

Государственная корпорация по атомной энергии «РОСАТОМ»  
АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
«ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ИНСТИТУТ НЕОРГАНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ИМЕНИ АКАДЕМИКА  
А.А. БОЧВАРА»  
(АО «ВНИИНМ»)

УТВЕРЖДАЮ  
Директор научно-  
исследовательского  
метрологического отделения –  
руководитель Провайдера МСИ  
В.Б. Горшков  
\_\_\_\_\_ 2021 г.



ОТЧЕТ №532/841-2021  
О ПРОВЕДЕНИИ МЕЖЛАБОРАТОРНЫХ СЛИЧИТЕЛЬНЫХ  
ИСПЫТАНИЙ  
по программе П.МСИ.РЗП-532/014-2021  
«Контроль качества измерений загрязненности поверхности  
альфа- , бета- и гамма- излучающими радионуклидами»

## Содержание

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1. Определяемые показатели .....	3
2. Образцы для контроля (ОК) .....	3
4. Анализ результатов исследований .....	6
5. Вывод .....	14
6. Заключение .....	14
7. Контактные сведения о провайдере МСИ .....	14
8. Конфиденциальность .....	14

## ВВЕДЕНИЕ

Целью данных межлабораторных сличительных испытаний (МСИ) являлась оценка качества радиометрических видов контроля загрязненной поверхности.

В МСИ приняли участие 3 организации.

Проведение МСИ осуществлялось на договорной основе с организациями-участницами.

### 1. Определяемые показатели

Контролируемые в ходе проведения МСИ показатели, диапазон измерения и единицы измерения каждого показателя приведены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1 – Контролируемые показатели при проведении МСИ по радиометрическим видам контроля водных сред

Объект измерения	Определяемая характеристика	Диапазон измерений
Загрязненная поверхность	Поверхностная загрязненность $\alpha$ -излучающими радионуклидами	от 1 до 5000 част./мин $\times$ см <sup>2</sup>
Загрязненная поверхность	Поверхностная загрязненность $\beta$ -излучающими радионуклидами	от 10 до 5000 част./мин $\times$ см <sup>2</sup>
Загрязненная поверхность	Мощность амбиентного эквивалента дозы $\gamma$ -излучения	от 0,05 до 100 мкЗв/час

### 2. Образцы для контроля (ОК)

В качестве ОК для измерения поверхностной загрязненности альфа-излучающими радионуклидами был выбран источник альфа-активности, обеспечивающий внешнее альфа-излучение в тел. угле  $2\pi$  – в диапазоне от 2 до  $2 \times 10^4$  част/с. Источник альфа-излучения представляет из себя диск диаметром 15 см, с поверхностью, на которую электролитически нанесен раствор  $^{239}\text{Pu}$ .

Аттестованное значение ОК, используемого до 01.11.2021, и его абсолютная погрешность аттестованного значения составили  $(66 \pm 3)$  част./см<sup>2</sup>мин.

Аттестованное значение ОК, используемого с 01.11.2021, и его абсолютная погрешность аттестованного значения составили  $(67,8 \pm 4,1)$  част./см<sup>2</sup>мин.

В качестве ОК для измерения поверхностной загрязненности бета-излучающими радионуклидами был выбран источник бета-активности, обеспечивающий внешнее бета-излучение в тел. угле  $2\pi - 2 \cdot 2 \times 10^3$  част/с. Источник бета-излучения представляет собой алюминиевую пластину размером  $10 \times 16$  см<sup>2</sup> с поверхностью, на которую электролитически нанесен раствор радионуклидов  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ . В целях безопасности персонала поверхность источника закрыта тонкой алюминиевой фольгой.

Аттестованное значение ОК, используемого до 01.11.2021, и абсолютная погрешность аттестованного значения составили  $(74 \pm 3)$  част./см<sup>2</sup>мин.

Аттестованное значение ОК, используемого с 01.11.2021, и абсолютная погрешность аттестованного значения составили  $(107 \pm 6)$  част./см<sup>2</sup>мин.

Расчет аттестованных значений частиц и погрешности аттестованного значения проводился по формуле:

$$A_{\text{ОК}} = \frac{A_{\text{ист}} \cdot t}{S_{\text{ист}}}$$

где  $A_{\text{ист}}$  – аттестованное значение внешнего излучения в тел. угле  $2\pi$ .,

$t$  – время измерения, равное 60 с.,

$S_{\text{ист}}$  – площадь источника, см<sup>2</sup>.

