казахстан, 55

²Евразийский национальный университет им. Л. Гумилева,
10000, Республика Казахстан, г. Астана, ул. Сатбаева, 2

^{1*}e-mail: mukazhanovazhb@mail.ru

АНАЛИЗ ПРОДУКТОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА НА СОДЕРЖАНИЕ СУРЬМЫ

Аннотация: Сурьма находит широкое применение в современной науке и технике. В настоящее время важнейшим потребителем высокочистой сурьмы является полупроводниковая промышленность.

В статье представлены результаты анализа металлургических образцов на содержание сурьмы, относящейся к группе вредных примесей. Эти примеси затрудняют металлургический передел руд и их концентратов, а также ухудшают качество получаемого продукта. Присутствие даже незначительного количества сурьмы в катодной меди медного производства приводит к снижению тепло- и электропроводности, ухудшению пластичности продукции.

Контроль содержания сурьмы в металлургических образцах на всех стадиях технологического производства затруднен вследствие сложности матричного и примесного состава анализируемых образцов, низкого содержания сурьмы. Основные трудности возникают на стадии пробоподготовки металлургических образцов, основной целью которой является количественное переведение сурьмы из твердой фазы в раствор. Традиционно разложение металлургических образцов осуществляют путем кислотного растворения пробы, щелочного сплавления или спекания. Наименее трудозатратным способом является кислотное растворение. Однако данный способ имеет ряд существенных недостатков: неполнота вскрытия, потери сурьмы вследствие гидролиза ее солей, мешающее влияние сопутствующих элементов, также переходящих в раствор при кислотном растворении пробы.

Наиболее достоверные результаты при фотометрическом определении содержания сурьмы позволяет получить способ спекания навески, сопровождающийся отделением мешающих элементов путем их осаждения в виде карбонатов и переводением сурьмы в форму, не подвергающуюся гидролизу (антимонаты $Me_xSb_yO_z$). Однако в литературе не описаны конкретные условия процесса спекания сурьмодержащих металлургических образцов.

В работе предложен метод разложения металлургических образцов, заключающийся в спекании исследуемых образцов с $Na_2CO_3 + ZnO$. Установлен фазовый состав представленных образцов. Построена градуировочная характеристика фотометрического определения содержания сурьмы в диапазоне концентраций от $1 \cdot 10^{-3}$ до $1 \cdot 10^{-2}$ мг/мл при длине волны 425 нм.

Ключевые слова: анализ, вредные примеси, металлургические образцы, разложение проб, спекание навески, метод внешнего стандарта, градуировочная характеристика, обработка результатов.

Введение

Сурьма является одним из наиболее доступных металлов вследствие наличия ее в рудах и минералах, при переработке которых сурьму выделяют в виде побочного продукта [1]. В месторождениях Казахстана сурьма является попутным элементом при переработке редкометальных полиметаллических, золоторудных колчеданных, медных руд. Ее получают при плавке медных, молибденовых, медно-полиметаллических и т.п. [2].

Сурьма относится к группе вредных примесей, затрудняющих металлургический передел руд и их концентратов, а также ухудшающих качество получаемого продукта. Присутствие даже незначительного количества сурьмы в катодной меди медного производства приводит к снижению тепло- и электропроводности, ухудшению пластичности продукции [3]. В силу этих причин контроль за содержанием сурьмы на всех стадиях металлургического производства является весьма актуальной задачей, затрудненной вследствие сложности матричного и примесного состава анализируемых образцов, низкого содержания сурьмы. Основные трудности возникают на стадии пробоподготовки металлургических образцов, основной целью которой является количественное переведение сурьмы из твердой фазы в раствор. Традиционно разложение металлургических образцов осуществляют путем кислотного растворения пробы, щелочного сплавления или спекания [3]. Наименее трудозатратным способом является кислотное растворение [4]. Однако данный способ имеет ряд существенных недостатков: неполнота вскрытия, потери сурьмы вследствие гидролиза ее солей, мешающее влияние сопутствующих элементов, также переходящих в раствор при кислотном растворении пробы. Наиболее достоверные результаты при фотометрическом определении содержания сурьмы позволяет получить способ спекания навески, сопровождающийся отделением мешающих элементов путем их осаждения в виде карбонатов и переводением сурьмы в форму, не подвергающуюся гидролизу (антимонаты MexSbyOz) [5]. Однако в литературе не описаны конкретные условия процесса спекания сурьмодержащих металлургических образцов полиметаллических руд Алтая, Центрального Казахстана и т.д.

