

DOI: 10.20915/2077-1177-2018-14-1-2-25-32

УДК 006.9:53.089.68:519.25

# СТАНДАРТНЫЕ ОБРАЗЦЫ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ КАК СРЕДСТВО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОСЛЕЖИВАЕМОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ. КАТАЛ

© Е. В. Кулябина<sup>1</sup>, О. Н. Мелкова<sup>1</sup>, Е. А. Гуськова<sup>1</sup>, Т. В. Гребенникова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы» (ФГУП «ВНИИМС»),  
г. Москва, Российская Федерация  
E-mail: kuliabina@vniims.ru, ORCID: 0000-0002-6076-4569

<sup>2</sup> ФГБУ «Национальный исследовательский центр эпидемиологии и микробиологии имени почетного академика Н. Ф. Гамалеи» Министерства здравоохранения Российской Федерации  
(ФГБУ «НИЦЭМ им. Н. Ф. Гамалеи» Минздрава России),  
г. Москва, Российская Федерация  
E-mail: t\_grebennikova@mail.ru

Поступила в редакцию 15 января 2018 г., после доработки – 10 марта 2018 г.

Принята к публикации – 10 апреля 2018 г.

**Введение.** В данной статье рассматриваются вопросы метрологического обеспечения измерений каталитической активности. Приведены характеристики Государственного первичного специального эталона единицы каталитической активности – КАТАЛ. Рассмотрена роль стандартных образцов в обеспечении метрологической прослеживаемости результатов измерений.

**Материалы и методы.** Метод измерений концентрации рекомбинантного протективного антигена *Bacillus anthracis* и рекомбинантного белка GP вируса Эбола, заключающийся в использовании «сэндвич» варианта иммуноферментного анализа, аттестован ФГУП «ВНИИМС» в качестве методики измерений. Испытанные ФГУП «ВНИИМС» стандартные образцы массовой концентрации рекомбинантного протективного антигена *Bacillus anthracis* в фосфатно-солевом растворе, массовой концентрации рекомбинантного белка GP вируса Эбола и массовой концентрации рекомбинантного токсина *Clostridium Difficile* могут применяться для разработки и производства соответствующих контрольных образцов, при проведении измерений для сличений.

**Результаты исследования.** Приведены основные реакции метода измерений каталитической активности катализаторов гетерогенных процессов, которые применяются и для осуществления процессов очистки выхлопных газов.

**Обсуждения и заключения.** Таким образом, созданы условия для построения иерархий калибровок востребованных объектов, установленных на основе Перечня критических технологий Российской Федерации, государственных программ развития отраслей промышленности.

## Ссылка при цитировании:

Кулябина Е. В., Мелкова О. Н., Гуськова Е. А., Гребенникова Т. В. Стандартные образцы каталитической активности как средство обеспечения метрологической прослеживаемости результатов измерений. КАТАЛ // Стандартные образцы. 2018. Т. 14. № 1-2. С. 25–32. DOI 10.20915/2077-1177-2018-14-1-2-25-32.

## For citation:

Kulyabina E. V., Melkova O. N., Guskova E. A., Grebennikova T. V. Reference materials of catalytic activity as a means of ensuring the metrological traceability of measurement results. KATAL. Reference materials. 2018;14(1-2): 25–32 (In Russ.). DOI 10.20915/2077-1177-2018-14-1-2-25-32.

Материалы данной статьи переведены на английский язык и опубликованы в сборнике «Reference Materials in Measurement and Technology», издательство Springer.

