

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ

Научная статья

УДК 006.91:543.06:53.089.68

<https://doi.org/10.20915/2077-1177-2023-19-4-99-113>



Методики измерений показателей состава воздушных сред: разработка и применение

О. Б. Пономарева ✉, Ю. В. Канаева, М. В. Гайко

УНИИМ – филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева», г. Екатеринбург, Россия

✉ ponomareva@uniim.ru

Аннотация: Обеспечение достоверности измерений показателей состава воздушных сред (воздуха рабочей зоны, атмосферного воздуха, промышленных выбросов в атмосферу) имеет важное значение для принятия управленческих решений по поддержанию качества окружающей среды. Статья посвящена разработке и применению методик измерений показателей качества воздушных сред. В работе отражены недостатки существующих методик, описана используемая авторами методология создания соответствующих методик, указаны процедуры разработки стандартных образцов, необходимых для проведения внутреннего и внешнего контроля качества результатов измерений, оценивания метрологических характеристик методик, изложена процедура применения методик. Авторы рассматривают возможность разделения методик измерений показателей состава воздушных сред на две стадии: стадию отбора аналитической пробы и стадию измерений содержаний показателей в аналитической пробе, что существенно расширяет возможности разработки и аттестации таких методик и позволяет повысить достоверность информации о качестве измерений. С использованием указанной методологии на данный момент авторами статьи разработано 12 методик измерений показателей состава воздушных сред и 4 стандартных образца утвержденного типа. Работы в данном направлении продолжаются.

Ключевые слова: методика измерений, показатели состава воздушных сред, воздух рабочей зоны, атмосферный воздух, промышленные выбросы, погрешность, неопределенность, контроль точности, стандартный образец

Ссылка при цитировании: Пономарева О. Б., Канаева Ю. В., Гайко М. В. Методики измерений показателей состава воздушных сред: разработка и применение // Эталоны. Стандартные образцы. 2023. Т. 19, № 4. С. 99–113. <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2023-19-4-99-113>

Статья поступила в редакцию 09.01.2023; одобрена после рецензирования 05.04.2023; принята к публикации 25.05.2023.

MODERN METHODS OF ANALYSIS OF SUBSTANCES AND MATERIALS

Research Article

Measurement Techniques for the Composition of Air Environments: Development and Application

Olga B. Ponomareva ✉, Yulia V. Kanaeva, Mariia V. Gaiko

UNIIM – Affiliated Branch of the D. I. Mendeleev Institute for Metrology, Yekaterinburg, Russia
✉ ponomareva@uniim.ru

Abstract: Accurate and reliable measurements of the composition of air environments (workplace air, ambient air, industrial air emissions) form a solid basis for decision making in the area of environmental quality. This article deals with the problem of developing and testing techniques for measuring air quality parameters. The disadvantages of the existing techniques are identified. A methodology for creating appropriate techniques is proposed. Procedures for developing reference materials (RMs) for internal and external quality control of measurement results are described, along with approaches to estimating the metrological characteristics of measurement techniques. The process of applying measurement techniques is specified. It is shown that techniques for measuring air quality parameters may be divided for two basic stages, i. e., the stage of analytical sampling and the stage of measuring the required indicators in this sample. This approach expands the possibilities of developing and certifying such techniques, thereby increasing the reliability of measurement results. Using the developed approach, the authors have successfully developed 12 techniques for measuring air quality parameters and four certified reference materials (CRMs). Works in this direction are continued.

Keywords: measurement technique, air environment composition indicators, workplace air, ambient air, industrial emissions, measurement error, measurement uncertainty, accuracy assurance, reference material

For citation: Ponomareva O. B., Kanaeva Yu. V., Gaiko M. V. Measurement techniques for the composition of air environments: development and application. *Measurement Standards. Reference Materials*. 2023;19(4):99–113. <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2023-19-4-99-113>

The article was submitted 09.01.2023; approved after reviewing 05.04.2023; accepted for publication 25.05.2023.

Введение

Состояние воздушных сред имеет важное значение для здоровья населения, экологической безопасности России и планеты в целом [1, 2, 3]. Загрязнение воздуха промышленными выбросами ухудшает здоровье работников, занятых в производстве [4, 5].

Так, например, никель, хром, свинец относятся к высокотоксичным веществам 1-го класса опасности [6] и обладают выраженным аллергенным и канцерогенным действием. Хроническая интоксикация никелем или соединениями хрома приводит к возникновению заболеваний носоглотки, легких, появлению злокачественных новообразований и аллергическим поражениям в виде дерматитов и экзем. Постоянное вдыхание соединений Cr (VI) увеличивает риск возникновения рака легких, носа и пазух. При вдыхании пыли, содержащей

свинец, могут развиваться различные заболевания, такие как неврологические эффекты, желудочно-кишечные последствия, анемия и заболевания почек.

Длительное воздействие меди может вызвать раздражение глаз, носа и рта, головную боль, головокружение, рвоту и диарею. Превышение титана в организме наблюдается у работников химических и металлургических предприятий. Вдыхание пыли может вызвать кашель, боль и спазмы в груди, а также привести к проблемам с дыханием. Ощутимый вред здоровью человека может нанести пыль [7] с содержанием диоксида кремния в процессе ее вдыхания на промышленных производствах. Находясь в воздухе в виде аэрозоля, такая пыль вызывает раздражение верхних дыхательных путей и бронхов, заболевание желудочно-кишечного тракта.

Содержание вредных веществ в атмосфере воздействует на климат Земли, создает парниковые эффекты [8] и влечет за собой изменения климатических зон, природных явлений, растительности, животного мира, человека в разных регионах.

В свете вышеизложенных данных, для сокращения выбросов вредных веществ необходимы такие меры, как очистка промышленных выбросов [9], ужесточение требований к автомобилям и другие.

Существенным является и контроль выбрасываемых в атмосферу вредных веществ. Необходима достоверная информация о составе и свойствах воздушных сред (воздух рабочей зоны (ВРЗ), промышленные выбросы в атмосферу (ПВ), атмосферный воздух (АВ)) для принятия управленческих решений, призванных сохранять и поддерживать жизнь и здоровье населения.

Для решения этой задачи необходимы:

- новые методики измерений, позволяющие обеспечить достоверный контроль состава воздушных сред и отвечающие современным требованиям к составу сред и точности их измерений;
- методология разработки методик;
- аттестация методик;
- процедуры внедрения и применения методик;
- разработка и применение стандартных образцов утвержденных типов (СО), адекватных отобраным для проведения измерений аналитическим пробам.

