



ВНИИНМ
РОСАТОМ

Акционерное общество
«Высокотехнологический научно-
исследовательский институт неорганических
материалов имени академика А.А. Бочвара»
(АО «ВНИИНМ»)

УТВЕРЖДАЮ

Директор научно-исследовательского
метрологического отделения

АО «ВНИИНМ»

В.Б. Горшков

« 01 » _____ 2022 г.



ОТЧЕТ №532/879-2022

О ПРОВЕДЕНИИ МЕЖЛАБОРАТОРНЫХ СЛИЧИТЕЛЬНЫХ
ИСПЫТАНИЯХ ПО КОНТРОЛЮ КАЧЕСТВА ИЗМЕРЕНИЙ УДЕЛЬНОЙ
АКТИВНОСТИ БЕТА-ИЗЛУЧАЮЩИХ РАДИОНУКЛИДОВ (ТРИТИЯ) В
ВОДНЫХ СРЕДАХ
ПО ПРОГРАММЕ П.МСИ.Тр-532/024-2020

Часть 1

МОСКВА 2022

Содержание

Введение.....	3
1. Изготовление, определение приписанного значения, а также значения расширенной неопределенности приписанного значения образцов для контроля (ОК).....	3
1.1 Определение приписанного значения ОК методом межлабораторной аттестации	4
1.2 Определение расширенной неопределенности приписанного значения	7
2. Анализ методов (методик) измерений и испытаний.....	8
3. Анализ результатов МСИ	8
3.1 Оценка характеристик функционирования по статистическому критерию	8
3.2 Оценка характеристики функционирования по Z-индексу	14
4. Выводы и рекомендации	16
5. Контактные сведения о провайдере МСИ.....	17
6. Конфиденциальность.....	17
Заключение	18

Введение

Настоящий отчет составлен по итогам проведения межлабораторных сличительных испытаний по программе П.МСИ.ТР-532/024-2020 «Межлабораторные сличительные испытания контроля качества водных сред по показателю удельная активность бета-излучающих радионуклидов (третия)»

Целью межлабораторных сличительных испытаний (МСИ) являлась проверка качества измерений удельной бета-активности трития, проводимых в организациях и лабораториях.

1. Изготовление, определение приписанного значения, а также значения расширенной неопределенности приписанного значения образцов для контроля (ОК).

Исследуемой характеристикой ОК в МСИ является:

– удельная активность бета-излучающего радионуклида (третия).

В качестве ОК при проведении МСИ использовался комплект из двух специально изготовленных образцов водных растворов трития.

Первый ОК содержит β – радионуклид (третий) в геометрии стеклянной вials 20 см³ с удельной активностью $\sim 10^6$ Бк/г.

Второй ОК содержит β – радионуклид (третий) в геометрии стеклянной вials 20 см³ с удельной активностью $\sim 10^4$ Бк/г.

Изготовление ОК проводилось специалистами ФГУП «ПО «Маяк» в соответствии с Техническим заданием № 505/532.48-2021.

Приписанное значение удельной активности трития в ОК и значение расширенной неопределенности приписанного значения при коэффициенте охвата $k = 2$, что соответствует доверительным границам суммарной погрешности при ($P = 0,95$) устанавливались методом межлабораторной аттестации по результатам МСИ силами Провайдера.

Требования к изготовлению, контролю качества, хранению ОК изложены в ТЗ № 505/532.48-2021.

Однородность ОК обеспечивалась процедурой приготовления всех экземпляров из одного раствора путем разбавления этого раствора до необходимого значения удельной активности трития.

Стабильность исследуемой характеристики обеспечивается стабильностью изотопа трития, период полураспада которого составляет 12,32 года, и остается практически неизменной за время проведения этапа МСИ.

Прослеживаемость приписанного значения ОК к единицам активности обеспечивается использованием поверенных средств измерения. Передача размера осуществляется от первичного эталона активности ГЭТ 6-2016 в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений активности радионуклидов, удельной активности радионуклидов, потока и плотности потока альфа-, бета-частиц и фотонов радионуклидных источников утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29.12.2018 № 2841.

