

ФГУП “Всероссийский научно-исследовательский институт  
метрологии им. Д. И. Менделеева”,  
Научно-исследовательский отдел государственных эталонов  
в области физико-химических измерений

# «СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОНТРОЛЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ ».

д.т.н., проф. Конопелько Леонид Алексеевич  
к.т.н. Кустиков Юрий Анатольевич  
к.т.н. Колобова Анна Викторовна



Последние 20 лет  
характеризуются резким  
повышением интереса  
и требований к качеству  
измерительной экологической  
информации о состоянии  
окружающей среды

В первую очередь это относится к окружающей нас атмосфере как на локальном, региональном уровне — атмосфере мегаполисов, промышленных районов, так и в глобальном, планетарном масштабе.

Загрязнение приземного слоя атмосферы и изменение химического состава атмосферы Земли одинаково важны и опасны для человечества, независимо от причин (антропогенных или природных) этих загрязнений и изменений химического состава атмосферы

В силу особенности атмосферы как объекта для контроля содержания газовых компонентов как на региональном уровне, так и на глобальном, для мониторинга атмосферы требуются пространственно распределенные измерительные системы, охватывающие всю планету в целом

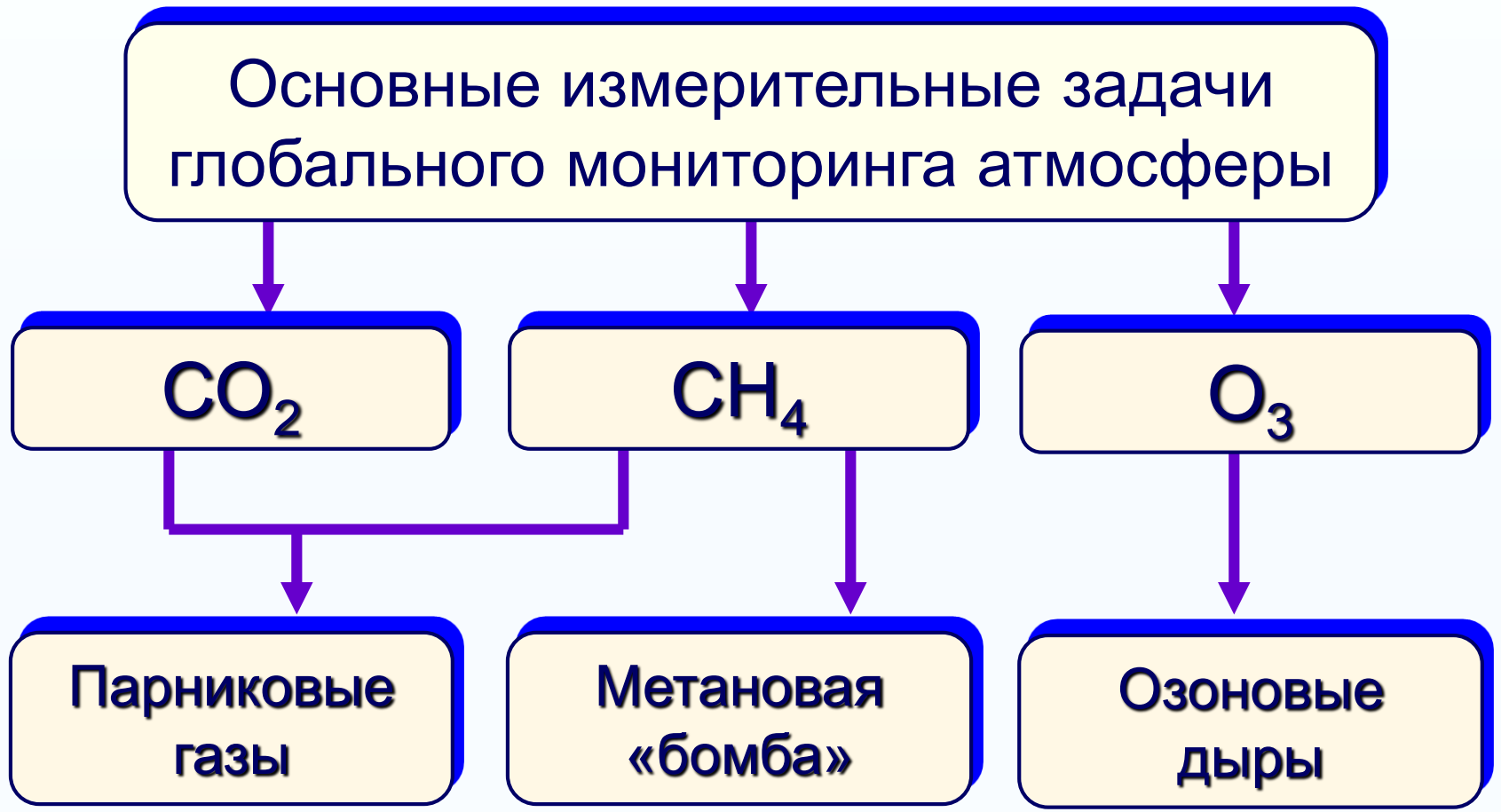
Основные измерительные задачи  
глобального мониторинга атмосферы