Погрешность аттестованного значения ОК не превышает погрешности аттестованного значения источника, так как погрешности от измерений площади источников и времени, вносимые при расчете  $\Delta_{\text{ОК}}$ , не значимы.

Для измерений гамма-активности использовали однородное поле коллимированного пучка гамма-излучения на поверочной установке УПГД-2,

входящей в состав рабочего эталона 2 разряда, рег.№3.АЗЛ.0004.2015 (Свидетельство о поверке СП № 4/410-0424-20 до 07.02.2024 г). Относительная погрешность эталона при вероятности  $P=0,95$  составляет  $\pm 6\%$ . Для облучения дозиметров применялся входящий в эталон источник гамма-излучения с радионуклидом  $^{137}\text{Cs}$ . Облучение проводилось на переднем торце тканезквивалентного фантома.

Мощность индивидуального эквивалента дозы источника измеряли на расстоянии 0,5, 1,0 и 2,0 метра. Аттестованные значения и абсолютные погрешности ОК составили  $(1376\pm 83)$ ,  $(343\pm 21)$ ,  $(85\pm 5)$  мкЗв/час соответственно.

Прослеживаемость аттестованных значений к государственному первичному эталону была обеспечена применением эталонных мер активности посредством проведения процедур поверки средств измерений в соответствии с государственными поверочными схемами.

### 3. Методы (методики) измерений и испытаний

В перечень методик, которые были использованы при выполнении измерений, вошли:

- МУ 2.6.5.008-2016 Контроль радиационной обстановки. Общие требования;
- Методика радиационного контроля радиоизотопных приборов для применения в ПАО «НЛМК»;
- МУ 2.6.5.032-2017 Контроль радиоактивного загрязнения поверхностей;
- Дозиметр-радиометр ДКС-96. Руководство по эксплуатации ТЕ1.415313.003РЭ
- Дозиметры рентгеновского и гамма-излучения ДКС-АТ1121, ДКС-АТ1123. Руководство по эксплуатации ТИАЯ.412118.012 РЭ.

#### 4. Анализ результатов исследований

Оценка качества лабораторных измерений проводилась сравнением результата лаборатории с действительным значением ОК ( $A \pm \Delta_{OK}$ ). Для каждой лаборатории рассчитывалась величина ( $E_i$ ) (ГОСТ ISO/IEC 17043-2013) по формуле (1):

$$E_i = \frac{\bar{X}_i - A}{\sqrt{\Delta_{\bar{X}_i}^2 + \Delta_{OK}^2}} . \quad (1)$$

Если  $|E_i| \leq 1$ , результат  $i$ -той лаборатории считается удовлетворительным в границах заявленных погрешностей.

Если  $|E_i| > 1$ , результат  $i$ -той лаборатории считается неудовлетворительным.

Результаты расчета статистического критерия  $E_i$  при определении поверхностной загрязненности  $\alpha$ -излучающими радионуклидами, поверхностной загрязненности  $\beta$ -излучающими радионуклидами и мощности амбиентного эквивалента дозы  $\gamma$ -излучения представлены в таблицах 2-6..

Т а б л и ц а 2 – Результаты расчета статистического критерия при определении поверхностной загрязненности  $\alpha$ -излучающими радионуклидами

№ в отчете	Шифр	Аттестованное значение $A$ , част/см <sup>2</sup> *мин	Погрешность аттестованного значения $\Delta_A$ , част/см <sup>2</sup> *мин	Результат лаборатории $X$ , част/см <sup>2</sup> *мин	Погрешность результата лаборатории $\Delta_X$ , част/см <sup>2</sup> *мин	$E_i$	Итог
1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	66	3	55	14	0,77	Удовлетворительно
2	2	67,8	4,1	63,1	12,7	0,35	Удовлетворительно

Т а б л и ц а 3 – Результаты расчета статистического критерия при определении поверхностной загрязненности  $\beta$ -излучающими радионуклидами

№ в отчете	Шифр	Аттестованное значение $A$ , част/см <sup>2</sup> *мин	Погрешность аттестованного значения $\Delta A$ , част/см <sup>2</sup> *мин	Результат лаборатории $X$ , част/см <sup>2</sup> *мин	Погрешность результата лаборатории $\Delta X$ , част/см <sup>2</sup> *мин	$E_i$	Итог
1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	74	3	67	16	0,43	Удовлетворительно
2	2	107	6	105	21	0,09	Удовлетворительно

Т а б л и ц а 4 – Результаты расчета статистического критерия при определении мощности амбиентного эквивалента дозы  $\gamma$ -излучения на расстоянии 0,5 м.

