

ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ «РОСАТОМ»  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
«ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
НЕОРГАНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ИМЕНИ АКАДЕМИКА А.А. БОЧВАРА»  
(АО «ВНИИНМ»)



УТВЕРЖДАЮ

Руководитель Провайдера МСИ

В.Б. Горшков

2024 г.

ОТЧЕТ №532/1031-2024

О ПРОВЕДЕНИИ МЕЖЛАБОРАТОРНЫХ СЛИЧИТЕЛЬНЫХ  
ИСПЫТАНИЙ ПО КОНТРОЛЮ КАЧЕСТВА ИЗМЕРЕНИЙ  
РАДИОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВОДНЫХ СРЕД В РАМКАХ  
РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

П.МСИ.РЭМВС-532/049-2023

Москва 2024

## Содержание

Введение .....	3
1 Определяемые параметры (показатели).....	3
2 Образцы для проверки квалификации.....	3
3 Методы (методики) измерений .....	6
4 Анализ результатов измерений .....	6
5 Выводы и рекомендации .....	31
6 Контактные сведения о Провайдере МСИ.....	32
7 Конфиденциальность .....	33

## Введение

Проведены межлабораторные сличительные испытания (МСИ) по контролю качества измерений удельной активности альфа-, бета- и гамма-излучающих радионуклидов в водных средах.

Всего в МСИ приняли участие 74 измерительные (испытательные) лаборатории (ИЛ).

### 1 Определяемые параметры (показатели)

Определяемые параметры (показатели) описаны в таблице 1.

Таблица 1 – Определяемые параметры (показатели)

№ п/п	Контролируемый параметр	Диапазон измерений
1	Удельная активность альфа- излучающих радионуклидов водных средах $^{239}\text{Pu}+^{240}\text{Pu}$	2,0 – 20,0 Бк/кг
2	Удельная активность альфа- излучающих радионуклидов водных средах (изотопы урана)	2,0 – 20,0 Бк/кг
3	Удельная активность бета- излучающих радионуклидов в водных средах ( $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ )	5,0-50,0 Бк/кг
4	Удельная активность гамма- излучающих радионуклидов в водных средах ( $^{137}\text{Cs}$ )*	10,0-100,0 Бк/кг

### 2 Образцы для проверки квалификации

В качестве материала образцов для проверки квалификации (ОК) были выбраны пробы водных растворов, содержащих один радионуклид или смесь радионуклидов.

В зависимости от вида измерений проба могла содержать:

- альфа- излучающие радионуклиды  $^{239}\text{Pu}+^{240}\text{Pu}$ ;
- альфа- излучающие радионуклиды (изотопы урана);

\* Здесь и далее – показатель находится вне области аккредитации Провайдера МСИ



- альфа- излучающие радионуклиды (изотопы урана);
- бета- излучающие радионуклиды  $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ ;
- гамма- излучающий радионуклид  $^{137}\text{Cs}^*$ .

В качестве исходного материала для изготовления ОК удельной активности альфа-излучающих радионуклидов был использован эталонный радионуклидный раствор нитрата плутония-239 ( $^{239}\text{Pu}$ ). Данный эталонный раствор был выбран в связи с тем, что  $^{239}\text{Pu}$  и  $^{240}\text{Pu}$  спектрометрическим методом практически неразличимы. Мода излучения альфа-распада  $^{240}\text{Pu}$  имеет энергию 5168,32 кэВ при интенсивности 72,76 %. Для  $^{239}\text{Pu}$  мода излучения альфа-распада составляет 5156,59 кэВ при интенсивности 70,77 %. Также раствор  $^{239}\text{Pu}$  в любом случае содержит некоторое количество  $^{240}\text{Pu}$ , учитываемое при оценке радионуклидной чистоты раствора.

В качестве исходного материала для изготовления ОК удельной активности альфа-излучающих радионуклидов был использован стандартный образец утвержденного типа (ГСО 8363-2003), представляющий из себя мелкодисперсный порошок закиси-окиси урана.

В качестве исходного материала для изготовления ОК удельной активности бета-излучающих радионуклидов был использован эталонный радионуклидный раствор нитрата стронция-90 и иттрия-90 ( $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ ).

В качестве исходного материала для изготовления ОК удельной активности гамма-излучающих радионуклидов был использован эталонный радионуклидный раствор хлорида цезия-137 ( $^{137}\text{Cs}$ )\*.

