

Методика определения германия в технологических продуктах свинцовых, цинковых, медных производств УК МК ТОО «Казцинк»

Аннотация. Германий является важным высокотехнологичным элементом во многих современных отраслях промышленности благодаря уникальным полупроводниковым свойствам его кристаллов. Впоследствии были обнаружены и другие интересные свойства германия и его соединений, что способствовало значительному расширению диапазона его промышленного использования. В настоящее время разработано очень мало методик определения германия в различном сырье, которые могли бы найти практическое применение. В данной статье предложена методика выполнения измерений (МВИ) концентрации германия в технологических продуктах свинцовых, цинковых, медных производств с применением современного технологического оборудования – атомно-эмиссионного спектрометра с индуктивно-связанной плазмой Spectro Ciros^{CCD} с программным обеспечением Smart Analyzer Vision в растворах, полученных после разложения проб смесью концентрированных азотной и фтористоводородной кислот, с последующим добавлением разбавленной серной кислоты при длине волны 209,43 нм. Диапазон определяемых содержаний аналита составляет 10⁻⁴- 10⁻³ % масс., точность методики анализа ± Δ0,0011-0,0012% масс., расширенная неопределенность результатов анализа U (C_{Ge}) 0,0011-0,013% масс.

Ключевые слова: германий, полупроводник, редкие и рассеянные элементы, сырье, атомно-эмиссионная спектроскопия, методика выполнения измерений.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-6771-2021-134-1-34-43>

Введение

Полупроводниковый германий считается важнейшим элементом, спрос на который стремительно вырос в связи с бурным развитием высокотехнологичных отраслей промышленности. Германий применяется в самых различных областях науки и техники, из числа которых можно выделить пять основных категорий: волоконная оптика, ИК-оптика, катализаторы полимеризации, электроника и солнечная энергетика, металлургия и химиотерапия [1-3].

В природе месторождения германиевых руд являются редкостью, следовательно, не могут быть промышленными источниками получения германия. Одним из основных сырьевых материалов для получения германия служат сульфидные цинковые, медно-цинковые (8 – 300 г/т), реже – свинцовые руды (30 – 50 г/т) [4, с. 197; 5]. Поэтому остатки, полученные в результате переработки руды, например, дымовая пыль плавки, также рассматриваются как потенциальный источник германия. Производство германия за рубежом в основном связано с добычей и переработкой свинцово-цинковых либо полиметаллических сульфидных руд и углей. Месторождения в районе Гордонсвилл – Элмвуд (штат Теннесси, США) содержат в среднем 400 г/т германия в рудном концентрате цинка; месторождение Хуйцзэ (провинция Юньнань) является одним из крупнейших в Китае и производит цинк-свинец и побочные продукты – серебро, германий и кадмий; на месторождении Кипуши (Демократическая Республика Конго) содержание германия в среднем составляет 68 г/т в объемных пробах. Линьцанское месторождение лигнита (провинция Юньнань, Китай) ежегодно производит 16 тонн высокосортного оксида германия (IV), из которых 90% экспортируется [2]. Промышленные запасы сырья, содержащего германий, сосредоточены в бурых углях и углистых породах

(аргиллитах, алевролитах) на Сахалине, в Приморском крае и Читинской области (Россия) [6].

В Казахстане германий содержится в месторождениях свинцово-цинковых руд в Алтае, Восточном Казахстане (Риддерское, Зыряновское, Малеевское, Николаевское) и медно-свинцовых руд в Жезказгане [7, с. 11-12].

Располагая значительным количеством минерального сырья редких и рассеянных элементов [8], в числе которых находится германий, Казахстан на протяжении многих лет может развивать в стране современные отрасли науки и техники, а также реализовывать редкометалльную продукцию на мировом рынке для ее использования в различных отраслях промышленности.

Цель данной работы заключалась в разработке методики выполнения измерений содержания германия в продуктах металлургического производства с возможностью ее последующего внедрения в практику аналитических лабораторий.

