

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ

Обзорная статья

УДК 006.91:641.1


<https://doi.org/10.20915/2077-1177-2023-19-4-83-98>



Первичные референтные методики измерений в пищевой промышленности: опыт применения и перспективы развития

А. С. Сергеева¹  , А. В. Касилюнас¹ , Е. Г. Парфенова¹ , С. В. Медведевских²  

¹ УНИИМ – филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева», г. Екатеринбург, Россия

 sergeevaas@uniim.ru

² ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д. И. Менделеева», г. Санкт-Петербург, Россия

 s.v.medvedevskih@vniim.ru

Аннотация: Настоящее исследование посвящено решению одной из актуальных проблем количественного химического анализа, связанной с обеспечением метрологической прослеживаемости при измерении обобщенных, «трудноформализуемых», «методозависимых» величин путем разработки и внедрения Государственных первичных референтных методик измерений (ГПРМИ) массовой доли жира, золы и углеводов в пищевых продуктах и продовольственном сырье, ГПРМИ массовой доли сырого жира (масличности) в семенах масличных культур и продуктах на их основе. Цель настоящей работы – выявить перспективные направления исследований и сформировать план мероприятий в области разработки новых ГПРМИ и стандартных образцов (СО) для обеспечения метрологической прослеживаемости измерений показателей пищевой ценности пищевой продукции.

В разработанных ГПРМИ измерение массовой доли жира проводится методом Рэнделла, массовой доли золы – термogrавиметрическим методом, массовой доли углеводов – йодометрическим титрованием. ГПРМИ использованы для разработки СО состава молочных и мясных продуктов, яичного порошка, крахмала, детского питания, масличных культур и продуктов на их основе, комбикормов. В процессе внедрения ГПРМИ выявлена необходимость расширения номенклатуры выпускаемых СО для новых групп продукции. На измерительной базе ГПРМИ разработаны и аттестованы высокоточные методики измерений, использованные для определения метрологических характеристик СО состава молочных продуктов, филе минтая, сухарей пшеничных.

В период с 2019 по 2022 гг. в 6 раз возросло количество выпускаемых экземпляров СО. ГПРМИ и СО были использованы при организации межлабораторных сличительных испытаний, проведении испытаний в целях утверждения типа и поверок анализаторов пищевых продуктов и продовольственного сырья.

Опыт применения ГПРМИ выявил необходимость проведения работ по созданию и внедрению новых ГПРМИ. Составленный план мероприятий по разработке новых ГПРМИ и СО позволит охватить основные группы пищевой продукции, представленные в Технических регламентах Таможенного и Евразийского экономического союзов.

Ключевые слова: первичная референтная методика измерений, прослеживаемость, стандартные образцы, пищевые продукты, продовольственное сырье, пищевая ценность

Используемые сокращения: ГПРМИ – Государственная первичная референтная методика измерений; ГСО – стандартный образец утвержденного типа; МСИ – межлабораторные сличительные испытания; ПРМИ – первичная референтная методика измерений; РМИ – референтная методика измерений; СО – стандартный образец; ФИФ – Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.







Ссылка при цитировании: Первичные референтные методики измерений в пищевой промышленности: опыт применения и перспективы развития / А. С. Сергеева [и др.] // Эталон. Стандартные образцы. 2023. Т. 19, № 4. С. 83–98. <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2023-19-4-83-98>


Статья поступила в редакцию 21.03.2023; одобрена после рецензирования 22.04.2023; принята к публикации 25.05.2023.

MODERN METHODS OF ANALYSIS OF SUBSTANCES AND MATERIALS

Research Article

Primary Reference Measurement Procedures in the Food Industry: Usage Experience and Development Prospects

Anna S. Sergeeva¹  , Anastasia V. Kasilyunas¹ , Elena G. Parfenova¹ ,
Sergey V. Medvedevskikh²  

¹ UNIIM – Affiliated Branch of the D. I. Mendeleyev Institute for Metrology, Yekaterinburg, Russia
 sergeevaas@uniim.ru

² D. I. Mendeleyev Institute for Metrology, St. Petersburg, Russia
 s.v.medvedevskikh@vniim.ru

Abstract: This article reviews the usage experience and development prospects of four state primary reference measurement procedures (SPRMPs) created to provide metrological support of measurements in the food and agricultural industries. The SPRMPs certified in 2016–2019 include those of the mass fraction of fat, ash, and carbohydrates in food products and raw materials; of the mass fraction of crude fat (oil content) in oilseeds and related products. The mass fraction of fat, crude fat, and oil content is measured using the Randall method; the mass fraction of ash is determined by the thermogravimetric method; the mass fraction of carbohydrates (total sugar) is defined by iodometric titration. The considered SPRMPs were used to develop reference materials (RMs) for the composition of dairy and meat, egg powder, starch, baby food, oilseeds, related products, and compound feeds. SPRMPs implementation required extending the range of the manufactured RMs for new product groups. High-precision procedures for measuring the mass fraction of fat in liquid dairy products, fish, pastry, confectionery, and pasta products, as well as the mass fraction of lactose in liquid dairy products were developed and certified to describe the characteristics of dairy, pollock fillets, and wheat crackers composition.

Keywords: primary reference measurement procedures, traceability, certified reference materials, food products, food raw materials, nutritional value

Abbreviations: SPRMP – state primary reference measurement procedure; CRMs – certified reference materials; ILCs – interlaboratory comparisons; PRMP – primary reference measurement procedure; RMP – reference measurement procedure; RMs – reference materials; FIF EUM – Russian Federal Information Fund for Ensuring the Uniformity of Measurements.

For citation: Sergeeva A. S., Kasilyunas A. V., Parfenova E. G., Medvedevskikh S. V. Primary reference measurement procedures in the food industry: usage experience and development prospects. *Measurement Standards. Reference Materials*. 2023;19(4):73–81. <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2023-19-4-83-98>

The article was submitted 21.03.2023; approved after reviewing 22.04.2023; accepted for publication 25.05.2023.

Введение

Консультативный комитет по количеству вещества [1] утвердил следующее: «первичный метод измерений – это метод, имеющий наивысшие метрологические характеристики, действие которого может быть полностью описано и для которого неопределенность может быть указана в единицах СИ». Методами, потенциально относящимися к первичным методам анализа, являются масс-спектрометрия с изотопным разбавлением; кулонометрия; гравиметрия и ряд других [2]. В 2007 году понятия «первичная референтная методика измерений» и «референтная методика измерений» (ПРМИ и РМИ) были включены в Международный словарь по метрологии VIM (ISO/IEC Guide 99:2007). Появление ПРМИ и РМИ прежде всего связано с необходимостью построения метрологической иерархии, вершиной которой является ПРМИ, позволяющая получать результаты измерения величины без их прослеживаемости к эталону единицы величины того же рода и применяемая для контроля правильности результатов измерений, полученных по другим методикам. ПРМИ разрабатываются и утверждаются для метрологического обеспечения так называемых «методозависимых» величин, определяемых по эмпирическим методиками измерений [3]. ПРМИ и РМИ получили наибольшее распространение в мировой метрологической практике, связанной с биоанализом и клинической диагностикой. Разработаны стандарты, устанавливающие требования к РМИ в области лабораторной медицины, например, ISO 15195:2018. Ведутся дискуссии о возможности признания калибровочных и измерительных возможностей Национальных метрологических институтов для операционно-определяемых величин путем их включения в базу данных Международного бюро мер и весов (BIPM)¹ [4–7].