Для аттестации ОК использован расчетно-экспериментальный способ аттестации согласно МИ 1992-98 «Государственная система единства измерений. Метрологическая аттестация стандартных образцов состава веществ и материалов по процедуре приготовления. Основные положения».

Информация о разработке и аттестации ОК содержится в аналитическом отчете № 532/972-2023.

В рамках Программы МСИ были использованы:



- ОК удельной активности альфа-излучающих радионуклидов ( $OK_{Pu-239+Pu-240}$ ) с приписанным значением  $(9,7 \pm 0,7)$  Бк/кг;

- ОК удельной активности альфа-излучающих радионуклидов ( $OK_U$ ) с приписанным значением  $(12,6 \pm 1,2)$  Бк/кг;

- ОК удельной активности бета-излучающих радионуклидов ( $OK_{Sr-90+Y-90}$ ) с приписанным значением  $(42,6 \pm 3,5)$  Бк/кг, с учетом радиоактивного распада  $(42,6 \pm 3,6)$  Бк/кг;

- ОК удельной активности гамма-излучающих радионуклидов ( $OK_{Cs-137}$ ) с приписанным значением  $(40,0 \pm 2,2)$  Бк/кг, с учетом радиоактивного распада  $(40,0 \pm 2,4)$  Бк/кг\*.

Полученные ОК являются однородными, так как изготовлены из одного раствора. Однородность также обеспечивается процедурой перемешивания раствора на разных этапах приготовления.

Стабильность приписанного значения ОК обеспечена учетом распада используемых радионуклидов за время проведения МСИ. Адсорбция радионуклида на стенках тары предотвращается использованием растворов кислоты.

Прослеживаемость приписанного значения ОК удельной активности альфа-излучающих радионуклидов ( $^{239}Pu+^{240}Pu$ ), удельной активности бета-излучающих радионуклидов ( $^{90}Sr+^{90}Y$ ), ОК удельной активности гамма-излучающих радионуклидов ( $^{137}Cs$ )\* к Государственному первичному эталону единицы активности радионуклидов, удельной активности радионуклидов, потока альфа-, бета-частиц и фотонов радионуклидных источников ГЭТ 6-2016 обеспечивается согласно государственной поверочной схеме по ГОСТ 8.033-2023, применением эталонных радионуклидных растворов, калиброванных мер вместимости и поверенных средств измерений. Прослеживаемость приписанного значения ОК удельной активности альфа-излучающих радионуклидов ( $^{235}U+^{238}U$ ) к ГЭТ 6-2016 обеспечивается изготовлением из стандартного образца утвержденного типа с применением

калиброванных мер вместимости, аттестованных методик измерений и поверенных средств измерений.

Растворы дозировались аликвотами по 2,5 см<sup>3</sup> в полипропиленовые пробирки. Пробирки плотно закрывались пробками. На каждую пробирку наклеивалась этикетка, содержащая шифр образца.

Полученные ОК были упакованы в пластиковые пакеты, снабжены заданиями на измерения, чек-листами о получении ОК и направлены с сопроводительными письмами ИЛ.

### 3 Методы (методики) измерений

Измерения удельной активности альфа-излучающих радионуклидов (<sup>239</sup>Pu+<sup>240</sup>Pu), удельной активности альфа-излучающих радионуклидов (изотопов урана), удельной активности бета-излучающих радионуклидов (<sup>90</sup>Sr+<sup>90</sup>Y) и удельной активности гамма-излучающих радионуклидов (<sup>137</sup>Cs)\* осуществлялись спектрометрическим и радиометрическим методами.

### 4 Анализ результатов измерений

Обработка полученных результатов измерений производилась в соответствии с требованиями и с использованием алгоритмов, описанных в ГОСТ Р 50779.60-2017.

Для каждой лаборатории рассчитывалась величина критерия ( $E_n$ ) по формуле:

$$(E_n)_i = \frac{x - X_i}{\sqrt{U_x^2 + U_X^2}}, \quad (1)$$

где  $X_i$  – результат измерения  $i$ -ой лаборатории;

$x$  – приписанное значение ОК;



$U_x$  – заявленное  $i$ -й лабораторией значение расширенной неопределенности результата измерения, соответствующее погрешности результата при доверительной вероятности  $P=0,95$ ;

$U_x$  – расширенная неопределенность приписанного значения ОК, соответствующая погрешности результата при доверительной вероятности  $P=0,95$ .