1.1 Определение приписанного значения ОК методом межлабораторной аттестации

Определение приписанных значений ОК-1 и ОК-2 проводилось по результатам проведенных МСИ в соответствии с п 5 ГОСТ 8.532-2002. Статистические данные для определения приписанного значения ОК-1 и ОК-2 представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Статистические данные для определения приписанных значений ОК

№ п/п	Значение удельной активности водного раствора трития, Бк/г	
	ОК-1, $X \times 10^6$	ОК-2, $X \times 10^4$
1	2	3
1	2,54	1,04
2	2,790398	1,122
3	2,790941	1,09
4	2,59	1,02

Окончание таблицы 1

1	2	3
5	2,49	1,00
6	2,43	1,17
7	2,39	1,13
8	2,36	0,979
9	2,46	1,10
10	2,4	0,941
11	2,26	1,09
12	1,7	0,9686
13	2,662595	0,995
14	2,653403	0,981
15	2,762344	

Для определения приписанных значения ОК-1 и ОК-2 массивы данных проверяли на грубые выбросы по критерию Граббса по формулам:

$$U_{max} = \frac{y_{max} - \bar{y}}{s} \quad \text{или} \quad U_{min} = \frac{\bar{y} - y_{min}}{s}, \quad (1)$$

где y_{max} , y_{min} – максимальное или минимальное значение в выборке, которое нужно проверить на аномальность;

\bar{y} – среднее арифметическое значение результатов определения;

s – выборочное среднеквадратичное отклонение.

Результат расчета сравнивали со справочной величиной β . Для объема выборки $n = 15$ и $n = 14$ и уровне значимости $\alpha = 0,05$ значение $\beta = 2,41$ и $2,37$, соответственно. Если $U_{min(max)} \geq \beta$, то результат признается аномальным и исключается из дальнейшего расчета.

Для выборки статистически данных по определению удельной β -активности ОК-1 аномальным может быть результат № 12 со значением $1,7 \cdot 10^6$ Бк/г. Проверка на аномальность показала, что

$$U_{min} = \frac{2,54 - 1,7}{0,17} = 4,93, \quad (2)$$

что больше справочного значения β , таким образом, результат измерения № 12 признается аномальным и исключается из дальнейшей статистической обработки.

В выборке ОК-2 аномальных результатов не выявлено.

Далее оставшиеся значения измерений ОК-1 и (или) ОК-2 располагали в ряд от наименьшего значения к наибольшему и далее определяли медиану результатов \tilde{X} по формуле:

$$\tilde{X} = med\{X_i\} = \begin{cases} \frac{X_{N/2} + X_{N/2+1}}{2} - \text{Для четных } N \\ X_{N+1/2} - \text{Для нечетных } N \end{cases} \quad (3)$$

Статистические данные в порядке возрастания:

2,26 < 2,36 < 2,39 < 2,4 < 2,43 < 2,46 < 2,49 < 2,54 < 2,59 < 2,653403 < 2,662595 < 2,762344 < 2,790398 < 2,790941

Медиана данного массива будет равна $\tilde{X}_1 = \frac{2,49+2,54}{2} = 2,51$.

Выполним подобные действия для второго массива данных, в результате получим ряд вида:

0,941 < 0,9686 < 0,979 < 0,981 < 0,995 < 1,0 < 1,02 < 1,04 < 1,09 < 1,09 < 1,1 < 1,122 < 1,13 < 1,17

Медиана данного массива будет равна $\tilde{X}_2 = \frac{1,02+1,04}{2} = 1,03$.

Далее вычисляли абсолютные отклонения результатов измерений от медианы $d0_i$ по формуле:

$$d0_i = |X_i - \tilde{X}| \quad (4)$$

Полученные данные также располагали в порядке возрастания, и снова определяли медиану ряда (медиану нулевых отклонений $MAD0$).

0,025 < 0,025 < 0,055 < 0,075 < 0,085 < 0,115 < 0,125 < 0,138403 < 0,147595 < 0,155 < 0,247344 < 0,255 < 0,275398 < 0,275941

Медиана нулевых отклонений этого ряда составит $MAD0_1 = 0,13$.

0,01 < 0,01 < 0,03 < 0,035 < 0,049 < 0,051 < 0,06 < 0,06 < 0,0614 < 0,07 < 0,089 < 0,092 < 0,1 < 0,14

Медиана нулевых отклонений этого ряда составит $MAD0_2 = 0,06$.