В Российской Федерации ПРМИ и РМИ были введены в сферу государственного регулирования обеспечения единства измерений в 2014 году в рамках принятия 254-ФЗ от 21.07.2014 «О внесении изменений в Федеральный закон 102-ФЗ от 26.06.2008 «Об обеспечении единства измерений». Порядок аттестации ПРМИ и РМИ и область их применения были установлены Приказом Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 15 декабря 2015 г. № 4091. Наиболее эффективным применение ПРМИ оказалось при разработке метрологического обеспечения в области пищевой и сельскохозяйственной промышленности для обеспечения метрологической прослеживаемости

измерений обобщенных, «трудноформализуемых» показателей пищевой ценности пищевых продуктов и продовольственного сырья, таких как содержание жира, зола и углеводов.

В период с 2016 по 2019 гг. были разработаны и утверждены в качестве государственных следующие ПРМИ:

– ГПРМИ массовой доли жира в пищевых продуктах и продовольственном сырье М.241.01/RA.RU.311866/2018 (Номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений (ФИИ) – ФР.ПР1.31.2019.00001);

– ГПРМИ массовой доли золы в пищевых продуктах и продовольственном сырье М.241.02/RA.RU.311866/2018 (ФР.ПР1.31.2019.00002);

– ГПРМИ массовой доли углеводов в пищевых продуктах и продовольственном сырье (ФР.ПР1.31.2019.00005);

– ГПРМИ массовой доли сырого жира (масличности) в семенах масличных культур и продуктах на их основе (ФР.ПР1.31.2019.00009).

Результаты разработки ГПРМИ представлены в работах [8–11]. Согласно схеме, описанной в работе [12], в качестве основного средства передачи единиц, характеризующих пищевую ценность, от ГПРМИ к результатам рутинным измерений могут быть использованы стандартные образцы (СО) состава пищевых продуктов и продовольственного сырья, охарактеризованные с применением ГПРМИ. В связи с этим актуальным является исследование применимости предложенной схемы для обеспечения единства измерений в пищевой и сельскохозяйственной промышленности.

Цель настоящей работы – выявить перспективные направления исследований и сформировать план мероприятий в области разработки новых ГПРМИ и СО для обеспечения метрологической прослеживаемости измерений показателей пищевой ценности пищевой продукции. Решение поставленной цели предполагает реализацию следующих задач: 1) проведение анализа статистических данных по выпуску СО с использованием ГПРМИ, а также применению выпускаемых СО для обеспечения метрологической прослеживаемости при организации межлабораторных сличительных испытаний (МСИ), проведении испытаний в целях утверждения типа и поверки анализаторов пищевых продуктов; 2) сопоставление номенклатуры выпускаемых СО с перечнем групп пищевой продукции, указанных в Технических регламентах Таможенного и Евразийского экономического союзов, выявление неохваченных групп продукции и выбор материалов-кандидатов для разработки СО; 3) составление плана мероприятий по разработке новых ГПРМИ

¹ BIPM – Bureau International des Poids et Mesures [Сайт]. URL: <https://www.bipm.org>

и СО для обеспечения метрологической прослеживаемости измерений показателей пищевой ценности.

Материалы и методы

В разработанных ГПРМИ измерение массовой доли жира проводится с использованием метода Рэнделла, основанного на количественной экстракции свободного и химически или механически связанного жира из проб продукта с его последующим взвешиванием. В случае определения общего жира в молочных, мясных, сухих яичных продуктах и детском питании метод реализован с предварительной стадией гидролиза. При определении сырого жира (масличности) в семенах масличных культур и продуктах на их основе, зерне зерновых и зернобобовых культур, комбикормах и кормовых компонентах предварительный гидролиз не проводится.

Измерение массовой доли золы проводится с использованием термогравиметрического метода, включающего пробоподготовку, обугливание, озоление навески пробы продукта и последующее гравиметрическое измерение массы минерального остатка после озоления.

Измерение массовой доли углеводов (общего сахара) проводится с использованием метода йодометрического титрования, основанного на окислении редуцирующих сахаров в щелочной среде йодом и титровании неизрасходованного йода раствором тиосульфата натрия.

Оценивание метрологических характеристик ГПРМИ и высокоточных методик измерений проводится с учетом источников неопределенности, входящих в уравнения измерений, вкладов от методических параметров, неоднородности материала проб и влияния оператора с использованием алгоритмов, изложенных в ISO 5725–5:1998, РМГ 61–2010, Руководстве ЕВРАХИМ/СИТАК [3].

Исследование метрологических СО состава пищевых продуктов и продовольственного сырья проводится в соответствии с ISO Guide 35:2006.

Межлабораторные сличительные испытания (МСИ) по определению показателей качества и пищевой ценности проводятся в соответствии с ISO/IEC17043:2010.

Результаты и обсуждения

ГПРМИ массовой доли жира, золы и углеводов в пищевых продуктах и продовольственном сырье, ГПРМИ массовой доли сырого жира (масличности) в семенах масличных культур и продуктах на их основе предназначены для проведения высокоточных измерений, оценки правильности результатов измерений, полученных с использованием других методик (методов) измерений, в том числе применяемых для подтверждения соответствия продукции обязательным требованиям, установленным в технических регламентах, а также для калибровки средств измерений и определения характеристик СО. Объекты измерений и метрологические характеристики ГПРМИ представлены в табл. 1.

Таблица 1. Объекты измерений и метрологические характеристики ГПРМИ
Table 1. Measurement objects and metrological characteristics of SPRMPs

Номер в ФИФ	Объекты измерений	Измеряемая величина	Диапазон измерений, %	Расширенная неопределенность ($k = 2$), %
ФР.ПР1.31.2019.00001	молочные, зерно-молочные, зерновые, мясные, сухие яичные продукты, в том числе для детского питания	массовая доля жира	0,1–80	0,08–0,80
ФР.ПР1.31.2019.00009	зерно зерновых и зернобобовых культур, семена масличных культур и продукты на их основе, комбикорма и кормовые компоненты	массовая доля сырого жира (масличность)	0,2–70	0,15
ФР.ПР1.31.2019.00002	зерно, зернопродукты, крахмал, сахар, продукты молочные, низколактозные, безлактозные, в том числе для детского питания, комбикорма и кормовые компоненты	массовая доля золы	0,1–40	0,003–0,30

Окончание табл. 1
End of Table 1

Номер в ФИФ	Объекты измерений	Измеряемая величина	Диапазон измерений, %	Расширенная неопределенность ($k = 2$), %
ФР.ПР1.31.2019.00005	молочные, зерновые, зерно-молочные, низколактозные и безлактозные продукты, в том числе для детского питания	массовая доля редуцирующих сахаров в пересчете на моногидрат лактозы	0,5–80	0,25
		массовая доля нередуцирующих сахаров в пересчете на сахарозу	0,5–50	0,30
		массовая доля углеводов (общего сахара)	1–80	0,40

ГПРМИ совместно с Государственным первичным эталоном единиц массовой доли, массовой (молярной) концентрации воды в твердых и жидких веществах и материалах ГЭТ 173-2017 [13, 14] и Государственным вторичным эталоном единиц массовой доли и массовой (молярной) концентрации компонентов в твердых и жидких веществах и материалах на основе объемного титриметрического метода анализа ГВЭТ 176-1-2010 [15] использованы для характеристики СО состава пищевых продуктов и продовольственного сырья с аттестованными характеристиками, определяющими пищевую ценность – массовые доли влаги, белка (сырого протеина), жира (сырого жира, масличности), золы, углеводов (лактозы) [12, 16, 17].