Научная новизна работы заключается в разработке принципиально новой методики определения содержания германия в продуктах металлургического производства с использованием современного технологического оборудования.

Для оптимизации условий разложения варьировали соотношение и количество кислот (азотной и фтороводородной, серной), температуру и продолжительность нагревания, ввод дополнительных реагентов (раствор брома).

Материалы и методы

Для определения содержания германия в продуктах свинцового, цинкового и медного производств был выбран метод атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой, отличающийся высокой чувствительностью и простотой в осуществлении.

В работе были исследованы десять металлургических образцов на наличие содержания микроколичеств германия, наименования которых приведены в таблице 1.

Таблица 1

Перечень исследуемых образцов

Шифр образца	Наименование образца	Содержание германия, %	X среднее
-1	О Медный концентрат	< 0,002	-
-2	О Цинковый концентрат	< 0,002	-
-3	О Свинцовый концентрат	0,0036	0,0036
		0,0036	
		0,0036	
-4	О Цинковая шихта	< 0,002	-
-5	О Пыль медного производства	< 0,002	-
-6	О Медный кек	0,0120	0,0120
		0,0125	
		0,0120	

-7	○	Свинцовый кек	0,0029	0,0029
			0,0030	
			0,0031	
-8	○	Цинковый кек	< 0,002	-
-9	○	Кадмиевая губка	0,0061	0,0061
			0,0061	
			0,0062	
-10	○	Металлургический шлак свинцово-цинкового производства	< 0,002	-

Растворы германия для анализа готовили последовательным разбавлением определенного количества головного раствора с концентрацией 1 г/л, приготовленного по стандартной методике [9].

Для растворения аналитической навески массой 0,5 г брали 20 см³ HNO₃ ($\rho = 1,385 \text{ г/см}^3$) и 1 см³ HF ($\rho = 1,123 \text{ г/см}^3$). По завершении химической реакции раствор частично упаривали до прекращения выделения оксидов азота. К полученной системе прибавляли 2 см³ разбавленной H₂SO₄ (1:1) и продолжали нагревание до выделения паров кислоты. Добавляли 5 см³ азотной кислоты, обмывали водой, кипятили в течение 5-7 мин и охлаждали.

Объем охлажденного раствора доводили до 100 см³, тщательно перемешивали. Полученные растворы проб анализировали с использованием растворов образцов сравнения с концентрациями 1,0; 0,5; 0,1 мг/дм³.

Определяли содержание германия на атомно-эмиссионном спектрометре с индуктивно связанной плазмой Spectro Ciros^{CCD} (Circular Optical System) (SPECTRO Analytical Instruments, Германия) с программным обеспечением Smart Analyzer Vision при длине волны 209,43 нм.

Массовую долю германия (ω_{Ge}) в исследуемых образцах (% масс.) вычисляли по формуле (1):

$$\omega_{Ge} = \frac{C_{ГГ} \cdot V_{м.к} \cdot 100\%}{m \cdot 1000 \cdot 1000}, \quad (1)$$

где $C_{ГГ}$ - массовая концентрация германия, найденная по градуировочному графику, мг/дм³; $V_{м.к.}$ - объем мерной колбы, в которую помещали раствор после разложения, см³; m - масса навески исследуемых образцов, г; 1000- коэффициенты пересчета массы навески с мг в г, объема мерной колбы с см³ в дм³.

Данная методика позволяет определять концентрацию германия до 10⁻⁴ (% масс.).

Обсуждение результатов и выводы

Разработанная методика определения содержания германия включает в себя стадии: растворение пробы, разбавление растворов и последующий анализ.

Разложение проб в смеси азотной и фтористоводородной кислот позволило достичь максимальной величины аналитического сигнала благодаря образованию на стадии разложения относительно термостойкого диоксида германия [10; 11, с. 20-21]; последующее добавление разбавленной серной кислоты дало возможность исключить потери легколетучего компонента, а следовательно, и улучшить метрологические характеристики результатов анализа исследуемых образцов.