№ в отчете	Шифр ОК	Аттестованное значение $A$ , мкЗв/час	Погрешность аттестованного значения $\Delta A$ , мкЗв/час	Результат лаборатории $X$ , мкЗв/час	Погрешность результата лаборатории $\Delta X$ , мкЗв/час	$E_i$	Итог
1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	1376	83	1210	184	0,82	Удовлетворительно
2	2	1376	83	1230	670,35	0,22	Удовлетворительно
3	3	1376	83	1306	261	0,23	Удовлетворительно
4	3	1376	83	1302	195	0,35	Удовлетворительно

Т а б л и ц а 5 – Результаты расчета статистического критерия при определении мощности амбиентного эквивалента дозы  $\gamma$ -излучения на расстоянии 1 м.

№ в отчете	Шифр ОК	Аттестованное значение $A$ , мкЗв/час	Погрешность аттестованного значения $\Delta A$ , мкЗв/час	Результат лаборатории $X$ , мкЗв/час	Погрешность результата лаборатории $\Delta X$ , мкЗв/час	$E_i$	Итог
1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	343	21	304	48	0,74	Удовлетворительно
2	2	343	21	310	168,95	0,19	Удовлетворительно
3	3	343	21	341,8	68,4	0,02	Удовлетворительно
4	3	343	21	350	53	0,12	Удовлетворительно

Т а б л и ц а 6 – Результаты расчета статистического критерия при определении мощности амбиентного эквивалента дозы  $\gamma$ -излучения на расстоянии 2 м.

№ в отчете	Шифр ОК	Аттестованное значение $A$ , мкЗв/час	Погрешность аттестованного значения $\Delta A$ , мкЗв/час	Результат лаборатории $X$ , мкЗв/час	Погрешность результата лаборатории $\Delta X$ , мкЗв/час	$E_i$	Итог
1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	85	5	78	14	0,47	Удовлетворительно
2	2	85	5	75	40,88	0,24	Удовлетворительно
3	3	85	5	84,6	16,9	0,02	Удовлетворительно
4	3	85	5	86,0	12,9	0,07	Удовлетворительно

На рисунках 1-5 представлены диаграммы, являющиеся графическим отображением оценки результата лаборатории по статистическому критерию.