В процессе внедрения ГПРМИ выявлена необходимость расширения номенклатуры выпускаемых СО для новых групп продукции. На измерительной базе ГПРМИ были разработаны и аттестованы высокоточные методики измерений массовой доли жира в жидких молочных продуктах (ФР.1.31.2020.36184), рыбе (ФР.1.31.2020.36183), хлебобулочных, кондитерских и макаронных изделиях (ФР.1.31.2022.43775) методом Рэнделла, а также массовой доли лактозы в жидких молочных продуктах методом йодометрического титрования (ФР.1.31.2020.36183). Объекты измерений и метрологические характеристики высокоточных методик на оборудовании для реализации ГПРМИ представлены в табл. 2.

Таблица 2. Высокоточные методики измерений на оборудовании для реализации ПРМИ

Table 2. High-precision measurement procedures using the equipment for implementing SPRMPs

Номер в ФИФ	Объекты измерений	Измеряемая величина	Диапазон измерений, %	Расширенная неопределенность ($k = 2$), %
ФР.1.31.2020.36184	молоко питьевое	массовая доля жира	0,5–6	0,05
	сливки питьевые		9–42	0,06
ФР.1.31.2020.36183	молоко питьевое	массовая доля лактозы	4–5,5	0,08
	сливки питьевые		3–8	
ФР.1.31.2021.39190	рыба свежая, охлажденная, отварная, лиофилизированная	массовая доля жира	0,5–20	0,25
ФР.1.31.2022.43775	хлебобулочные, кондитерские и макаронные изделия	массовая доля жира	0,5–50	0,25

Методики измерений, указанные в табл. 2, использованы для определения характеристик СО: ГСО 11504-2020/ГСО 11505-2020 состава молочных продуктов [18], ГСО 11687-2021 состава филе минтая сублимационной сушки, ГСО 11962-2022 состава сухарей пшеничных. Метрологические характеристики СО представлены в табл. 3 и 4.

В дополнении к ГПРМИ массовой доли углеводов в пищевых продуктах и продовольственном сырье (ФР.ПР1.31.2019.00005) проведена разработка методик

измерений массовой доли основного вещества в моно- и дисахаридах с применением методов йодометрического титрования и материального баланса («сто минус сумма примесей») с последующим созданием следующих СО: ГСО 11820-2021 состава лактозы моногидрата, ГСО 11839-2021/ГСО 11843-2021 состава моно- и дисахаридов (D(+)-галактозы, D-глюкозы ангидрид, лактозы моногидрата, лактулозы, D(–)-фруктозы), ГСО 11884-2022 состава арабинозы, ГСО 11885-2022 состава маннозы, ГСО 11886-2022 состава сахарозы [11, 19].

Таблица 3. Метрологические характеристики ГСО 11504–2020/ГСО 11505–2020 состава молочных продуктов: молоко питьевое (МС-1–1), сливки питьевые (МС-1–2)

Table 3. Metrological characteristics of GSO 11504–2020/GSO 11505–2020 of dairy products composition: drinking milk (MS-1–1), drinking cream (MS-1–2)

Аттестуемая характеристика	Индекс СО	Интервал аттестованных значений, %	Абсолютная расширенная неопределенность ($k = 2$), %
Массовая доля жира	МС-1–1	0,50–6,00	0,05
	МС-1–2	9,00–42,0	0,06
Массовая доля белка	МС-1–1	2,00–4,00	0,04
	МС-1–2	1,50–3,50	0,06
Массовая доля сухих веществ	МС-1–1	8,0–15,0	0,1
	МС-1–2	20,0–55,0	
Массовая доля лактозы	МС-1–1	4,00–5,50	0,08
	МС-1–2	3,00–8,00	

Таблица 4. Метрологические характеристики ГСО 11687–2021, ГСО 11962–2022

Table 4. Metrological characteristics of GSO 11687–2021, GSO 11962–2022

Наименование СО	Аттестуемая характеристика	Интервал аттестованных значений, %	Абсолютная расширенная неопределенность ($k = 2$), %
ГСО 11687–2021 состава филе минтая сублимационной сушки	Массовая доля влаги	1,0–10,0	0,2
	Массовая доля азота*	11,20–15,84	0,08
	Массовая доля белка*	70,0–99,0	0,5
	Массовая доля жира*	1,0–15,0	0,4
ГСО 11962–2022 состава сухарей пшеничных	Массовая доля влаги	4,00–15,00	0,15
	Массовая доля азота*	1,00–5,00	0,08
	Массовая доля белка*	6,0–30,0	0,5
	Массовая доля жира*	1,5–15,0	0,2

* Значения приведены в пересчете на сухое вещество

В табл. 5 представлено распределение СО по основным группам пищевой продукции, указанным в Технических регламентах Таможенного и Евразийского экономического союзов. Наряду с СО, аттестованными с применением ГПРМИ и высокоточных методик, в табл. 5 перечислены также ранее разработанные и широко применяемые на практике СО с аттестованными значениями массовой доли влаги, установленные на ГЭТ 173-2017, и массовой доли азота, белка, установленных на ГВЭТ 176-1-2010: ГСО 8989-2008 массовой доли влаги зерна 1-го разряда; ГСО 8990-2008 массовой доли влаги зерна 2-го разряда; ГСО 9564-2010

массовой доли влаги в продуктах переработки зерна [20]; ГСО 10148-2012 массовой доли влаги в сухих молочных продуктах [21]; ГСО 9563-2010 состава молока сухого [15] и ГСО 9734-2010 состава зерна и продуктов его переработки [22]. Здесь же приведены материалы-кандидаты для разработки СО для неохваченных групп пищевых продуктов.

На рис. 1 представлены данные по выпуску СО с использованием ГПРМИ и высокоточных методик измерений на оборудовании для реализации ГПРМИ для различных групп продукции, которые демонстрируют ежегодное повышение спроса на выпускаемые СО.

Таблица 5. Распределение СО по группам пищевой продукции

Table 5. Distribution of RMs by food product groups

Технический регламент	Группа продукции	Стандартные образцы	Номер в ФИФ
ТР ТС 015/2011	зерно для пищевых и кормовых целей	пшеница, ячмень, рожь, соя, комбикорма, продукты переработки масличных культур	ГСО 8989-2008, ГСО 8990-2008, ГСО 9734-2010, ГСО 11268-2019/ ГСО 11270-2019, ГСО 11279-2019/ ГСО 11283-2019
ТР ТС 021/2011	мукомольно-крупяная продукция	мука пшеничная, из твердой пшеницы, ржаная хлебопекарная, ржано-пшеничная, пшенично-ржаная, кукурузная; крупа пшеничная, гречневая, овсяная, пшено шлифованное, ячменная, рисовая, кукурузная, манная; отруби пшеничные, ржаные; крупка пшеничная; мука соевая*	ГСО 9564-2010
	крахмалопродукты	крахмал кукурузный, крахмал картофельный	ГСО 11338-2019/ГСО 11339-2019
	сахар	сахароза, лактоза моногидрат, галактоза, глюкоза ангидрид, лактулоза, фруктоза, арабиноза, манноза	ГСО 11820-2021, ГСО 11839-2021/ ГСО 11843-2021, ГСО 11884-2022, ГСО 11885-2022, ГСО 11886-2022
	хлебобулочные, макаронные изделия	сухари пшеничные	ГСО 11962-2022
	кондитерские изделия	шоколад*, паста десертная*	СО отсутствуют
	плодоовощная продукция	томатный порошок*, мука ореховая*	СО отсутствуют
	яйца и продукты их переработки	яичный порошок	ГСО 11271-2019
ТР ТС 024/2011	масличное сырье	подсолнечник, соя, горчица, рапс, лен, хлопчатник	ГСО 11284-2019/ГСО 11289-2019