**Ключевые слова:** метрологическая прослеживаемость, государственный первичный эталон катал, каталитическая активность, каталитическая концентрация, лабораторная медицина, стандартные образцы биосред, гетерогенные твердотельные катализаторы, иерархии калибровок

DOI: 10.20915/2077-1177-2018-14-1-2-25-32

## REFERENCE MATERIALS OF CATALYTIC ACTIVITY AS A MEANS OF ENSURING THE METROLOGICAL TRACEABILITY OF MEASUREMENT RESULTS. KATAL

© Elena V. Kulyabina<sup>1</sup>, Olga N. Melkova<sup>1</sup>, Ekaterina A. Guskova<sup>1</sup>, Tatiana V. Grebennikova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>All-Russian Research Institute of Metrological Service (VNIIMS), Moscow, Russian Federation  
E-mail: kuliabina@vniims.ru, ORCID 0000-0002-6076-4569

<sup>2</sup>N. F. Gamaleya Federal Research Center for Epidemiology and Microbiology of the Ministry of Health of the Russian Federation (NITSEM named after N. F. Gamaleya of the Ministry of Health of the Russian Federation), Moscow, Russian Federation  
E-mail: t\_grebennikova@mail.ru

Received – 15 January 2018; Revised – 10 March 2018  
Accepted for publication – 10 April 2018.

**Introduction.** *The article considers the problems of metrological support of catalytic activity measurements. The paper gives certain characteristics of the State Primary Special Measurement Standard for the unit of catalytic activity – KATAL and examines the role of reference materials (RMs) in ensuring the metrological traceability of measurement results.*

**Materials and methods.** *A method for measuring the concentration of the recombinant protective antigen of Bacillus anthracis and the recombinant GP-protein of the Ebola virus, which means in using «sandwich» enzyme-linked immunosorbent assay, was certified by FGUP «VNIIMS» as a measurement procedure. The following RMs tested by FGUP «VNIIMS» can be used for the development and production of appropriate control samples when performing measurements for comparisons: the RM for the mass concentration of the recombinant protective antigen of Bacillus anthracis in phosphate-saline solution, the RM for the mass concentration of the recombinant GP-protein of the Ebola virus, and the RM for the mass concentration of recombinant Clostridium Difficile toxin.*

**Results.** *The paper presents the main reactions of the method for measuring the catalytic activity of catalysts for heterogeneous processes, which are also used to carry out exhaust gas cleaning processes.*

**Discussion and conclusions.** *Thus, conditions have been created for building hierarchies of calibrations of in-demand objects established on the basis of the List of Critical Technologies of the Russian Federation, state programs for the development of industrial sectors.*

**Keywords:** metrological traceability, State Primary Measurement Standard katal, catalytic activity, catalytic concentration, laboratory medicine, reference materials of biological media, heterogeneous solid-state catalysts, calibration hierarchies

### Используемые сокращения:

ИФА – иммуноферментный анализ  
ИРС – поток исходной реакционной смеси  
КРС – поток конечной (контактной) реакционной смеси  
ПЦР – проточно-циркуляционный реактор

### Abbreviations used in the article:

ELISA – enzyme-linked immunosorbent assay  
IRM – flow of the initial reaction mixture  
FRM – flow of the final (contact) reaction mixture  
CFR – circulating flow reactor

### Введение

Каждый человек жаждет быть здоровым, жить долго и счастливо полноценной, насыщенной жизнью.

Правда, существуют люди, которые оспаривают эту точку зрения. Но все же мы будем придерживаться того мнения, что для каждого человека важно иметь

достоверную информацию о состоянии его организма, включая результаты анализов, постановку диагнозов и назначение адекватного лечения. Понятно, что для этого должна существовать сильная система здравоохранения, которая у нас создана, но также совершенно необходимо существование и полноценная работа метрологической системы в лабораторной медицине, обеспечение метрологической прослеживаемости результатов измерений.

В соответствии с Федеральным законом от 26.06.2008 г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» [1] понятие «прослеживаемость» – это свойство эталона единицы величины, средства измерений или результата измерений, заключающееся в документально подтвержденном установлении их связи с государственным первичным эталоном или национальным первичным эталоном иностранного государства соответствующей единицы величины посредством сличения эталонов единиц величин, поверки, калибровки средств измерений

Метрологическая прослеживаемость [2] – свойство результата измерения, с его помощью результат может быть соотнесен с основой для сравнения через документированную непрерывную цепь калибровок, каждая из которых вносит вклад в неопределенность измерений.