Методы и материалы

В работе были исследованы три сурьмодержащих металлургических образца [6.7.8], наименования которых приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень исследуемых образцов

Шифр образца	Наименование образца	Содержание сурьмы, %
О-1	Медный концентрат № 2080	0,177
О-2	Металлургический шлак свинцово-цинкового производства	0,168
О-3	Пыль медного производства	0,247

Пробы образцов предварительно измельчали, высушивали при температуре 105 °С до постоянной массы в сушильном шкафу. Фазовый состав исследуемых образцов устанавливали на рентгеновском дифрактометре X'PertPRO с использованием монохроматизированного медного излучения с шагом сканирования 0,02°. Угол измерения составлял 5-70°, напряжение рентгеновской трубки 45 кВ, сила тока, 45 мА, время измерения на одной точке 0,5 с. Рентгенофазовый анализ выполнен с помощью программы ИПС РФА и кристаллографической базы данных PDF2 ICDD, включающей 16 тысяч рентгенофазовых эталонов минералов, по методу кластерной фазовой идентификации, позволяющему определять малые концентрации фаз с высокой степенью надежности. Оптимизацию коэффициентов масштабирования и числа фаз осуществляли по интенсивностям дифракционных линий фаз и балансу между расчетным (по дифрактограммам).

Разложение исследуемых образцов осуществляли способом спекания. В качестве реагента применяли смесь $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{ZnO}$. Для оптимизации условий разложения варьировали массу навески, температуру спекания, продолжительность спекания, долю реагента в смеси.

Спекание осуществляли в фарфоровых тиглях. Навеску исследуемого образца помещали в фарфоровый тигель и смешивали с плавнем (1 часть $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 4$ части ZnO), помещали в фарфоровый тигель, сверху присыпали тонким слоем смеси и помещали тигель в холодную муфельную печь. Муфель нагревали, постепенно повышая температуру.

Выдерживали тигель при заданной температуре в течение заданного времени. По истечении указанного времени тигель охлаждали при комнатной температуре, остывший спек выщелачивали горячей водой, переносили в термостойкую коническую колбу, отфильтровывали через фильтр «синяя лента». Фильтрат подкисляли серной кислотой (1:1), прибавляли еще 10-15 мл концентрированной серной кислоты, 1-2 мл концентрированной азотной кислоты и выпаривали до появления паров серной кислоты. Содержимое конической колбы охлаждали, растворяли в 80 мл воды, выпавшую в осадок серу (при ее наличии) отфильтровывали, промывали на фильтре 2-3 раза небольшим количеством разбавленной серной кислоты (1:4). Фильтрат количественно переносили в мерную колбу вместимостью 250 мл, доводили раствор до метки дистиллированной водой, тщательно перемешивали. Отбирали из этого раствора аликвоту объемом 20 мл, переносили в мерную колбу на 50,0 см³ доводили раствор до метки дистиллированной водой. Далее определяли сурьму фотометрическим методом [5].

Рентгеновские спектры исследуемых образцов представлены на рисунках 1, 2.

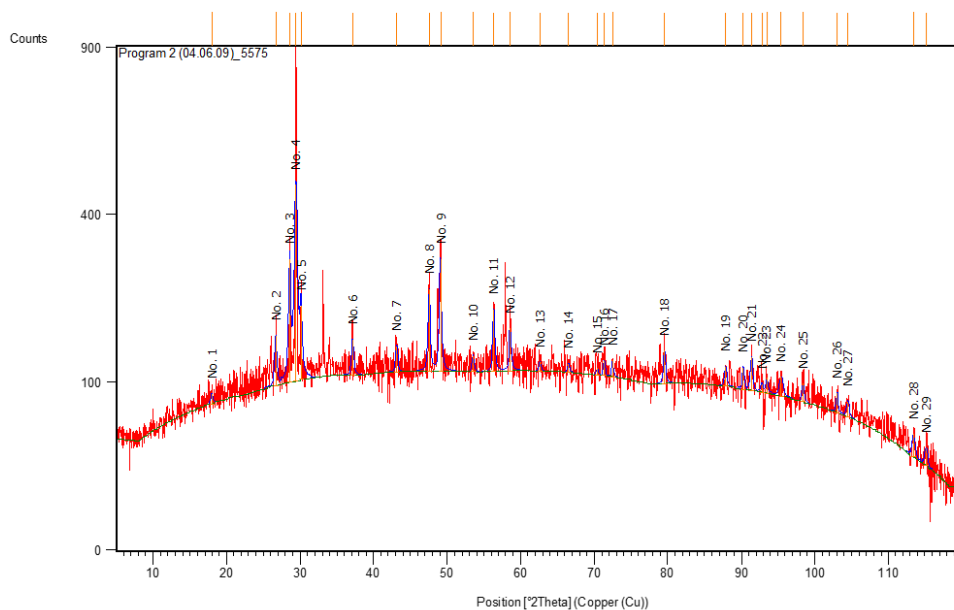


Рисунок 1 – Дифрактограмма образца медного концентрата

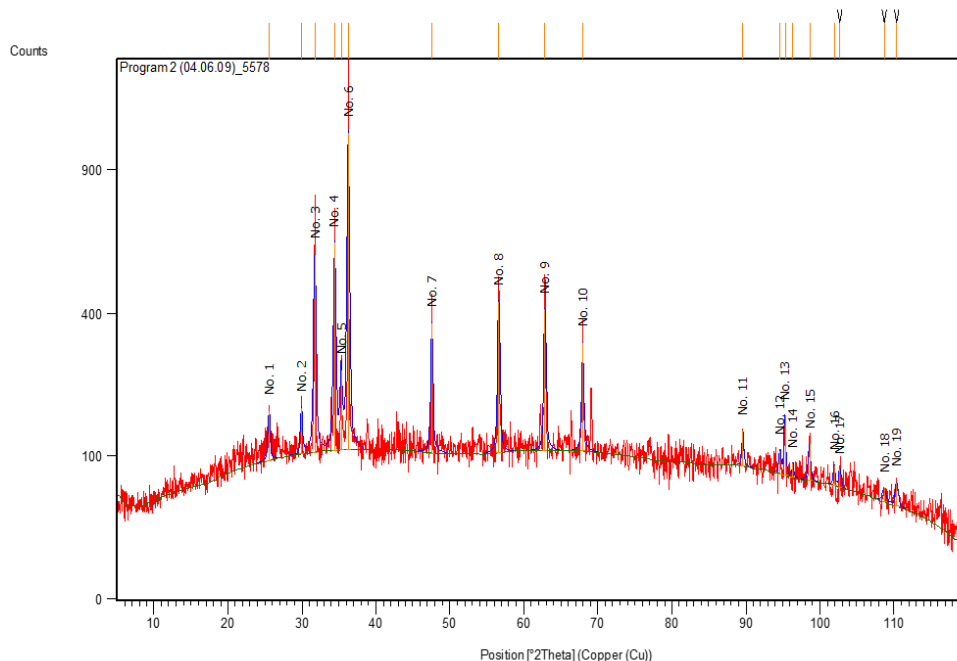


Рисунок 2 – Дифрактограмма образца пыли медного производства

Результаты, полученные после расшифровки представленных дифрактограмм, приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты фазового анализа исследуемых образцов, %

О-1		О-2	
Химическая формула	Содержание, %	Химическая формула	Содержание, %
$\text{CaFeSi}_2\text{O}_6$	38	ZnO	60
SiO_2	36	ZnFe_2O_4	10
CuFeS_2	12	Fe_3S_4	12
FeS_2	11	$\text{CaFe}(\text{Si}_2\text{O}_6)$	14
ZnS	3	ZnS	3

Результаты и обсуждение

Результаты фазового анализа, представленные на рисунках 1, 2 и в таблице 2, позволили установить, что, главной сульфидной фазой медного концентрата является $\text{CaFeSi}_2\text{O}_6$, четко выделившаяся из остальных фаз по своим характерным дифракционным отражениям. Вторая по количеству фаза SiO_2 , затем следует CuFeS_2 , FeS_2 и ZnS . Остальные минералы не выявлены на дифрактограмме из-за их малого содержания в образце. При анализе пыли установлено максимальное содержание оксида цинка.

Для определения содержания сурьмы применяли метод внешнего стандарта. Для этого готовили градуировочные растворы с использованием стандартного раствора сурьмы (СО-14, КЗ.03.01.00066-2007) с концентрацией аналита 1 мг/мл. Растворы меньших концентраций получали разбавлением аликвотных частей стандартного раствора. Для исследований применяли только свежеприготовленные растворы.

Метод фотометрического определения содержания сурьмы основан на измерении оптической плотности окрашенного в желтый цвет раствора комплексного соединения, образованного ионами трехвалентной сурьмы с иодидом калия. Определению сурьмы мешают ионы висмута.

Исходные данные, необходимые для построения градуировочной характеристики в диапазоне концентраций анализа от 0,001 мг/см³ до 0,01 мг/см³, представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Данные для построения градуировочной зависимости спектрофотометрического определения сурьмы

$C_{\text{Sb}}, \text{мг/см}^3$	0,001	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010
A	0,0224	0,0724	0,1231	0,2536	0,3139	0,3865

Измерение интенсивности аналитического сигнала (оптическая плотность) проводили 3 раза для каждого градуировочного раствора. На основании полученных данных построили график зависимости оптической плотности от содержания сурьмы в градуировочном растворе (мг/см³). Градуировочный график представлен на рисунке 3.

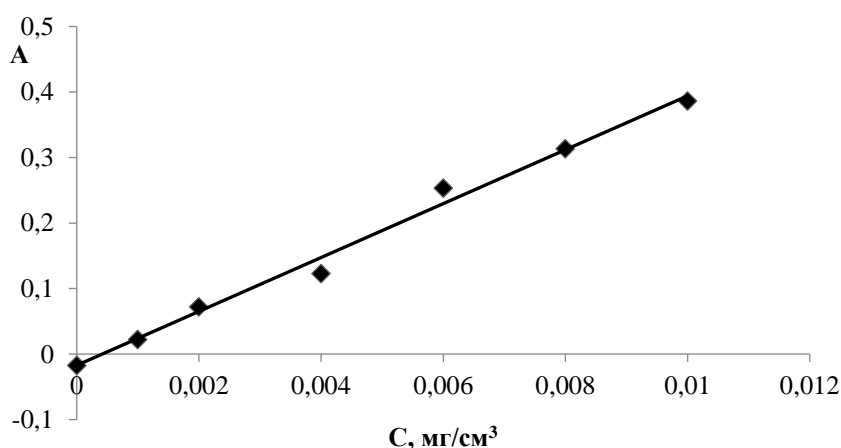


Рисунок 3 – Зависимость оптической плотности от содержания сурьмы

Для оценивания линейности градуировочной характеристики применяли корреляционный и регрессионный анализы [9]. Статистическая обработка градуировочной характеристики была также проведена в соответствии с требованиями, изложенными в РМГ 54-2002 [10] методом наименьших квадратов. Результаты проведенных расчетов представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты статистической обработки графика зависимости оптической плотности от содержания сурьмы с помощью корреляционного анализа

a	Sa	b	Sb	r	Vy	F(V1,V2)
1	2	3	4	5	6	7
-0,0167	0,2189	41,1340	36,1049	0,9944	2,3258	3,26

Примечания:
a и b – коэффициенты в уравнении $y = a + bx$
Sa и Sb – стандартные отклонения коэффициентов a и b;
r – коэффициент корреляции;
Vy – отношение средних квадратов отклонений;
F – квантиль распределения

Значение коэффициента корреляции, рассчитанного для представленной на рисунке 3 градуировочной характеристики, близко к единице, что свидетельствует о жесткой корреляции между значениями концентраций аналита (мг/см^3) и интенсивностью аналитического сигнала (рис. 4).

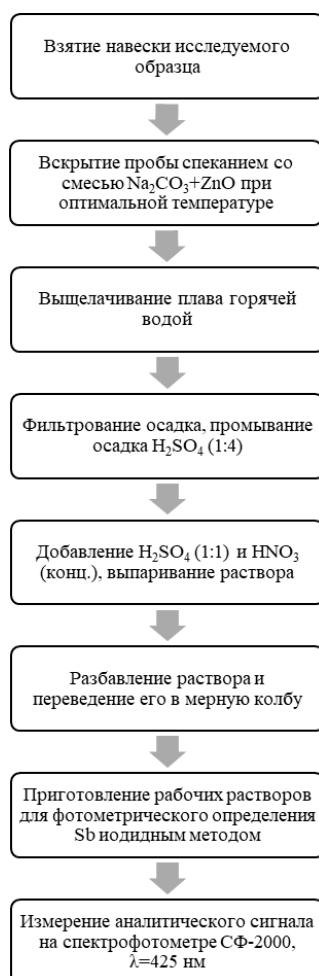


Рисунок 4 – Основные этапы методики спектрофотометрического определения массовых концентраций сурьмы в металлургических образцах

Рассчитанное значение отношения средних квадратов отклонений Vy сравнивали с табличным значением квантиля F-распределения со степенями свободы $V1=N-2$ и $V2=N$ (J-

1). Поскольку $V_y < F(V_1, V_2)$, то с доверительной вероятностью $P=0,95$ можно сделать вывод, что градуировочная характеристика в диапазоне концентраций $0,001-0,010$ мг/см³ подчиняется линейной модели.

Заключение

Отработана методика фотометрического определения содержания сурьмы в растворах, полученных после разложения образцов медного концентрата, шлака свинцово-цинкового производства и пыли медного производства смесью $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{ZnO}$; построена градуировочная характеристика фотометрического определения содержания сурьмы в диапазоне концентраций от $1 \cdot 10^{-3}$ до $1 \cdot 10^{-2}$ мг/мл при длине волны 425 нм. В соответствии с требованиями, изложенными в РМГ 54-2002, а также с использованием корреляционного и регрессионного анализов проведена статистическая обработка установленной градуировочной характеристики и доказана ее линейность; коэффициент корреляции составил 0,9944, коэффициенты a и b равны соответственно: $-0,0167$ и $41,1340$.

Список литературы

1. Немодрук А.А. Аналитическая химия сурьмы. – М.: Наука, 1978. – 222 с.
2. <https://nedra.kz/article/poleznye-iskopaemye-kazahstana-i-ih-mestorozhdeniya>
3. Каунова А.А. Определение легколетучих элементов методом ЭТААС по технике дозирования суспензий образцов на никелевом модификаторе: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. хим. наук / А.А. Каунова. – Краснодар. – 2006.
4. Карпов Ю.А., Савостин А.П. Методы пробоотбора и пробоподготовки / Ю.А. Карпов, А.П. Савостин. – М.: Бином. Лаборатория знаний. – 2003. – 243 с.
5. ГОСТ 14047.9-78. Концентраты свинцовые. Фотометрический метод определения сурьмы. – М.: Изд-во стандартов, 1978. – 4 с.
6. Уткин Н.И. Комплексная переработка медного и никелевого сырья. – М.: Metallurgia, 1985. – 440 с.
7. Торочешников Н.С. Техника защиты окружающей среды. – М.: Химия, 1981. – 368 с.
8. Асанов Д.А. Модернизация систем улавливания и переработки пылей цветной металлургии: диссертация на соискание ученой степени доктора философии (PhD). – Усть-Каменогорск, 2015. – 130 с.
9. Дворкин В.И. Метрология и обеспечение качества количественного химического анализа. – М.: Химия, 2001. – 263 с.
10. РМГ 54-2002. Характеристики градуировочных средств измерений состава и свойств веществ и материалов. – Уральск. – 2004 г.

References

1. Nemodruk A.A. Analiticheskaya khimiya sur'my. – M.: Nauka, 1978. – 222 s. (In Russian).
2. <https://nedra.kz/article/poleznye-iskopaemye-kazahstana-i-ih-mestorozhdeniya>. (In Russian).
3. Kaunova A.A. Opredeleniye legkoletuchikh elementov metodom ETAAS po tekhnike dozirovaniya suspenziy obraztsov na nikel'evom modifikatore: avtoref. dis. na soiskaniye uchenoy stepeni kand. khim. Nauk. – Krasnodar, 2006. (In Russian).
4. Karpov YU.A., Savostin A.P. Metody probootbora i probopodgotovki / YU.A. Karpov, A.P. Savostin. – M.: Binom. Laboratoriya znaniy, 2003. – 243 s. (In Russian).
5. GOST 14047.9-78. Kontsentraty svintsovyey. Fotometricheskiy metod opredeleniya sur'my. – M.: Izd-vo standartov, 1978. – 4 s. (In Russian).
6. Utkin N.I. Kompleksnaya pererabotka mednogo i nikel'evogo syr'ya. – M.: Metallurgiya, 1985. – 440 s. (In Russian).
7. Torocheshnikov N.S. Tekhnika zashchity okruzhayushchey sredy. – M.: Khimiya, 1981. – 368 s. (In Russian).
8. Asanov D.A. Modernizatsiya sistem ulavlivaniya i pererabotki pyley tsvetnoy metallurgii: dissertatsiya na soiskaniye uchenoy stepeni doktora filosofii (PhD). – Ust'-Kamenogorsk, 2015. – 130 s. (In Russian).
9. Dvorkin V.I. Metrologiya i obespecheniye kachestva kolichestvennogo khimicheskogo analiza. – M.: Khimiya, 2001. – 263 s. (In Russian).
10. RMG 54-2002. Kharakteristiki graduirovочnykh sredstv izmereniy sostava i svoystv veshchestv i materialov. – Ural'sk, 2004 g. (In Russian).

**Р.А. Аубакирова¹, Ж.Б. Мукажанова^{1*}, К.К. Кабдулкаримова², И.В. Афанасенкова¹,
Ш.К. Саньязова¹**

¹С. Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университеті,
070004, Қазақстан Республикасы, Өскемен қ., Қазақстан к-сі, 55 үй

²Л.Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық университеті,
10000, Қазақстан Республикасы, Астана қ., Сатбаева к-сі, 2 - үй

*e-mail: mukazhanovazhb@mail.ru

МЕТАЛЛУРГИЯЛЫҚ ӨНДІРІС ӨНІМДЕРІНІҢ ҚҰРАМЫНДАҒЫ СУРЬМАНЫ ТАЛДАУ

Сурьма заманауи ғылым мен техникада кеңінен қолданылады. Қазіргі таңда жоғары таза сурьманың маңызды тұтынушысы жартылай өткізгіш өнеркәсібі болып табылады.

Ғылыми мақалада металлургиялық үлгілердің құрамындағы зиянды қоспалар тобына жататын сурьманы анализдеу нәтижелері келтірілген. Бұл қоспалар кендер мен олардың концентраттарын металлургиялық қайта өңдеуді қиындатады, сонымен қатар алынған өнімнің сапасын нашарлатады. Мыс өндірісінің катодты мысында сурьманың шамалы мөлшерінің болуы жылу мен электр өткізгіштігінің төмендеуіне, өнімнің икемділігінің нашарлауына әкеледі.

Технологиялық өндірістің барлық кезеңдерінде металлургиялық үлгілердегі сурьма құрамын бақылау талданатын үлгілердің матрицалық және қоспалық құрамының күрделілігіне, сурьма құрамының төмен болуына байланысты қиын. Негізгі қиындықтар металлургиялық үлгілерден сынама дайындау кезеңінде туындайды, оның негізгі мақсаты сурьманы қатты фазадан ерітіндіге айналдыру болып табылады. Дәстүр бойынша металлургиялық үлгілердің ыдырауы сынаманы қышқылмен еріту, сілтілі балқыту немесе агломерация арқылы жүзеге асырылады. Ең оңай әдіс - қышқылды еріту. Алайда, бұл әдістің бірқатар маңызды кемшіліктері бар: тұздарының гидролизіне байланысты сурьманың жоғалуы, ілеспе элементтердің кедергі келтіретін әсері, сонымен қатар сынама қышқылмен еріген кезде ерітіндіге айналады.

Сурьманы фотометриялық анықтаудағы ең сенімді нәтижелерді кедергі жасайтын элементтерді карбонаттар түрінде тұндыру және сурьманы гидролизге ұшырамайтын түрге (MехSbyOz антимоноаттары) айландыру арқылы жүретін агломерациялау әдісімен алынады. Алайда, әдебиеттерде құрамында сурьма бар металлургиялық үлгілерді агломерациялау процесінің нақты шарттары сипатталмаған.

Жұмыста металлургиялық үлгілерді ыдырату әдісі ұсынылған, ол зерттелетін үлгілерді $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{ZnO}$ -мен агломерациялаудан тұрады. Ұсынылған үлгілердің фазалық құрамы анықталды. Толқын ұзындығы 425 нм болатын $1 \cdot 10^{-3}$ -тен $1 \cdot 10^{-2}$ мг/мл-ге дейінгі концентрация диапазонында сурьма құрамын фотометриялық анықтаудың градуирлеу сызығы салынды.

Түйін сөздер: талдау, зиянды қоспалар, металлургиялық үлгілер, үлгінің ыдырауы, өлшенді агломерациясы, сыртқы стандарттау әдісі, градуирлеу сипаттамасы, нәтижелерді өңдеу.

**R.A. Aubakirova¹, J.B. Mukazhanova^{1*}, K.K. Kabdulkarimova², I.V. Afanasenkova¹,
S.K. Sanyazova¹**

¹S. Amanzholov East Kazakhstan University,
070004, Republic of Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan str., 55

²Gumilev Eurasian National University,
10000, Republic of Kazakhstan, Astana, Satbayeva str., 2

*e-mail: mukazhanovazhb@mail.ru

ANALYSIS OF METALLURGICAL PRODUCTS FOR ANTIMONY CONTENT

Antimony is widely used in modern science and technology. Currently, the most important consumer of high-purity antimony is the semiconductor industry.

The article presents the results of the analysis of metallurgical samples for the content of antimony, which belongs to the group of harmful impurities.

Traditionally, the decomposition of metallurgical samples is carried out by acid dissolution of the sample, alkali fusion or sintering. The least labor-intensive method is acid dissolution. However, this method has a number of significant disadvantages: incomplete opening, loss of antimony due to the hydrolysis of its salts, and the interfering influence of accompanying elements that also pass into solution during acidic dissolution of the sample. The most reliable results in the photometric determination of antimony content can be obtained by sintering a sample, accompanied by the separation of interfering elements by their precipitation in the form of carbonates and the transfer of antimony into a form that is not subject to hydrolysis (MexSbyOz antimonates). However, the specific conditions for the sintering process of antimony-containing metallurgical samples are not described in the literature.

The work proposes a method for the decomposition of metallurgical samples, which consists of sintering the samples under study with $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{ZnO}$. The phase composition of the presented samples has been established. A calibration characteristic for the photometric determination of antimony content in the concentration range from $1 \cdot 10^{-3}$ to $1 \cdot 10^{-2}$ mg/ml at a wavelength of 425 nm was constructed.

Key words: analysis, harmful impurities, metallurgical samples, sample decomposition, sample sintering, external standard method, calibration characteristic, results processing.

Сведения об авторах

Роза Аблакимовна Аубакирова – кандидат химических наук, профессор кафедры «Химия», Восточно-Казахстанский университета имени С. Аманжолова города Усть-Каменогорск, Республика Казахстан, e-mail: roza.aubakirova@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9403-1104>.

Жазира Бигалиевна Мукажанова – доктор философии (PhD), ассоциированный профессор кафедры «Химия», Восточно-Казахстанский университета им. С. Аманжолова города Усть-Каменогорск, Республика Казахстан, e-mail: mukazhanovazhb@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4635-8000>.

Кульбану Кабдулкаримовна Кабдулкаримова – кандидат химических наук, доцент кафедры «Химия», ЕНУ им. Л.Гумилева города Астана, Республика Казахстан, e-mail: qk2107@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0475-9906>.

Ирина Владимировна Афанасенкова – кандидат педагогических наук, ассоциированный профессор кафедры «Химия», Восточно-Казахстанский университета им. С. Аманжолова города Усть-Каменогорск, Республика Казахстан, e-mail: ivekz08@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5369-825X>.

Шынар Кадылбековна Санъязова – магистр педагогических наук, лектор кафедры «Химия», Восточно-Казахстанский университета им. С. Аманжолова города Усть-Каменогорск, Республика Казахстан, e-mail: shynarsanyazova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-0741-9268>.

Авторлар туралы ақпарат

Роза Аблакимовна Аубакирова – химия ғылымдарының кандидаты, "Химия" кафедрасының профессоры, Өскемен қаласы С. Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университеті, Қазақстан Республикасы, e-mail: roza.aubakirova@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9403>.

Жазира Бигалиқызы Мұкажанова – философия докторы (PhD), "Химия" кафедрасының қауымдастырылған профессоры, Шығыс Қазақстан университеті. С. Аманжолова Өскемен қаласы, Қазақстан Республикасы, e-mail: mukazhanovazhb@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4635-8000>.

Күлбану Кабдулкаримовна Кабдулкаримова – химия ғылымдарының кандидаты, "Химия" кафедрасының доценті, ЕҰУ. Л. Гумилева Астана қаласы, Қазақстан Республикасы, e-mail: qk2107@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0475-9906>.

Ирина Владимировна Афанасенкова – педагогика ғылымдарының кандидаты, "Химия" кафедрасының қауымдастырылған профессоры, Шығыс Қазақстан университеті. С. Аманжолова Өскемен қаласы, Қазақстан Республикасы, e-mail: ivekz08@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5369-825X>.

Шынар Қадылбекқызы Саньязова – педагогика ғылымдарының магистрі, "Химия" кафедрасының лекторы, Шығыс Қазақстан университеті. С. Аманжолова Өскемен қаласы, Қазақстан Республикасы, e-mail: shynarsanyazova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-0741-9268>.

Information about the scientists of the research

Rosa Aubakirova – Candidate of Chemical Sciences, Professor of the Department of Chemistry, S. Amanzholov East Kazakhstan University of Ust-Kamenogorsk, Republic of Kazakhstan, e-mail: roza.aubakirova@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9403->

Zhazira Mukazhanova – Doctor of Philosophy (PhD), Associate Professor of the Department of Chemistry, S. Amanzholov East Kazakhstan University of Ust-Kamenogorsk, Republic of Kazakhstan, e-mail: mukazhanovazhb@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4635-8000>

Kulbanu Kabdulkarimova – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Chemistry, L. Gumilyov ENU, Astana, Republic of Kazakhstan, e-mail: qk2107@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0475-9906>.

Irina Afanasenkova – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Chemistry, S. Amanzholov East Kazakhstan University of Ust-Kamenogorsk, Republic of Kazakhstan, e-mail: ivekz08@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5369-825X>

Shynar Sanyazova – Master of Pedagogical Sciences, lecturer of the Department of Chemistry, S. Amanzholov East Kazakhstan University of Ust-Kamenogorsk, Republic of Kazakhstan, e-mail: shynarsanyazova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-0741-9268>

Материал поступил в редакцию 16.04.2022 г.

DOI: 10.53360/2788-7995-2023-4(12)-23

FTAXA: 31.15.37; 31.23.27

М.Д. Султан^{1*}, Ж.Б. Оспанова¹, К.Б. Мусабеков¹, Т.Е. Кенжебаев², П. Тахистов³

¹Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті

050040, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., әл-Фараби даңғ., 71

²ЖШС «Қазақ мал шаруашылығы және жемшөп өндірісі ғылыми-зерттеу институты»

050035, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Жандосов көш., 51

³Нью-Джерси Мемлекеттік Университеті – Ратгерс Университеті

08901 NJ, Америка Құрама Штаттары, Нью-Брансуик қ., Дадлей, 65

*e-mail: bolatovamervuert@gmail.com

МАЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ ҚАЛДЫҚТАРЫНАН АЛЫНҒАН КЕРАТИННІҢ ҚАСИЕТТЕРІ МЕН ҚОЛДАНЫЛУЫ

Аңдатпа: Зерттеу соңғы он жылдықтағы ғалымдардың зерттеулері арасында мал шаруашылығы қалдықтарынан алынған кератині бар шикізаттың қасиеттеріне заманауи шолу жасауға және кератинді әртүрлі салаларда қолданудың маңызды рөлін көрсетуге бағытталған. Бұл шолуда кератиннің құрамы мен түрлері, қолдану аясы, кератиннің функциялары, мал шаруашылығы мен балық шаруашылығында таралуы қарастырылады. Айта кету керек, кератин биомедицинада, тіндік инженерияда, биопластикада, тоқыма бұйымдары, биокомпозиттер және құрылыс материалдары өндірістерінде кеңінен қолданылады. Бұл мақалада кератиннің физикалық және химиялық қасиеттері мен артықшылықтары, соның ішінде, биологиялық ыдырауы, механикалық қабілеттері, температура режиміне төзімділігі және жылу өткізгіштігі көрсетілген. Кератин гидролизатын әртүрлі әдістерді қолдана отырып, жүн, шаш, құстардың қауырсындары сияқты әртүрлі шикізаттардан синтездеуге болады. Кератин гидролизатын синтездейтін маңызды әдістің бірі – экстракция әдісі болып табылады. Экстракция әдісі бірнеше түрге бөлінеді: тотығу және тотықсыздану, сондай-ақ бу жарылысымен экстракция әдісі кең қолданысқа ие. Ғалымдар арасында мал шаруашылығы қалдықтарынан алынған кератинді медициналық мақсатта зерттеу қызығушылығы артқан, соның