При выделении элементной серы последнюю разлагали при нагревании в 1–2 мл раствора бромной воды. Бром может содержать незначительные примеси хлора, поэтому параллельно выполнялось разложение тех же самых проб в избытке концентрированной азотной кислоты (30 мл вместо изначальных 15 мл). Но так как сера выделялась преимущественно при разложении цинковой шихты, цинковых концентратов и кеков, и эти образцы не содержали в своем составе германий (таблица 1), рассмотрение влияния данного фактора не требовалось.

Для оценки метрологических характеристик аналитических измерений были отобраны 4 образца, в которых было установлено наличие микроколичеств германия. В течение десяти дней для каждого образца выполняли по два параллельных определения германия. Измерение интенсивности аналитического сигнала проводили три раза для каждого образца. Результатом отдельного определения являлись измеряемые величины – показания прибора (концентрация в г/дм³) и расчетные величины (массовая доля в % масс.)

Результаты ежедневного определения содержания германия в отобранных образцах составляли одну серию измерений (таблица 2).

Таблица 2

Результаты определения содержания германия в выделенных образцах для одной серии измерений

Шифр образца	Наименование образца	Масса навески, г	Аналитический сигнал, г/дм ³	Содержание германия, % масс.
О-3	Свинцовый концентрат	0,5000	0,180	0,0036
			0,178	0,0036
О-6	Медный кек		0,604	0,0121
			0,623	0,0125
О-7	Свинцовый кек		0,148	0,0030
			0,129	0,0026
О-10	Кадмиевая губка		0,305	0,0061
			0,312	0,0062

Метрологическое обоснование разработанной методики выполнения измерений проводили с позиций погрешности и неопределенности [12; 13; 14, с. 33-36,88-92].

Традиционный подход к оцениванию показателей качества методики основан на оценивании стандартного отклонения в условиях повторяемости и воспроизводимости, характеризующего случайную погрешность, а также смещения результата анализа как характеристики систематической погрешности.

Результаты расчета стандартных отклонений повторяемости и воспроизводимости представлены в таблице 3.

Метрологические характеристики АЭС-ИСП определения содержания германия в продуктах цинкового, свинцового и медного производств

Содержание германия, % масс.	Относительно стандартное отклонение повторяемости S_{rm}	Относительно стандартное отклонение воспроизводимости SR	Показатель точности $\pm\Delta_m$
0,0036	0,000043	0,00008	0,0036 \pm 0,0011
0,0120	0,000452	0,00074	0,0120 \pm 0,0012
0,0029	0,000071	0,00007	0,0029 \pm 0,0011
0,0061	0,000051	0,00005	0,0061 \pm 0,0012

По данным таблицы можно сделать вывод о том, что при содержании германия в сырье от 0,003 до 0,006 % масс. средние значения относительного стандартного отклонения повторяемости и воспроизводимости результатов измерений составляют 0,00005 и 0,00007 соответственно; при содержании германия в сырье более чем 0,001 % масс. эти значения составляют 0,00045 и 0,00074 соответственно. Значения показателей точности свидетельствуют о том, что результаты параллельных определений незначимо отличаются друг от друга и находятся в вычисленном диапазоне.

Второй подход к оцениванию качества результатов измерений основан на оценивании их неопределенности. Для выявления источников неопределенности результатов анализа атомно-эмиссионного определения германия в продуктах свинцовых, цинковых, медных производств на основе уравнения (1) была построена диаграмма «причина-следствие», представленная на рисунке 1.