Свою роль мы видим в обеспечении условий для повышения качества получаемых результатов анализов, а также в обеспечении всесторонней метрологической поддержки клинико-диагностических, химико-токсикологических и лабораторий, проводящих измерения параметров организма человека.

Поставленная цель достигается путем разработки Государственного первичного специального эталона единицы каталитической активности – катал, участия в международных сличениях, разработки стандартных

образцов (СО) анализируемых субстанций в сыворотке, плазме крови, разработки и аттестации методик измерений и референтных методик измерений, создания цифровой метрологии для лабораторной медицины.

Метрологические характеристики экспериментального образца Государственного первичного специального эталона единицы каталитической активности биологических и химических веществ – катал приведены в табл. 1 [3].

Вопрос разработки СО, которые должны соответствовать измерительным задачам, быть коммутабельными аналиту для обеспечения измерений каталитической активности, стоит довольно остро.

Изготовители и разработчики современных методов и средств диагностики сталкиваются с необходимостью метрологического обеспечения своих разработок при испытаниях, поверке и калибровке новых средств измерений, апробации разрабатываемых методик.

Для таких средств измерений метрологическую прослеживаемость целесообразно обеспечивать с помощью растворов с известной каталитической активностью (каталитической концентрацией), известной концентрацией целевых аналитов, утвержденных в качестве СО.

Зарубежные изготовители выпускают для заводских испытаний своих анализаторов калибровочные смеси, которые потенциально могут использоваться для метрологического обеспечения современных приборов, но они дорогостоящи, их состав, как правило, является коммерческой тайной, что затрудняет их утверждение в качестве СО.

Наша лаборатория метрологического обеспечения биологических и информационных технологий со своей стороны вносит посильный вклад в решение этой проблемы. В 2018 г. запланировано начать разработку и испытания СО каталитической активности ряда

Таблица 1. Метрологические характеристики Государственного первичного специального эталона единицы каталитической активности биологических и химических веществ – катал

Table 1. Metrological characteristics of the State Primary Special Measurement Standard for the unit of catalytic activity of biological and chemical substances, katal

Наименование метрологических и технических характеристик	Значение величины метрологических и технических характеристик
Диапазон измерений каталитической активности (каталитической концентрации) биологических веществ, кат/дм <sup>3</sup>	от $7,8 \cdot 10^{-7}$ до $9,4 \cdot 10^{-6}$
Диапазон измерений каталитической активности (удельной каталитической активности) химических веществ, кат/г	от $1 \cdot 10^{-8}$ до $2 \cdot 10^{-7}$
Расширенная неопределенность измерений каталитической активности ( $k=2$ ), %	от 0,5 до 4

ферментов классов оксидоредуктаз и гидролаз, предназначенных для передачи единицы каталитической активности, калибровки и поверки биоаналитических средств измерений.

Совместно с ФГБУ «ФНИЦЭМ им. Н. Ф. Гамалеи» Минздрава России в 2017 г. также были утверждены три СО – массовой концентрации рекомбинантного протективного антигена *Bacillus anthracis* в фосфатно-солевом растворе, массовой концентрации рекомбинантного белка GP вируса Эбола и массовой концентрации рекомбинантного токсина *Clostridium Difficile*, имеющие метрологические характеристики, приведенные в табл. 2.

### Материалы и методы СО биосред

Испытания СО массовой концентрации рекомбинантного протективного антигена *Bacillus anthracis* и массовой концентрации рекомбинантного белка GP вируса Эбола проходили в рамках метрологического обеспечения опытных образцов тест-систем «Моноклон-Био», предназначенных для индикации и идентификации патогенных биологических агентов на основе панели моноклональных антител.

Система основана на методе определения малых концентраций специфических антигенов с использованием «сэндвич» варианта иммуноферментного ана-

лиза (ИФА), включающего три основных этапа: образование иммунного комплекса «антиген (исследуемое вещество) – специфическое к нему антитело» или наоборот; формирование связи конъюгата с образовавшимся на предыдущем этапе иммунным комплексом или со свободными местами связывания (детерминантами); преобразование субстрата под действием ферментной метки в регистрируемый сигнал в результате биохимической реакции.