Причины разработки новых методик измерений показателей состава воздушных сред

В Российской Федерации в 2021 году утверждены новые санитарные правила и нормы – СанПиН 1.2.3685–21 – которые касаются, в том числе, требований к допустимым содержаниям вредных веществ в АВ и ВРЗ, табл. 1.

Требования к промышленным выбросам в атмосферу определяются применительно к конкретным предприятиям и нормируются региональными уровнями исполнительной власти.

В соответствии с Федеральным законом РФ № 102-ФЗ осуществление деятельности в области охраны окружающей среды относится к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, и к таким измерениям предъявляются обязательные метрологические требования. Новые требования к диапазонам измерений содержаний вредных веществ в воздушных средах и к показателям точности их измерений введены в Перечне измерений, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, утвержденном Постановлением Правительства РФ от 16 ноября 2020 г. №1847 (Перечень измерений) (выдержку из Перечня измерений см. в табл. 2).

Так, например, допустимая погрешность измерений массовой концентрации органических и неорганических веществ в ВРЗ в новом Перечне измерений была увеличена с 25 до 35 %. Кроме того, в указанном Перечне

Таблица 1. Выдержка из СанПиН 1.2.3685–21 для показателя массовая концентрация хрома
Table 1. Excerpt from SanPiN1.2.3685–21 for the chromium mass concentration

Объект измерений	Наименование вещества	Предельно допустимые концентрации, мг/м ³
Атмосферный воздух	Хром / в пересчете на хрома (VI) оксид	0,0015
Воздух рабочей зоны	Хром гидроксид сульфат / в пересчете на хром (III) / (хром сернокислый основной)	0,06/0,02
	Хром-2,6-дигидрофосфат / по хрому (III) / (хром фосфат однозамещенный)	0,06/0,02
	Хром (VI) триоксид (хром трехокись; хромовый ангидрид)	0,03/0,01
	диХром триоксид / по хрому (III) / (дихрома трехокись), хром окись	3/1
	Хром трифторид / по фтору / (хром фтористый)	2,5/0,5
	Хром трихлорид гексагидрат / по хрому (III)	0,03/0,01
	Хром фосфат (хром ортофосфат) / (хром фосфат трехзамещенный)	2
	Хромовой кислоты соли / в пересчете на хром (VI)	0,03/0,01

Таблица 2. Выдержка из Перечня измерений, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 16 ноября 2020 г. № 1847

Table 2. Excerpt from the List of measurements related to the state regulation of the uniformity of measurements, approved by the Government of the Russian Federation from November 16, 2020 No. 1847

Объект измерений	Норма точности
Атмосферный воздух	Пределы допускаемой погрешности измерений массовой концентрации органических и неорганических веществ в атмосферном воздухе $\delta_n = \pm (10...25)\%$
Промышленные выбросы в атмосферу	Пределы допускаемой погрешности измерений массовой концентрации органических и неорганических веществ в промышленных выбросах в атмосферу $\delta_n = \pm (8...25)\%$
Воздух рабочей зоны	Пределы допускаемой погрешности измерений массовой концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны $\delta_n = \pm (15...35)\%$ при единичных измерениях (при однократном отборе проб)

измерений установлена допускаемая погрешность 10 % при измерении расхода воздуха при отборе проб ВРЗ в диапазоне измерений (в $\text{дм}^3/\text{мин}$) от 0,1 до значения, установленного в аттестованной методике измерений, а также дополнительное требование к диапазонам измерений массовых концентраций вредных веществ в ВРЗ: «должно быть обеспечено избирательное измерение концентрации вредного вещества в присутствии сопутствующих компонентов на уровне $\leq 0,5$ предельно допустимой концентрации (ПДК), ($\text{мг}/\text{м}^3$)».

В соответствии с п. 72 СанПиН 2.1.3684–21 «санитарно-эпидемиологические мероприятия проводятся в отношении источников воздействия, создающих химическое, физическое, биологическое воздействие, превышающее 0,1 ПДК (ОБУВ¹) и (или) ПДУ²...».

В соответствии с ФЗ РФ 247-ФЗ в 2020 году были отменены устаревшие методики измерений, не удовлетворяющие современным требованиям.

В соответствии с ФЗ РФ № 102-ФЗ в сфере государственного регулирования должна быть обеспечена прослеживаемость результатов измерений, аналогичные требования предъявляются к лабораториям в п. 6.5 ГОСТ ISO/IEC17025–2019.

Результаты измерений по методикам должны соответствовать установленным показателям точности измерений, которые в Перечне измерений установлены через понятие «погрешность». В то же время, п. 7 ГОСТ ISO/IEC17025–2019 предлагает лабораториям улавливать неопределенность своих результатов измерений.

В связи с тем, что измерения содержаний компонентов в воздушных средах относятся к сфере

государственного регулирования обеспечения единства измерений, контроль точности результатов измерений (внутренний и внешний) необходимо проводить с использованием СО (при их наличии), адекватных отобраным аналитическим пробам.

В большей части методик (более 80 %) для оценивания их метрологических характеристик и контроля качества результатов измерений практически невозможно использование поверочных газовых смесей или источников микропотоков.

В этом случае в методиках измерений показателей состава воздушных сред, используемых в лабораториях, процедуру измерений условно можно поделить на две стадии: отбор аналитической пробы и аналитическую стадию [10].

Для таких методик отбор аналитической пробы проводят на месте отбора пробы воздушной среды, а сама аналитическая проба является не пробой воздушной среды, а сорбированными из воздушной среды на соответствующий поглотитель (фильтр, сорбент, поглотительный раствор) компонентами.

Методология разработки методик измерений

Авторами разработана и предложена структурная схема разработки методик, представленная на рис. 1.

Рассмотрим более подробно этапы, представленные на рис. 1.

Выбор объектов измерений и измеряемых показателей

В связи с тем, что процедуры измерений показателей в различных воздушных средах (ВРЗ, ПВ, АВ) идентичны, принимают решение о разработке одной

¹ ОБУВ – ориентировочно безопасный уровень воздействия.

² ПДУ – предельно допустимый уровень.