Далее определили величину критического отклонения результатов от медианы C_k по формуле:

$$C_k = 3 \cdot MAD0 \quad (5)$$

Для результатов измерения ОК-1 $C_k = 0,395$, для результатов измерения ОК-2 $C_k = 0,18$. Далее проводилось сравнение нулевых отклонений $d0_i$ со значением критического отклонения C_k каждого ряда. В обоих случаях отклонений не выявлено и определения приписанного значения проводится по формуле:

$$A = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N X_i \quad (6),$$

что является среднеарифметическим значением каждого массива данных. Таким образом, $A_{ОК-1} = 2,54 \times 10^6$ Бк/г, а $A_{ОК-2} = 1,047 \times 10^4$ Бк/г.

1.2 Определение расширенной неопределенности приписанного значения

Значение расширенной неопределенности приписанного значения при коэффициенте охвата $k = 2$, соответствующее значению погрешности межлабораторной аттестации, определяли по формуле:

$$\Delta_A = B_f \cdot S_A, \quad (7)$$

где S_A – среднеквадратическое отклонение, определяемое по формуле $S_A = 1,48 \cdot MAD1$;

B_f – справочное значение представленное в Приложение Б ГОСТ 8.532-2002 и составляет 0,604 для обоих массивов данных.

$MAD1$ – медиана абсолютных нулевых отклонений, которые определяются по формуле: $dl_i = |X_i - A|$, далее полученные данные снова распределяли в ряды в порядке возрастания значения:

0,0014 < 0,0486 < 0,0514 < 0,0814 < 0,1114 < 0,1120 < 0,1212 < 0,1414 < 0,1514
< 0,1814 < 0,2209 < 0,2490 < 0,2495 < 0,2814

Медиана ряда составит $MAD1_1 = 0,13$.

0,0048 < 0,0248 < 0,0448 < 0,0452 < 0,0452 < 0,0498 < 0,0552 < 0,0638 < 0,0658
< 0,0762 < 0,0772 < 0,0852 < 0,1038 < 0,1252

Медиана ряда составит $MAD1_2 = 0,0595$.

Таким образом, из приведенных выше расчетов значения погрешности межлабораторной аттестации для ОК-1 и ОК-2 будут составлять $0,12 \cdot 10^6$ и $0,053 \cdot 10^4$ Бк/г.

Приписанные значения определяемой характеристики ОК-1 и ОК-2 и абсолютные значения неопределенностей приписанных значений при коэффициенте охвата $k=2$ для каждого вида ОК составят соответственно $(2,54 \pm 0,12) \times 10^6$ Бк/г и $(1,045 \pm 0,053) \times 10^4$ Бк/г.

2. Анализ методов (методик) измерений и испытаний

Лаборатории для определения удельной активности бета-излучающих радионуклидов могли использовать любые аттестованные методики измерений. В подавляющем большинстве случаев для измерения были использованы:

- МИ 4143-2011 «Методика определения объемной активности трития в воде на жидкосцинтилляционном радиометре «Tri-Carb 2910 TR»;

- Методика выполнения измерений альфа-, бета-излучающих радионуклидов в жидких и твердых пробах с использованием радиометра альфа- бета-излучения спектрометрического «Quantulus 1220»;

- Тритий. Методика измерений объемной и поверхностной активности радиометрическим методом»;

- Методика выполнения измерений активности альфа-, бета-излучающих радионуклидов с использованием жидкосцинтилляционного комплекса СКС.

3. Анализ результатов МСИ

3.1 Оценка характеристик функционирования по статистическому критерию

Анализ результатов участников проводился по статистическому критерию.

Для каждой лаборатории рассчитывается величина (E_n) (ГОСТ Р 50779.60-2017):

$$(E_n)_i = \frac{x - X_i}{\sqrt{U_x^2 + U_X^2}} \quad (8)$$

где X_i - результат измерения ОК лабораторией;

x – приписанное значение ОК;

U_x – расширенная неопределенность результатов участника, которая соответствует общей погрешности результата при доверительной вероятности $P = 0,95$;

U_X – расширенная неопределенность приписанного значения, которая соответствует общей погрешности межлабораторной аттестации.