В состав тест-системы входит 20 индивидуальных упаковок со специфическими компонентами к каждому из искомых патогенных биологических агентов и неспецифические компоненты. В системе используется утвержденного типа планшетный спектрофотометр вертикального сканирования со светофильтром на 450 нм, фотометры для микропланшетов imark производства фирмы Bio-Rad (США). Для обеспечения метрологической прослеживаемости данной системы была разработана и аттестована методика измерений, которая определила взаимосвязь измеренной оптической плотности с концентрацией аналита. Для апробации и контроля точности методики измерений были разработаны, изготовлены и испытаны с целью утверждения типа СО массовой концентрации рекомбинантного протективного антигена *Bacillus anthracis* в фосфатно-солевом растворе и СО массовой концентрации рекомбинантного белка GP вируса Эбола.

Таблица 2. Метрологические характеристики стандартных образцов биосред, испытанных нашей лабораторией в 2017 г.<sup>1</sup>

Table 2. Metrological characteristics of certified reference materials of biological media tested by our laboratory in 2017

Наименование аттестуемой характеристики	Интервал допускаемых аттестованных значений, нг/мл	Границы допускаемых значений относительной погрешности $\delta$ , при $P = 0,95$ , %
ГСО 10922–2017 Массовая концентрация рекомбинантного протективного антигена <i>Bacillus anthracis</i>	от 20 до 30	$\pm 22$
ГСО 10921–2017 Массовая концентрация рекомбинантного белка GP вируса Эбола	от 20 до 30	$\pm 22$
ГСО 10920–2017 Массовая концентрация рекомбинантного токсина <i>Clostridium Difficile</i>	(от 500 до 1000) нг/мкл	$\pm 7$

<sup>1</sup> ГСО 10920–2017 СО МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ РЕКОМБИНАНТНОГО ТОКСИНА *CLOSTRIDIUM DIFFICILE* В ФИЗИОЛОГИЧЕСКОМ БУФЕРЕ // Росстандарт [сайт]. URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/19/items/389281>

ГСО 10921–2017 СО МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ РЕКОМБИНАНТНОГО БЕЛКА GP ВИРУСА ЭБОЛА В ФОСФАТНО-СОЛЕВОМ РАСТВОРЕ // Росстандарт [сайт]. URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/19/items/389280>

ГСО 10922–2017 СО МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ РЕКОМБИНАНТНОГО ПРОТЕКТИВНОГО АНТИГЕНА *BACILLUS ANTHRACIS* В ФОСФАТНО-СОЛЕВОМ РАСТВОРЕ // Росстандарт [сайт]. URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/19/items/389279>

Применялся фотометрический метод измерений. Диапазон измерений концентрации составлял от 20 нг/мл до 30 нг/мл.

Перед проведением измерений концентрации препарата для контроля точности методики проводили измерение «нулевой» пробы, то есть пробы, не содержащей белок.

Измерения концентрации рекомбинантного протективного антигена *Bacillus anthracis* и рекомбинантного белка GP вируса Эбола в соответствующих контрольных образцах проводили с помощью компонентов тест-системы «Моноклон-Био».

Продолжительность анализа составила 3,5–4 часа. Сразу после остановки реакции оптическую плотность измеряли в каждой лунке при 450 нм ( $A_{450}$ ) на спектрофотометре.

### Результаты исследования

По данным титрования строили калибровочную кривую, где по оси абсцисс откладывали значение концентрации белка СО, а по оси ординат – значение оптической плотности на длине волны 450 нм.

Построенную калибровочную кривую использовали для обработки результатов измерений. Величина сигнала  $A_{450}$ , находящаяся в диапазоне 1,000–1,500, соответствовала концентрации белка рекомбинантного протективного антигена *Bacillus anthracis* или рекомбинантного белка GP вируса Эбола в положительных контрольных образцах (К+) в пределах 20,0–30,0 нг/мл. Данная методика и СО могут применяться для разработки и производства соответствующих контрольных образцов, при проведении измерений для ключевых

и пилотных сличений, межлабораторных сличительных испытаний, калибровки и поверки средств измерений аналитического назначения.