Рис. 1. Структурная схема разработки методик измерений состава воздушных сред
 Fig. 1. A structural scheme of development of measurement techniques for air environment composition

методики измерений для всех сред с уточнением процедуры отбора проб для каждой среды. Измеряемые показатели выбирают из числа наиболее востребованных в лабораториях.

Анализ методик измерений (действующих или действовавших ранее) для выбранных объектов и показателей

По результатам анализа методик выявлены следующие основные недостатки:

1. Наименования определяемых компонентов часто не соответствуют СанПиН, что приводит к несогласованности между заинтересованными сторонами.
2. В части методик отсутствует информация о скорости отбора проб, объеме отбираемой воздушной среды.
3. Нет полноты описания процедуры получения результатов измерений, сроков хранения растворов реактивов.
4. Описки в методиках часто дают некорректные результаты.
5. Используемые химические реакции не позволяют определять содержание конкретного соединения, в итоге по методике определяется суммарное содержание одинаковых анионов (или катионов) из разных соединений, содержащихся в аналитической пробе.
6. Не учтены мешающие влияния, которые приводят к завышению или занижению результатов измерений.
7. Требуется соблюдение изокинетичности газовых потоков в течение времени проведения измерений, что практически невозможно.
8. Для построения градуировочной зависимости и контроля качества результатов измерений не используют СО, что противоречит ФЗ РФ № 102-ФЗ.
9. Контроль точности измерений чаще всего ограничивается контролем стабильности градуировочной характеристики.
10. Диапазон измерений не всегда соответствует требованиям нормативных правовых актов, тем более с введением СанПиН 1.2.3684–21.
11. Отсутствует информация о характеристике погрешности или показателе неопределенности результатов измерений.

Приведем некоторые примеры таких методик.

МУ 4945–88

1. В методике отсутствует информация, каким образом отбирается проба: используют ли фильтр (и какой) или, может быть, поглотительный раствор (какой). Нет информации о скорости и времени аспирирования воздушной среды.

2. Отсутствуют процедуры приготовления растворов, образцов для градуировки и контроля точности и т. п.

3. Проведение измерений начинается со слов «1–5 мл раствора пробы...». Возникает вопрос, на каком этапе появился этот раствор – при отборе пробы или при подготовке отобранной пробы к измерениям.

МУК 1637–77

1. По тексту методики предполагается, что объем пробы из одного поглотительного раствора зависит от содержания аммиака в пробе. Для этого отбирается «1 и 5 мл для проведения 2-х параллельных измерений массовой концентрации аммиака». В итоге часть исполнителей суммирует результаты, полученные с использованием разных аликвот.

2. В п. 4 методики измерений представлена формула получения окончательного результата измерений (см. формула 1).

Массовую концентрацию аммиака в мг/м³ воздуха X вычисляют по формуле:

$$X = \frac{GV_1}{VV_{CT}}, \quad (1)$$

где G – количество аммиака, найденное в анализируемом объеме раствора, мкг;

V – общий объем пробы, мл;

V_1 – объем пробы, взятый для анализа, мл;

V_{CT} – объем воздуха, отобранный для анализа, приведенный к стандартным условиям.

Учитывая тот факт, что данная формула некорректна, авторы предлагают объем пробы, взятый для анализа, и общий объем пробы поменять местами. Тогда при расчете массовой концентрации аммиака по формуле результат измерений уменьшается в несколько раз.

Выбор методов и процедуры измерений

Основные методы, используемые в настоящее время для анализа состава воздушных сред следующие [11, 12, 13] методы: фотометрии и спектрофотометрии; атомно-абсорбционной спектрометрии; титриметрии; потенциометрии; вольтамперометрии (полярография); хроматографии – газовой хроматографии или высокоэффективной жидкостной хроматографии.

При разработке методик выбраны наиболее доступные для лабораторий методы – фотометрия и титриметрия.

В соответствии с [10] процедура измерений делится на стадию отбора аналитической пробы и аналитическую стадию, что дает возможность описывать в методике стадию отбора аналитической пробы для

каждой воздушной среды отдельно, а далее – проводить измерение содержания компонента в аналитической пробе в соответствии с единой процедурой.

Выбор наименований определяемых компонентов

Наименования определяемых компонентов выбирают применительно к наименованиям, установленным в санитарных правилах и нормах, и исходя из возможности определения выбранных показателей установленным методом измерений, а также с учетом возможного влияния мешающих компонентов на результаты измерений показателей в анализируемых пробах.

Установление необходимых диапазонов измерений содержаний определяемых компонентов

Установление диапазонов измерений содержаний компонентов основано на требованиях действующих нормативных правовых актов (НПА) и нормативных документов (НД) таких, например, как Перечень измерений, СанПиН 1.2.3685–21, СанПиН 2.1.3684–21 и др. При этом учитывают диапазоны измерений содержаний компонентов в ранее разработанных методиках измерений, т. к. разработчики методик не имеют информации обо всех региональных НПА.

Кроме того, устанавливают для первой стадии – объем аспирируемой воздушной среды, для второй стадии – диапазон измерений массы анализируемого компонента в аналитической пробе.

Установление процедуры стадии отбора аналитической пробы

На данной стадии процедуры выбирают оборудование, реактивы, материалы, необходимые для отбора аналитической пробы.

Стадию отбора аналитической пробы необходимо описывать подробно и отдельно для каждой воздушной среды с учетом требований, действующих НПА и НД. При этом следует сделать особый акцент на указание необходимой скорости и времени аспирирования, а также объема аспирированной воздушной среды. При выборе этих параметров руководствуются также возможностями используемых при отборе проб средств измерений (СИ). Погрешности используемых СИ должны соответствовать требованиям НПА и НД.

При получении аналитической пробы определяемый компонент в процессе отбора из воздушной среды поглощается в соответствующий поглотительный раствор или сорбируется на выбранный фильтр (сорбент).

Кроме того, на стадии отбора аналитической пробы определяют атмосферное давление, температуру

воздушной среды применительно к точке отбора пробы, значение давления или разряжения на входе в пробоотборное устройство (для промышленных выбросов).

Установление процедуры аналитической стадии методики

А) Выбор процедуры установления градуировочной зависимости (при использовании спектрального метода).

1. Выбирают оборудование, реактивы, материалы, СО, необходимые для установления градуировочной характеристики (ГХ). При этом используют (при наличии) СО утвержденных типов состава раствора определяемого компонента, прослеживаемые к государственному эталону.