Если выполняется неравенство $-1 < (E_n)_i \leq 1$, результат i -той лаборатории считается удовлетворительным в границах заявленных погрешностей.

Если $(E_n)_i < -1$ или $(E_n)_i > 1$, результат i -той лаборатории считается неудовлетворительным.

Результаты расчета статистического критерия E_n при определении удельной активности бета-излучающих радионуклидов (третия) в ОК-1 и ОК-2 представлены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2 – Результаты расчета статистического критерия при определении удельной активности трития в ОК-1.

Шифр ОК	Приписанное значение ОК $A \cdot 10^6$, Бк/г	Погрешность межлабораторной аттестации $\Delta A \cdot 10^6$, Бк/г	Результат лаборатории $X \cdot 10^6$, Бк/г	Значение расширенной неопределенности результата лаборатории $\Delta X \cdot 10^6$, Бк/г	E_n	Итог
1	2	3	4	5	6	7
1	2,54	0,12	2,54	0,3051	0	Удовлетворительно
2	2,54	0,12	2,790398	0,108826	1,55	Неудовлетворительно
3	2,54	0,12	2,790941	0,103265	1,59	Неудовлетворительно
4	2,54	0,12	2,59	0,23	0,19	Удовлетворительно
5	2,54	0,12	2,49	0,4	0,12	Удовлетворительно
6	2,54	0,12	2,43	0,4	0,26	Удовлетворительно

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7
7	2,54	0,12	2,39	0,41	0,35	Удовлетворительно
8	2,54	0,12	2,36	0,27612	0,60	Удовлетворительно
9	2,54	0,12	2,46	0,12	0,47	Удовлетворительно
10	2,54	0,12	2,4	0,8	0,17	Удовлетворительно
11	2,54	0,12	2,26	0,2486	1,01	Неудовлетворительно
12	2,54	0,12	1,7	0,14	4,56	Неудовлетворительно
13	2,54	0,12	2,662595	1,065038	0,11	Удовлетворительно
14	2,54	0,12	2,653403	0,79602	0,14	Удовлетворительно
15	2,54	0,12	2,762344	0,359104	0,59	Удовлетворительно

Таблица 3 – Результаты расчета статистического критерия при определении удельной активности трития в ОК-2.

Шифр ОК	Приписанное значение ОК $A \cdot 10^6$, Бк/г	Погрешность межлабораторной аттестации $\Delta_A \cdot 10^6$, Бк/г	Результат лаборатории $X \cdot 10^6$, Бк/г	Значение расширенной неопределенности результата лаборатории $\Delta_X \cdot 10^6$, Бк/г	E_n	Итог
1	1,045	0,053	1,04	0,124	0,04	Удовлетворительно
2	1,045	0,053	1,122	0,046002	1,10	Неудовлетворительно
3	1,045	0,053	1,09	0,08	0,47	Удовлетворительно
4	1,045	0,053	1,02	0,16	0,15	Удовлетворительно
5	1,045	0,053	1	0,17	0,25	Удовлетворительно
6	1,045	0,053	1,17	0,2	0,60	Удовлетворительно
7	1,045	0,053	1,13	0,133792	0,59	Удовлетворительно
8	1,045	0,053	0,979	0,049	0,91	Удовлетворительно
9	1,045	0,053	1,1	0,4	0,14	Удовлетворительно
10	1,045	0,053	0,941	0,10351	0,89	Удовлетворительно
11	1,045	0,053	1,09	0,09	0,43	Удовлетворительно
12	1,045	0,053	0,9686	0,3874	0,20	Удовлетворительно
13	1,045	0,053	0,995	0,2985	0,16	Удовлетворительно
14	1,045	0,053	0,981	0,1274	0,46	Удовлетворительно

На рисунках 1, 2 представлены диаграммы, являющиеся графическим отображением оценки результата лаборатории по статистическому критерию. На диаграммах каждый результат представлен с указанием границ расширенной неопределенности (доверительных границ суммарной погрешности при $P = 0,95$) измерения, указанной лабораторией.

Центральной линией на диаграммах обозначена величина приписанного значения ОК, интервал ограниченный красными линиями – границы расширенной неопределенности приписанного значения (погрешности межлабораторной аттестации).