В наши планы также входят испытания СО каталитической активности катализаторов гетерогенных процессов, которые применяются, в том числе для осуществления процессов очистки выхлопных газов.

Качество твердотельных катализаторов в первую очередь определяется их активностью, которая, в свою очередь, зависит от комплекса различных показателей, таких как концентрация компонентов, площадь поверхности, размер гранул катализатора и др.

В 2018 г. планируется испытать стандартные образцы алюмомагнийхромового катализатора ИК-12–72 и оксидного алюмомарганцевого катализатора ИКТ-12–40, разработанные Институтом катализа им. Г. К. Борескова СО РАН (Россия), где каталитическая активность будет выражена в удельных единицах каталитической активности – в каталах, отнесенных к граммам катализатора.

### Алюмомагнийхромовый катализатор ИК-12–72

Алюмомагнийхромовый катализатор ИК-12–72 представляет собой шарики темно-зеленого цвета диаметром 1,0–1,6 мм. В состав катализатора входят  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ , остальное  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Диапазон каталитической активности (удельной каталитической активности) алюмомагнийхромового катализатора ИК-12–72: от  $8,8 \cdot 10^{-8}$  до  $9,5 \cdot 10^{-8}$  кат/г. Абсолютная погрешность ( $k=2$ ):  $1,5 \cdot 10^{-8}$  кат/г.

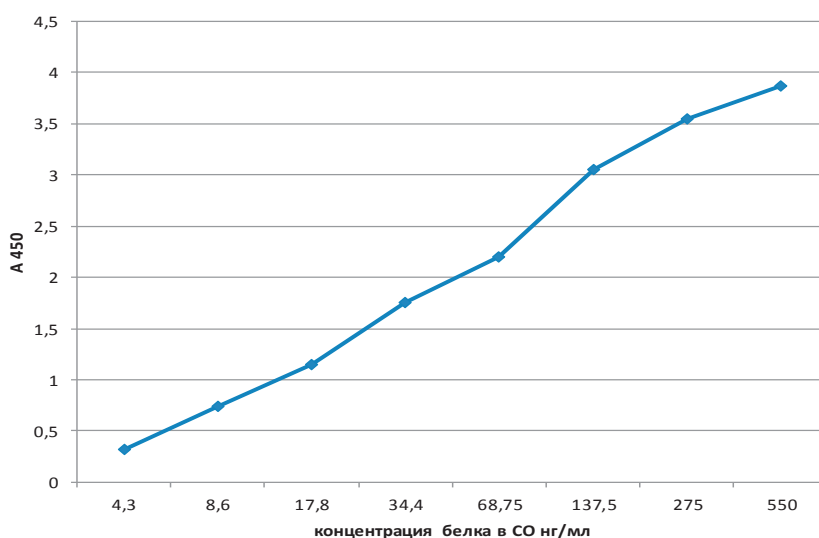


Рис. 1. Калибровочная кривая, отражающая зависимость показателя  $A_{450}$  от концентрации белка в СО

Fig. 1. A calibration curve reflecting dependence of  $A_{450}$  on protein concentration in the CRM

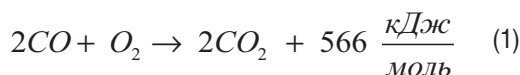
### Оксидный алюмомарганцевый катализатор ИКТ-12-40

Оксидный алюмомарганцевый катализатор ИКТ-12-40 представляет собой цилиндры диаметром 3 мм и длиной 3–5 мм. В состав катализатора входят  $Mn_2O_3$  и  $Al_2O_3$ . Диапазон каталитической активности (удельной каталитической активности) оксидного алюмо-марганцевого катализатора ИКТ-12-40: от  $3,8 \cdot 10^{-8}$  до  $5,3 \cdot 10^{-8}$  кат/г. Абсолютная погрешность ( $k=2$ ):  $0,7 \cdot 10^{-8}$  кат/г.