Окончание табл. 5
End of Table 5

Технический регламент	Группа продукции	Стандартные образцы	Номер в ФИФ
ТР ТС 027/2012	специализированная пищевая продукция	каша сухая рисовая, гречневая, кукурузная, мультизлаковая	ГСО 11144/ГСО 11147–2018
	компоненты для специализированной пищевой продукции	изолят соевого белка*	СО отсутствуют
ТР ТС 033/2013	молоко и молочные продукты	молоко сухое обезжиренное, молоко сухое цельное, сметана с/с, творог с/с, сыр сухой, молоко питьевое, сливки питьевые	ГСО 9563-2010, ГСО 10148-2012, ГСО 11086-2018/ГСО 11091-2018, ГСО 11399-2019, ГСО 11504-2020/ГСО 11505-2020
	продукция детского питания на молочной основе	смесь молочная сухая для детского питания, каша молочная сухая рисовая, гречневая, кукурузная, мультизлаковая	ГСО 11088-2018, ГСО 11127-2018/ГСО 11130/2018
ТР ТС 034/2013	мясо и мясная продукция	говядина с/с, свинина с/с	ГСО 11274-2019, ГСО 11275-2019
ТР ЕАЭС 040/2016	рыба и рыбная продукция	филе минтая с/с,	ГСО 11687-2021
ТР ЕАЭС 051/2021	мясо птицы и продукция ее переработки	мясо птицы с/с, консервы*	ГСО 11276-2019

* Материалы-кандидаты для разработки СО

В 2019, 2020, 2021 и 2022 годах было выпущено соответственно 69, 106, 274 и 428 экземпляров СО. Наиболее востребованными являются СО состава молочных продуктов. За последний год также значительно увеличился спрос на СО состава мясных продуктов, крахмала, каш зерновых и зерно-молочных для детского питания.

СО и образцы для МСИ, проанализированные с применением ГПРМИ, обеспечивают метрологическую прослеживаемость приписанных значений массовых долей влаги, белка, жира и золы при реализации программ проверки квалификации испытательных лабораторий в области измерений показателей качества молока и молочных продуктов, крахмала и крахмалопродуктов, яичного порошка. Всего проведено 7 раундов, общее число участников составило 121.

С использованием СО, аттестованных с применением ГПРМИ и высокоточных методик измерений, проведены испытания в целях утверждения типа и разработаны

методики поверки для экспрессных анализаторов пищевых продуктов и продовольственного сырья (табл. 6).

Выпускаемые СО состава пищевых продуктов и продовольственного сырья также позволили значительно упростить и ускорить процедуру проведения поверки ранее утвержденных типов экспрессных анализаторов, например, анализаторов качества молока Лактан (рег. №№ 46032-10, 73987-19), анализаторов пищевых продуктов Infratec (рег. № 63200-16). Прежде, ввиду отсутствия соответствующих СО, для поверки таких анализаторов использовали рабочие пробы пищевой продукции, проанализированные стандартизованными методами. Необходимость установления аттестованных значений массовых долей компонентов в рабочих пробах требовало от организаций, проводящих поверку, наличия дополнительного специализированного помещения, испытательного оборудования, квалифицированного персонала, использования большого объема реактивов, значительных временных затрат.

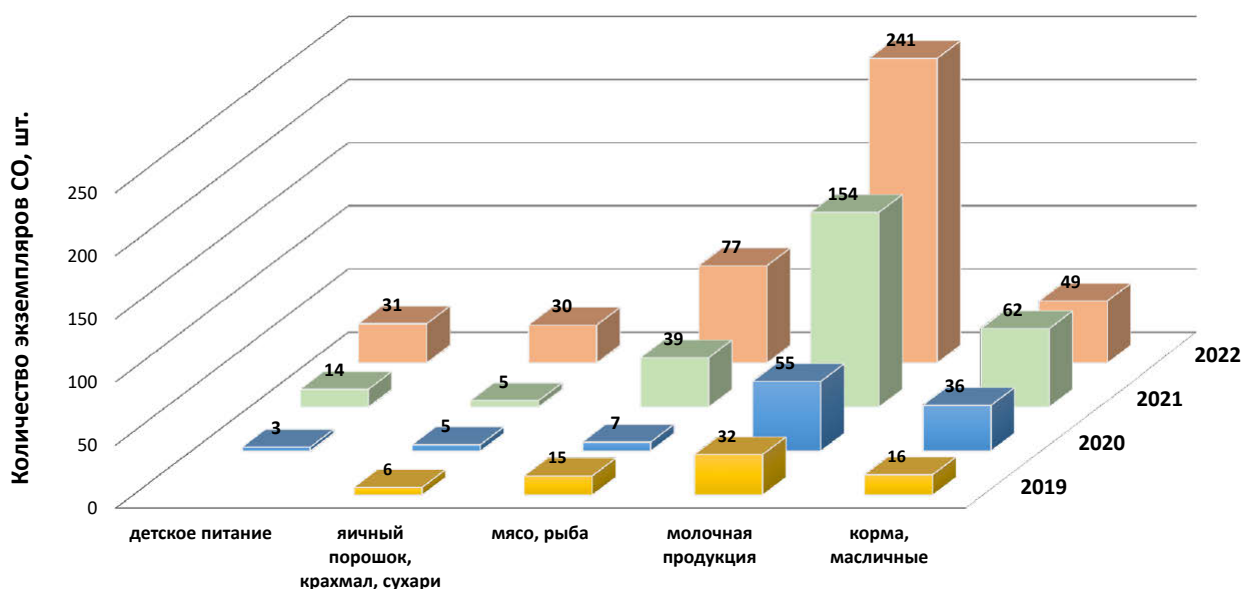


Рис. 1. Производство СО состава пищевых продуктов и продовольственного сырья с применением ГПРМИ и высокоточных методик измерений

Fig. 1. Production of RMs of food products and raw materials composition using SPRMPs and high-precision measurement procedures

Таблица 6. Средства измерений, прошедшие испытания в целях утверждения типа с применением СО
Table 6. Measuring instruments tested for type approval using RMs

Номер в ФИФ	Наименование и тип средств измерений	Изготовитель
72990–18	Анализатор пищевых продуктов Foodscan 2	FOSS Analytical A/S, Дания
77391–20	Анализаторы зерна и зернопродуктов INFRANEO	Chopin Technologies, Франция
78730–20	Анализаторы молока и молочных продуктов LactoScope FT-A	PerkinElmer Analytical Solution B. V., Нидерланды
79313–20	Анализаторы молока и молочных продуктов MIRA	Bruker Optik GmbH, Германия
80513–20	Анализаторы молока и молочных продуктов MilkoScan FT3	FOSS Analytical A/S, Дания
81771–21	Анализаторы инфракрасные Infracont	Infracont Instruments Ltd., Венгрия
85700–22	Анализаторы инфракрасные GrainSense	GrainSense Oy, Финляндия
86418–22*	Анализаторы молока Milkotester	Milkotester LTD, Болгария

* Испытания в целях утверждения типа проведены в ФГБУ «ВНИИМС»

В настоящее время ежегодно с применением разработанных СО выполняется поверка экспрессных анализаторов пищевых продуктов и продовольственного сырья. Всего в период с 2020 по 2022 гг. проведено более 190 поверок (рис. 2).