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

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

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  $\Delta/2$  (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 расчетов статистического критерия и Z-индекса для результатов измерений удельной активности радионуклидов представлены в таблицах 2-9.

Таблица 2 – Анализ результатов измерения удельной активности альфа-излучающих радионуклидов ( $^{239}\text{Pu}+^{240}\text{Pu}$ ) по статистическому критерию

№ п/п	Шифр образца	Шифр лаборатории	Приписанное значение ОК, Бк/кг	Расширенная неопределенность приписанного значения ОК, Бк/кг	Результат измерения лаборатории, Бк/кг	Погрешность (неопределенность) лаборатории, Бк/кг	$E_n$	Вывод по $E_n$
1	24	1	9,7	0,7	7,3	1,8	1,24	неудовлетворительно
2	38	2	9,7	0,7	3,89	0,40	7,21	неудовлетворительно
3	26	3	9,7	0,7	2,91	1,45	4,22	неудовлетворительно
4	26		9,7	0,7	3,04	2,02	3,12	неудовлетворительно
5	14	4	9,7	0,7	4,9	1,2	3,46	неудовлетворительно
6	17	5	9,7	0,7	6,7	1,7	1,63	неудовлетворительно
7	20		9,7	0,7	10,3	3,8	0,16	удовлетворительно
8	3	6	9,7	0,7	2,1	0,6	8,24	неудовлетворительно
9	5		9,7	0,7	6,7	2,0	1,42	неудовлетворительно
10	11	7	9,7	0,7	7,0	3,5	0,76	удовлетворительно
11	37		9,7	0,7	6,2	3,1	1,10	неудовлетворительно
12	21	8	9,7	0,7	7,2	2,2	1,08	неудовлетворительно
13	21		9,7	0,7	8,0	2,3	0,71	удовлетворительно
14	27		9,7	0,7	6,8	1,9	1,43	неудовлетворительно
15	27		9,7	0,7	7,3	2,0	1,13	неудовлетворительно
16	6	9	9,7	0,7	8,7	3,9	0,25	удовлетворительно
17	6		9,7	0,7	8,7	1,7	0,54	удовлетворительно
18	8		9,7	0,7	8,0	3,6	0,46	удовлетворительно
19	8		9,7	0,7	8,6	1,6	0,63	удовлетворительно
20	2	10	9,7	0,7	9,25	2,22	0,19	удовлетворительно
21	4		9,7	0,7	9,04	2,18	0,29	удовлетворительно
22	32	11	9,7	0,7	9,7	1,5	0,0	удовлетворительно
23	32		9,7	0,7	9,0	3,0	0,23	удовлетворительно
24	10	12	9,7	0,7	10,9	2,8	0,42	удовлетворительно

№ п/п	Шифр образца	Шифр лаборатории	Приписанное значение ОК, Бк/кг	Расширенная неопределенность приписанного значения ОК, Бк/кг	Результат измерения лаборатории, Бк/кг	Погрешность (неопределенность) лаборатории, Бк/кг	$E_n$	Вывод по $E_n$
25	10		9,7	0,7	9,6	1,5	0,060	удовлетворительно
26	1	13	9,7	0,7	8,1	1,62	0,91	удовлетворительно
27	25	14	9,7	0,7	9,28	3,71	0,11	удовлетворительно
28	25		9,7	0,7	7,07	2,12	1,18	неудовлетворительно
29	7	15	9,7	0,7	9,5	1,9	0,10	удовлетворительно
30	40	16	9,7	0,7	9,7	1,4	0,0	удовлетворительно
31	13	17	9,7	0,7	7,2	1,1	1,92	неудовлетворительно
32	19		9,7	0,7	6,7	1,0	2,46	неудовлетворительно
33	31	18	9,7	0,7	7	2	1,27	неудовлетворительно
34	33	19	9,7	0,7	2,30	0,50	8,60	неудовлетворительно
35	36		9,7	0,7	2,60	0,55	7,98	неудовлетворительно
36	28	20	9,7	0,7	8,20	2,50	0,58	удовлетворительно
37	12	21	9,7	0,7	6,1	1,6	2,06	неудовлетворительно
38	15		9,7	0,7	7,4	2,0	1,09	неудовлетворительно
39	46	22	9,7	0,7	5,9	1,4	2,43	неудовлетворительно
40	16	23	9,7	0,7	7,76	2,33	0,80	удовлетворительно
41	39	24	9,7	0,7	9,1	1,7	0,33	удовлетворительно
42	43	25	9,7	0,7	9,70	0,22	0,0	удовлетворительно
43	34	26	9,7	0,7	7,6	2,5	0,81	удовлетворительно
44	10	27	9,7	0,7	10,07		0,53	удовлетворительно
45	23	28	9,7	0,7	9,2	1,6	0,29	удовлетворительно