Результаты измерений, неопределенности которых имеют пересечения с границами неопределенности ОК и удовлетворяют значению статистического критерия - $1 < (E_n)_i \leq 1$, считаются удовлетворительными в границах заявленных неопределенностей.

Анализ экспериментальных данных при определении статистического критерия показал, что методики, применяющиеся при определении удельной активности бета-излучающего радионуклида (трития), позволяют проводить достаточно точные измерения: из пятнадцати результатов определения удельной активности трития в ОК-1 четыре оказались неудовлетворительными, что составляет 27 % от общего числа. При определении удельной активности трития в ОК-2 из четырнадцати результатов только один оказался отрицательным, что составляет 7 % от общего числа.

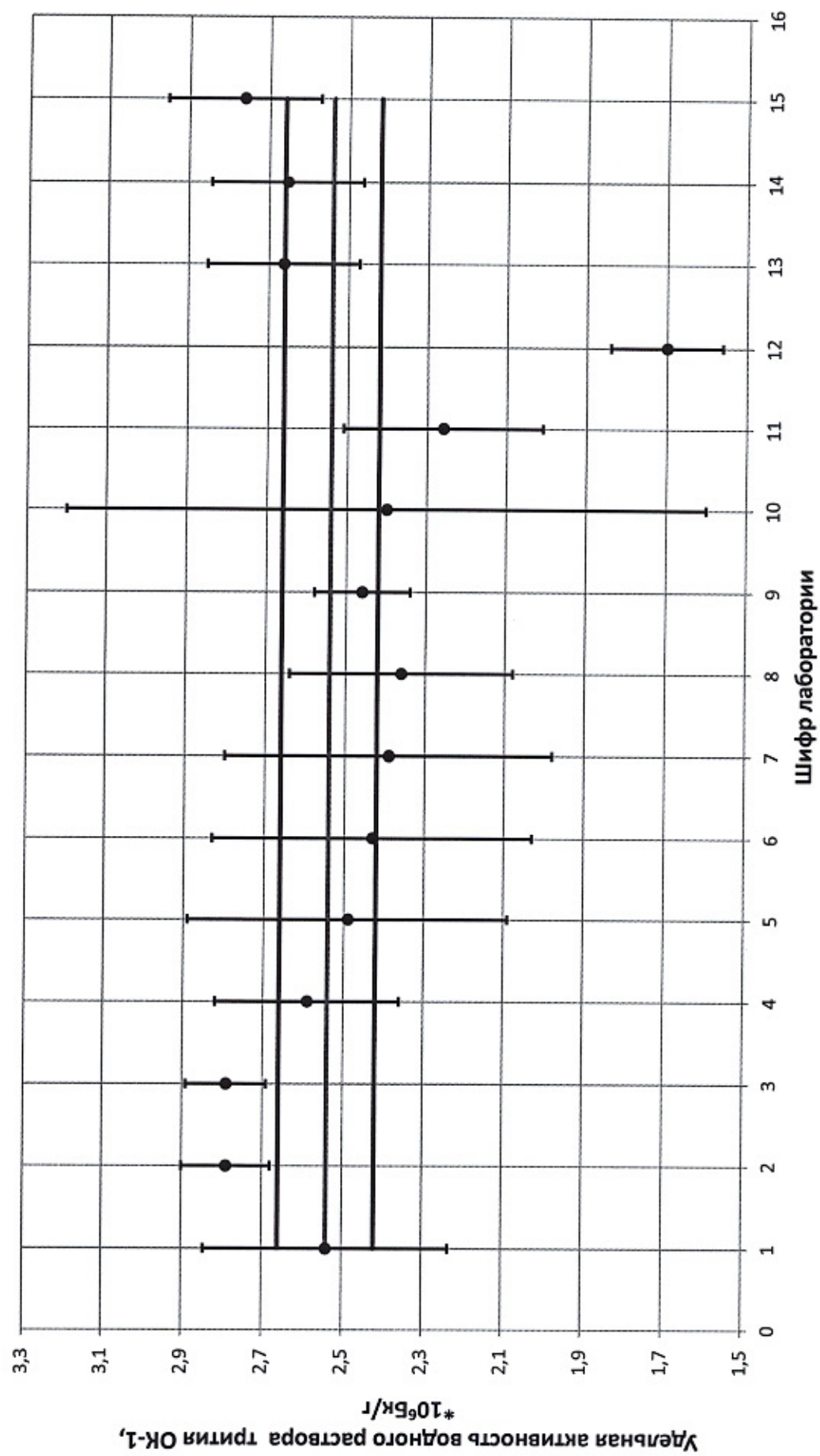


Рис. 1. Результаты МСИ по определению удельной активности бета-излучающего радионуклида (третия) в ОК-1
 $A = (2,54 \pm 0,12) \times 10^6$ Бк/г

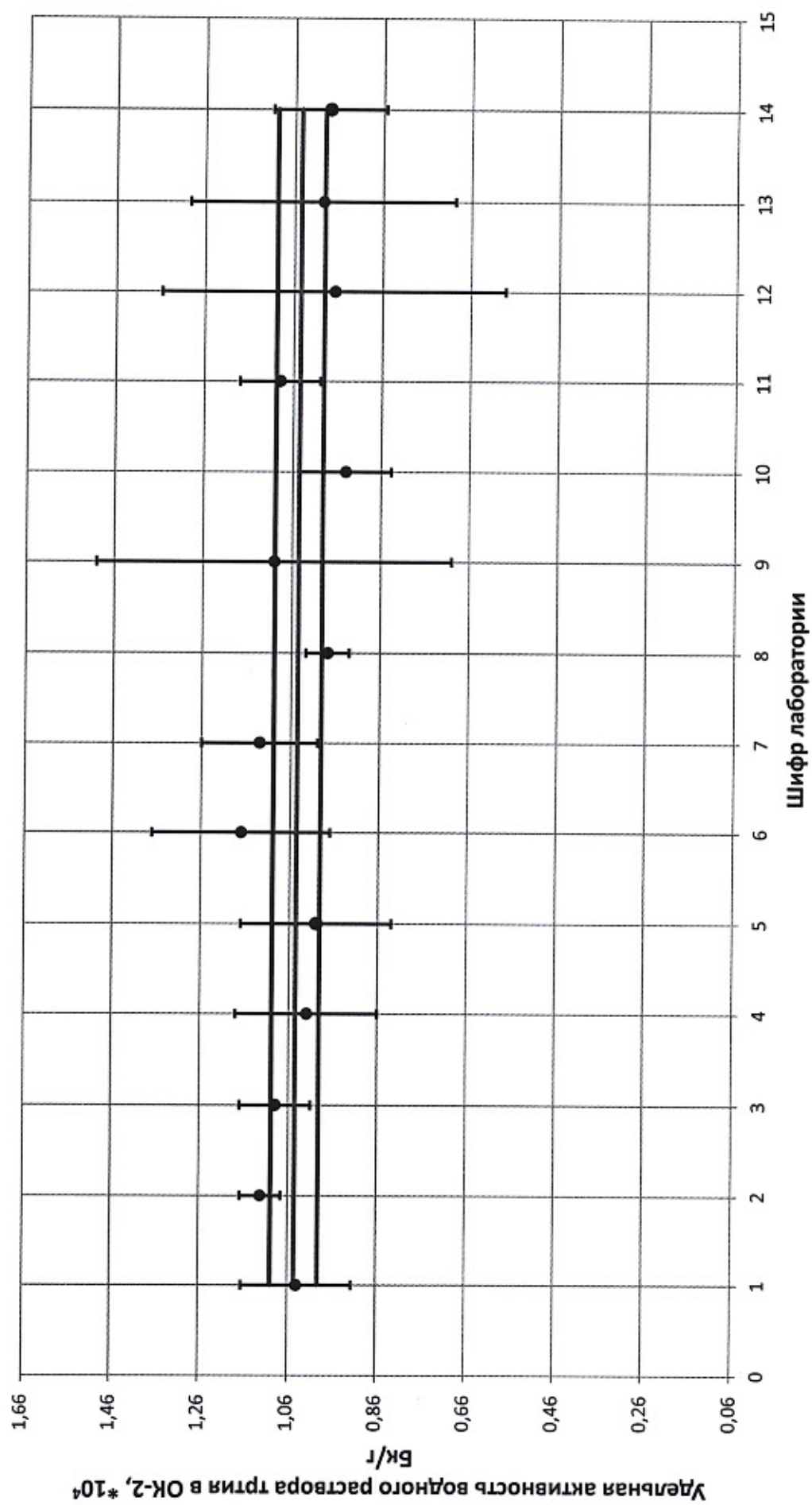


Рис. 2. Результаты МСИ по определению удельной активности бета-излучающего радионуклида (третия) в ОК-2
 $A = (1,045 \pm 0,053) \times 10^4$ Бк/г.