Нормируемой метрологической характеристикой СО гетерогенных процессов является удельная каталитическая активность. Методика измерений удельной каталитической активности данных катализаторов предусматривает измерение значения каталитической активности в реакции полного окисления оксида углерода молекулярным кислородом воздуха при постоянной температуре. Для постановки методики используются следующие средства измерений и вспомогательное оборудование: каталитическая установка «СОЛО» (Россия), газовый хроматограф, аналитические весы и лабораторный термометр.

При проведении измерений на каталитическую установку с помощью дозаторов воздуха подаются три исходных газа – кислород, оксид углерода, азот. Создаются потоки этих газов, которые перемешиваются с образованием потока исходной реакционной смеси (ИРС), скорость подачи газов изменяется по заданию оператора в ходе экспериментов. Поток исходной реакционной смеси проходит через проточно-циркуляционный реактор (ПЦР). Основными частями блока ПЦР являются термостатированный проточный трубчатый реактор и циркуляционный насос. Внутри реактора размещается исследуемый образец в виде слоя зернистого катализатора. При контакте реакционной смеси с поверхностью нагретого катализатора часть исходных веществ превращается в продукты реакции согласно уравнению (1) и из блока ПЦР выходит поток конечной (контактной) реакционной смеси (КРС).

В качестве ключевого компонента реакции выбран оксид углерода. Реакция полного окисления оксида углерода является экзотермической и описывается уравнением (1).



Эта реакция протекает без изменения объема реакционной смеси и дает возможность исследовать зависимости скорости реакции от концентраций двух исходных веществ – оксида углерода и кислорода и двух продуктов реакции – диоксида углерода и воды.

Удельная стационарная скорость реакции полного окисления оксида углерода (R) рассчитывается по уравнению (2).

$$R = \frac{(C^0 - C) \cdot U}{m} = \frac{C^0 \cdot X \cdot U}{m} \text{ см}^3/\text{с} \cdot \text{г}, \quad (2)$$

где  $C^0$  и  $C$  – концентрации оксида углерода в ИРС и КРС, соответственно, массовая доля (м. д.);  $m$  – масса катализатора, г;  $U$  – скорость подачи ИРС;  $X$  – степень превращения оксида углерода, рассчитываемая по уравнению (3).

$$X = \frac{C^0 - C}{C} \cdot 100\% \quad (3)$$

Концентрации оксида углерода в потоках ИРС и КРС определяются с помощью газового хроматографа с термокаталитическим детектором и хроматографической колонкой на основе активированного угля марки СКТ. Время анализа составляет 60 с. Концентрации кислорода и диоксида углерода в КРС рассчитываются по формулам (4) и (5).

$$C_{O_2} = 2C_{O_2}^0 - (C_{CO}^0 - C_{CO}), \text{ м. д.} \quad (4)$$

$$C_{CO_2} = C_{CO_2}^0 + (C_{CO}^0 - C_{CO}), \text{ м. д.,} \quad (5)$$

где  $C_{O_2}^0$  и  $C_{CO_2}^0$  – концентрации кислорода и диоксида углерода в ИРС, соответственно, м. д.

Для пересчета значения удельной каталитической активности по уравнению (2) из мл/г·с или см<sup>3</sup>/г·с в катал/г можно воспользоваться выражением (6).

$$\frac{\text{микокатал}(\text{мкат})}{\text{г}} = \frac{\text{миллиоль}(\text{ммоль})}{\text{с} \cdot \text{г}} = \frac{\text{миллилитр}(\text{мл})}{22,4 \cdot \text{с} \cdot \text{г}} \quad (6)$$

Задавая поочередно значения скорости подачи ИРС на реактор, определяют соответствующие значения стационарных скоростей реакции. С использованием полученных данных строят график зависимости стационарной скорости реакции R от концентрации оксида углерода в КРС в логарифмической шкале (кинетический график). Из полученного графика аналитическим либо графическим путем определяют значение стационарной скорости реакции (R) при заданном уровне конверсии оксида углерода в КРС ( $C=50\%$ ), которое и является значением каталитической активности.