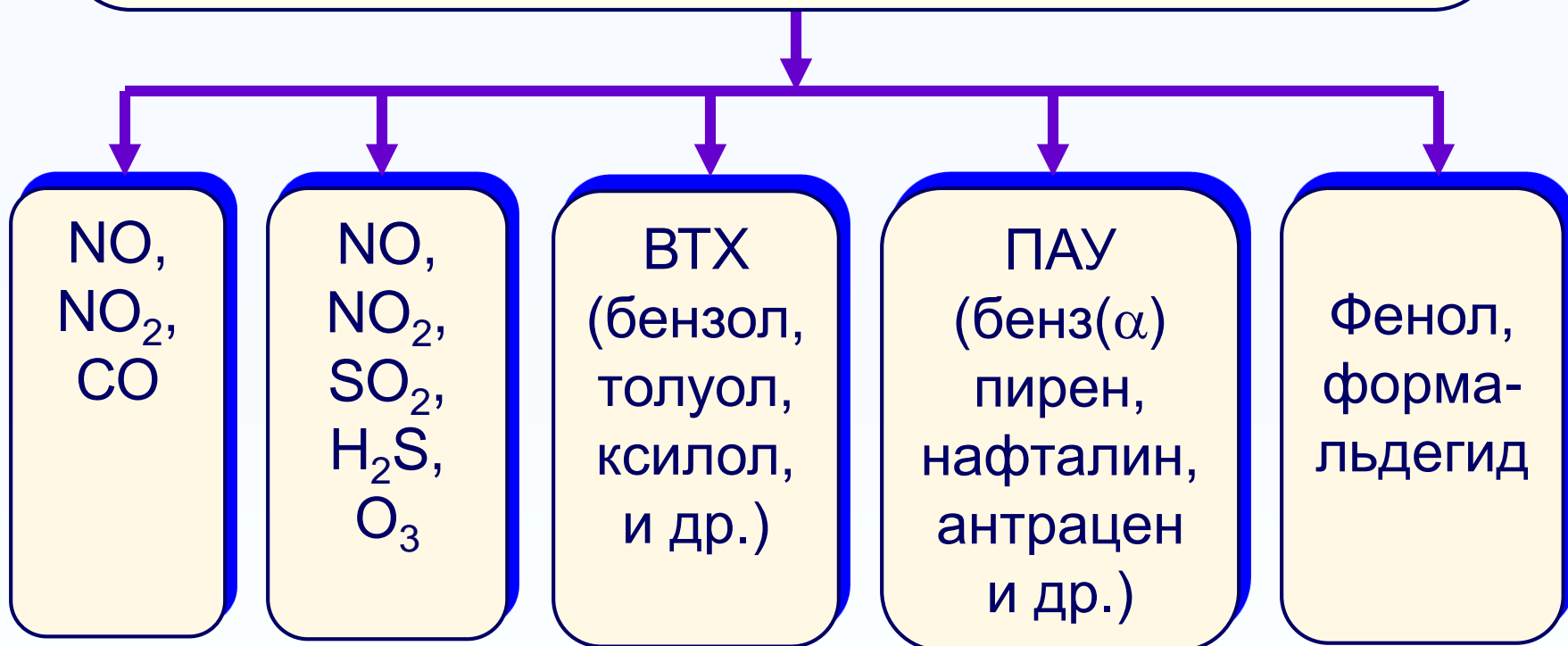
Парниковые  
газы

Метановая  
«бомба»

Озоновые  
дыры



Основные измерительные задачи  
при контроле загрязнений приземного слоя  
атмосферы городов и промышленных  
регионов



Решение задачи получения достоверной оперативной измерительной информации и многолетних трендов содержания токсичных компонентов в приземном слое атмосферы и газовых компонентах в атмосфере в глобальном масштабе обуславливает жесткие требования к системам экологического мониторинга атмосферы.



