

УТВЕРЖДЕНА
приказом Федерального агентства
по техническому регулированию
и метрологии
от 26 августа 2026 г. № 1706

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОВЕРОЧНАЯ СХЕМА ДЛЯ СРЕДСТВ
ИЗМЕРЕНИЙ ДЕЛЬТА ЗНАЧЕНИЯ ОТНОШЕНИЯ ИЗОТОПОВ
УГЛЕРОДА, КИСЛОРОДА, ВОДОРОДА, АЗОТА**

1 Область применения

1.1 Настоящая государственная поверочная схема распространяется на средства измерений дельта значения отношения изотопов углерода, кислорода, водорода, азота и устанавливает порядок передачи единицы дельта значения отношения изотопов углерода ($\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}}$) в диапазоне значений от минус 50 до 5 ‰, дельта значения отношения изотопов кислорода ($\delta^{18}\text{O}_{\text{VPDB}}$) в диапазоне значений от минус 75 до 15 ‰, дельта значения отношения изотопов кислорода¹⁾ ($\delta^{18}\text{O}_{\text{VSMOW}}$) в диапазоне значений от минус 50 до 50 ‰, дельта значения отношения изотопов водорода ($\delta^2\text{H}_{\text{VSMOW}}$) в диапазоне значений от минус 700 до 50 ‰, дельта значения отношения изотопов азота ($\delta^{15}\text{N}_{\text{AIR-N}_2}$) в диапазоне значений от минус 30 до 20 ‰ от государственного первичного эталона этим средствам измерений при помощи эталонов сравнения – стандартных образцов изотопного состава и рабочих эталонов с указанием показателей точности и методов передачи единицы величины.

1.2 Графическая часть государственной поверочной схемы представлена в приложении А.

2 Сокращения и обозначения

В настоящем документе использованы следующие сокращения:

ГПЭ – государственный первичный эталон;

СКО – среднее квадратическое отклонение;

СО – стандартные образцы утвержденного типа;

ЭС – эталон сравнения;

$\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}}$ – дельта значение отношения изотопов углерода VPDB;

$\delta^{15}\text{N}_{\text{AIR-N}_2}$ – дельта значение отношения изотопов азота AIR–N₂;

$\delta^{18}\text{O}_{\text{VPDB}}$ – дельта значение отношения изотопов кислорода VPDB;

$\delta^{18}\text{O}_{\text{VSMOW}}$ – дельта значение отношения изотопов кислорода VSMOW;

$\delta^2\text{H}_{\text{VSMOW}}$ – дельта значение отношения изотопов водорода VSMOW.

¹⁾ Величина $\delta^{18}\text{O}_{\text{VPDB}}$ является связанной с величиной $\delta^{18}\text{O}_{\text{VSMOW}}$ следующим соотношением:
 $\delta^{18}\text{O}_{\text{VPDB}} = 0,97001 \cdot \delta^{18}\text{O}_{\text{VSMOW}} - 29,99 \text{ ‰}$ в соответствии с отчетом ИЮПАК Brand W. A., Coplen T. B., Vogl J., Rosner M., Prohaska T. Assessment of international reference materials for isotope-ratio analysis (IUPAC Technical Report) // Pure and Applied Chemistry. — 2014. — Vol. 86, № 3. — P. 425–467. — DOI: 10.1515/pac-2013-1023.

3 Государственный первичный эталон единицы дельта значения отношения изотопов углерода, кислорода, водорода, азота ГЭТ 221-2026

3.1 ГПЭ состоит из комплекса следующих технических средств:

- набор международных первичных эталонных образцов дельта значения отношения изотопов углерода, кислорода, водорода, азота;
- установка на основе метода изотопной масс-спектрометрии;
- установка на основе метода изотопной инфракрасной спектроскопии.

В состав первичного эталона входит набор расходуемых и возобновляемых эталонов сравнения единицы дельта значения отношения изотопов углерода, кислорода, водорода, азота переменного состава.

3.2 Диапазон значений $\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}}$, в котором воспроизводится единица величины, составляет от минус 50 до 5 ‰.

Государственный первичный эталон обеспечивает воспроизведение единицы $\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}}$ с СКО результатов измерений, S , в диапазоне от 0,019 до 0,35 ‰ при проведении пяти независимых измерений.

Неисключенная систематическая погрешность, θ , находится в диапазоне от 0,028 до 0,62 ‰.

Стандартная неопределенность, оцениваемая по типу A, u_a , находится в диапазоне от 0,019 до 0,35 ‰ при проведении пяти независимых измерений.

Стандартная неопределенность, оцениваемая по типу B, u_b , находится в диапазоне от 0,016 до 0,36 ‰.

Расширенная неопределенность U , при $k = 2$ находится в диапазоне от 0,050 до 1,0 ‰.

3.3 Диапазон значений $\delta^{18}\text{O}_{\text{VPDB}}$, в котором воспроизводится единица величины, составляет от минус 75 до 15 ‰.