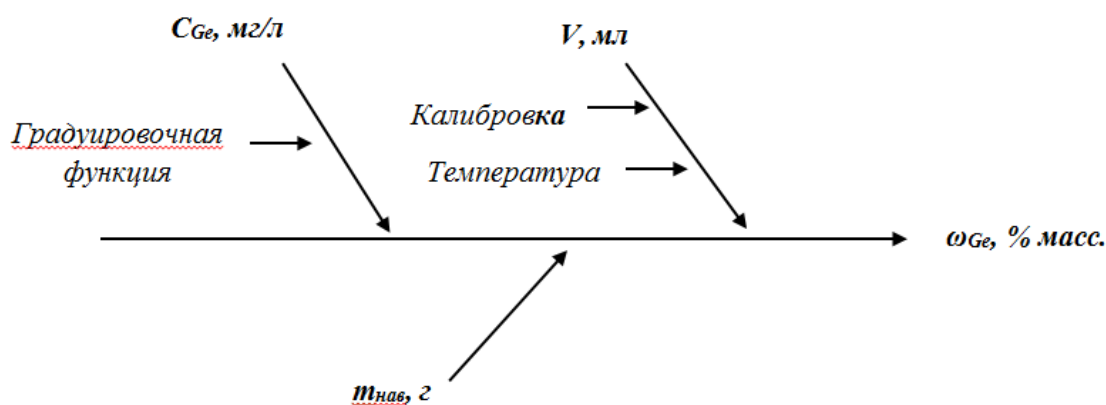


Рисунок 1. Диаграмма «Причина-следствие»

В верхней и нижней частях диаграммы показаны значения физических величин, стоящих в числителе и знаменателе соответственно уравнения (1) и факторы, оказывающие влияние на неопределенность этих величин. Численное значение данных факторов приведено в таблице 4.

Таблица 4
Значения факторов и их неопределенности при определении содержания германия в исследуемых образцах

Шифр образца	Наименование	Единицы измерения	x	Стандартная неопределенность $u(x)$	Относительная стандартная неопределенность $\frac{u(x)}{x}$
О-3 О-6 О-7 О-10	Масса навески (m)	г	0,5000	0,00012	0,00024
О-3 О-6 О-7 О-10	Объем мерной колбы (V)	см ³	100,0	0,0950	0,00095
О-3	Концентрация германия (C)	г/см ³	0,180	0,039	0,219
О-6			0,604	0,039	0,065
О-7			0,145	0,040	0,278
О-10			0,305	0,037	0,122

С учетом вышеуказанных факторов были рассчитаны относительная, стандартная и расширенная неопределенности для средних значений содержания германия в соответствующих образцах (таблица 5).

Таблица 5
Значения неопределенности результатов анализа методики АЭС-ИСП определения германия в продуктах свинцового, цинкового и медного производств

Наименование образца	Содержание германия в анализируемом образце ω_{Ge} , % масс.	Относительная стандартная неопределенность $\frac{u_c(\omega_{Ge})}{\omega_{Ge}}$	Суммарная стандартная неопределенность $u_c(\omega_{Ge})$, % масс	Расширенная неопределенность $U(\omega_{Ge})$
Свинцовый концентрат	0,0036	0,219	0,00079	0,0036±0,0012
Медный кек	0,0120	0,065	0,00077	0,0120±0,0012
Свинцовый кек	0,0029	0,278	0,00081	0,0029±0,0013
Кадмиевая губка	0,0061	0,122	0,00074	0,0061±0,0011

По предложенной методике осуществлен анализ продуктов металлургического производства на предмет содержания германия и проведена оценка показателей погрешности и неопределенности анализа. Использование «неопределённости» позволяет наглядно решать вопрос о соответствии (или несоответствии) измеренной характеристики качества действующим стандартам. Приведенные в работе значения неопределенности свидетельствуют о том, что параллельные значения концентраций определяемых компонентов находятся в вычисленном диапазоне.

Заключение

Предложенная методика АЭС-ИСП анализа позволяет определять германий в технологических продуктах свинцовых, цинковых, медных производств в диапазоне 10^{-4} - 10^{-3} % масс., точность методики составляет $\pm \Delta$ 0,0010-0,0012 % масс., расширенная неопределенность результатов анализа U (C_{Ge}) 0,0011-0,013 % масс.