Соблюдение этих требований возможно только при функционировании эффективной международной системы единства измерения содержания различных газовых компонентов в атмосфере, которая обеспечит сопоставимость всех результатов измерений и их метрологическую прослеживаемость к международным эталонам

# Принцип сопоставимости результатов измерения пространственно-распределенной системой мониторинга



# Международная система единства газоаналитических измерений



**ИЗМЕРЕНИЕ В ОДНОМ МЕСТЕ  
ОДИН СЕРТИФИКАТ  
ОБЩЕЕ ПРИЗНАНИЕ**

**СОГЛАШЕНИЕ О ВЗАИМНОМ ПРИЗНАНИИ  
НАЦИОНАЛЬНЫХ ЭТАЛОНОВ И СЕРТИФИКАТОВ КАЛИБРОВКИ И ИЗМЕРЕНИЙ,  
ВЫДАВАЕМЫХ НАЦИОНАЛЬНЫМИ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМИ ИНСТИТУТАМИ**

подписано 14 октября 1999 г.

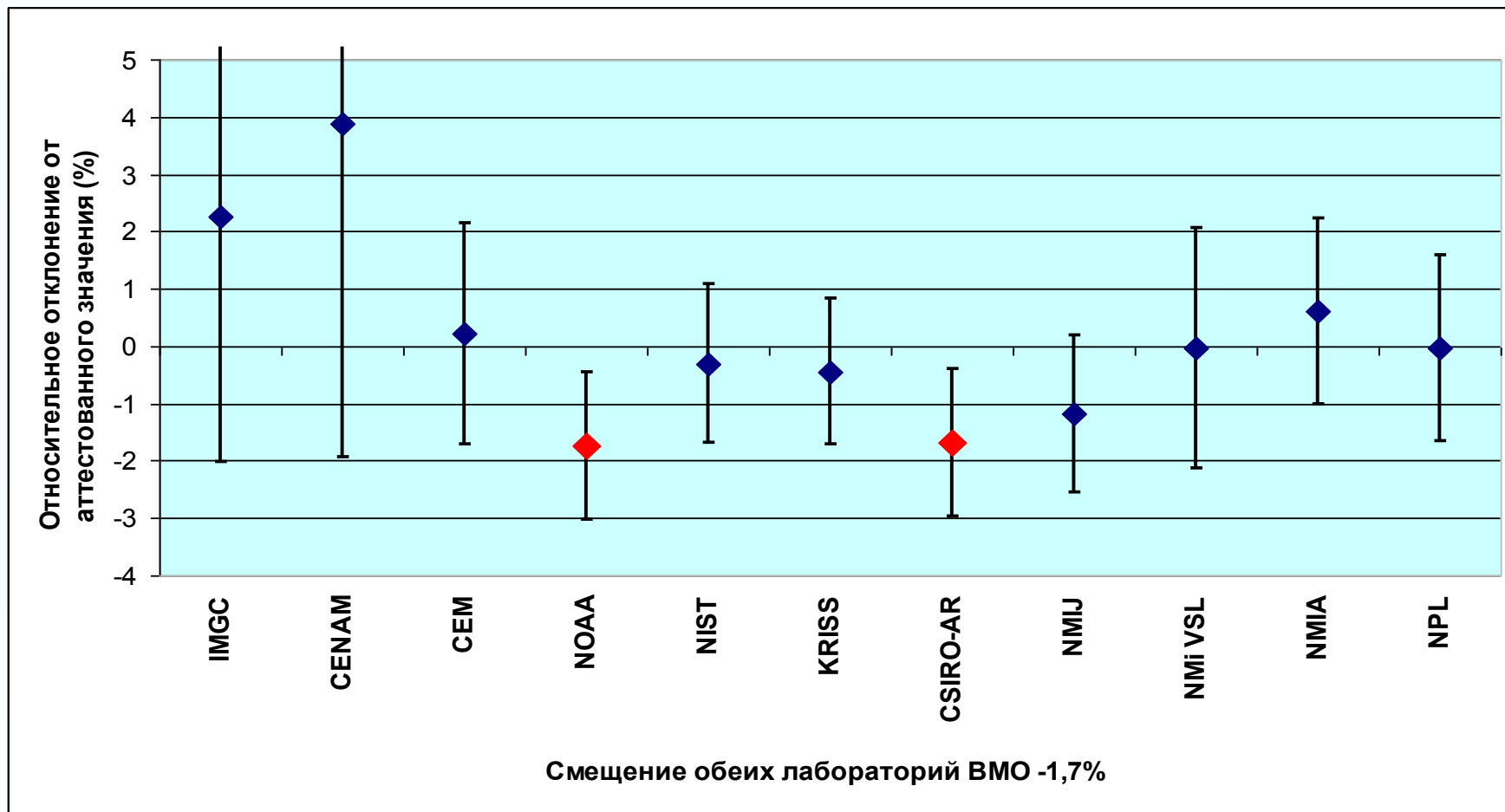
директорами национальных метрологических институтов 38 государств-участниц  
Метрической конвенции и двумя международными организациями