Государственный первичный эталон обеспечивает воспроизведение единицы $\delta^{18}\text{O}_{\text{VPDB}}$ с СКО результатов измерений, S , в диапазоне от 0,030 до 0,70 ‰ при проведении пяти независимых измерений.

Неисключенная систематическая погрешность, θ , находится в диапазоне от 0,058 до 1,2 ‰.

Стандартная неопределенность, оцениваемая по типу A, u_a , находится в диапазоне от 0,030 до 0,70 ‰ при проведении пяти независимых измерений.

Стандартная неопределенность, оцениваемая по типу B, u_b , находится в диапазоне от 0,031 до 0,71 ‰.

Расширенная неопределенность U , при $k = 2$, находится в диапазоне от 0,086 до 2,0 ‰.

3.4 Диапазон значений $\delta^{18}\text{O}_{\text{VSMOW}}$, в котором воспроизводится единица величины, составляет от минус 50 до 50 ‰.

Государственный первичный эталон обеспечивает воспроизведение единицы $\delta^{18}\text{O}_{\text{VSMOW}}$ с СКО результатов измерений, S , в диапазоне от 0,022 до 0,70 ‰ при проведении пяти независимых измерений.

Неисключенная систематическая погрешность, θ , находится в диапазоне от 0,030 до 1,2 ‰.

Стандартная неопределенность, оцениваемая по типу А, u_a , находится в диапазоне от 0,022 до 0,70 ‰ при проведении пяти независимых измерений.

Стандартная неопределенность, оцениваемая по типу В, u_b , находится в диапазоне от 0,020 до 0,71 ‰.

Расширенная неопределенность U , при $k = 2$, находится в диапазоне от 0,059 до 2,0 ‰.

3.5 Диапазон значений δ^2H_{VSMOW} , в котором воспроизводится единица величины, составляет от минус 700 до 50 ‰.

Государственный первичный эталон обеспечивает воспроизведение единицы δ^2H_{VSMOW} с СКО результатов измерений, S , в диапазоне от 0,068 до 3,5 ‰ при проведении пяти независимых измерений.

Неисключенная систематическая погрешность, θ , находится в диапазоне от 0,36 до 6,2 ‰.

Стандартная неопределенность, оцениваемая по типу А, u_a , находится в диапазоне от 0,068 до 3,5 ‰ при проведении пяти независимых измерений.

Стандартная неопределенность, оцениваемая по типу В, u_b , находится в диапазоне от 0,22 до 3,6 ‰.

Расширенная неопределенность U , при $k = 2$, находится в диапазоне от 0,46 до 10 ‰.

3.6 Диапазон значений $\delta^{15}N_{AIR-N_2}$, в котором воспроизводится единица величины, составляет от минус 30 до 20 ‰.

Государственный первичный эталон обеспечивает воспроизведение единицы $\delta^{15}N_{AIR-N_2}$ с СКО результатов измерений, S , находится в диапазоне от 0,014 до 0,35 ‰ при проведении пяти независимых измерений.

Неисключенная систематическая погрешность, θ , находится в диапазоне от 0,068 до 0,62 ‰.

Стандартная неопределенность, оцениваемая по типу А, u_a , находится в диапазоне от 0,014 до 0,35 ‰ при проведении пяти независимых измерений.

Стандартная неопределенность, оцениваемая по типу В, u_b , находится в диапазоне от 0,039 до 0,36 ‰.

Расширенная неопределенность U , при $k = 2$, находится в диапазоне от 0,083 до 1,0 ‰.

3.7 Государственный первичный эталон применяют для передачи единицы дельта значения отношения изотопов углерода, кислорода, водорода, азота прямым методом и методом сличений при помощи ЭС – СО изотопного состава:

- рабочим эталонам – аналитическим установкам,
- рабочим эталонам – СО изотопного состава,
- средствам измерений – анализаторам изотопного состава высокой точности.

Рабочие эталоны – аналитические установки, обеспечивающие выпуск СО изотопного состава, подлежат первичной и периодической аттестации в организации, содержащей и применяющей ГПЭ.

Рабочие эталоны – СО изотопного состава подлежат испытаниям в целях утверждения типа стандартных образцов. Испытания в целях утверждения типа СО изотопного состава выполняются организацией, содержащей и применяющей ГПЭ.

Требования к метрологическим характеристикам ЭС – СО изотопного состава приведены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1 – Требования к метрологическим характеристикам ЭС – СО изотопного состава

Величина	Диапазон значений, ‰	Доверительные границы абсолютной погрешности при $P=0,95, \pm\delta, \text{‰}$
$\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}}$	от минус 50 до 5	от 0,060 до 1,2
$\delta^{18}\text{O}_{\text{VPDB}}$	от минус 75 до 15	от 0,10 до 2,4
$\delta^{18}\text{O}_{\text{VSMOW}}$	от минус 50 до 50	от 0,071 до 2,4
$\delta^2\text{H}_{\text{VSMOW}}$	от минус 700 до 50	от 0,55 до 12
$\delta^{15}\text{N}_{\text{AIR-N}_2}$	от минус 30 до 20	от 0,10 до 1,2

3.8 При передаче единицы дельта значения отношения изотопов углерода, кислорода, водорода, азота должно быть обеспечено соотношение показателей точности между государственным первичным эталоном и рабочим эталоном или средствами измерений – анализаторами изотопного состава высокой точности не более 0,5.