Таким образом, представленные данные демонстрируют высокую эффективность применения ГПРМИ для обеспечения метрологической прослеживаемости измерений в пищевой и сельскохозяйственной промышленности. В то же время выявлена необходимость

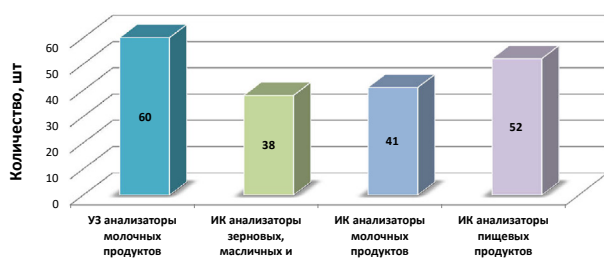


Рис. 2. Сведения о количестве проверок анализаторов с применением СО, аттестованных с применением ГПРМИ и высокоточных методик измерений

Fig. 2. Information on the no. of analyzers verifications using RMs, certified using SPRMPs and high-precision measurement procedures

проведения работ по разработки ГПРМИ для неохваченных групп продукции и их дальнейшему внедрению для метрологического обеспечения измерений показателей пищевой ценности, в ходе которых должны быть решены следующие задачи:

1) анализ Технических регламентов, стандартизованных методик измерений, парка средств измерений; составление планов разработки СО для неохваченных групп пищевой продукции; обоснование области применения и диапазонов измерений ГПРМИ, установление требований к показателям точности ГПРМИ, обеспечивающих запас по точности по отношению к стандартизованным методикам измерений и рабочим средствам измерений не менее чем в 2–3 раза;

2) установление параметров измерений и диапазонов измерений показателей пищевой ценности с привлечением независимых физико-химических методов (высокоэффективной жидкостной хроматографии, спектрометрического анализа, термогравиметрического анализа с масс-спектрометрическим детектированием), а также математических методов планирования эксперимента и обработки данных (последовательного поиска, дихотомии, многофакторного эксперимента, регрессионного и дисперсионного анализа);

3) оценивание метрологических характеристик ГПРМИ с учетом источников неопределенности, входящих в уравнения измерений, вкладов от методических параметров, неоднородности материала проб и влияния оператора с использованием алгоритмов, изложенных в ISO 5725–5:1998, РМГ 61-2010, Руководстве ЕВРАХИМ/СИТАК [3];

4) подтверждение наивысшей точности и эквивалентности ГПРМИ путем проведения сличений с метрологическими институтами других стран, российскими научными отраслевыми институтами, организациями

МСИ с участием российских испытательных лабораторий с последующей обработкой по алгоритму [23], анализа зарубежных сертифицированных СО производства Национального института стандартов и технологий США (NIST)² и Европейского института стандартных образцов и измерений (IRMM)³;

5) разработка и проведение испытаний в целях утверждения типа СО, представляющих ранее неохваченные группы пищевых продуктов (кондитерские изделия, плодоовощная продукция, компоненты для специализированной пищевой продукции, консервы).

Решение поставленных задач позволит завершить разработку ГПРМИ и СО, охватывающих основные группы пищевой продукции, указанные в Технических регламентах Таможенного и Евразийского экономического союзов, с целью реализации метрологической прослеживаемости измерений массовой доли жира, золы и углеводов в пищевых продуктах и продовольственном сырье.

Заключение

ГПРМИ массовой доли жира, золы и углеводов в пищевых продуктах и продовольственном сырье, ГПРМИ массовой доли сырого жира (масличности) в семенах масличных культур и продуктах на их основе, а также высокоточные методики измерений на оборудовании для реализации ГПРМИ были использованы для разработки 39 типов СО состава пищевых продуктов и продовольственного сырья. С применением разработанных СО проведены испытания в целях утверждения типа и разработаны методики проверки для восьми экспрессных анализаторов пищевых продуктов, а также выполняется ежегодная проверка ультразвуковых и инфракрасных анализаторов молочных продуктов, инфракрасных анализаторов зерновых, масличных, кормов, пищевой продукции. ГПРМИ и СО использованы для организации семи раундов проверки квалификации испытательных лабораторий в области измерений показателей качества молока и молочных продуктов, крахмала и крахмалопродуктов, яичного порошка. Таким образом, представленные данные демонстрируют высокую эффективность применения ГПРМИ для обеспечения метрологической прослеживаемости измерений в пищевой и сельскохозяйственной промышленности, повышения точности и достоверности измерений показателей пищевой ценности, и, следовательно, содействия улучшению качества пищевой продукции.

² NIST – National Institute of Standards and Technology [Сайт]. URL: <https://www.nist.gov>

³ IRMM – Institute for Reference Materials and Measurements [Сайт]. URL: https://joint-research-centre.ec.europa.eu/reference-measurement/reference-materials-rm_en

Вместе с тем, по результатам исследования выявлена необходимость проведения работ по созданию и внедрению новых ГПРМИ. Представлен план мероприятий по разработке новых ГПРМИ и СО в целях охвата основных групп пищевой продукции, представленных в Технических регламентах Таможенного и Евразийского экономического союзов.

С точки зрения теоретической значимости, результаты работы продемонстрировали возможность распространения концепции ПРМИ для обеспечения прослеживаемости результатов измерений обобщенных, «трудноформализуемых», «методозависимых» величин, действующей в области лабораторной медицины, на пищевую и сельскохозяйственную промышленность.

Благодарности: Исследование выполнено в рамках ОКР «Чистота-2» «Проведение исследований в области измерений физико-химического состава и свойств веществ по разработке государственных эталонов сравнения в виде высокочистых веществ для воспроизведения и передачи единиц величин, характеризующих химический состав твердых и жидких веществ и разработка референтных методик измерений».

Acknowledgements: This study was conducted within the framework of the experimental design work «Purity-2» «Conducting research in the field of measurements of the physical and chemical composition and properties of substances for developing state reference materials in the form of high-purity substances for reproducing and transmitting units of quantities characterizing the chemical composition of solid and liquid substances and developing reference measurement methods».

Вклад соавторов: Сергеева А. С. – разработка замысла исследования, курирование данных, написание черного варианта статьи, проверка и редакция текста статьи; Касилиюнас А. В. – разработка методик, валидация;

Парфенова Е. Г. – проведение исследовательских работ, внедрение разработок; Медведевских С. В. – разработка методологии, осуществление формального анализа.

Contribution of the authors: Sergeeva A. S. – development of the research concept, data curation, writing a draft version of the article, proofreading, and editing the text of the article; Kasilyunas A. V. – development of methods, validation; Parfenova E. G. – conducting research, implementation of developments; Medvedevskikh S. V. – development of methodology, implementation of formal analysis.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Автор Медведевских С. В. входит в состав редакционной коллегии журнала «Эталон. Стандартные образцы».

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 author Medvedevskikh S. V. are members of the Editorial Board of the journal «Measurement Standards. Reference Materials».