Ключевые сличения

Международная база  
данных высших  
измерительных и  
калибровочных  
возможностей НМИ

Системы менеджмента  
качества НМИ,  
удовлетворяющие  
требованиям  
ИСО 17025

# Результаты международных сличений ССQM-P41 по метану



## Государственный первичный эталон единиц молярной доли и массовой концентрации компонентов в газовых средах ГЭТ 154 (2011 г.)

Комплексы и установки для воспроизведения единиц молярной доли компонентов в диапазоне от  $2 \cdot 10^{-8} \%$  до 99,99999 % и массовой концентрации компонентов в диапазоне от  $8,0 \cdot 10^{-3} \text{ мг/м}^3$  до  $1,5 \cdot 10^3 \text{ мг/м}^3$  в газовых смесях

A1 Хроматографический комплекс для аттестации чистых газов:  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$ , He, Ar, CO,  $\text{CO}_2$ , Ne,  $\text{H}_2$ , Kr, Xe,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_2$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{C}_3\text{H}_6$ ,  $\text{C}_3\text{H}_8$

A2 Хроматографический комплекс для аттестации чистых органических газов и жидкостей

A3 ИК и УФ спектрометрическая установка для аттестации примесей  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{Cl}_2$ , HCl, HF,  $\text{F}_2$ ,  $\text{COCl}_2$ , HCN и др. в чистых газах

A4 Гравиметрический комплекс для воспроизведения молярной доли в диапазоне от  $1 \cdot 10^{-7} \%$  до 99,5 % и массовой концентрации в диапазоне от  $8,0 \cdot 10^{-3} \text{ мг/м}^3$  до  $1,5 \cdot 10^3 \text{ мг/м}^3$  в газовых смесях

A5 Фотометрическая установка для воспроизведения единицы молярной доли озона в диапазоне от  $3 \cdot 10^{-7} \%$  до  $1 \cdot 10^{-3} \%$

ПЭГС – первичные эталонные газовые смеси  
ПЭИМ – первичные эталонные источники микропотоков

Комплексы и установки для передачи единиц молярной доли компонентов в диапазоне от  $2 \cdot 10^{-8} \%$  до 99,99999 % и массовой концентрации компонентов в диапазоне от  $8,0 \cdot 10^{-3} \text{ мг/м}^3$  до  $1,5 \cdot 10^3 \text{ мг/м}^3$  в газовых смесях на основе аналитических и газосмесительных установок

ЭС – газовые смеси  
ЭС – источники микропотоков

# Перечень измерительных категорий в области количества вещества

## 1 Чистые вещества

- 1.1 Неорганические соединения
- 1.2 Органические соединения
- 1.3 Металлы
- 1.4 Изотопы
- 1.5 Прочие

## 2. Неорганические растворы

- 2.1 Элементные
- 2.2 Анионные
- 2.3 Прочие

## 3. Органические растворы

- 3.1 ПАУ
- 3.2 ПХБ
- 3.3 Пестициды
- 3.4 Прочие

## 4. Газы

- 4.1 Чистые
- 4.2 Окружающей среды
- 4.3 Топливо
- 4.4 Судебно-медицинские
- 4.5 Медицинские
- 4.6 Прочие

## 5. Вода

- 5.1 Питьевая вода
- 5.2 Сточная вода
- 5.3 Морская вода
- 5.4 Прочие

## 6. pH

## 7. Электролитическая проводимость

## 8. Металлы и сплавы

- 8.1 Чёрные металлы
- 8.2 Цветные металлы
- 8.3 Благородные металлы
- 8.4 Прочие