С учетом разработанной методики измерений удельной каталитической активности был проведен ряд измерений активности катализаторов ИК-12-72

и ИКТ-12–40. Условия проведения измерений активности катализаторов приведены в табл. 3.

### Результаты исследования

В результате проведения экспериментов были получены значения удельной каталитической активности ИК-12–72 и ИКТ-12–40, приведенные в табл. 4. Точность полученных результатов была оценена в терминах неопределенности. По итогам проведенных экспериментов было выявлено, что наибольший вклад в неопределенность измерений вносят неопределенности измерений концентрации ключевого компонента и расхода ИРС. Эти вклады превышают все остальные на порядок. В дальнейшем планируется выявление основных причин появления данных вкладов и принятие мер по их уменьшению.

Исследования однородности и стабильности экспериментальных образцов СО на данный момент продолжаются.

### Выводы

Результатом проводимых работ по созданию СО, обеспечивающих точные результаты измерений каталитической активности, будет построение иерархий калибровок для востребованных объектов, установленных на основе Перечня критических технологий Российской Федерации, государственных программ «Развитие фармацевтической и медицинской промышленности на 2013–2020 годы», «Развитие промышлен-

ности и повышение ее конкурентоспособности на период до 2020 года».

Созданный экспериментальный образец Государственного первичного специального эталона единицы каталитической активности биологических и химических веществ – катал обеспечил метрологическую прослеживаемость измерений биологически активных компонентов в растворах, жидкостях и тканях человека, путем цепи калибровок с помощью государственных СО каталитической активности.

Таким образом, получение достоверных результатов анализов о состоянии своего организма, как следствие, создание условий для более точной постановки диагнозов, корректного назначения терапевтического воздействия и улучшения качества и продолжительности жизни возможно в обозримом будущем. Есть надежда, что выполнение указанных работ позволит приблизить мечту о долгой и здоровой жизни.

*Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*

Таблица 3. Условия проведения измерений активности катализаторов ИК-12–72 и ИКТ-12–40  
Table 3. Conditions for measuring the activity of catalysts IK-12–72 and ICT-12–40

Параметр	Значение
Навеска катализатора, г	2.5
Температура испытаний, °С	250
Состав ИРС	СО – 5.0 об.%, O <sub>2</sub> – 5.0 об.%, Остальное – очищенный азот
Объемная скорость подачи ИРС, мл/мин	100-1000

Таблица 4. Результаты экспериментального определения удельной каталитической активности катализаторов ИК-12–72 и ИКТ-12–40

Table 4. Results of the experimental determination of the specific catalytic activity of catalysts IK-12–72 and ICT-12–40

№	Катализатор	Удельная активность (при уровне конверсии С = 50 %), мккат/г	Неопределенность, %
1	ИКТ-12–40	0,0543	10,5
2	ИК-12–72	0,1200	11,4

## ЛИТЕРАТУРА

1. Федер. закон Рос. Федерации от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ (ред. от 13.07.2015) «Об обеспечении единства измерений», принят Гос. Думой Федер. Собрания Рос. Федерации 11 июня 2008 г., одобрен Советом Федерации Федер. Собр. Рос. Федерации 18 июня 2008 г.  
URL: [http://www.fundmetrology.ru/depository/01\\_npa/102-fz\\_2015.pdf](http://www.fundmetrology.ru/depository/01_npa/102-fz_2015.pdf).
2. Международный словарь по метрологии: основные и общие понятия и соответствующие термины: пер. с англ. и фр. / Всерос. науч.-исслед. ин-т метрологии им. Д. И. Менделеева, Белорус. гос. ин-т метрологии. Изд. 2-е, испр. СПб.: НПО «Профессионал», 2010. 82 с. [http://ipg.geospace.ru/metrology/docs/JCGM\\_200\\_2008-trans.pdf](http://ipg.geospace.ru/metrology/docs/JCGM_200_2008-trans.pdf)
3. Заключительный отчет о выполнении НИР «Проведение фундаментальных исследований в области измерений физико-химического состава и свойств веществ с целью создания государственного первичного специального эталона единицы каталитической активности биологически и химически активных веществ – катал». ФГУП «ВНИИМС». 2016. Том 1. С. 4.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Кулябина Елена Валериевна** – канд. техн. наук, начальник лаборатории метрологического обеспечения биологических и информационных технологий Всероссийского научно-исследовательского института метрологической службы. Российская Федерация, 119361, г. Москва, ул. Озерная, 46  
e-mail: [kuliabina@vniims.ru](mailto:kuliabina@vniims.ru)  
ORCID: 0000-0002-6076-4569