3.2 Оценка характеристики функционирования по Z-индексу

Вторым критерием оценки качества результатов измерений, проведенных лабораторией, на основе единичных результатов измерений является z-индекс.

На основе результатов измерений вычисляется значение Z-индекса для каждого полученного от лаборатории результата измерений по формуле:

$$Z = \frac{X-A}{\sigma(\Delta_d)}, \quad (9)$$

где X – результат измерений;

A – приписанное значение ОК для определяемого показателя;

$\sigma(\Delta_d)$ – среднее квадратическое отклонение погрешности (соответствующей значению расширенной неопределенности при коэффициенте охвата $k = 2$), установленной для методики измерений, равное $\Delta/2$ (РМГ-103-2010 ГСИ).

Заключение о качестве результатов измерений контролируемого параметра по каждому определяемому показателю делали на основе сравнения значения $|z|$ с установленными нормативами контроля для каждого участника МСИ:

- при $|z| \leq 2$ качество результатов измерений признают удовлетворительным;
- при $2 < |z| \leq 3$ качество результатов измерений признают сомнительным и подлежащим дополнительной проверке;
- при $|z| > 3$ качество результатов измерений признают неудовлетворительным.

Результаты расчета z-индекса при определении удельной активности водного раствора трития представлены в таблицах 4 и 5.

Таблица 4 – Результаты значения Z-индекса при определении удельной активности трития ОК-1.

Шифр ОК	Приписанное значение $A \cdot 10^6$, Бк/г	Погрешность межлабораторной аттестации $\Delta_A \cdot 10^6$, Бк/г	Результат лаборатории $X \cdot 10^6$, Бк/г	Значение расширенной неопределенности результата лаборатории $\Delta_X \cdot 10^6$, Бк/г	Z-индекс	Итог
1	2,54	0,12	2,54	0,3051	0	Удовлетворительно
2	2,54	0,12	2,790398	0,108826	4,51	Неудовлетворительно
3	2,54	0,12	2,790941	0,103265	4,76	Неудовлетворительно
4	2,54	0,12	2,59	0,23	0,43	Удовлетворительно
5	2,54	0,12	2,49	0,4	0,25	Удовлетворительно
6	2,54	0,12	2,43	0,4	0,54	Удовлетворительно
7	2,54	0,12	2,39	0,41	0,72	Удовлетворительно
8	2,54	0,12	2,36	0,27612	1,28	Удовлетворительно
9	2,54	0,12	2,46	0,12	1,31	Удовлетворительно
10	2,54	0,12	2,4	0,8	0,34	Удовлетворительно
11	2,54	0,12	2,26	0,2486	2,21	Сомнительно
12	2,54	0,12	1,7	0,14	11,76	Неудовлетворительно
13	2,54	0,12	2,662595	1,065038	0,23	Удовлетворительно
14	2,54	0,12	2,653403	0,79602	0,28	Удовлетворительно
15	2,54	0,12	2,762344	0,359104	1,21	Удовлетворительно

Таблица 5 – Результаты расчета Z-индекса при определении удельной активности трития в ОК-2.