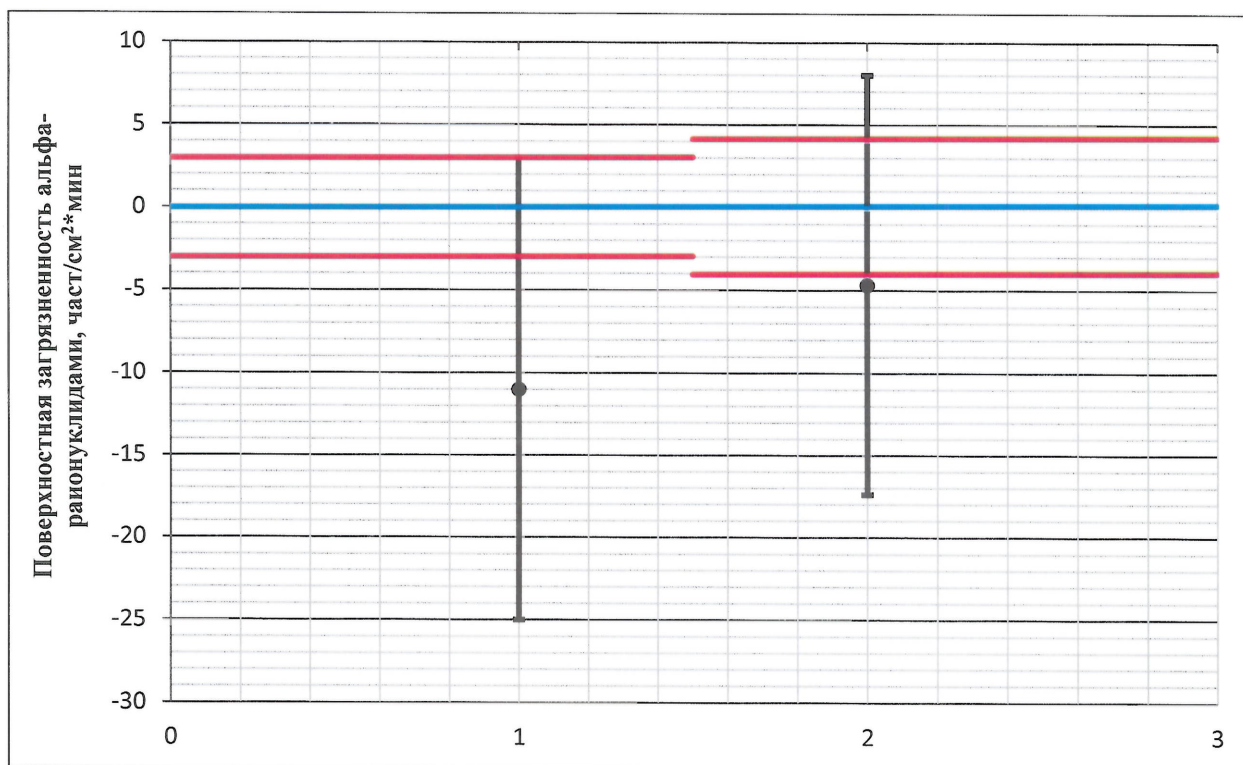


Рисунок 1 – Результаты определения поверхностной загрязненности  $\alpha$ -излучающими радионуклидами



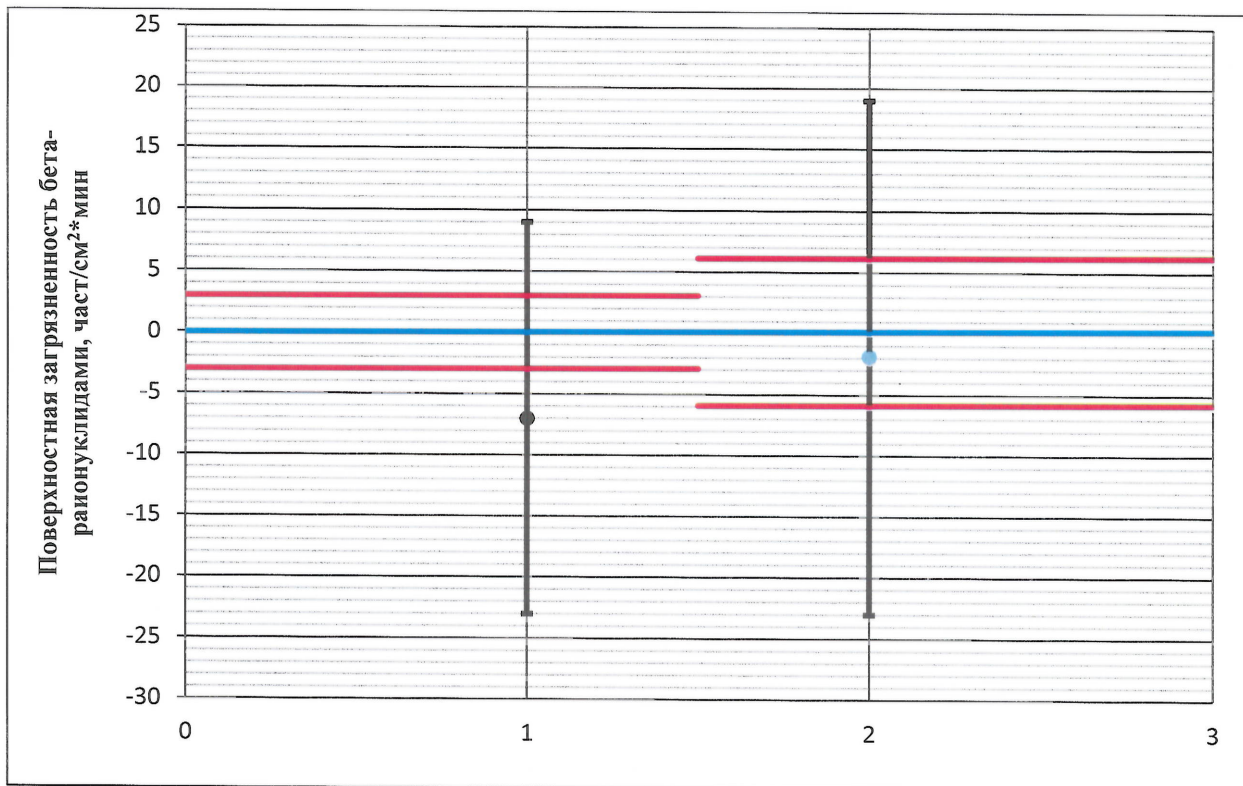


Рисунок 2 – Результаты определения поверхностной загрязненности  $\beta$ -излучающими радионуклидами

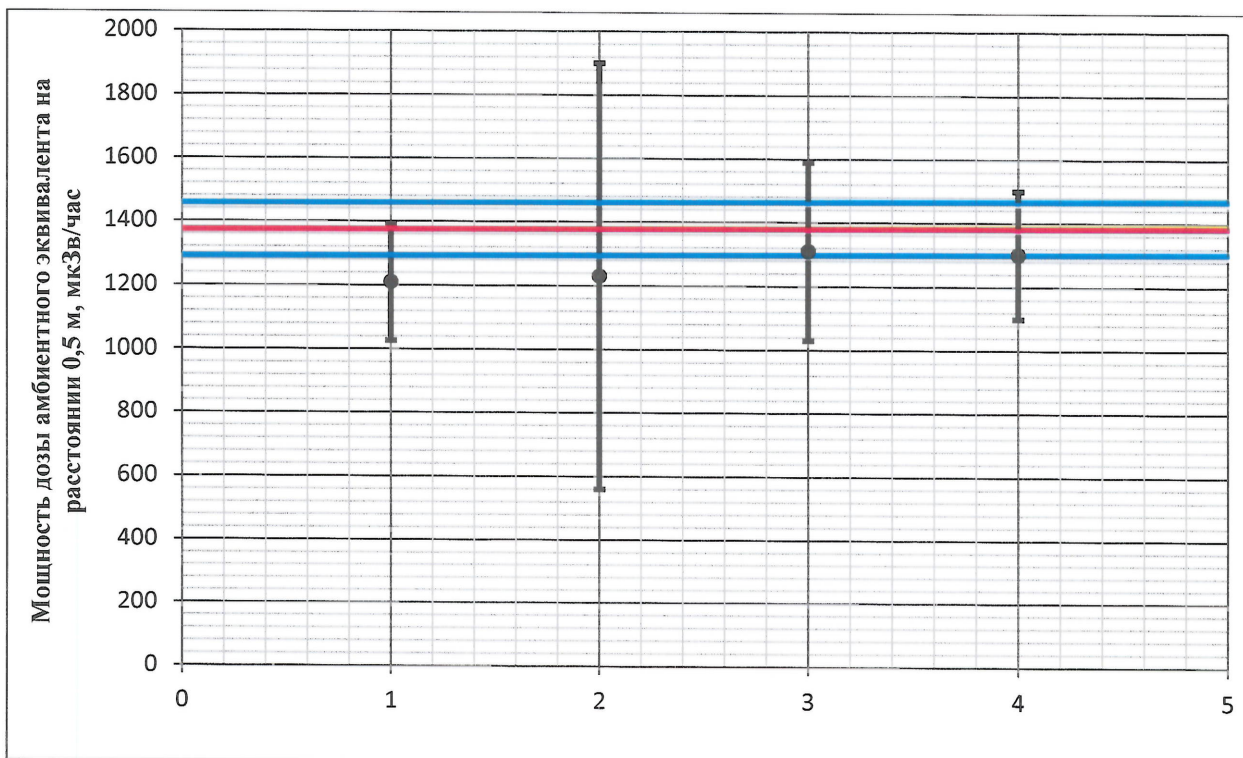


Рисунок 3 – Результаты определения мощности амбиентного эквивалента дозы  $\gamma$ -излучения на расстоянии 0,5 м.

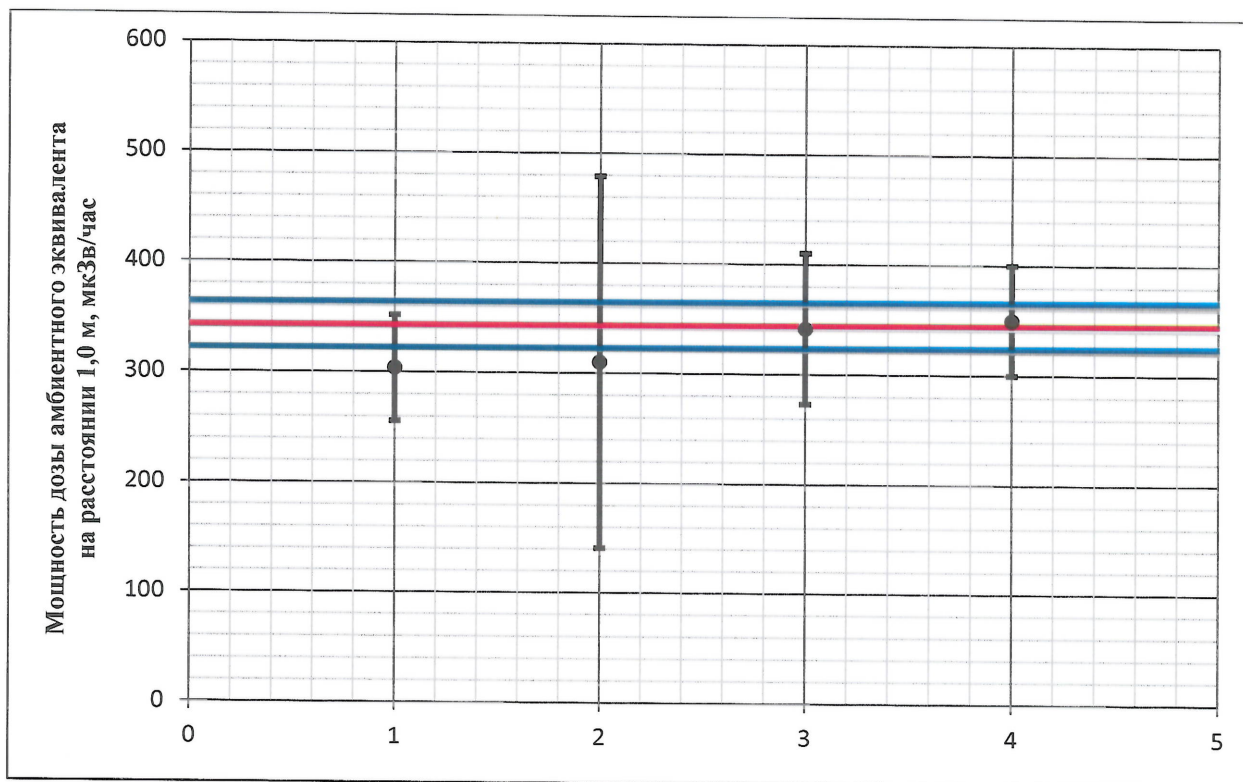


Рисунок 4 – Результаты определения мощности амбиентного эквивалента дозы  $\gamma$ -излучения на расстоянии 1,0 м.

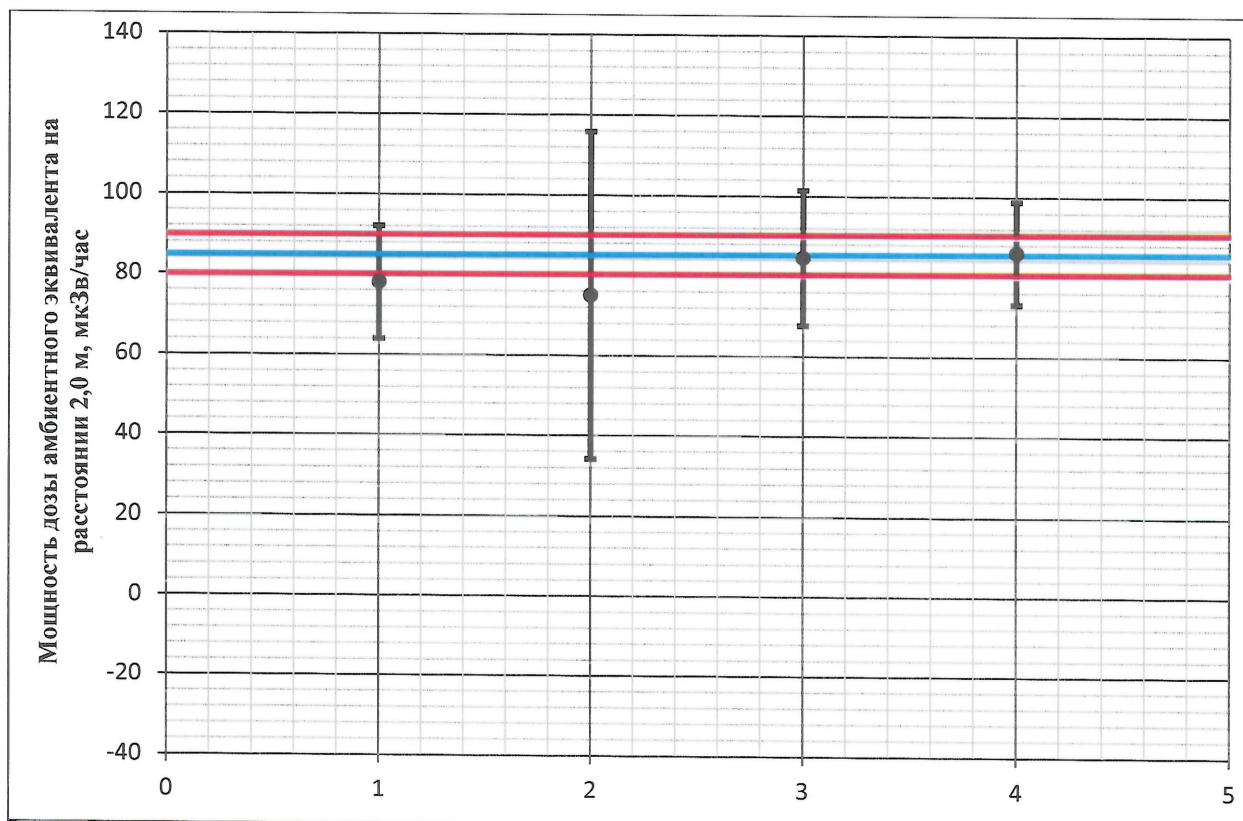


Рисунок 5 – Результаты определения мощности амбиентного эквивалента дозы  $\gamma$ -излучения на расстоянии 2,0 м.

На диаграммах каждый результат представлен с указанием границ погрешности измерения, указанной лабораторией.

Центральной линией на диаграммах обозначено аттестованное значение ОК, интервал ограниченный красными линиями – границы погрешности аттестованного значения ОК.

Результаты измерений, погрешности которых имеют пересечения с границами погрешности ОК и удовлетворяют значению статистического критерия  $E_i \leq 1$ , считаются удовлетворительными в границах заявленных погрешностей.

Из представленных результатов видно, что все лаборатории, участвующие в МСИ, предоставили удовлетворительные результаты измерений.

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 (2):

$$Z = \frac{X-A}{\sigma(\Delta_d)}, \quad (2)$$

где X – результат измерений;

A – аттестованное значение ОК для определяемого показателя;

$\sigma(\Delta_d)$  – среднее квадратическое отклонение погрешности, установленной для методики измерений, равное  $\Delta/1,96$  (РМГ-103-2010 ГСИ).

Заключение о качестве результатов измерений контролируемого объекта по каждому определяемому показателю делали на основе сравнения значения  $|Z|$  с установленными нормативами контроля:

– 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 суммарной удельной активности альфа-, бета-излучающих радионуклидов и удельной активности гамма-излучающих радионуклидов в водных средах представлены в таблицах 7-11.

Т а б л и ц а 7 – Результаты расчета Z-индекса при определении поверхностной загрязненности  $\alpha$ -излучающими радионуклидами

№ в отчете	Шифр	Аттестованное значение $A$ , част/см <sup>2</sup> *мин	Погрешность аттестованного значения $\Delta A$ , част/см <sup>2</sup> *мин	Результат лаборатории X, част/см <sup>2</sup> *мин	Погрешность результата лаборатории $\Delta x$ , част/см <sup>2</sup> *мин	$Z_i$	Итог
1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	66	3	55	14	1,54	Удовлетворительно
2	2	67,8	4,1	63,1	12,7	0,73	Удовлетворительно

Т а б л и ц а 8 – Результаты расчета Z-индекса при определении поверхностной загрязненности  $\beta$ -излучающими радионуклидами

№ в отчете	Шифр	Аттестованное значение $A$ , част/см <sup>2</sup> *мин	Погрешность аттестованного значения $\Delta A$ , част/см <sup>2</sup> *мин	Результат лаборатории X, част/см <sup>2</sup> *мин	Погрешность результата лаборатории $\Delta x$ , част/см <sup>2</sup> *мин	$Z_i$	Итог
1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	74	3	67	16	0,86	Удовлетворительно
2	2	107	6	105	21	0,19	Удовлетворительно

Т а б л и ц а 9 – Результаты расчета Z-индекса при определении мощности амбиентного эквивалента дозы  $\gamma$ -излучения на расстоянии 0,5 м.

№ в отчете	Шифр ОК	Аттестованное значение $A$ , мкЗв/час	Погрешность аттестованного значения $\Delta A$ , мкЗв/час	Результат лаборатории $X$ , мкЗв/час	Погрешность результата лаборатории $\Delta X$ , мкЗв/час	$Z_i$	Итог
1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	1376	83	1210	184	1,77	Удовлетворительно
2	2	1376	83	1230	670,35	0,43	Удовлетворительно
3	3	1376	83	1306	261	0,53	Удовлетворительно
4	3	1376	83	1302	195	0,74	Удовлетворительно

Т а б л и ц а 10 – Результаты расчета Z-индекса при определении мощности амбиентного эквивалента дозы  $\gamma$ -излучения на расстоянии 1 м.

№ в отчете	Шифр ОК	Аттестованное значение $A$ , мкЗв/час	Погрешность аттестованного значения $\Delta A$ , мкЗв/час	Результат лаборатории $X$ , мкЗв/час	Погрешность результата лаборатории $\Delta X$ , мкЗв/час	$Z_i$	Итог
1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	343	21	304	48	1,59	Удовлетворительно
2	2	343	21	310	168,95	0,38	Удовлетворительно
3	3	343	21	341,8	68,4	0,03	Удовлетворительно
4	3	343	21	350	53	0,26	Удовлетворительно

Т а б л и ц а 11 – Результаты расчета Z-индекса при определении мощности амбиентного эквивалента дозы  $\gamma$ -излучения на расстоянии 2 м.

№ в отчете	Шифр ОК	Аттестованное значение $A$ , мкЗв/час	Погрешность аттестованного значения $\Delta A$ , мкЗв/час	Результат лаборатории $X$ , мкЗв/час	Погрешность результата лаборатории $\Delta X$ , мкЗв/час	$Z_i$	Итог
1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	85	5	78	14	0,98	Удовлетворительно
2	2	85	5	75	40,88	0,48	Удовлетворительно
3	3	85	5	84,6	16,9	0,05	Удовлетворительно
4	3	85	5	86,0	12,9	0,15	Удовлетворительно

Значения Z-индекса коррелируют со значениями статистического критерия (таблицы 2-6).

## **5. Вывод**

Все лаборатории, участвующие в МСИ, предоставили удовлетворительные результаты измерений поверхностной загрязненности  $\alpha$ -излучающими радионуклидами, поверхностной загрязненности  $\beta$ -излучающими радионуклидами, мощности амбиентного эквивалента дозы  $\gamma$ -излучения на расстоянии 0,5, 1, и 2 м.

## **6. Заключение**

По результатам проведенных межлабораторных сличительных испытаний, всем участникам было выдано свидетельство об участии. Все свидетельства в качестве приложения содержат заключение с результатами измерений (испытаний) с указанием критериев их оценки.

## **7. Контактные сведения о провайдере МСИ**

Провайдер МСИ (АО «ВНИИНМ»), аккредитованный в национальной системе аккредитации (Аттестат аккредитации RA.RU.430166 от 24.10.2016).;

123060, Москва, а/я 369, 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.

## **8. Конфиденциальность**

Конфиденциальность обеспечивается в соответствии с РК-505-3-2021, разработанным Провайдером МСИ. На основании РК полная информация о результатах проведенной Программы предоставляется только заказчику.

Идентичность участников МСИ является строго конфиденциальной информацией и известна только ограниченному числу лиц, принимавших участие в организации МСИ (директор отделения, начальник структурного подразделения, проводящего МСИ и координатор МСИ).

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

И.М. Максимова

Ведущий инженер-технолог лаборатории  
метрологического обеспечения  
аналитического контроля

Е.Е. Лебенкова

Начальник отдела КИПиА

Н.Г. Шепотинник