**Мелкова Ольга Николаевна** – ведущий инженер лаборатории метрологического обеспечения биологических и информационных технологий Всероссийского научно-исследовательского института метрологической службы. Российская Федерация, 119361, г. Москва, ул. Озерная, 46  
e-mail: [melkova@vniims.ru](mailto:melkova@vniims.ru)

**Гуськова Екатерина Андреевна** – инженер лаборатории метрологического обеспечения биологических и информационных технологий Всероссийского научно-исследовательского института метрологической службы. Российская Федерация, 119361, г. Москва, ул. Озерная, 46  
e-mail: [e.guskova@vniims.ru](mailto:e.guskova@vniims.ru)

**Гребенникова Татьяна Владимировна** – член-корреспондент РАН, д. биол. н., профессор, руководитель отдела молекулярной вакцинологии и иммунодиагностики Национальный исследовательский центр эпидемиологии и микробиологии имени почетного академика Н. Ф. Гамалеи. Российская Федерация, 123098, г. Москва, ул. Гамалеи, д. 18  
e-mail: [t\\_grebennikova@mail.ru](mailto:t_grebennikova@mail.ru)

## REFERENCES

1. Federal law «On ensuring the uniformity of measurements» No FZ-102 of 26/06/2008. Available at: [www.fundmetrology.ru/depository/01\\_npa/102-fz\\_2015.pdf](http://www.fundmetrology.ru/depository/01_npa/102-fz_2015.pdf). (In Russ.)
2. International Vocabulary of Metrology: basic and general concepts and associated terms. Translation from English and French is made. D. I. Mendeleyev Institute for Metrology, Belarusian State Institute of Metrology. 2010. 82 p. (In Russ.)
3. The final report on the implementation of scientific research work «Conducting fundamental research in the field of measurements of the physicochemical composition and properties of substances with the aim of creating a State Primary Special Measurement Standard for the unit of catalytic activity of biological and chemical substances – katal». «VNIIMS». 2016, vol. 1, p. 4

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Elena V. Kulyabina** – Ph.D (Eng.), Head of the Laboratory of Metrological Support of Biological and Information Technologies, All-Russian Research Institute of Metrological Service.  
46 Ozernaya St., Moscow, 119361, Russian Federation  
e-mail: [kuliabina@vniims.ru](mailto:kuliabina@vniims.ru)  
ORCID: 0000-0002-6076-4569

**Olga N. Melkova** – Leading Engineer at the Laboratory of Metrological Support for Biological and Information Technologies, All-Russian Research Institute of Metrological Service.  
46 Ozernaya St., Moscow, 119361, Russian Federation  
e-mail: [melkova@vniims.ru](mailto:melkova@vniims.ru)

**Ekaterina A. Guskova** – Engineer at the Laboratory of Metrological Support of Biological and Information Technologies, All-Russian Research Institute of Metrological Service.  
46, Ozernaya St., Moscow, 119361, Russian Federation.  
e-mail: [e.guskova@vniims.ru](mailto:e.guskova@vniims.ru)

**Tatiana V. Grebennikova** – Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, D. Sci. (Biol.), Professor, Head of the Department of Molecular Vaccinology and Immunodiagnosis of N. F. Gamaleya Federal Research Center for Epidemiology and Microbiology of the Ministry of Health of the Russian Federation. 18 Gamalei St., Moscow, 123098, Russian Federation  
e-mail: [t\\_grebennikova@mail.ru](mailto:t_grebennikova@mail.ru)