Шифр ОК	Приписанное значение $A \cdot 10^6$, Бк/г	Погрешность межлабораторной аттестации $\Delta_A \cdot 10^6$, Бк/г	Результат лаборатории $X \cdot 10^6$, Бк/г	Значение расширенной неопределенности результата лаборатории $\Delta_X \cdot 10^6$, Бк/г	Z-индекс	Итог
1	2	3	4	5	6	7
1	1,045	0,053	1,04	0,124	0,08	Удовлетворительно
2	1,045	0,053	1,122	0,046002	3,28	Неудовлетворительно
3	1,045	0,053	1,09	0,08	1,10	Удовлетворительно
4	1,045	0,053	1,02	0,16	0,31	Удовлетворительно
5	1,045	0,053	1	0,17	0,52	Удовлетворительно
6	1,045	0,053	1,17	0,2	1,23	Удовлетворительно
7	1,045	0,053	1,13	0,133792	1,25	Удовлетворительно
8	1,045	0,053	0,979	0,049	2,64	Сомнительно

Окончание таблицы 5

1	2	3	4	5	6	7
9	1,045	0,053	1,1	0,4	0,27	Удовлетворительно
10	1,045	0,053	0,941	0,10351	1,97	Удовлетворительно
11	1,045	0,053	1,09	0,09	0,98	Удовлетворительно
12	1,045	0,053	0,9686	0,3874	0,39	Удовлетворительно
13	1,045	0,053	0,995	0,2985	0,33	Удовлетворительно
14	1,045	0,053	0,981	0,1274	0,98	Удовлетворительно

Анализ оценки результатов измерения удельной активности водного раствора трития по Z-индексу показал идентичность результатов оценки по статистическому критерию для тех же оцениваемых параметров. Отрицательными или сомнительными признаны четыре результата измерения ОК-1 и два результата измерения ОК-2, что составляет 27 % и 14 %, соответственно.

Отрицательные результаты № 2, 3 (таблицы 2 и 4) и № 2 (таблицы 3 и 5) принадлежат одному измерителю и носят завышенный характер при измерении ОК с большей и меньшей активностью трития. Результаты № 11 и 12 измерения ОК-1 принадлежат разным измерителям, и они занижены у обоих участников. Однако у этих же измерителей результаты измерения образца с меньшей активностью (ОК-2) удовлетворительны по обоим оценочным критериям.

Подобного рода результаты могут говорить о нарушении линейности градуировочной характеристики средства измерения при измерениях растворов трития с высокой удельной активностью.

У остальных участников не выявлено какой-либо закономерности в представленных результатах и отклонение от аттестованного значения носит случайный характер.

4. Выводы и рекомендации

Результаты МСИ показали, что подавляющее большинство участников получили удовлетворительные результаты.

Анализируя итоги МСИ, можно отметить, что этот вид аналитического контроля неплохо оснащен аппаратурно и методически.

В качестве корректирующих мероприятий лабораториям, получившим неудовлетворительный результат при измерениях удельной активности водного раствора трития, можно рекомендовать проведение внеплановой поверки (калибровки) средств измерений и (или) проверку построения градуировочных характеристик.

5. Контактные сведения о провайдере МСИ

Провайдер МСИ (АО «ВНИИНМ»), аккредитованный в национальной системе аккредитации (уникальный номер записи в реестре аккредитованных лиц RA.RU.430166 от 24.10.2016).

123060, Москва, АО «ВНИИНМ»; Тел./факс: 8 (499) 190-23-25

Руководитель провайдера МСИ – директор научно-исследовательского метрологического отделения АО «ВНИИНМ» Горшков В.Б.

Координатор программы – Начальник лаборатории метрологического обеспечения аналитического контроля АО «ВНИИНМ» Максимова И.М.

6. Конфиденциальность

Конфиденциальность результатов проведения проверок квалификации обеспечивается в соответствии с РК-505-3-2021, разработанным провайдером МСИ АО «ВНИИНМ» во исполнение требований п 4.10 ГОСТ ISO/ITS 17043-2013.

На основании заявления о конфиденциальности идентификация участников и результаты проведенной программы проверки квалификации известны лишь ограниченному кругу персонала Провайдера (директору отделения, начальнику СП, проводящего МСИ, и координатору) и предоставляются лабораториям-участникам.

Заключение

По результатам проведенных МСИ, всем участникам были выданы свидетельства об участии.

Все свидетельства в качестве приложения содержат заключение с результатами измерений с указанием критериев их оценки.

Начальник лаборатории
метрологического обеспечения
аналитического контроля –
координатор МСИ, к.х.н.



И.М. Максимова

Ст. научный сотрудник лаборатории
метрологического обеспечения
аналитического контроля, к.т.н.



К.Н. Елистратова

Конец отчета