По измерениям удельной активности альфа-излучающих радионуклидов ( $^{239}\text{Pu}+^{240}\text{Pu}$ ) представлено 45 результатов измерений, из которых удовлетворительных по статистическому критерию  $E_n$  – 24 (53 %).



Таблица 3 – Анализ результатов измерения удельной активности альфа-излучающих радионуклидов ( $^{239}\text{Pu}+^{240}\text{Pu}$ ) по Z-индексу

№ п/п	Шифр образца	Шифр лаборатории	Приписанное значение ОК, Бк/кг	Расширенная неопределенность приписанного значения ОК, Бк/кг	Результат измерения лаборатории, Бк/кг	Погрешность (неопределенность) лаборатории, Бк/кг	Z	Вывод по Z
1	24	1	9,7	0,7	7,3	1,8	2,67	сомнительно
2	38	2	9,7	0,7	3,89	0,40	29,05	неудовлетворительно
3	26	3	9,7	0,7	2,91	1,45	9,37	неудовлетворительно
4	26		9,7	0,7	3,04	2,02	6,59	неудовлетворительно
5	14	4	9,7	0,7	4,9	1,2	8,00	неудовлетворительно
6	17	5	9,7	0,7	6,7	1,7	3,53	неудовлетворительно
7	20		9,7	0,7	10,3	3,8	0,32	удовлетворительно
8	3	6	9,7	0,7	2,1	0,6	25,33	неудовлетворительно
9	5		9,7	0,7	6,7	2,0	3,00	сомнительно
10	11	7	9,7	0,7	7,0	3,5	1,54	удовлетворительно
11	37		9,7	0,7	6,2	3,1	2,26	сомнительно
12	21	8	9,7	0,7	7,2	2,2	2,27	сомнительно
13	21		9,7	0,7	8,0	2,3	1,48	удовлетворительно
14	27		9,7	0,7	6,8	1,9	3,05	неудовлетворительно
15	27		9,7	0,7	7,3	2,0	2,40	сомнительно
16	6	9	9,7	0,7	8,7	3,9	0,51	удовлетворительно
17	6		9,7	0,7	8,7	1,7	1,18	удовлетворительно
18	8		9,7	0,7	8,0	3,6	0,94	удовлетворительно
19	8		9,7	0,7	8,6	1,6	1,38	удовлетворительно
20	2	10	9,7	0,7	9,25	2,22	0,41	удовлетворительно
21	4		9,7	0,7	9,04	2,18	0,61	удовлетворительно
22	32	11	9,7	0,7	9,7	1,5	0,0	удовлетворительно
23	32		9,7	0,7	9,0	3,0	0,47	удовлетворительно
24	10	12	9,7	0,7	10,9	2,8	0,86	удовлетворительно
25	10		9,7	0,7	9,6	1,5	0,13	удовлетворительно
26	1	13	9,7	0,7	8,1	1,62	1,98	удовлетворительно
27	25	14	9,7	0,7	9,28	3,71	0,23	удовлетворительно
28	25		9,7	0,7	7,07	2,12	2,48	сомнительно
29	7	15	9,7	0,7	9,5	1,9	0,21	удовлетворительно
30	40	16	9,7	0,7	9,7	1,4	0,0	удовлетворительно
31	13	17	9,7	0,7	7,2	1,1	4,55	неудовлетворительно
32	19		9,7	0,7	6,7	1,0	6,00	неудовлетворительно
33	31	18	9,7	0,7	7	2	2,70	сомнительно
34	33	19	9,7	0,7	2,30	0,50	29,60	неудовлетворительно
35	36		9,7	0,7	2,60	0,55	25,82	неудовлетворительно
36	28	20	9,7	0,7	8,20	2,50	1,20	удовлетворительно