Из потенциальных германийсодержащих проб выделена отдельная категория образцов (свинцовый концентрат, свинцовый кек, медный кек и кадмиевая губка), которые в дальнейшем могут быть основными источниками производства и получения высокочистого диоксида германия.

Список литературы

1. Frenzel M. On the geological availability of germanium / M. Frenzel, M. P. Ketris & J. Gutzmer // Mineralium Deposita. - 2014. - Vol. 49, №4. - P. 471-486.
2. González Ruiz A. Germanium: current and novel recovery processes / A. González Ruiz, P. Córdoba Sola, N. Moreno Palmerola // Advanced material and device applications with germanium. - 2018. - P. 9-29.
3. Melcher F. Current and future germanium availability from primary sources / F. Melcher, P. Buchholz // Minor Metals Conference. - 2012. - April 24. - P. 1-37.
4. Редкие и рассеянные элементы. Химия и технология: учеб. для вузов. В 3 т. С. С. Коровин [и др.]; под. ред. С. С. Коровина. – М.: МИСИС, 2003. – Т. 3. – 440 с.
5. Höll R. Metallogenesis of germanium-A review / R. Höll, M.Kling, E. Schroll // Ore Geology Reviews. - 2007. - Vol. 30, № 3-4. - P. 145-180.
6. Определение содержания германия в лигнитах Нижнего Приангарья / А. Ф. Шиманский [и др.] // Вестник СибГАУ. - 2015. - Т. 16, №1. - С. 241-245.
7. Валиев Х. Х. Металлургия свинца, цинка и сопутствующих металлов: учеб. / Х. Х. Валиев, Ю. П. Романтеев. - Алматы: Айкос, 2000. - 441 с.
8. Ракишев Б.Р. Горнодобывающая промышленность в свете форсированного индустриально-инновационного развития Республики Казахстан / Б.Р. Ракишев // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). - 2012. - № S1. - С. 404-415.
9. ГОСТ 4212-76. Реактивы. Методы приготовления растворов для колориметрического и нефелометрического анализа. Введ.01.01.77. - М.: Стандартинформ, 2006. - 24 с.
10. Бейзель Н.Ф. Атомно-абсорбционное определение германия в чистом галлии / Н.Ф.Бейзель // Аналитика и контроль. - 1999. - №2. - С. 34-37.
11. Васильев В. П. Аналитическая химия: в 2 кн. Учеб. для студ. вузов, обучающихся по химико-технол. спец. / В. П. Васильев. - 5-е изд., стереотип. - М.: Дрофа. - Кн. 1: Титриметрические и гравиметрические методы анализа. - 2005. - 366 с.
12. РМГ 61-2010 Показатели точности, правильности, прецизионности методик количественного химического анализа. Методы оценки. - М.: Стандартинформ, 2013. - 62 с.
13. Рекомендации по метрологии Р 50.2.038-2004. Измерения однократные прямые. Оценивание погрешностей и неопределенности результата измерений. ИПК Издательство стандартов, 2004. - 11 с.
14. Руководство ЕВРАХИМ/СИТАК. Количественное описание неопределенности в аналитических измерениях. Пер. с англ. Р. Л. Кадиса, Г. Р. Нежиховского, В. Б. Сими́на. Под ред. Л. А. Конопелько. - 2-е изд. - СПб.: ВНИИМ им. Д.И. Менделеева, 2002. - 149 с.

Л. Н. Раимбаева, Р. А. Аубакирова

С. Аманжолов атындағы Шығыс-Қазақстан университеті, Өскемен, Қазақстан

«Казцинк» ЖШС ӨМК-нің қорғасын, мырыш, мыс өндірістерінің технологиялық өнімдеріндегі германийді анықтау әдістемесі

Аңдатпа. Германий өзінің кристалдарының ерекше жартылай өткізгіш қасиеттеріне байланысты көптеген заманауи салаларда таптырмайтын жоғары технологиялық элемент болып табылады. Кейіннен германий мен оның қосылыстарының басқа да қызықты қасиеттері табылды, бұл оны өнеркәсіптік пайдалану салаларының едәуір кеңеюіне ықпал етті. Қазіргі уақытта практикалық қолдануды таба алатын германийды әртүрлі шикізатта анықтау әдістемелері өте аз.