4 Рабочие эталоны

4.1 В качестве рабочих эталонов применяют аналитические установки и СО изотопного состава, выпускаемые на соответствующих аналитических установках.

4.2 Требования к метрологическим характеристикам рабочих эталонов – аналитических установок приведены в таблице 2.

Т а б л и ц а 2 – Требования к метрологическим характеристикам рабочих эталонов – аналитических установок

Величина	Диапазон значений, ‰	Доверительные границы абсолютной погрешности при $P=0,95, \pm\delta, \text{‰}$
$\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}}$	от минус 50 до 5	от 0,10 до 2,4
$\delta^{18}\text{O}_{\text{VPDB}}$	от минус 75 до 15	от 0,17 до 5
$\delta^{18}\text{O}_{\text{VSMOW}}$	от минус 50 до 50	от 0,12 до 5
$\delta^2\text{H}_{\text{VSMOW}}$	от минус 700 до 50	от 0,9 до 24
$\delta^{15}\text{N}_{\text{AIR-N}_2}$	от минус 30 до 20	от 0,17 до 2,4

4.3 Требования к метрологическим характеристикам рабочих эталонов – СО изотопного состава приведены в таблице 3.

Т а б л и ц а 3 – Требования к метрологическим характеристикам рабочих эталонов – СО изотопного состава

Величина	Диапазон значений, ‰	Доверительные границы абсолютной погрешности при $P=0,95$, $\pm\delta$, ‰
$\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}}$	от минус 50 до 5	от 0,12 до 2,9
$\delta^{18}\text{O}_{\text{VPDB}}$	от минус 75 до 15	от 0,20 до 6
$\delta^{18}\text{O}_{\text{VSMOW}}$	от минус 50 до 50	от 0,14 до 6
$\delta^2\text{H}_{\text{VSMOW}}$	от минус 700 до 50	от 1,1 до 29
$\delta^{15}\text{N}_{\text{AIR-N}_2}$	от минус 30 до 20	от 0,20 до 2,9

4.4 Рабочие эталоны – аналитические установки применяют для выпуска СО изотопного состава. Рабочие эталоны – СО изотопного состава применяют для передачи единицы дельта значения отношения изотопов углерода, кислорода, водорода и азота средствам измерений – анализаторам изотопного состава низкой точности методом прямых измерений.

4.5 При передаче единицы дельта значения отношения изотопов углерода, кислорода, водорода, азота должно быть обеспечено соотношение показателей точности между рабочими эталонами – СО изотопного состава и средствами измерений – анализаторами изотопного состава низкой точности не более 0,5.

5 Средства измерений

5.1 В качестве средств измерений применяют:

- анализаторы изотопного состава высокой точности (изотопные масс-спектрометры, инфракрасные анализаторы изотопного состава парниковых газов, воды, продуктов питания и др.),
- анализаторы изотопного состава низкой точности (портативные анализаторы изотопного состава, инфракрасные анализаторы изотопного состава выдыхаемого воздуха и др.).

5.2 Требования к метрологическим характеристикам средств измерений приведены в таблице 4.

Т а б л и ц а 4 – Требования к метрологическим характеристикам средств измерений

Средства измерений	Величина	Диапазон значений, ‰	Пределы допускаемой абсолютной погрешности, $\pm\Delta$, ‰
Анализаторы изотопного состава высокой точности	$\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}}$	от минус 50 до 5	от 0,10 до 2,4
	$\delta^{18}\text{O}_{\text{VPDB}}$	от минус 75 до 15	от 0,17 до 5
	$\delta^{18}\text{O}_{\text{VSMOW}}$	от минус 50 до 50	от 0,12 до 5
	$\delta^2\text{H}_{\text{VSMOW}}$	от минус 700 до 50	от 0,9 до 24
	$\delta^{15}\text{N}_{\text{AIR-N}_2}$	от минус 30 до 20	от 0,17 до 2,4
	$\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}}$	от минус 50 до 5	от 0,24 до 6

Средства измерений	Величина	Диапазон значений, ‰	Пределы допускаемой абсолютной погрешности, $\pm\Delta$, ‰
Анализаторы изотопного состава низкой точности	$\delta^{18}\text{O}_{\text{VPDB}}$	от минус 75 до 15	от 0,4 до 12
	$\delta^{18}\text{O}_{\text{VSMOW}}$	от минус 50 до 50	от 0,28 до 12
	$\delta^2\text{H}_{\text{VSMOW}}$	от минус 700 до 50	от 2,2 до 58
	$\delta^{15}\text{N}_{\text{AIR-N}_2}$	от минус 30 до 20	от 0,4 до 6