№ п/п	Шифр образца	Шифр лаборатории	Приписанное значение ОК, Бк/кг	Расширенная неопределенность приписанного значения ОК, Бк/кг	Результат измерения лаборатории, Бк/кг	Погрешность (неопределенность) лаборатории, Бк/кг	Z	Вывод по Z
37	12	21	9,7	0,7	6,1	1,6	4,50	неудовлетворительно
38	15		9,7	0,7	7,4	2,0	2,30	сомнительно
39	46	22	9,7	0,7	5,9	1,4	5,43	неудовлетворительно
40	16	23	9,7	0,7	7,76	2,33	1,67	удовлетворительно
41	39	24	9,7	0,7	9,1	1,7	0,71	удовлетворительно
42	43	25	9,7	0,7	9,70	0,22	0,0	удовлетворительно
43	34	26	9,7	0,7	7,6	2,5	1,68	удовлетворительно
44	10	27	9,7	0,7	10,07		-	-
45	23	28	9,7	0,7	9,2	1,6	0,63	удовлетворительно

По п. 44 рассчитать Z-индекс не представляется возможным, так как измеритель представил результат измерений без погрешности в абсолютном виде.

По анализу Z-индексов результатов измерений удельной активности альфа-излучающих радионуклидов ( $^{239}\text{Pu}+^{240}\text{Pu}$ ) выявлено 23 (51 %) удовлетворительных и 8 (18 %) сомнительных результатов.

Таблица 4 – Анализ результатов измерения удельной активности альфа-излучающих радионуклидов (изотопы урана) по статистическому критерию

№ п/п	Шифр образца	Шифр лаборатории	Приписанное значение ОК, Бк/кг	Расширенная неопределенность приписанного значения ОК, Бк/кг	Результат измерения лаборатории, Бк/кг	Погрешность (неопределенность) лаборатории, Бк/кг	Z	Вывод по Z
1	30	1	12,6	1,2	7,6	2,1	2,07	неудовлетворительно
2	15	2	12,6	1,2	13,3	3,3	0,20	удовлетворительно
3	29		12,6	1,2	13,9	5,2	0,24	удовлетворительно
4	5	3	12,6	1,2	11,2	3,4	0,39	удовлетворительно
5	13		12,6	1,2	9,3	2,8	1,08	неудовлетворительно
6	12	4	12,6	1,2	12,4	2,0	0,086	удовлетворительно
7	51	5	12,6	1,2	13,6	1,9	0,44	удовлетворительно

8	27	6	12,6	1,2	11,0	3,0	0,50	удовлетворительно
9	37		12,6	1,2	12,0	3,0	0,19	удовлетворительно
10	18	7	12,6	1,2	13,0	2,0	0,17	удовлетворительно
11	10	8	12,6	1,2	8,9	2,3	1,43	неудовлетворительно
12	4	9	12,6	1,2	8,95	2,15	1,48	неудовлетворительно
13	39		12,6	1,2	9,53	2,29	1,19	неудовлетворительно
14	9	10	12,6	1,2	6,52	1,22	3,55	неудовлетворительно
15	32	11	12,6	1,2	11,90	1,34	0,39	удовлетворительно
16	57	12	12,6	1,2	12,00	2,40	0,22	удовлетворительно
17	58		12,6	1,2	11,00	2,20	0,64	удовлетворительно
18	43	13	12,6	1,2	10,36	4,14	0,52	удовлетворительно
19	43		12,6	1,2	15,36	4,61	0,58	удовлетворительно
20	7	14	12,6	1,2	6,6	1,0	3,84	неудовлетворительно
21	7		12,6	1,2	6,7	1,0	3,78	неудовлетворительно
22	14		12,6	1,2	7,2	1,1	3,32	неудовлетворительно
23	14		12,6	1,2	7,6	1,1	3,07	неудовлетворительно
24	19		12,6	1,2	7,2	1,1	3,32	неудовлетворительно
25	19		12,6	1,2	6,4	1,0	3,97	неудовлетворительно
26	38		12,6	1,2	7,2	1,1	3,32	неудовлетворительно
27	38		12,6	1,2	7,0	1,1	3,44	неудовлетворительно
28	42		12,6	1,2	7,6	1,1	3,07	неудовлетворительно
29	42		12,6	1,2	7,8	1,2	2,83	неудовлетворительно
30	46		12,6	1,2	7,2	1,1	3,32	неудовлетворительно
31	46		12,6	1,2	7,0	1,1	3,44	неудовлетворительно
32	47		12,6	1,2	6,1	0,9	4,33	неудовлетворительно
33	47		12,6	1,2	5,2	0,8	5,13	неудовлетворительно
34	49		12,6	1,2	7,2	1,1	3,32	неудовлетворительно
35	49		12,6	1,2	6,7	1	3,78	неудовлетворительно
36	2	15	12,6	1,2	11	4	0,38	удовлетворительно
37	16	16	12,6	1,2	11,1	1,9	0,67	удовлетворительно
38	6	17	12,6	1,2	15,3	4,5	0,58	удовлетворительно
39	6		12,6	1,2	14	5	0,27	удовлетворительно
40	24		12,6	1,2	15	5	0,47	удовлетворительно
41	24		12,6	1,2	14	6	0,23	удовлетворительно
42	26		12,6	1,2	14,5	4,5	0,41	удовлетворительно
43	26		12,6	1,2	12,0	4,0	0,14	удовлетворительно
44	31		12,6	1,2	12,0	4,0	0,14	удовлетворительно
45	31		12,6	1,2	13,6	4,0	0,24	удовлетворительно
46	3	18	12,6	1,2	9,30	3,26	0,95	удовлетворительно
47	3		12,6	1,2	9,29	3,25	0,96	удовлетворительно
48	3		12,6	1,2	9,94	3,23	0,77	удовлетворительно
49	3		12,6	1,2	10,37	3,64	0,58	удовлетворительно
50	44		12,6	1,2	10,34	3,62	0,59	удовлетворительно



№ п/п	Шифр образца	Шифр лаборатории	Приписанное значение ОК, Бк/кг	Расширенная неопределенность приписанного значения ОК, Бк/кг	Результат измерения лаборатории, Бк/кг	Погрешность (неопределенность) лаборатории, Бк/кг	Z	Вывод по Z
51	44		12,6	1,2	9,94	3,48	0,72	удовлетворительно
52	44		12,6	1,2	9,94	3,23	0,77	удовлетворительно
53	44		12,6	1,2	11,22	3,92	0,34	удовлетворительно
54	48	19	12,6	1,2	12,9	3,3	0,085	удовлетворительно
55	21	20	12,6	1,2	14,1	3,5	0,41	удовлетворительно
56	28		12,6	1,2	15,7	3,8	0,78	удовлетворительно
57	11	21	12,6	1,2	11,08	2,77	0,50	удовлетворительно
58	22		12,6	1,2	11,93	2,98	0,21	удовлетворительно
59	40	22	12,6	1,2	17	5,0	0,86	удовлетворительно
60	40		12,6	1,2	16	5,0	0,66	удовлетворительно
61	41		12,6	1,2	17	5,0	0,86	удовлетворительно
62	41		12,6	1,2	16	5,0	0,66	удовлетворительно
63	20	23	12,6	1,2	12,46	1,15	0,084	удовлетворительно
64	25	24	12,6	1,2	8,6	2,8	1,31	неудовлетворительно
65	35	25	12,6	1,2	8,7	1,6	1,95	неудовлетворительно
66	36	26	12,6	1,2	13,1	2,6	0,17	удовлетворительно

По измерениям удельной активности альфа-излучающих радионуклидов (изотопов урана) представлено 66 результатов измерений, из которых удовлетворительных по статистическому критерию  $E_n$  – 42 (68 %).

Таблица 5 – Анализ результатов измерения удельной активности альфа-излучающих радионуклидов (изотопов урана) по Z-индексу

№ п/п	Шифр образца	Шифр лаборатории	Приписанное значение ОК, Бк/кг	Расширенная неопределенность приписанного значения ОК, Бк/кг	Результат измерения лаборатории, Бк/кг	Погрешность (неопределенность) лаборатории, Бк/кг	Z	Вывод по Z
1	30	1	12,6	1,2	7,6	2,1	4,76	неудовлетворительно
2	15	2	12,6	1,2	13,3	3,3	0,42	удовлетворительно
3	29		12,6	1,2	13,9	5,2	0,50	удовлетворительно
4	5	3	12,6	1,2	11,2	3,4	0,82	удовлетворительно
5	13		12,6	1,2	9,3	2,8	2,36	сомнительно
6	12	4	12,6	1,2	12,4	2,0	0,20	удовлетворительно