Бұл мақалада сынамаларды концентрацияланған азот және фторсутекті қышқылдардың қоспасымен ыдырағаннан кейін алынған ерітінділерде, толқын ұзындығы 209,43 нм болатын сұйытылған күкірт қышқылын қосудан жаңа технологиялық жабдықты – Smart Analyzer Vision бағдарламалық қамтамасыз ете отырып, Spectro CirosCCD индуктивті-байланысқан плазмасы бар атом-эмиссиялық спектрометрді қолданады. Сол арқылы қорғасын, мырыш, мыс өндірістерінің технологиялық өнімдеріндегі германий концентрациясын өлшеу әдістемесі (ӨӨ) ұсынылған. Аналиттің анықталған құрамының диапазоны массаның 10^{-4} - 10^{-3} % құрайды, талдау әдісінің дәлдігі массаның $\pm \Delta 0,0011$ - $0,0012\%$, талдау нәтижелерінің кеңейтілген белгісіздігі $U(C_{Ge})$ массаның $0,0011$ - $0,013\%$.

Түйін сөздер: германий, сирек және шашыраңқы элементтер, шикізат, Атом-эмиссиялық спектроскопия, өлшеулерді орындау әдістемесі.

L. N. Raimbayeva, R. A. Aubakirova

S. Amanzholov East Kazakhstan State University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan

Methodology for measuring the mass concentration of germanium in technological products of lead, zinc, and copper production of the UK MC KAZZINC LLP

Abstract. Germanium is an indispensable high-tech element in many modern industries due to the unique semiconductor properties of its crystals. Subsequently, there were discovered other interesting properties of germanium and its compounds, which contributed to a significant expansion of its industrial use. At present, there are developed few methods for the determination of germanium in various raw materials that could find practical application. The article presents a method for measuring the concentration of germanium in technological products of lead, zinc, and copper industries using the latest technological equipment-an atomic emission spectrometer with inductively coupled plasma Spectro Ciros^{CCD} with Smart Analyzer Vision software in solutions obtained after decomposition of samples with a mixture of concentrated nitric and hydrofluoric acids, followed by the addition of dilute sulfuric acid at a wavelength of 209.43 nm. The range of analyte contents is 10^{-4} - 10^{-3} % by mass, the accuracy of the analysis method is $\pm \Delta 0.0011$ - 0.0012% by mass, and the extended uncertainty of the analysis results is $U(C_{Ge})$ 0.0011-0.013% by mass.

Keywords: germanium, rare and scattered elements, raw materials, atomic emission spectroscopy, measurement methods.