В методике допускается использование других СИ, вспомогательного оборудования, реактивов, материалов, СО, если их метрологические, технические, квалификационные характеристики не хуже, чем у указанных в методике.

2. Устанавливают диапазон ГХ.

3. Устанавливают процедуры приготовления образцов для градуировки (ОГ), при этом учитывают сроки хранения каждого раствора.

4. Устанавливают процедуру построения ГХ, при этом устанавливают линейную зависимость сигнала СИ от массы определяемого компонента в аналитической пробе.

5. Устанавливают количество параллельных сигналов при построении ГХ, их допустимый размах.

6. Устанавливают формулу зависимости массы компонента в аналитической пробе от сигнала СИ.

7. Устанавливают норматив и процедуру проверки линейности ГХ.

8. Устанавливают норматив и процедуру проверки стабильности ГХ.

Б) Установление процедуры измерений аналитической пробы.

Устанавливают процедуру подготовки аналитической пробы к измерениям, в т. ч. процедуру приготовления растворов (включая раствор аналитической пробы) и их сроков хранения, далее устанавливают процедуры измерений подготовленной аналитической пробы и получения результата измерений по аналитической стадии методики.

При необходимости предусматривают дополнительное аликвотирование и/или разбавление подготовленной аналитической пробы. В этом случае полученный результат измерений массы компонента с учетом аликвотирования и/или коэффициента разбавления должен попадать в диапазон измерений для аналитической стадии методики.

Исходя из объема аспирированной воздушной среды и массы определяемого компонента, в аналитической пробе определяют массовую концентрацию определяемого компонента. При этом используют объем аспирированной воздушной среды, приведенный к нормальным (для АВ и ПВ) или стандартным (для ВРЗ) условиям, учитывая атмосферное давление при отборе пробы, температуру воздушной среды применительно к точке отбора пробы, значение давления или разряжения на входе в пробоотборное устройство (для промышленных выбросов).

Установление показателей точности методики измерений

Показатели точности устанавливают в виде характеристики погрешности и показателя неопределенности результатов измерений.

Для стадии отбора аналитической пробы характеристику погрешности устанавливают расчетным или расчетно-экспериментальным методом с использованием приложения в РМГ 61–2010, а также [10] показатель неопределенности – с применением ГОСТ 34100.3–2017/ISO/IEC Guide 98–3:2008.

Для аналитической стадии показатель точности (как в виде характеристики погрешности, так и в виде показателя неопределенности) устанавливают с применением алгоритма с использованием образцов для оценивания, изложенного в п. 5 РМГ 61–2010. При этом используют образцы для оценивания, максимально возможно адекватные анализируемому аналитическим пробам.

Показатели точности методики измерений находят на основе суперпозиции показателей точности стадии отбора аналитической пробы и аналитической стадии.

Определение алгоритмов контроля точности результатов измерений

В связи с тем, что методика измерений делится на две стадии, то и контроль точности рекомендуется проводить для каждой стадии отдельно.

Качество выполнения стадии отбора аналитической пробы контролируют путем проверки всех используемых на этой стадии СИ и периодического визуального контроля правильности проведения отбора пробы.

Внутрилабораторный контроль качества результатов измерений (в данном случае – по аналитической стадии методики) в соответствии с РМГ 76–2014 состоит из двух элементов: оперативного контроля и контроля стабильности результатов измерений.

Алгоритмы контроля стабильности результатов измерений в методике не указывают, так как выбор таких

алгоритмов зависит от организации работ в конкретной лаборатории: частоты проведения измерений, разнообразия условий проведения измерений, диапазона рабочих измерений и т. п.

Для контроля качества измерений аналитической стадии методики используют алгоритм контроля с применением образцов для контроля по п. 5.5. РМГ 76–2014. В качестве образцов для контроля предлагается использовать образцы, адекватные аналитическим пробам и аналогичные тем, которые были использованы при оценивании метрологических характеристик этой стадии измерений.

Определение формы представления результатов измерений

В соответствии с РМГ 96–2009 при представлении результатов измерений в документах, предполагающих их использование, показатель точности должен иметь не более двух значащих цифр, а результат измерений должен оканчиваться цифрой того же разряда, что и показатель точности.

Формирование документа на методику измерений

Документ на методику измерений оформляют в соответствии с ГОСТ Р 8.563-2009.

Аттестация методик

В соответствии с Федеральным законом № 102-ФЗ в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений методики измерений должны быть аттестованы, т. е. проведено исследование и подтверждение соответствия методик измерений установленным метрологическим требованиям к измерениям. Работы по аттестации методик измерений проводят в соответствии с Приказом Минпромторга от 15 декабря 2015 г. № 4091.

В сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений аттестованные методики вносятся в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений (ФИФ ОЕИ), в котором им присваивают регистрационный номер.

Внедрение и применение методик

Методику применяют в санитарных, экоаналитических лабораториях или в других подразделениях организаций, выполняющих экологический контроль и (или) мониторинг качества воздушных сред. Методика может быть использована в других испытательных, аналитических лабораториях, специализирующихся на проведении аналогичных исследований.

В соответствии с п. 7.2.1.5 ГОСТ ISO/IEC17025–2019, «до внедрения методов в работу лаборатория должна подтвердить, что она может надлежащим образом применять выбранные методы, обеспечивая требуемое исполнение. Записи о верификации должны сохраняться».

Таким образом, для использования методики в своей лаборатории, лаборатория должна:

- выбрать (приобрести) оборудование, материалы, реактивы, СО, соответствующие требованиям методики;
- реализовать процедуру измерений;
- подтвердить, что показатели точности результатов измерений не превышают установленных в методике (например, путем реализации процедур внутреннего контроля, см. РМГ 76–2014), или установить свои показатели точности, не превышающие показатели точности методики измерений (например, по РМГ 76–2014, приложения А, Б);
- зафиксировать полученные решения в документе, например, в акте внедрения методики (при этом необходимо учитывать, что аттестованные методики измерений не подлежат валидации – изменению определяемых компонентов, диапазонов измерений, области применения);
- наладить систему контроля качества результатов измерений.

Для обеспечения доверия к результатам измерений, недопущения получения некачественной информации о состоянии воздушных сред лаборатория должна (по ГОСТ ISO/IEC17025–2019) осуществлять мониторинг достоверности результатов своей деятельности путем внутрилабораторного контроля и, по возможности, сравнения с результатами других лабораторий (участия в проверках квалификации – межлабораторных

сравнительных испытаниях (МСИ)) в соответствии с ГОСТ ISO/IEC17043–2013.

Разработка и применение СО, адекватных аналитическим пробам

Существующие СО [11, 12] не позволяют полностью решить задачу внутреннего и внешнего контроля качества измерений воздушных сред. Создание СО, адекватных аналитическим пробам, – задача, стоящая перед аналитическим сообществом. Подход к созданию таких образцов описан в [14].

Практическая реализация положений статьи

Используя методологию, описанную в настоящей статье, начиная с 2020 года специалистами УНИИМ – филиала ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева» (далее – УНИИМ) разработано 12 методик анализа воздушных сред.

Для подтверждения соответствия методик измерений установленным метрологическим требованиям к измерениям проведена их аттестация. Методики аттестованы с использованием СО утвержденных типов, в них описаны процедуры контроля для каждой из двух стадий методики, для контроля аналитической стадии предусмотрено использование образцов для контроля, адекватных аналитическим пробам.

С целью обеспечения потребности в получении объективной и достоверной информации, используемой в целях защиты жизни и здоровья граждан, охраны окружающей среды, методики измерений внесены в ФИФ ОЕИ.

Информация о разработанных методиках приведена в табл. 3.

Таблица 3. Перечень методик измерений состава воздушных сред, разработанных в УНИИМ
Table 3. Measurement techniques for the composition of air environments developed at UNIIM

Шифр и наименование методики измерений, регистрационный номер в ФИФ по ОЕИ	Определяемый компонент	Диапазон измерений, мг/м ³		$\pm\delta^1$, % (U_0^2 , %)
М-222-1/2020 Методика измерений массовых концентраций железа и железа в пересчете на оксид железа (III) в воздухе рабочей зоны, атмосферном воздухе и промышленных выбросах в атмосфере фотометрическим методом, ФР.1.31.2020.37587	Железо	АВ	от 0,025 до 4,0 включительно	25 (25)
		ВРЗ	от 0,17 до 267 вкл.	
		ПВ	от 1,0 до 2,0 · 10 ³ вкл.	
	Железо в пересчете на оксид железа (III)	АВ	от 0,036 до 5,7 вкл.	25 (25)
		ВРЗ	от 0,24 до 380 вкл.	
		ПВ	от 1,44 до 2,8 · 10 ³ вкл.	

Продолжение табл. 3
Continuation of Tabl. 3

Шифр и наименование методики измерений, регистрационный номер в ФИФ по ОЕИ	Определяемый компонент	Диапазон измерений, мг/м ³		±δ ¹ , % (U ₀ ² , %)
М-222-2/2020 Методика измерений массовых концентраций марганца и марганца в пересчете на оксид марганца (IV) в воздухе рабочей зоны, атмосферном воздухе и промышленных выбросах в атмосферу фотометрическим методом, ФР.1.31.2020.37584	Марганец	АВ	от 0,005 до 2,7 вкл.	25 (25)
		ВРЗ	от 0,015 до 180 вкл.	
		ПВ	от 0,7 до 1,4 · 10 ³ вкл.	
	Марганец в пересчете на оксид марганца (IV)	АВ	от 0,008 до 4,3 вкл.	25 (25)
		ВРЗ	от 0,024 до 280 вкл.	
		ПВ	от 1,2 до 2,2 · 10 ³ вкл.	
М-222-3/2020 Методика измерений массовой концентрации пыли (взвешенных веществ) в воздухе рабочей зоны, атмосферном воздухе и промышленных выбросах в атмосферу гравиметрическим методом, ФР.1.31.2020.37773	Пыль (взвешенные вещества)	АВ ВРЗ ПВ	от 0,1 до 4000 вкл.	25 (25)
М-222-4/2020 Методика измерений массовой концентрации серной кислоты в воздухе рабочей зоны, атмосферном воздухе и промышленных выбросах в атмосферу фотометрическим методом, ФР.1.31.2020.38606	Серная кислота	АВ	от 0,2 до 5,0 вкл.	23 (23)
		ВРЗ	от 0,5 до 25,0 вкл.	
		ПВ	от 0,5 до 30,0 вкл.	
М-222-5/2020 Методика измерений массовой концентрации соляной кислоты в воздухе рабочей зоны, атмосферном воздухе и промышленных выбросах в атмосферу турбидиметрическим методом, ФР.1.31.2021.39027	Соляная кислота	АВ ВРЗ ПВ	от 0,10 до 3000 вкл.	25 (25)
М-222-6/2021 Методика измерений массовой концентрации аммиака в воздухе рабочей зоны, атмосферном воздухе и промышленных выбросах в атмосферу фотометрическим методом, ФР.1.31.2021.39683	Аммиак	АВ	от 0,02 до 500,0 вкл.	24 (24)
		ВРЗ	от 0,2 до 2 · 10 ³ вкл.	
		ПВ	от 0,1 до 3 · 10 ³ вкл.	

Продолжение табл. 3
Continuation of Tabl. 3

Шифр и наименование методики измерений, регистрационный номер в ФИФ по ОЕИ	Определяемый компонент	Диапазон измерений, мг/м ³		±δ ¹ , % (U ₀ ² , %)
		Метод	Диапазон	
М-222-7/2021 Методика измерений массовых концентраций хрома общего, хрома (VI), хрома (III), хрома общего в пересчете на триоксид хрома (хромовый ангидрид) в воздухе рабочей зоны, атмосферном воздухе и промышленных выбросах в атмосферу фотометрическим методом, ФР.1.31.2021.40211	Хром (VI)	ВРЗ	от 0,011 до 9,0 вкл.	24 (24)
		АВПВ	от 0,01 до 9,0 вкл.	
	Хром (III)	ВРЗ	от 0,011 до 9,0 вкл.	25 (25)
		АВПВ	от 0,01 до 9,0 вкл.	
	Хром общий	ВРЗ	от 0,011 до 18,0 вкл.	25 (25)
		ПВ	от 0,01 до 18,0 вкл.	
		АВ	от 0,75 · 10 ⁻⁴ до 18,0 вкл.	
	Хром общий в пересчете на триоксид хрома (хромовый ангидрид)	ВРЗ ПВ	от 0,02 до 34,6	25 (25)
АВ		от 1,4 · 10 ⁻⁴ до 34,6 вкл.		
М-222-8/2021 Методика измерений массовой концентрации оксида азота (IV) в воздухе рабочей зоны, атмосферном воздухе и промышленных выбросах в атмосферу фотометрическим методом, ФР.1.31.2021.40860	Оксид азота (IV) (диоксид азота, двуокись азота)	ВРЗ	от 1,0 до 100 вкл.	24 (24)
		АВ	от 0,02 до 100 вкл.	
		ПВ	от 0,02 до 1000 вкл.	
М-222-9/2021 Методика измерений суммарной массовой концентрации едких щелочей (в пересчете на гидроксид натрия) в воздухе рабочей зоны, атмосферном воздухе и промышленных выбросах в атмосферу титриметрическим методом, ФР.1.31.2022.41864	Едкие щелочи в пересчете на гидроксид натрия	ВРЗ	от 0,20 до 1000 вкл.	21 (21)
		АВ ПВ	от 0,20 до 1500 вкл.	
М-222-12/2021 Методика измерений массовой концентрации фенола в воздухе рабочей зоны, атмосферном воздухе и промышленных выбросах в атмосферу фотометрическим методом, ФР.1.31.2022.42311	Фенол	АВ ВРЗ ПВ	от 0,001 до 100 вкл.	22 (22)
М-222-13/2021 Методика измерений массовой концентрации формальдегида в воздухе рабочей зоны, атмосферном воздухе и промышленных выбросах в атмосферу фотометрическим методом, ФР.1.31.2022.42312	Формальдегид	АВ ВРЗ ПВ	от 0,005 до 200 вкл.	22 (22)

Окончание табл. 3
End of Table 3

Шифр и наименование методики измерений, регистрационный номер в ФИФ по ОЕИ	Определяемый компонент	Диапазон измерений, мг/м ³		±δ ¹ , % (U ₀ ² , %)
М-222-14/2022 Методика измерений массовых концентраций диоксида кремния аморфного, диоксида кремния кристаллического в воздухе рабочей зоны, атмосферном воздухе и промышленных выбросах в атмосфере фотометрическим методом, ФР.1.31.2022.43372	Диоксид кремния аморфный	АВ	от 0,0020 до 100 вкл.	25 (25)
		ВРЗ ПВ	от 1,00 до 100 вкл.	
	Диоксид кремния кристаллический	АВ	от 0,0020 до 100 вкл.	25 (25)
		ВРЗ ПВ	от 1,00 до 100 вкл.	

¹ Границы относительной погрешности ($P = 0,95$).

² Относительная расширенная неопределенность $k = 2$.

Образцы, адекватные аналитическим пробам, УНИИМ использует для аттестации разрабатываемых методик анализа воздушных сред. МСИ с применением таких образцов – имитаторов аналитической пробы провайдер МСИ УНИИМ проводит с 2014 года.

В настоящее время специалистами УНИИМ разработаны ГСО 11278–2019, ГСО 11277–2019, ГСО 1227–2023, ГСО 1228–2023.

Методики измерений, разработанные в УНИИМ, используются не только для определения состава воздушных сред, но и для характеристики СО и образцов для проверки квалификации, что повышает метрологический уровень проводимых работ. Разработанные СО используют для внутреннего контроля качества результатов измерений и для проведения МСИ.

Заключение

В статье обозначены причины разработки методик состава воздушных сред, описана разработанная и применяемая авторами статьи методология разработки методик, объяснена необходимость аттестации методик, процедуры внедрения и применения методик, перечислены вопросы разработки и применения СО, адекватных отобраным для проведения измерений аналитическим пробам. Также изложен ход практической реализации описанных процедур.

Работы в указанных направлениях в настоящее время развиваются. УНИИМ продолжает разработку новых методик и новых СО для обеспечения выдачи лабораториями достоверной информации о составе воздушных сред.

Благодарности: Это исследование не получало финансовой поддержки в виде гранта от какой-либо организации государственного, коммерческого или некоммерческого сектора.

Acknowledgments: This research did not receive financial support in the form of a grant from any public, commercial, or non-profit sector organization.

Вклад соавторов: Пономарева О. Б. – анализ причин разработки и разработка концепции разработки методик измерений показателей качества воздушных сред, работа над текстом статьи, практическая реализация положений статьи; Канаева Ю. В. – разработка замысла исследований и общее руководство работами, анализ процедур внедрения и применения методик, практическая реализация положений статьи; Гайко М. В. – анализ недостатков существующих методик измерений показателей качества воздушных сред, практическая реализация положений статьи.

Contribution of the authors: Ponomareva O. B. – analysis of the reasons for developing and elaborating the concept of developing measurement techniques for air environment quality indicators, working on the article text, practical implementation of the statements of the article; Kanaeva Y. V. – developing the research design and overall management of the work, analyzing the procedures for implementation and application of the techniques, practical implementation of the statements of the article; Gaiko M. V. – analysis of existing methodological shortcomings in measuring air environment quality indicators, practical implementation of the statements of the article.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Материал статьи подготовлен на основе доклада, представленного на V Международной научной конференции «Стандартные образцы в измерениях и технологиях» (Екатеринбург, 13–16 сентября 2022 г.). Переводная версия статьи на английском языке планируется к публикации в книге Sobina E. et al. (eds.). Reference Materials in Measurement and Technology. RMMT 2022. Switzerland: Springer, Cham.

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest. The material of the article was prepared on the basis of the report presented at the V International Scientific Conference “Reference Materials in Measurement and Technology” (Yekaterinburg, September 13–16, 2022). A translated version of the article in English is planned for publication in the book Sobina E. et al. (eds.). Reference Materials in Measurement and Technology. RMMT 2022. Switzerland: Springer, Cham.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Health, wealth, and air pollution: advancing theory and methods / M. S. O'Neill [et al.] // *Environmental Health Perspectives*. 2003. Vol. 111, Is. 16. P. 1861–1870. <https://doi.org/10.1289/ehp.6334>
2. Air quality in urban areas: Comparing objective and subjective indicators in European countries / B. Chiarini [et al.] // *Ecological Indicators*. 2021. Vol. 121. P. 1–9.
3. Иситов Д. Т., Каблукова О. Д. Как загрязнение атмосферы влияет на природу // *Молодой учёный*. 2016. Т. 9, № 9.1 (113.1). С. 34–35.
4. Загрязнение воздуха промышленными выбросами // ЭКОЛОГИЯ справочник [сайт]. URL: <https://ru-ecology.info/term/77204/> (дата обращения: 04.08.2022).
5. Влияние промышленности на загрязнение воздуха // ЭКОЛОГИЯ справочник [сайт]. URL: <https://ru-ecology.info/term/77204/> (дата обращения: 04.08.2022).
6. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу: источники и нормирование // ЭКО-союз [сайт]. URL: <https://ecotoplivo-msk.ru/eko-bedy/promyshlennye-vybrosy.html> (дата обращения: 04.08.2022).
7. Monn C. Exposure assessment of air pollutants: a review on spatial heterogeneity and indoor/outdoor/personal exposure to suspended particulate matter, nitrogen dioxide and ozone // *Atmospheric Environment*. 2001. Vol. 35, № 1. P. 1–9. [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(00\)00330-7](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(00)00330-7)
8. Павлова Е. Е. Проблемы выбросов в окружающую среду в России и мире // *Молодой ученый*. 2018. № 23 (209). С. 269–273.
9. Причины, последствия и решения промышленного загрязнения окружающей среды // EREPORT.RU2006–2023 [сайт]. URL: <http://www.ereport.ru/prel/prichiny-posledstviya-i-resheniya-promyshlennogo-zagryazneniya-okruzhayushchej-sredy.htm> (дата обращения: 04.08.2022).
10. Кропанев А. Ю. Методики анализа воздушных сред. Аттестация и организация внутрилабораторного контроля качества результатов анализа // *Заводская лаборатория. Диагностика материалов*. 2018. Т. 84, № 8 (2018). С. 65–70.
11. Методы мониторинга загрязнения атмосферного воздуха промышленными выбросами // *ИнфоПедия* [сайт]. URL: <https://infopedia.su/8x671c.html> (дата обращения: 04.08.2022).
12. Standard reference materials (SRMs) for measurement of inorganic environmental contaminants / R. Zeisler [et al.] // *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 2006. Vol. 386. P. 1137–1151. <https://doi.org/10.1007/s00216-006-0785-7>
13. Якупова И. В., Попов Н. С. Методы и устройства наблюдения за окружающей средой. Экологический мониторинг: учебное пособие. Тамбов: Издательство Тамбовского государственного университета, 2009. 188 с.
14. Богачева А. М., Пономарева О. Б., Канаева Ю. В. Разработка образцов для МСИ и стандартных образцов для обеспечения качества результатов измерений показателей состава воздушных сред // *Стандартные образцы*. 2018. Т. 4. № 3–4. С. 43–50.

REFERENCES

1. O'Neill M. S., Jerrett M., Kawachi I., Levy J. I., Cohen A. J., Gouveia N. Health, wealth, and air pollution: advancing theory and methods. *Environmental Health Perspectives*. 2003;111(16):1861–1870. <https://doi.org/10.1289/ehp.6334>
2. Chiarini B., D'Agostino A., Marzano E., Regoli A. Air quality in urban areas: Comparing objective and subjective indicators in European countries. *Ecological Indicators*. 2021;121:1–9. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107144>
3. Isitov D. T., Kablukova O. D. How atmospheric pollution affects nature. *Molodoj uchenyj*. 2016;9.1(113.1):34–35. (In Russ.).
4. Air pollution from industrial emissions. Available via: *Ecology, reference book*. <https://ru-ecology.info/term/77204/> [Accessed 4 August 2022]. (In Russ.).
5. Impact of industry on air pollution. Available via: *Ecology, reference book*. <https://ru-ecology.info/term/77204/> [Accessed 4 August 2022]. (In Russ.).
6. Emissions of pollutants into the atmosphere: sources and regulation. Available via: *Eco-union*. <https://ecotoplivo-msk.ru/eko-bedy/promyshlennye-vybrosy.html> [Accessed 4 August 2022]. (In Russ.).

7. Monn C. Exposure assessment of air pollutants: a review on spatial heterogeneity and indoor/outdoor/personal exposure to suspended particulate matter, nitrogen dioxide and ozone. *Atmospheric Environment*. 2001;35(1):1–32. [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(00\)00330-7](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(00)00330-7)
8. Pavlova E. E. Problems of emissions into the environment in Russia and the world. *Molodoj uchenyj*. 2018;23(209):269–273. (In Russ.)
9. Causes, effects and solutions of industrial pollution. Available via: *EREPORT.RU*. <http://www.ereport.ru/prel/prichiny-posledstviya-i-resheniya-promyshlennogo-zagryazneniya-okruzhayushchej-sredy.htm> [Accessed 4 August 2022]. (In Russ.)
10. Kropanev A. Yu. Methodologies for analysis of air environment. Certification and arrangement of intra laboratory control of the quality of analysis results. *Industrial laboratory. Diagnostics of materials*. 2018;84(8):65–70. <https://doi.org/10.26896/1028-6861-2018-84-8-65-70> (In Russ.)
11. Methods for monitoring atmospheric air pollution by industrial emissions. Available via: *Infopedia*. <https://infopedia.su/8x671c.html> [Accessed 4 August 2022]. (In Russ.)
12. Zeisler R., Murphy K. E., Becker D. A., Clay D. W., Robert K. W., Long St. E. et al. Standard reference materials (SRMs) for measurement of inorganic environmental contaminants. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 2006;386:1137–1151. <https://doi.org/10.1007/s00216-006-0785-7>
13. Jakunina I. V., Popov N. S. Methods and devices for monitoring the environment. Environmental Monitoring: a study guide. Tambov: Izdatel'stvo Tambovskogo gosudarstvennogo tehniceskogo universiteta; 2009. 188 p. (In Russ.)
14. Bogacheva A. M., Ponomareva O. B., Kanaeva Y. V. Development of interlaboratory comparison test samples and reference materials for the quality assurance of air composition measurements. *Reference Materials*. 2018;14(3–4):43–50. <https://doi.org/10/20915/2077-1177-2018-14-3-14-43-50> (In Russ.)

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

ГОСТ 34100.3–2017/ISO/IEC Guide 98–3:2008 Межгосударственный стандарт. Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения = Uncertainty of measurement. Part 3. Guide to the expression of uncertainty in measurement. М.: Стандартинформ, 2018. 106 с.

ГОСТ ISO/IEC17025–2019 Межгосударственный стандарт. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий = General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. М.: Стандартинформ, 2021. 28 с.

ГОСТ ISO/IEC17043–2013 Межгосударственный стандарт. Оценка соответствия. Основные требования к проведению проверки квалификации = Conformity assessment. General requirements for proficiency testing. М.: Стандартинформ, 2014. 33 с.

ГОСТ Р 8.563-2009 Государственная система обеспечения единства измерений. Методики (методы) измерений. М.: Стандартинформ, 2019. 15 с.

ГСО 11277–2019 СО массовой концентрации железа, осажденного на фильтр АФА-ХА из воздушной среды (В-Fe-02 СО УНИИМ) // Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений : официальный сайт. URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/19/items/583285> (дата обращения: 04.08.2022 г.).

ГСО 11278–2019 СО массовой концентрации марганца, осажденного на фильтр АФА-ХА из воздушной среды (В-Mn-03 СО УНИИМ) // Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений : официальный сайт. URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/19/items/583284> (дата обращения: 04.08.2022 г.).

ГСО 12227–2023 СО массовой концентрации пыли, осажденной на фильтр АФА-ВП из воздушной среды (В-Пыль-01-МК СО УНИИМ) // Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений : официальный сайт. URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/19/items/1409946> (дата обращения: 04.08.2022 г.).

ГСО 12228–2023 СО массовой концентрации пыли, осажденной на фильтр АФА-ВП из воздушной среды (В-Пыль-01-СМ СО УНИИМ) // Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений : официальный сайт. URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/19> (дата обращения: 04.08.2022 г.).

МУ 4945–88 Методические указания по определению вредных веществ в сварочном аэрозоле (твердая фаза и газы). М.: Информационно-издательский центр Госкомсанэпиднадзора России, 1992 г. 111 с.

МУК 1637–77 Методические указания на фотометрическое определение аммиака в воздухе. М.: ЦРИА «Морфлот», 1981 г. 252 с.

Об обеспечении единства измерений: Федеральный закон Российской Федерации от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ: принят Государственной Думой 11 июня 2008 г.: одобрен Советом Федерации Федерального Собрания Российской Федерации 18 июня 2008 г. (в редакции от 11 июня 2021 г. № 170-ФЗ) // Официальный интернет-портал правовой информации [сайт]. URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&firstDoc=1&lastDoc=1&nd=102122832> (дата обращения: 04.08.2022).

Об обязательных требованиях в Российской Федерации: Федеральный закон Российской Федерации от 31 июля 2020 г. № 247-ФЗ (с изменениями и дополнениями): принят Государственной Думой 22 июля 2020 г.: одобрен Советом Федерации

Федерального Собрания Российской Федерации 24 июля 2020 г. // Информационно-правовой портал ГАРАНТ.РУ [сайт]. URL: <https://base.garant.ru/74449388/> (дата обращения: 04.08.2022 г.).

Об утверждении перечня измерений, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений: постановление Правительства Российской Федерации от 16 ноября 2020 г. № 1847 // Официальный интернет-портал правовой информации [сайт]. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202011230047> (дата обращения: 04.08.2022 г.).

Об утверждении Порядка аттестации первичных референтных методик (методов) измерений, референтных методик (методов) измерений и методик (методов) измерений и их применения: приказ Министерства промышленности и торговли РФ от 15 декабря 2015 г. № 4091 // Официальный интернет-портал правовой информации [сайт]. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201602260008> (дата обращения: 04.08.2022 г.).

Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 2.1.3684–21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий»: постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28.01.2021 № 3 // Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений : официальный сайт. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202102050027> (дата обращения: 04.08.2022 г.).

Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»: постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28.01.2021 № 2 // Официальный интернет-портал правовой информации [сайт]. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202102030022> (дата обращения: 04.08.2022 г.).

РМГ 61–2010 Государственная система обеспечения единства измерений. Показатели точности, правильности, прецизионности методик количественного химического анализа. Методы оценки. М.: Стандартинформ, 2013. 58 с.

РМГ 76–2014 Государственная система обеспечения единства измерений. Внутренний контроль качества результатов количественного химического анализа. М.: Стандартинформ, 2015. 104 с.

ПМГ 96–2009 Результаты и характеристики качества измерений. Формы представления. М.: Стандартинформ, 2010. 14 с.

Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений // Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений : официальный сайт. URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology> (дата обращения: 04.08.2022 г.).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Пonomareva Ольга Борисовна – ведущий научный сотрудник лаборатории метрологии аналитических измерений и межлабораторных сравнительных испытаний УНИИМ – филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»

Россия, 620075, г. Екатеринбург, ул. Красноармейская, 4
E-mail: ponomareva@uniim.ru

Канаева Юлия Владимировна – и. о. заведующего лаборатории метрологии аналитических измерений и межлабораторных сравнительных испытаний УНИИМ – филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»

Россия, 620075, г. Екатеринбург, ул. Красноармейская, 4
E-mail: metod224@uniim.ru

Гаико Мария Владимировна – старший инженер лаборатории метрологии аналитических измерений и межлабораторных сравнительных испытаний УНИИМ – филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»

Россия, 620075, г. Екатеринбург, ул. Красноармейская, 4
E-mail: metod224@uniim.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Olga B. Ponomareva – Leading Researcher, Laboratory for Metrology of Analytical Measurements and Interlaboratory Comparisons, UNIIM – Affiliated Branch of the D. I. Mendeleev Institute for Metrology

4 Krasnoarmeyskaya St., Yekaterinburg, 620075, Russia
e-mail: ponomareva@uniim.ru

Yulia V. Kanaeva – Acting Head of the Laboratory for Metrology of Analytical Measurements and Interlaboratory Comparisons, UNIIM – Affiliated Branch of the D. I. Mendeleev Institute for Metrology

4 Krasnoarmeyskaya St., Yekaterinburg, 620075, Russia
e-mail: metod224@uniim.ru

Mariia V. Gaiko – Senior Engineer of the Laboratory for Metrology of Analytical Measurements and Interlaboratory Comparisons, UNIIM – Affiliated Branch of the D. I. Mendeleev Institute for Metrology

4 Krasnoarmeyskaya St., Yekaterinburg, 620075, Russia
e-mail: metod224@uniim.ru