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. Minutes from the fifth meeting (February 1998) of the Consultative Committee on the Quantity of Material (CCQM) of the Bureau International des Poids et Mesures (BIPM). Sèvres. France: 1998.
2. Kaarls R., Quinn T. J. The Comité Consultatif pour la Quantité de Matière: a brief review of its origin and present activities // *Metrologia*. 1997. Vol. 34. № 1. P. 1–5. <https://doi.org/10.1088/0026-1394/34/1/1>
3. Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement, EURACHEM/CITAC. 3rd ed. 2012. URL: https://www.citac.cc/QUAM2012_P1.pdf (дата обращения: 26.08.2022).
4. Brown R. J. C., Andres H. How should metrology bodies treat method-defined measurands? // *Accreditation and Quality Assurance*. 2020. Vol. 25. P. 161–166. <https://doi.org/10.1007/s00769-020-01424-w>
5. Simonet B. M., Lendl B., Valcarcel M. Method-defined parameters: measurands sometimes forgotten // *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 2006. Vol. 25. № 5. P. 520–527. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2005.09.007>
6. Bievre De. P. Essential for metrology in chemistry, but not yet achieved: truly internationally understood concepts and associated terms // *Metrologia*. 2008. Vol. 45. № 3. P. 335–341. <https://doi.org/10.1088/0026-1394/45/3/011>

7. Report of the CCQM task group on method defined measurands. 2019. URL: <https://www.bipm.org/documents/20126/28432509/working-document-ID-11268/6eae4b21-bb0a-db3e-372a-86398d0f107a> (дата обращения: 26.08.2011).
8. Reference measurement procedure for the determination of mass fraction of fat content in food / S. V. Medvedevskikh [et al.] // *Accreditation and Quality Assurance*. 2021. Vol. 26. P. 165–175. <https://doi.org/10.1007/s00769-021-01472-w>
9. Государственная первичная референтная методика измерений массовой доли золы в пищевых продуктах и продовольственном сырье / М. Ю. Медведевских [и др.] // *Заводская лаборатория. Диагностика материалов*. 2019. Т. 85. № 6. С. 70–80. <https://doi.org/10.26896/1028-6861-2019-85-6-70-80>
10. Сергеева А. С., Парфенова Е. Г., Голынец О. С. Разработка первичной референтной методики измерений и стандартных образцов массовой доли сырого жира (масличности) в семенах масличных культур и продуктах на их основе // *Эталоны. Стандартные образцы*. 2020. Т. 16. № 3. С. 37–51. <https://doi.org/10.20915/2687-0886-2020-16-3-37-51>
11. Разработка методик измерений для характеристики стандартных образцов углеводного состава молочных продуктов / О. С. Голынец [и др.] // *Эталоны. Стандартные образцы*. 2022. Т. 18, № 2. С. 35–56. <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2022-18-2-35-56>
12. Медведевских М. Ю., Сергеева А. С. Вопросы обеспечения метрологической прослеживаемости результатов измерений показателей качества пищевых продуктов и продовольственного сырья // *Измерительная техника*. 2020. № 3. С. 64–70. <https://doi.org/10.32446/0132-4713.2020-3-64-70>
13. Государственный первичный эталон единиц массовой доли и массовой концентрации влаги в твердых веществах и материалах / В. В. Горшков [и др.] // *Измерительная техника*. 2010. № 4. С. 24–27.
14. Медведевских С. В., Медведевских М. Ю., Карпов Ю. А. Общие подходы к оценке неопределенности результатов воспроизведения единиц содержания воды в твердых веществах и материалах // *Измерительная техника*. 2015. № 8. С. 65–70.
15. Оценка метрологических характеристик стандартного образца состава молока сухого с использованием первичного и вторичного государственных эталонов / М. П. Крашенинина [и др.] // *Измерительная техника*. 2013. № 9. С. 67–71.
16. Сергеева А. С., Вострикова Н. Л., Медведевских М. Ю. Разработка комплекса метрологического обеспечения пищевой промышленности // *Эталоны. Стандартные образцы*. 2021. Т. 17. № 1. С. 21–33. <https://doi.org/10.20915/2687-0886-2021-17-1-21-33>
17. Применение первичных референтных методик измерений в сфере обеспечения единства измерений / А. С. Сергеева [и др.] // *Законодательная и прикладная метрология*. 2020. № 5 (167). С. 5–9.
18. Стандартные образцы состава молочных продуктов для поверки ИК-анализаторов молока / М. Ю. Медведевских [и др.] // *Пищевая промышленность*. 2021. № 1. С. 16–19. <https://doi.org/10.24411/0235-2486-2021-10003>
19. Key development stages of reference material for lactose monohydrate composition / A. V. Kasiliunas [et al.] // *Journal of Physics: Conference Series*. 2022. Vol. 2192. P. 012020. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2192/1/012020>
20. Запорожец А. С., Парфенова Е. Г., Гущина М. О. Состояние и перспективы развития системы метрологического обеспечения методов и средств измерений влажности на основе стандартных образцов // *Стандартные образцы*. 2013. № 3. С. 45–49.
21. Применение стандартных образцов массовой доли влаги в сухих молочных продуктах для производственного контроля качества мороженого / Е. Г. Парфенова [и др.] // *Стандартные образцы*. 2013. № 4. С. 51–54.
22. Разработка стандартных образцов массовой доли влаги и белка в зерне и зернопродуктах / В. И. Коряков [и др.] // *Измерительная техника*. 2011. № 10. С. 62–65.
23. Аронов П. М. Оценка согласованного значения результатов межлабораторных измерений с минимальным увеличением их неопределенности // *Эталоны. Стандартные образцы*. 2019. № 4. С. 49–52. <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2019-15-4-49-52>

REFERENCES

1. Minutes from the fifth meeting (February 1998) of the Consultative Committee on the Quantity of Material (CCQM) of the Bureau International des Poids et Mesures (BIPM). Sèvres. France. 1988.
2. Kaaris R., Quinn T. J. The Comité Consultatif pour la Quantité de Matière: a brief review of its origin and present activities. *Metrologia*. 1997;34(1):1–5. <https://doi.org/10.1088/0026-1394/34/1/1>
3. Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement, EURACHEM/CITAC. 3rd ed. 2012. Available via CITAC. https://www.citac.cc/QUAM2012_P1.pdf. (дата обращения: 26.08.2022).
4. Brown R. J. C., Andres H. How should metrology bodies treat method-defined measurands? *Accreditation and Quality Assurance*. 2020;25:161–166. <https://doi.org/10.1007/s00769-020-01424-w>
5. Simonet B. M., Lendl B., Valcarcel M. Method-defined parameters: measurands sometimes forgotten. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 2006;25(5):520–527. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2005.09.007>
6. Bievre De. P. Essential for metrology in chemistry, but not yet achieved: truly internationally understood concepts and associated terms. *Metrologia*. 2008;45(3):335–341. <https://doi.org/10.1088/0026-1394/45/3/011>
7. Report of the CCQM task group on method defined measurands (2019). Available via BIPM. <https://www.bipm.org/documents/20126/28432509/working-document-ID-11268/6eae4b21-bb0a-db3e-372a-86398d0f107a>. (дата обращения: 26.08.2022).
8. Medvedevskikh S. V., Baranovskaya V. B., Medvedevskikh M. Yu., Krasheninina M. P., Sergeeva A. S. Reference measurement procedure for the determination of mass fraction of fat content in food. *Accreditation and Quality Assurance*. 2021;26:165–175. <https://doi.org/10.1007/s00769-021-01472-w>

9. Medvedevskikh M. Yu., Sergeeva A. S., Krasheninina M. P., Shokhina O. S. State primary reference procedure for the measurement of ash mass fraction in food, foodstuff and alimentary raw materials. *Industrial Laboratory. Diagnostics of materials*. 2019;85(6):70–80. <https://doi.org/10.26896/1028-6861-2019-85-6-70-80> (In Russ.).
10. Sergeeva A. S., Parfenova E. G., Golynets O. S. Development of primary reference measurement procedure and reference materials for mass fraction of crude fat (oil content) in oilseeds and other products on their base. *Measurement Standards. Reference Materials*. 2020;16(3):37–51. <https://doi.org/10.20915/2687-0886-2020-16-3-37-51> (In Russ.).
11. Golynets O. S., Sergeeva A. S., Krasheninina M. P., Shokhina O. S. Development of measurement procedures for the characterization of reference materials for carbohydrate composition of dairy products. *Measurement Standards. Reference Materials*. 2022;18(2):35–56. <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2022-18-2-35-56> (In Russ.).
12. Medvedevskikh M. Y., Sergeeva A. S. Problems of ensuring metrological traceability of quality control measurement results for food products and food raw materials. *Measurement Techniques*. 2020;63(3):242–248. <https://doi.org/10.1007/s11018-020-01777-1>
13. Gorshkov V. V., Koryakov V. I., Medvedevskikh M. Yu., Medvedevskikh S. V. State primary standard of unit of mass fraction and unit of mass concentration of moisture in solid substances and solid fabricated materials. *Measurement Techniques*. 2010;53(4):386–390. <https://doi.org/10.1007/s11018-010-9515-9>
14. Medvedevskikh S. V., Medvedevskikh M. Y., Karpov Y. A. General approaches to the estimation of uncertainty in the results of reproducing units of water content in solids and materials. *Measurement Techniques*. 2015;58(8):926–933. <https://doi.org/10.1007/s11018-015-0819-7>
15. Krasheninina M. P., Medvedevskikh M. Yu., Medvedevskikh S. V., Neudachina L. K., Sobina E. P. An estimate of the metrological characteristics of a standard sample of the composition of dried whole milk using primary and secondary state standards. *Measurement Techniques*. 2013;56(9):1076–1082. <https://doi.org/10.1007/s11018-013-0333-8>
16. Sergeeva A. S., Vostrikova N. L., Medvedevskikh M. Yu. Development of food industry metrological assurance complex. *Measurement Standards. Reference Materials*. 2021;17(1):21–33. <https://doi.org/10.20915/2687-0886-2021-17-1-21-33> (In Russ.).
17. Sergeeva A. S., Medvedevskikh M. Y., Studenok V. V., Parfenova E. G. Use of primary reference measurement techniques in the field of assurance of measurement uniformity. *Legal and Applied Metrology*. 2020;5(167):5–9. (In Russ.).
18. Medvedevskikh M. Yu., Sergeeva A. S., Kasilyunas A. V., Shatskikh E. V., Kolberg N. A. Certified reference materials of dairy products composition for IR milk analyzers verification. *Food Industry*. 2021;1:16–19. <https://doi.org/10.24411/0235-2486-2021-10003> (In Russ.).
19. Kasilyunas A. V., Medvedevskikh M. Y., Krasheninina M. P., Sergeeva A. S. Key development stages of reference material for lactose monohydrate composition. *Journal of Physics: Conference Series*. 2022;2192:012020. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2192/1/012020>
20. Zaporozhets A. S., Parfenova E. G., Guschina M. O. Current state and prospects of development of measurement assurance system for humidity measuring methods and instruments on the basis of certified reference materials. *Reference Materials*. 2013;3:45–49. (In Russ.).
21. Parfenova E. G., Zaporozhets A. S., Guschina M. O., Ilyik M. V. The use of certified reference materials of moisture mass fraction in dry dairy products for in-process quality control of ice-cream. *Reference Materials*. 2013;4:51–54. (In Russ.).
22. Koryakov V. I., Medvedevskikh M. Yu., Medvedevskikh S. V., Parfenova E. G., Sobina E. P. Development of standard samples of mass fractions of moisture and protein in grain and grain products. *Measurement Techniques*. 2012;54(10):1198–1202. <https://doi.org/10.1007/s11018-012-9871-8> (In Russ.).
23. Aronov P. M. Estimation of consensus value of interlaboratory measurement results accompanied by a minimum increase in associated uncertainty. *Measurement Standards. Reference Materials*. 2019;15(4):49–52. <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2019-15-4-49-52> (In Russ.).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 46032-10 Анализаторы качества молока Лактан 1–4 М // Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений : официальный сайт. URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/4/items/537137> (дата обращения: 26.08.2022).
- 73987-19 Анализаторы качества молока Лактан // Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений : официальный сайт. URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/4/items/537137> (дата обращения: 26.08.2022).
- 63200-16 Анализаторы пищевых продуктов Infratec 1241, Infratec Sofia и Infratec Nova // Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений : официальный сайт. URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/4/items/376785> (дата обращения: 26.08.2022).
- ISO/IEC Guide 99:2007 International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM). <https://www.iso.org/standard/45324.html>
- ISO 15195:2018 Laboratory medicine Requirements for the competence of calibration laboratories using reference measurement procedures. <https://www.iso.org/standard/69824.html>

ISO 5725-5:1998. Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results – Part 5: Alternative methods for the determination of the precision of a standard measurement method. <https://www.iso.org/standard/1384.html>

ISO Guide 35:2006 Reference materials Guidance for characterization and assessment of homogeneity and stability. <https://www.iso.org/standard/60281.html>

ISO/IEC17043:2010. Conformity assessment – General requirements for the competence of proficiency testing providers. <https://www.iso.org/standard/80864.html>

ГВЭТ 176-1-2010 Государственный вторичный эталон единиц массовой доли и массовой (молярной) концентрации компонентов в твердых и жидких веществах и материалах на основе объемного титриметрического метода анализа / институт-хранитель УНИИМ – филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева».

ГСО 11504-2020/ГСО 11505-2020 Стандартные образцы состава молочных продуктов (набор МС-1 СО УНИИМ) // Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений : официальный сайт. URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/19/items/1211469>. (дата обращения: 26.08.2022).

ГСО 11687-2021 Стандартный образец состава филе минтая сублимационной сушки (ПП-1 СО УНИИМ) // Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений : официальный сайт. URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/19/items/1386484>. (дата обращения: 26.08.2022).

ГСО 11962-2022 Стандартный образец состава сухарей пшеничных (ХБ-1 СО УНИИМ) // Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений : официальный сайт. URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/19/items/1402489>. (дата обращения: 26.08.2022).

ГСО 11820-2021 Стандартный образец состава лактозы моногидрата (Лактоза СО УНИИМ) // Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений : официальный сайт. URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/19/items/1395358>. (дата обращения: 26.08.2022).

ГСО 11839-2021/ГСО 11843-2021 Стандартные образцы состава моно- и дисахаридов (набор УГЛЕВОДЫ СО УНИИМ) // Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений : официальный сайт. URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/19/items/1395634>. (дата обращения: 26.08.2022).

ГСО 11884-2022 Стандартный образец состава арабинозы (Арабиноза СО УНИИМ) // Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений : официальный сайт. URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/19/items/1397882>. (дата обращения: 26.08.2022).

ГСО 11885-2022 Стандартный образец состава маннозы (Манноза СО УНИИМ) // Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений : официальный сайт. URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/19/items/1397883>. (дата обращения: 26.08.2022).

ГСО 11886-2022 Стандартный образец состава сахарозы (Сахароза СО УНИИМ) // Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений : официальный сайт. URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/19/items/1397884>. (дата обращения: 26.08.2022).

ГСО 8989-2008 Стандартный образец массовой доли влаги зерна 1-го разряда // Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений : официальный сайт. URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/19/items/391196>. (дата обращения: 26.08.2022).

ГСО 8990-2008 Стандартный образец массовой доли влаги зерна 2-го разряда // Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений : официальный сайт. URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/19/items/391195> (дата обращения: 26.08.2022).

ГСО 9564-2010 Стандартный образец массовой доли влаги в продуктах переработки зерна // Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений : официальный сайт. URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/19/items/390621> (дата обращения: 26.08.2022).

ГСО 10148-2012 Стандартный образец массовой доли влаги в сухих молочных продуктах // Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений : официальный сайт. URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/19/items/390034> (дата обращения: 26.08.2022).

ГСО 9563-2010 Стандартный образец состава молока сухого (АСМ-1) // Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений : официальный сайт. URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/19/items/390622> (дата обращения: 26.08.2022).

ГСО 9734-2010 Стандартный образец состава зерна и продуктов его переработки // Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений : официальный сайт. URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/19/items/390450> (дата обращения: 26.08.2022).

ГЭТ 173-2017 Государственный первичный эталон единиц массовой доли, массовой (молярной) концентрации воды в твердых и жидких веществах и материалах / институт хранитель УНИИМ – филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева». Текст : электронный // Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений : официальный сайт. 2022. URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/12/items/397857>. (дата обращения: 26.08.2022).

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 Рос. Федерации от 15 декабря 2015 г. № 4091 // Официальный интернет-портал правовой информации [сайт]. Дата опубликования: 26.02.2016. Номер опубликования: 0001201602260008.

О внесении изменений в Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений»: Федер. закон Рос. Федерации от 21 июля 2014 г. № 254-ФЗ: принят Гос. Думой Федер. Собрания Рос. Федерации 1 июля 2014 г.: одобрен Советом Федерации Федер. Собр. Рос. Федерации 9 июля 2014 г. // Официальный интернет-портал правовой информации [сайт]. Дата опубликования: 22.07.2014. Номер опубликования: 0001201407220077.

РМГ 61-2010 Государственная система обеспечения единства измерений. Показатели точности, правильности, прецизионности методик количественного химического анализа. Методы оценки. М.: Стандартинформ. 2013 г. 60 с.

ФР.ПР1.31.2019.00001 Государственная первичная референтная методика измерений массовой доли жира в пищевых продуктах и продовольственном сырье М.241.01/RA.RU.311866/2018 // Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений : официальный сайт. URL: <http://195.96.167.250:5002/fundmetrology/registry/6> (дата обращения: 26.08.2022).

ФР.ПР1.31.2019.00002 Государственная первичная референтная методика измерений массовой доли золы в пищевых продуктах и продовольственном сырье М.241.02/RA.RU.311866/2018 // Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений : официальный сайт. URL: <http://195.96.167.250:5002/fundmetrology/registry/6> (дата обращения: 26.08.2022).

ФР.ПР1.31.2019.00005 Государственная первичная референтная методика измерений массовой доли углеводов в пищевых продуктах и продовольственном сырье // Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений : официальный сайт. URL: <http://195.96.167.250:5002/fundmetrology/registry/6> (дата обращения: 26.08.2022).

ФР.ПР1.31.2019.00009 Государственная первичная референтная методика измерений массовой доли сырого жира (масличности) в семенах масличных культур и продуктах на их основе // Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений : официальный сайт. URL: <http://195.96.167.250:5002/fundmetrology/registry/6> (дата обращения: 26.08.2022).

ФР.1.31.2020.36184 Методика измерений массовой доли жира в жидких молочных продуктах методом Рэнделла // Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений : официальный сайт. URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/16/items/971941>. (дата обращения: 26.08.2022).

ФР.1.31.2021.39190 Методика измерений массовой доли жира в рыбе методом Рэнделла М.241.0159/RA.RU.311866/2020 // Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений : официальный сайт. URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/16/items/1386024>. (дата обращения: 26.08.2022).

ФР.1.31.2022.43775 Методика измерений массовой доли жира в пробах хлебобулочных, кондитерских и макаронных изделий методом Рэнделла М.241.0074/RA.RU.311866/2022 // Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений : официальный сайт. URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/16/items/1401182>. (дата обращения: 26.08.2022).

ФР.1.31.2020.36183 Методика измерений массовой доли лактозы в жидких молочных продуктах методом йодометрического титрования // Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений : официальный сайт. URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/16/items/971924>. (дата обращения: 26.08.2022).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Сергеева Анна Сергеевна – канд. хим. наук, старший научный сотрудник лаборатории метрологии влагометрии и стандартных образцов УНИИМ – филиала ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»

620075, Россия, г. Екатеринбург, ул. Красноармейская, д. 4

e-mail: sergeevaas@uniim.ru

Researcher ID: AAE-7942-2021

<https://orcid.org/0000-0001-8347-2633>

Касилиюнас Анастасия Владимировна – младший научный сотрудник лаборатории метрологии влагометрии и стандартных образцов УНИИМ – филиала ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»

620075, Россия, г. Екатеринбург, ул. Красноармейская, д. 4

e-mail: kasilyunasav@uniim.ru

<https://orcid.org/0000-0003-3798-9556>

Парфенова Елена Геннадьевна – старший научный сотрудник лаборатории метрологии влагометрии и стандартных образцов УНИИМ – филиала ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»

620075, Россия, г. Екатеринбург, ул. Красноармейская, д. 4

e-mail: vlaga@uniim.ru

<https://orcid.org/0009-0000-4941-6590>

Медведевских Сергей Викторович – канд. тех. наук, руководитель отделения механических измерений ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»

190005, Россия, г. Санкт-Петербург, Московский пр., 19

e-mail: s.v.medvedevskikh@vniim.ru

<https://orcid.org/0000-0003-3084-1612>

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Anna S. Sergeeva – Cand. Sci. (Chem.), senior researcher, laboratory for metrological support of moisture measurement and reference materials, UNIIM – Affiliated Branch of the D. I. Mendeleyev Institute for Metrology

4 Krasnoarmeyskaya str., Yekaterinburg, 620075, Russia

e-mail: sergeevaas@uniim.ru

Researcher ID: AAE-7942-2021

<https://orcid.org/0000-0001-8347-2633>

Anastasia V. Kasilyunas – junior researcher, laboratory for metrological support of moisture measurement and reference materials, UNIIM – Affiliated Branch of the D. I. Mendeleyev Institute for Metrology

4 Krasnoarmeyskaya str., Yekaterinburg, 620075, Russia

e-mail: kasilyunasav@uniim.ru

<https://orcid.org/0000-0003-3798-9556>

Elena G. Parfenova – senior researcher, laboratory for metrological support of moisture measurement and reference materials, UNIIM – Affiliated Branch of the D. I. Mendeleyev Institute for Metrology

4 Krasnoarmeyskaya str., Yekaterinburg, 620075, Russia

e-mail: vlaga@uniim.ru

<https://orcid.org/0009-0000-4941-6590>

Sergej V. Medvedevskikh – Cand. Sci. (Eng.), head of mechanical measurements department, D. I. Mendeleyev Institute for Metrology

19 Moskovsky prosp., St. Petersburg, 190005, Russia

e-mail: s.v.medvedevskikh@vniim.ru

<https://orcid.org/0000-0003-3084-1612>