## 9. Современные материалы

- 9.1 Полупроводники
- 9.2 Сверхпроводники
- 9.3 Полимеры и пластмассы
- 9.4 Керамика
- 9.5 Прочие

## 10. Биологические жидкости и материалы

- 10.1 Сыворотка крови
- 10.2 Моча
- 10.3 Волосы
- 10.4 Ткани
- 10.5 Кости
- 10.6 Ботанические материалы
- 10.7 Прочие

## 11. Продукты питания

- 11.1 Составляющие пищи
- 11.2 Загрязнители
- 11.3 ГМО
- 11.4 Прочие

## 12. Топливо

- 12.1 Уголь и кокс
- 12.2 Нефтепродукты
- 12.3 Биомасса
- 12.4 Прочие

## 13. Осадки, почвы, руды и частицы

- 13.1 Осадки
- 13.2 Почвы
- 13.3 Руцы
- 13.4 Частицы
- 13.5 Прочие

## 14. Другие материалы

- 14.1 Цементы
- 14.2 Краски
- 14.3 Ткани
- 14.4 Стекло
- 14.5 Тонкие плёнки
- 14.6 Покрытия
- 14.7 Изоляторы
- 14.8 Резина
- 14.9 Клеи
- 14.10 Прочие

## 15. Поверхности, плёнки и искусственные наноматериалы

- 15.1 Неорганические
- 15.2 Органические
- 15.3 Биоматериалы
- 15.4 Прочие

# Газы

- 1 Чистые
- 2 Окружающей среды
- 3 Топливо
- 4 Судебно-медицинские
- 5 Медицинские
- 6 Прочие



## Участие РФ в международных сличениях в области газового анализа (экологический мониторинг)

CCQM-K1a	CO
CCQM-K1b	CO <sub>2</sub>
CCQM-K1c	NO <sub>2</sub>
CCQM-K1d	SO <sub>2</sub>
CCQM-K41	H <sub>2</sub> S
CCQM-K51	CO
CCQM-K15	F <sub>6</sub> S, CF <sub>4</sub>
CCQM-P23	CO
CCQM-P51	F <sub>6</sub> S, CF <sub>4</sub>
CCQM-P73	NO
APMP.QM-K1c	NO
APMP.QM-K1d	SO <sub>2</sub>
EUROMET.QM-K1c	NO
CCQM-K26b	NO

**Контроль  
промышленных  
выбросов**

**Контроль  
атмосферы**

CCQM-K26a	NO
CCQM-K26b	SO <sub>2</sub>
CCQM-K52	CO <sub>2</sub>
CCQM-K7	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> , C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>3</sub> , CH <sub>4</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
CCQM-K10	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> , C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>3</sub> , CH <sub>4</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
CCQM-K22	Летучие органические вещества
CCQM-P50.a	NO
CCQM-P50.b	SO <sub>2</sub>
CCQM-P71	Летучие органические вещества
CCQM-P41	Парниковые газы

## Основные участники

### Страна (Институт):

- Россия (ВНИИМ)
- Корея (KRISS)
- Великобритания (NPL)
- Голландия (VSL)
- Япония (CERI, NMIJ)
- США (NIST)
- Германия (BAM)
- Китай (NIM)
- Франция (LNE)

## Сравнительные метрологические характеристики газоаналитических эталонов ведущих стран мира

Страна (Институт)	Диапазон молярной доли, %	Относительная расширенная неопределённость, % (k=2)
Россия (ВНИИМ)	$1,0 \cdot 10^{-7} - 100$	5 - 0,05
Корея (KRISS)	$1,0 \cdot 10^{-7} - 100$	5 - 0,05
Великобритания (NPL)	$1,0 \cdot 10^{-7} - 100$	10 – 0,04
Голландия (VSL)	$1,0 \cdot 10^{-7} - 100$	5 – 0,05
Япония (CERI, NMIJ)	$2,0 \cdot 10^{-7} - 100$	30 - 0,01
США (NIST)	$1,0 \cdot 10^{-8} - 100$	10 – 0,2
Германия (BAM)	$3 \cdot 10^{-7} - 100$	8 - 0,25
Китай (NIM)	$1,0 \cdot 10^{-4} - 100$	3 - 0,2
Франция (LNE)	$1,0 \cdot 10^{-7} - 30$	5 - 0,2



The BIPM key comparison database

Calibration and Measurement Capabilities – CMCs

<http://www.bipm.org>  
<http://kcdb.bipm.org/AppendixC>

# Из базы данных Международного бюро мер и весов

<http://kcdb.bipm.org/AppendixC/default.asp>

Amount of substance, Gases, Russian Federation, VNIIM (All-Russian D.I. Mendeleev Research Institute for Metrology, Rosstandart)

Note: In the case where an uncertainty range is given, the expanded uncertainty range is expressed as the uncertainty of the smallest value of the quantity to the uncertainty of the largest value of the quantity.