References

1. Frenzel M. On the geological availability of germanium. M. Frenzel, M. P. Ketris & J. Gutzmer, *Mineralium Deposita*. 49(4), 471-486 (2014).
2. González Ruiz A. Germanium: current and novel recovery processes. A. González Ruiz, P. Córdoba Sola, N. Moreno Palmerola. *Advanced material and device applications with germanium*, 9-29 (2018).
3. Melcher F. Current and future germanium availability from primary sources. F. Melcher, P. Buchholz. *Minor Metals Conference*. 1-37 (2012).
4. Redkiye i rasseyannyye elementy. *Khimiya i tekhnologiya: v 3 t. : ucheb. dlya vuzov* [Rare and scattered elements: textbook for universities], (MISIS, Moscow, 2003, 440) [in Russian].
5. Höll R. Metallogenesis of germanium (a review). R. Höll, M.Kling, E. Schroll. *Ore Geology Reviews*. 30(3-4), 145-180 (2007).
6. Shimanskiy A. F., Podkopaev O. I., Kopytkova S. A., Balakchina E. S., Kravtsova E. D. Opredeleeniye sodержaniya germaniyav lignitakh nizhnego priangar'ya [The germanium concentration determination in lignite of Lower Angara region], *Vestnik SibGAY* [Bulletin of M. F. Reshetnev Siberian state aerospace University], 16(1), 241-245 (2015), [in Russian].
7. Valiyev Kh. Kh. *Metallurgiya svintsa, tsinka i sopushtvuyushchikh metallov: ucheb.* [Metallurgy of lead, zinc and related metals] (Icos, Almaty, 2000, 441 p.) [in Russian].
8. Rakishev B. R. Gornodobyvayushchaya promyshlennost' v svete forsirovannogo industrial'noinnovatsionnogo razvitiya Respubliki Kazakhstan [Mining industry in the light of accelerated industrial and innovative development of the Republic of Kazakhstan], *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten' (nauchno-tekhnicheskiy zhurnal)* [Mining information and analytical Bulletin (scientific and technical journal)], S1, 404-415 (2012) [in Russian].
9. GOST 4212-76. Reaktivy. Metody prigotovleniya rastvorov dlya kolorimetricheskogo i nefelometricheskogo analiza [GOST 4212-76. Reagents. Methods for preparing solutions for colorimetric and nephelometric analysis]. (Standardinform, Moskva, 2006, 24 s.) [in Russian].
10. Beyzel' N.F. Atomno-absorbtsionnoye opredeleniye germaniya v chistom gallii [Atomic absorption determination of germanium in pure gallium], *Analitika i kontrol'* [Analytics and control], 2, 34-37 (1999) [in Russian].
11. Vasil'yev A. P. *Analiticheskaya khimiya: v 2 kn.: ucheb. dlja studentov vuzov obuchayushchikhsya po khimiko-tekhnol. spets.* [Analytical chemistry] (Drofa, Moscow, 2005, Vol. 1, 366 p.) [in Russian].
12. RMG 61-2010 Pokazateli tochnosti, pravil'nosti, precizionnosti metodik kolichestvennogo himicheskogo analiza. Metody ocenki [RMG 61-2010. Indicators of accuracy, correctness, and precision of quantitative chemical analysis techniques. Evaluation methods]. (Standardinform, Moskva, 2013, 62 s.) [in Russian].
13. Rekomendacii po metrologii R 50.2.038-2004 [Recommendations on metrology R 50.2.028-2003]. Izmereniya odnokratnye pryamy. Ocenivanie pogreshnostej i neopredelennosti rezul'tata izmerenij [Algorithms for constructing calibration characteristics of measuring instruments for the composition of substances and materials and evaluating their errors (uncertainties)]. (IPK Izdatel'stvo standartov, 2003, 11 s.) [in Russian].
14. Rukovodstvo EVRAHIM/SITAK [Manual EURACHIM/SITAC] Kolichestvennoe opisaniye neopredelennosti v analiticheskikh izmereniyah [Quantitative Description of Uncertainty in Analytical Measurements] (St. Petersburg, 2002, 149 p.) [in Russian].

Сведения об авторах:

Раимбаева Л. Н. – магистрант 1 курса специальности «7М05302-Химия», Восточно-Казахстанский университет имени С. Аманжолова, ул. 30-й Гвардейской дивизии, 34, Усть-Каменогорск, Казахстан.

Аубакирова Р.А. – кандидат химических наук, профессор кафедры химии Восточно-Казахстанского университета им. С. Аманжолова, доцент ВАК, ул. 30-й Гвардейской дивизии, 34, Усть-Каменогорск, Казахстан.

Raimbayeva L.N. – The 1st year master's student in Chemistry at S. Amanzholov East Kazakhstan University, of the Higher Attestation Commission, Tridtsatoy Gvardeiskoy Divizii street 34, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan.

Aubakirova R.A. - Candidate of Chemical Sciences, professor of Chemistry Department of S. Amanzholov East Kazakhstan University, Associate Professor of the Higher Attestation Commission, 34 Tridtsatoy Gvardeiskoy Divizii str., Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan.