

МЕТРОЛОГИЯЛЫҚ САРАПТАМА САНДЫҚ ХИМИЯЛЫҚ ТАЛДАУ ӘДІСТЕРІ

АНДАТПА

Бұл мақалада сандық химиялық талдау әдістеріне метрологиялық сараптама ұғымы ашылады, сонымен қатар оны жүргізудің негізгі кезеңдері сипатталады, өйткені химиялық талдау нәтижелерінің дұрыстығын қамтамасыз ету өндірістік қажеттілікке байланысты өзекті ғылыми-техникалық міндет болып табылады. Дәл емес немесе қате нәтижелер өнімнің сапасына әсер ететін қайтымсыз және жағымсыз салдарға әкелуі мүмкін.

Мақалада сандық химиялық талдау әдістемелеріне метрологиялық сараптама жүргізудің заңнамалық және нормативтік негіздеріне шолу жасалады. Сандық химиялық талдау әдістерінің өлшеу қателігінің сипаттамаларын бағалау әдістеріне сілтемелер келтірілген, химиялық талдау нәтижелерінің сапалық сипаттамалары туралы түсініктер ашылады.

Қорытындыда сандық химиялық талдау әдістемелерінің метрологиялық сараптамасының нәтижелерін ресімдеу және оның химиялық талдау сапасын қамтамасыз етудегі мемлекеттік реттеу нысандарының бірі ретіндегі маңызы туралы ақпарат келтірілген.

Түйінді сөздер: метрологиялық сараптама, өлшеу әдістемесі, сандық химиялық талдау, өлшеу қателігі, сапасы, дәлдігі.

МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА МЕТОДИК КОЛИЧЕСТВЕННОГО ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

АННОТАЦИЯ

В данной статье раскрывается понятие метрологической экспертизы методик количественного химического анализа, а также описываются основные этапы ее проведения, так как обеспечение достоверности результатов химических анализов является актуальной научно-технической задачей, обусловленной производственной необходимостью. Неточные или ошибочные результаты могут привести к необратимым и негативным последствиям, что сказывается на качестве продукции.

В статье приводится обзор законодательной и нормативной основы проведения метрологической экспертизы методик количественного химического анализа. Приведены ссылки на способы оценки характеристик погрешности измерений методик количественного химического анализа, раскрываются понятия качественных характеристик результатов химического анализа.

В заключении приведена информация об оформлении результатов метрологической экспертизы методик количественного химического анализа и ее значимость как одной из форм государственного регулирования в обеспечении качества химического анализа.

Ключевые слова: метрологическая экспертиза, методика выполнения измерений, количественный химический анализ, погрешность измерений, качество, точность.

METROLOGICAL EXAMINATION METHODS OF QUANTITATIVE CHEMICAL ANALYSIS

ANNOTATION

This article reveals the concept of metrological examination of quantitative chemical analysis techniques, as well as describes the main stages of its implementation, since ensuring the reliability of chemical analysis results is an urgent scientific and technical task due to production necessity. Inaccurate or erroneous results can lead to irreversible and negative consequences, which affects the quality of products.

The article provides an overview of the legislative and regulatory framework for the metrological examination of quantitative chemical analysis techniques. References are given to methods for evaluating the characteristics of measurement error of quantitative chemical analysis techniques, and the concepts of qualitative characteristics of chemical analysis results are revealed.

In conclusion, information is provided on the design of the results of the metrological examination of quantitative chemical analysis techniques and its significance as one of the forms of state regulation in ensuring the quality of chemical analysis.

Keywords: metrological examination, measurement methodology, quantitative chemical analysis, measurement error, quality, accuracy.





ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день, научно-технический прогресс находит свое выражение в различных формах, в том числе в модернизации существующих средств измерений, а также в создании новых приборов и различных устройств.

Появляются новые и совершенствуются уже всем известные методы анализа, увеличивается количество подлежащих измерению величин, ужесточаются требования к контролю точности измерений.

Не менее важным требованием является обеспечение и контроль качества результатов количественного химического анализа в различных лабораториях.

Под количественным химическим анализом понимают экспериментальное определение содержания (массовой или объемной доли, молярной концентрации и т.д.) одного или ряда компонентов вещества в пробе физическими, физико-химическими, химическими и другими методами.

Количественный состав непосредственно влияет на физико-химические свойства, которые в первую очередь определяют качество продукции.

Получение продукции высокого качества становится возможным лишь при условии, что результаты анализов являются достоверными и обоснованными.

Достоверность результатов количественного химического анализа с установленными показателями точности можно обеспечить путем проведения метрологической экспертизы методик количественного химического анализа (МКХА).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Главной особенностью количественного анализа является необходимость с учетом его особенностей для получения результата иметь методики выполнения измерений для любых конкретных видов веществ и объектов.

МКХА являются одной из разновидностей методик выполнения измерений и применяются при аналитическом контроле состава или свойств веществ, материалов, объектов окружающей среды, объектов технического регулирования, биологических и других объектов, а также при передаче размера единиц от эталонов и для аттестации стандартных образцов.

Для обеспечения достоверности результатов измерений, получаемых по разработанным методикам, необходимо в первую очередь регламентировать процедуру исследования и подтвердить ее соответствие установленным требованиям.

В соответствии со ст. 12 Закона Республики Казахстан «Об обеспечении единства измерений» от 7 июня 2000 года N 53-II, методики выполнения измерений, применяемые при измерениях, к которым установлены метрологические требования в перечнях измерений, относящихся к государственному регулированию, и нормативных правовых актах, подлежат метрологической аттестации и регистрации в реестре государственной системы обеспечения единства измерений.



В свою очередь, метрологическая аттестация разработанных методик выполнения измерений осуществляется на основе результатов метрологической экспертизы представленной документации.

Метрологическая экспертиза – это анализ и оценивание правильности и полноты применения метрологических требований, правил и норм, связанных с единством измерений.

Требования к метрологической экспертизе методик выполнения измерений, анализа, испытаний регламентированы также в «Правилах разработки, метрологической аттестации, утверждения и регистрации в реестре государственной системы обеспечения единства измерений методик выполнения измерений и референтных методик выполнения измерений» № 932 от 27 декабря 2018 года.

МКХА, разработанные в государствах - участниках, являющихся подписантами Соглашения о взаимном признании результатов государственных испытаний и утверждении типа, метрологической аттестации, поверки и калибровки средств измерений, а также результатов аккредитации лабораторий, осуществляющих испытания, поверку и калибровку средств измерений от 06.10.1992 г., также подлежат метрологической экспертизе в случае учетной регистрации и допуска к применению на территории Республики Казахстан, продления срока регистрации методики выполнения измерений, либо с целью включения в число пользователей.

Метрологическая экспертиза МКХА с целью учетной регистрации и допуска к применению на территории Республики Казахстан проводится на соответствие требований СТ РК 2.18, Правил 932, ПМГ 44. В случае продления срока регистрации методики выполнения измерений, либо включения в число пользователей, проводится экспертиза на соответствие СТ РК 2.18, Правил 932.

Метрологическая экспертиза МКХА проводится Государственным научным метрологическим центром (ГНМЦ), юридическими лицами, осуществляющие деятельность в области обеспечения единства измерений и аккредитованными в порядке, установленном Законом Республики Казахстан «Об аккредитации в области оценки соответствия».

Рассмотрим подробнее этапы проведения метрологической экспертизы с целью метрологической аттестации МКХА.

Согласно «Правил разработки, метрологической аттестации, утверждения и регистрации в реестре государственной системы обеспечения единства

измерений методик выполнения измерений и референтных методик выполнения измерений» №932 от 27 декабря 2018 года при экспертизе комплекта документов осуществляется подтверждение соответствия методики выполнения измерений установленным требованиям путем оценивания правильности (обоснованности):

- 1) модели измерений;
- 2) сведений, приведенных при описании бюджета неопределенности или структуры образования погрешности результата измерений;
- 3) плана и объема экспериментальных исследований, включая методы отбора и подготовки проб;
- 4) выбора средств измерений, эталонов единиц величин, стандартных образцов, технических средств и материалов, использованных при проведении экспериментальных исследований;
- 5) выбора условий проведения экспериментальных исследований;
- 6) выбора способов и средств обработки результатов экспериментальных исследований, включая программное обеспечение;
- 7) выбора способов представления характеристик погрешности или способов представления неопределенности;
- 8) выбора предложенных процедур контроля показателей точности результатов измерений.



По результатам экспертизы оформляется соответствующее экспертное заключение, в котором указываются:

- область применения методики выполнения измерений;
- оценка правильности выбора методов и средств измерений;
- обоснование необходимости проведения экспериментальных метрологических исследований методики;
- оценка обоснованности алгоритма контроля погрешности результатов измерений при применении методики;
- оценка обоснованности и полнота регламентируемых методикой требований к обеспечению установленной погрешности результатов измерений,
- представительность статистического материала и правильность его обработки;
- правильность оценки метрологических характеристик;
- правильность оформления.

При экспертизе, прежде всего необходимо определить, предназначена ли МКХА для применения в сфере, на которую распространяется государственный метрологический контроль. Это обусловлено тем, что в соответствии с Правилами 932, СТ РК 2.18 к такой МКХА предъявляют особые требования.

При оценке выбора метода измерений необходимо учитывать, чтобы метод обеспечивал контролепригодность с учетом требований к точности измерений.

При оценке правильности выбора средств измерений определяется рациональность и возможность использования средства измерений в заданных условиях, достижимость требуемой точности результатов измерений при использовании средств измерений с установленными метрологическими характеристиками.

Достоверность результатов испытаний во многом зависит от правильного выбора средства измерения и метода измерений, условия исследований.

Рациональный выбор предполагает минимизацию потерь из-за погрешности измерений и затрат на измерение.

Оценка обоснованности алгоритма контроля

погрешности результатов измерений включает в себя проверку в МКХА процедур оперативного контроля, правильность выбора средств контроля, взаимосвязанность нормативов контроля и характеристик погрешности измерений. При оценивании правильности выбора средств контроля необходимо обращать внимание на отношение границы погрешности результата измерений по МКХА к границе погрешности средств измерений. Для обеспечения достоверности контроля это отношение должно быть не менее 3.

При оценке обоснованности и полноты регламентируемых методикой требований к обеспечению установленной погрешности результатов измерений определяют, как проводится оценка внутрилабораторной прецизионности, правильности и точности методики анализа.

Точность результатов является важной частью и следствием комплекса мероприятий по обеспечению качества химического анализа.

Ранее, согласно МИ 1317, в качестве основных рассматриваемых характеристик погрешности измерений выделяли:

- среднее квадратическое отклонение погрешности измерений;
- границы, в которых погрешность измерений находится с заданной вероятностью;
- характеристики случайной и систематической составляющих погрешности измерений.

В настоящее время, с внедрением международных норм в сфере описания точности результатов измерений, в том числе результатов химических анализов, особое внимание уделяется современным способам описания точности измерений, соответствующих международным нормам.

Способы оценки характеристик погрешности измерений, повторяемости, воспроизводимости результатов измерений могут быть выбраны в соответствии с ГОСТ ISO 5725 (все части), с учетом РМГ 61, а типичные способы оценивания характеристик погрешности измерений в соответствии с ГОСТ 8.010.

Основными качественными характеристиками результатов химического анализа в соответствии с РМГ 61 являются точность, правильность, повторяемость, воспроизводимость, внутрилабораторная прецизионность.



Точность – степень близости результата измерений к принятому опорному значению величины.

Правильность – степень близости среднего значения, полученного на основании большой серии результатов измерений, к принятому опорному значению.

Повторяемость (сходимость) результатов измерений – степень близости друг к другу независимых результатов измерений, полученных в условиях повторяемости – одним и тем же методом на идентичных объектах в одной и той же лаборатории одним и тем же оператором с использованием одного и того же оборудования в пределах короткого промежутка времени;

Воспроизводимость результатов измерений – степень близости друг к другу независимых результатов измерений, полученных в условиях воспроизводимости – одним и тем же методом на идентичных объектах в разных лабораториях разными операторами в разное время с использованием различного оборудования.

Внутрилабораторная прецизионность – прецизионность в условиях, при которых результаты анализа получают по одной и той же методике, на идентичных пробах при вариации различных факторов (время, аналитики, реактивы и т.п.), формирующих разброс результатов при применении методики в конкретной лаборатории.

В соответствии с ГОСТ ISO 5725 термин прецизионность выражает изменчивость результатов повторяющихся измерений, повторяемость и воспроизводимость определены как крайние случаи прецизионности, характеризующие максимальную и минимальную изменчивость результатов, промежуточная прецизионность выражает изменчивость результатов в условиях изменения одного или нескольких влияющих факторов и внутрилабораторная прецизионность выражает изменчивость всех факторов в одной лаборатории.

Метрологические характеристики МКХА оценивают на соответствие требованиям технического задания на разработку МКХА или других документов, распространяющихся на МКХА. Задача заключается также в выявлении недостоверных приписанных характеристик погрешности измерений.

Оценка правильности оформления МКХА включает в себя проверку метрологических понятий, определений и терминов на соответствие

СТ РК 2.18, ГОСТ 8.010, СТ РК 2.1 и т.д. Также оцениваются единицы величин на соответствие требованиям ГОСТ 8.417.

Комплектность документов, содержание и оформление МКХА на соответствие требованиям ГОСТ 8.010 СТ РК 2.18, СТ РК, 2.505, СТ РК 1.5.

Обзор Литературы

Рассмотрены различные научные статьи, национальные и межгосударственные стандарты, например:

«СТ РК 2.18-2019 ГСИ РК. Методики выполнения измерений. Порядок разработки, метрологической аттестации, регистрации и применения»;

«ГОСТ 8.010-2013 ГСИ. Методики выполнения измерений. Основные положения»;

«Барановская В. Б., Медведевских М. Ю., Карпов Ю. А. Актуальные проблемы качества химического анализа//Аналитика и контроль».

Результаты

Общие требования, предъявляемые к методикам количественного химического анализа, можно сформулировать в следующем виде:

- обеспечение требуемой точности измерений;
- обеспечение экономичности измерений;
- обеспечение безопасности измерений;
- обеспечение представительности результатов измерений.

При положительных результатах метрологической экспертизы выдается свидетельство о метрологической аттестации по форме согласно Правил 932.

В свидетельстве о метрологической аттестации в обязательном порядке отражают основные метрологические характеристики (диапазон измерений, погрешность и неопределенность измерений) методики.

ГНМЦ за период с 01 января 2024 г. по 01 сентября 2024 г. было проведено свыше 50 метрологических экспертиз методик количественного химического анализа с целью метрологической аттестации и регистрации в реестре ГСИ РК. Потребность в данных методиках растет, так как в условиях рыночной экономики растут и требования к качеству производимой продукции.



В таблице 1 приведены некоторые примеры МКХА, зарегистрированных в реестре ГСИ РК по результатам метрологической экспертизы с целью метрологической аттестации, учётной регистрации и допуска к применению в РК.

■ ТАБЛИЦА 1 – ПЕРЕЧЕНЬ МКХА

№	МЭ МКХА стран СНГ с целью учётной регистрации и допуска к применению в РК	МЭ МКХА с целью метрологической аттестации и регистрации в реестре ГСИ РК
1	МА ИАЦ-49/01.00057/2013 (ФР.1.31.2022.44159) «Методика измерений массовых долей меди, железа, кобальта, никеля, кадмия, свинца, марганца, сурьмы, мышьяка, висмута и теллура в пробах руд и продуктов их переработки атомно-абсорбционным методом»	«Методика выполнения измерений массовой доли оксида кремния гравиметрическим методом, оксидов железа (II) общего, алюминия, кальция, магния титриметрическим методом в известняках и извести»
2	МА ИАЦ-46-2004 (ФР.1.31.2014.18482) «Методика измерений массовых долей золота и серебра в пробах золотосодержащих ионообменных смол и активированных углей атомно-абсорбционным методом»	«Методика выполнения измерения массовой доли алюминия в феррохроме, металлоконцентрате рентгеноспектральным методом»
3	МА ИАЦ-58-2004 (ФР.1.31.2022.42049) «Методика измерений массовых концентраций золота, серебра, железа, меди, цинка, никеля, кобальта, свинца, сурьмы, висмута и теллура в пробах технологических растворов атомно	«Методика выполнения измерения массовой доли марганца общего в материалах ферросплавного производства титриметрическим методом»
4	НСАМ № 556-С «Определение серы сульфидной в горных породах, рудах и продуктах их переработки методом инфракрасной спектроскопии»	«Методика выполнения измерений массовой доли хрома в феррохроме (высокоуглеродистом, азотированном), металлоконцентратах титриметрическим методом»

Как мы видим, существует огромное количество научных и практических задач, решаемых при помощи количественного химического анализа (анализ сырья и продуктов химических производств, определение токсичных веществ в объектах окружающей среды; контроль за состоянием окружающей среды, криминалистические исследования; определение состава добываемого сырья, определение содержания различных элементов в ходе научных исследований при изучении свойств и структуры природных и вновь синтезируемых веществ; анализ биологических жидкостей (кровь, моча и т.д.) и т. д.).

Полученная с помощью средств измерений и контроля, измерительная информация должна с необходимой точностью и достоверностью отражать свойства веществ, материалов, а также изделий, характер технологических процессов, качество и количество выпускаемой продукции.

При этом, решение проблемы качества во многом зависит от точности получаемой измерительной информации (в частности - правильности, повторяемости, воспроизводимости).

Заключение

Таким образом, метрологическая экспертиза – как одна из форм государственного регулирования в сфере обеспечения единства измерений позволяет объективно подтвердить достоверность результатов количественного химического анализа.

Для обеспечения получения продукции (товара) высокого качества, методики количественного химического анализа должны соответствовать требованиям вышеперечисленных нормативных документов.



Әдебиеттер

1. Агранович Т. В., Туремская И. В., Чиканцева Е. И. Стандартты үлгілер институтында өлшеу әдістерін сертификаттау ерекшеліктері//Журнал эталондар. Стандартты үлгілер. – 2012. – № 4. – С. 51-52 Б.
2. Барановская В. Б., Медведевских М. Ю., Карпов Ю. А. Химиялық талдау сапасының өзекті мәселелері//Аналитика және бақылау. – 2021. – Т. 25, № 4. – С. 273-279 Б.
3. ГОСТ 8.010-2013 «ГСИ. Өлшеу әдістемесі. Негізгі ережелер».
4. ГОСТ 8.417 -2022 «ГСИ. Шама бірліктері».
5. ГОСТ ИСО 5725-1-2003 «Өлшеу әдістері мен нәтижелерінің дәлдігі (дұрыстығы мен дәлдігі). 1 бөлім. Негізгі ережелер мен анықтамалар».
6. 2000 жылғы 7 маусымдағы N 53-II «Өлшем бірлігін қамтамасыз ету туралы» Қазақстан Республикасының Заңы
7. Карпов, Ю. А. Металлургиядағы химиялық талдау әдістерін стандарттау мәселелері/Ю. А. Карпов, В.Б. Барановская// МАЭС анализаторларын өнеркәсіпте қолдану. XVI Халықаралық симпозиум материалдары, Академгородок (Новосибирск, 14-16 тамыз 2018 жыл). - Академгородок, Новосибирск: Ресей Ғылым академиясының Сібір бөлімі, 2018. - Б.Б.
8. МИ 1317-2004 «ГСИ. Өлшеу қателігінің нәтижелері мен сипаттамалары. Ұсыну формалары. Сынақ кезінде қолдану әдістері және олардың параметрлерін бақылау».
9. «Өлшемдерді орындау әдістемелерін және өлшемдерді орындаудың референттік әдістемелерін өлшемдердің бірлігін қамтамасыз етудің мемлекеттік жүйесінің тізілімінде әзірлеу, метрологиялық аттестаттау, бекіту және тіркеу қағидалары» Қазақстан Республикасы Инвестициялар және даму министрінің 2018 жылғы 27 желтоқсандағы № 932 бұйрығымен бекітілген.
10. МСЖҚ 44 «Өлшеулерді орындау әдістемелерін тану тәртібі».
11. МСБҰ 61-2003 «МӨЖ. Сандық химиялық талдау әдістерінің дәлдігі, дұрыстығы, дәлдігі көрсеткіштері. Бағалау әдістері».
12. ҚР СТ 1.5-2019 «ҚР МӨЖ. «Ұлттық стандарттардың және стандарттау жөніндегі ұсынымдардың құрылуына, жазылуына, рәсімделуіне және мазмұнына қойылатын жалпы талаптар».
13. ҚР СТ 2.18-2019 «ҚР МӨЖ. Өлшеу әдістемесі. Әзірлеу, метрологиялық аттестаттау және қолдану тәртібі».
14. ҚР СТ 2.505-2018 «ҚР МӨЖ. Өлшеулерді орындау әдістемелері құжаттарын құру, мазмұндау, рәсімдеу және мазмұны».
15. Тулина О. В., Ванкова Н. Р. Сандық химиялық талдау әдістемесінің метрологиялық сипаттамаларын пысықтау және растау// Халықаралық ғылыми журнал Жас ғалым. – 2019. - №20-25-28 ББ.
16. Электрондық ресурс Метрология. Өндірісті метрологиялық қамтамасыз ету. URL:<https://metrob.ru/html/Stati/si/alekseev.html> /.

Литература

1. Агранович Т. В., Туремская И. В., Чиканцева Е. И. Особенности аттестации методик измерений в институте стандартных образцов//Журнал Эталоны. Стандартные образцы. – 2012. – № 4. – С. 51-52
2. Барановская В. Б., Медведевских М. Ю., Карпов Ю. А. Актуальные проблемы качества химического анализа//Аналитика и контроль. – 2021. – Т. 25, № 4. – С. 273-279.
3. ГОСТ 8.010-2013 «ГСИ. Методики выполнения измерений. Основные положения».
4. ГОСТ 8.417 -2022 «ГСИ. Единицы величин».
5. ГОСТ ИСО 5725-1-2003 «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 1. Основные положения и определения».
6. Закон Республики Казахстан «Об обеспечении единства измерений» от 7 июня 2000 года N 53-II.
7. Карпов, Ю. А. Проблемы стандартизации методов химического анализа в металлургии/Ю. А. Карпов, В. Б. Барановская // Применение анализаторов МАЭС в промышленности. Материалы XVI Международного симпозиума, Академгородок (Новосибирск, 14–16 августа 2018 года). – Академгородок, Новосибирск: Сибирское отделение Российской академии наук, 2018. – С. 6.
8. МИ 1317-2004 «ГСИ. Результаты и характеристики погрешности измерений. Формы представления. Способы использования образцов продукции и контроле их параметров».
9. «Правила разработки, метрологической аттестации, утверждения и регистрации в реестре государственной системы обеспечения единства измерений методик выполнения измерений и референтных методик выполнения измерений» утверждены приказом Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 27 декабря 2018 года № 932.
10. ПМГ 44 «Порядок признания методик выполнения измерений».
11. РМГ 61-2003 «ГСИ. Показатели точности, правильности, прецизионности методик количественного химического анализа. Методы оценивания».
12. СТ РК 1.5-2019 «ГСИ РК Общие требования к построению, изложению, оформлению и содержанию».
13. СТ РК 2.18-2019 «ГСИ РК. Методики выполнения измерений. Порядок разработки, метрологической аттестации и применения».
14. СТ РК 2.505-2018 «ГСИ РК. Построение, изложение, оформление и содержание документов на методики выполнения измерений».
15. Тулина О. В., Ванкова Н. Р. Отработка и подтверждение метрологических характеристик методики количественного химического анализа// Международный научный журнал Молодой ученый. –2019. – № 20 — С. 25-28.
16. Электронный ресурс Метрология. Метрологическое обеспечение производства. URL:<https://metrob.ru/html/Stati/si/alekseev.html> /.

References

1. Agranovich T. V., Turemskaya I. V., Chikantseva E. I. Features of certification of measurement methods at the Institute of Standard samples//The Standards magazine. Standard samples. – 2012. – No. 4. – pp. 51-52
2. Baranovskaya V. B., Medvedevskikh M. Yu., Karpov Yu. A. Actual problems of chemical analysis quality//Analytics and control. – 2021. – vol. 25, No. 4. – pp. 273-279.
3. GOST 8.010-2013 «SSM. Measurement techniques. The main provisions».
4. GOST 8.417 -2022 «SSM. Units of quantities».
5. GOST ISO 5725-1-2003 «Accuracy (correctness and precision) of measurement methods and results. Part 1. Basic provisions and definitions».
6. Law of the Republic of Kazakhstan «On ensuring the uniformity of measurements» dated June 7, 2000 No. 53-II.
7. Karpov, Yu. A. Problems of standardization of chemical analysis methods in metallurgy/Yu. A. Karpov, V. B. Baranovskaya // Application of MAES analyzers in industry. Proceedings of the XVI International Symposium, Akademgorodok (Novosibirsk, August 14-16, 2018). – Akademgorodok, Novosibirsk: Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2018. – p. 6.
8. MI 1317-2004 «SSM. The results and characteristics of the measurement error. Forms of representation. Methods of use in testing product samples and monitoring their parameters».
9. «Rules for the development, metrological certification, approval and registration in the register of the state system for ensuring the uniformity of measurements of measurement methods and reference measurement methods» were approved by Order of the Minister for Investment and Development of the Republic of Kazakhstan dated December 27, 2018 No. 932.
10. RIS 44 «Procedure for recognizing measurement methods».
11. RIS 61-2003 «SSM. Indicators of accuracy, correctness, and precision of quantitative chemical analysis techniques. Assessment methods».
12. ST RK 1.5-2019 «SSMRK. General requirements for the construction, presentation, design and content of national standards and recommendations on standardization».
13. ST RK 2.18-2019 «SSMRK. Measurement techniques. The procedure for the development, metrological certification and application».
14. ST RK 2.505-2018 «SSMRK. «Construction, presentation, design and content of documents on measurement methods».
15. Tulina O. V., Vankova N. R. Development and confirmation of metrological characteristics of quantitative chemical analysis methodology// The international scientific journal Young Scientist. - 2019. – No. 20 — pp. 25-28.
16. Electronic resource Metrology. Metrological support of production. URL:<https://metrob.ru/html/Stati/si/alekseev.html> /.