Note: The expanded uncertainties correspond to  $k = 2$  (level of confidence 95%)

NMI Service Identifier	Measurement Service Category	Matrix	Mesurand		Dissemination Range of Measurement Capability			Range of Expanded Uncertainties as Disseminated				Range of Certified Values in Reference Materials			Range of Expanded Uncertainties for Certified Value				Mechanism(s) for Measurement Service Delivery
			Analyte or Component	Quantity	From	To	Unit	From	To	Unit	Is the expanded uncertainty a relative one?	From	To	Unit	From	To	Unit	Is the expanded uncertainty a relative one?	
4.2-16a	Environmental	nitrogen	propane	Amount-of-substance fraction	5	20	micromol/mol	2	1	%	Yes	5	20	micromol/mol	2	1	%	Yes	SM 06.02.010 plus calibration

- Раздел: количество вещества
- Категория: Газы
- Страна: Российская Федерация.
- Метрологический институт: ВНИИМ им. Д.И.Менделеева,
- Федеральный орган: Ростехрегулирование
- Идентификационный номер позиции: 4.2-16a
- Подкатегория: газы окружающей среды
- Аналит: пропан
- Величина: молярная доля
- Диапазон измерений: от 5 до 20  $\mu\text{mol/mol}$
- Относительная расширенная неопределённость от 2 % до 1 %.
- Аттестованное значение RM: от 5 до 20  $\mu\text{mol/mol}$
- Относительная расширенная неопределённость аттестованного значения RM: от 2 % до 1 %.
- Механизм предоставления измерительной услуги: ЭМ ВНИИМ 06.02.010

## Международная база данных по измерительным и калибровочным возможностям высшей точности

- - Содержит информацию о характеристиках измерительных возможностей и стандартных образцов высшей точности достигнутых на национальном уровне
- - Сформулирована на основании результатов исследований реальных или искусственных объектов выполненных национальными уполномоченными аналитическими центрами
- - Прошла многоступенчатую международную экспертизу в ведущих аналитических центрах мира
- - Подтверждена результатами международной аккредитации систем качества национальных уполномоченных аналитических центров на соответствие требований ISO 17025 и ISO 34
- - Обновляется периодически (1 – 2 раза в год)
- - Дает объективную картину измерительных и калибровочных услуг, предоставляемых клиентам на регулярной основе
- - Общедоступна, размещена на сайте Международного Бюро Мер и Весов ([www.bipm.org](http://www.bipm.org))
- - Формирует базу для взаимного признания протоколов измерений и сертификатов калибровки выдаваемых в разных странах

Международная экспертиза  
калибровочных и измерительных возможностей (КИВ) национальных  
метрологических институтов (НМИ)

**КИВ НМИ**

**Внутренняя региональная экспертиза  
COOMET**

**Межрегиональная экспертиза  
EUROMET, APMP, SIM, SADC MET**

**Международная экспертиза**  
Рабочая группа по ключевым сличениям в области физико-  
химических измерений (**KCWG CCQM**)

**Международная база данных  
KCDB**

Калибровочные и измерительные возможности  
ведущих стран мира

<b>Страна (Институт)</b>	<b>Количество позиций (строк) в базе данных VIRM</b>
<b>Россия (ВНИИМ)</b>	<b>323</b>
<b>Корея (KRISS)</b>	<b>300</b>
<b>Великобритания (NPL)</b>	<b>294</b>
<b>Голландия (VSL)</b>	<b>230</b>
<b>Япония (CERI, NMIJ)</b>	<b>144</b>
<b>США (NIST)</b>	<b>134</b>
<b>Германия (BAM)</b>	<b>86</b>
<b>Китай (NIM)</b>	<b>86</b>
<b>Франция (LNE)</b>	<b>36</b>