№ п/п	Шифр образца	Шифр лаборатории	Приписанное значение ОК, Бк/кг	Расширенная неопределенность приписанного значения ОК, Бк/кг	Результат измерения лаборатории, Бк/кг	Погрешность (неопределенность) лаборатории, Бк/кг	Z	Вывод по Z
7	51	5	12,6	1,2	13,6	1,9	1,05	удовлетворительно
8	27	6	12,6	1,2	11,0	3,0	1,07	удовлетворительно
9	37		12,6	1,2	12,0	3,0	0,40	удовлетворительно
10	18	7	12,6	1,2	13,0	2,0	0,40	удовлетворительно
11	10	8	12,6	1,2	8,9	2,3	3,22	неудовлетворительно
12	4	9	12,6	1,2	8,95	2,15	3,40	неудовлетворительно
13	39		12,6	1,2	9,53	2,29	2,68	сомнительно
14	9	10	12,6	1,2	6,52	1,22	9,97	неудовлетворительно
15	32	11	12,6	1,2	11,90	1,34	1,04	удовлетворительно
16	57	12	12,6	1,2	12,00	2,40	0,50	удовлетворительно
17	58		12,6	1,2	11,00	2,20	1,45	удовлетворительно
18	43	13	12,6	1,2	10,36	4,14	1,08	удовлетворительно
19	43		12,6	1,2	15,36	4,61	1,20	удовлетворительно
20	7	14	12,6	1,2	6,6	1,0	12,00	неудовлетворительно
21	7		12,6	1,2	6,7	1,0	11,80	неудовлетворительно
22	14		12,6	1,2	7,2	1,1	9,82	неудовлетворительно
23	14		12,6	1,2	7,6	1,1	9,09	неудовлетворительно
24	19		12,6	1,2	7,2	1,1	9,82	неудовлетворительно
25	19		12,6	1,2	6,4	1,0	12,40	неудовлетворительно
26	38		12,6	1,2	7,2	1,1	9,82	неудовлетворительно
27	38		12,6	1,2	7,0	1,1	10,18	неудовлетворительно
28	42		12,6	1,2	7,6	1,1	9,09	неудовлетворительно
29	42		12,6	1,2	7,8	1,2	8,00	неудовлетворительно
30	46		12,6	1,2	7,2	1,1	9,82	неудовлетворительно
31	46		12,6	1,2	7,0	1,1	10,18	неудовлетворительно
32	47		12,6	1,2	6,1	0,9	14,44	неудовлетворительно
33	47		12,6	1,2	5,2	0,8	18,50	неудовлетворительно
34	49		12,6	1,2	7,2	1,1	9,82	неудовлетворительно
35	49		12,6	1,2	6,7	1	11,80	неудовлетворительно
36	2	15	12,6	1,2	11	4	0,80	удовлетворительно
37	16	16	12,6	1,2	11,1	1,9	1,58	удовлетворительно
38	6	17	12,6	1,2	15,3	4,5	1,20	удовлетворительно
39	6		12,6	1,2	14	5	0,56	удовлетворительно
40	24		12,6	1,2	15	5	0,96	удовлетворительно
41	24		12,6	1,2	14	6	0,47	удовлетворительно
42	26		12,6	1,2	14,5	4,5	0,84	удовлетворительно
43	26		12,6	1,2	12,0	4,0	0,30	удовлетворительно
44	31		12,6	1,2	12,0	4,0	0,30	удовлетворительно

№ п/п	Шифр образца	Шифр лаборатории	Приписанное значение ОК, Бк/кг	Расширенная неопределенность приписанного значения ОК, Бк/кг	Результат измерения лаборатории, Бк/кг	Погрешность (неопределенность) лаборатории, Бк/кг	Z	Вывод по Z
45	31		12,6	1,2	13,6	4,0	0,50	удовлетворительно
46	3	18	12,6	1,2	9,30	3,26	2,02	сомнительно
47	3		12,6	1,2	9,29	3,25	2,04	сомнительно
48	3		12,6	1,2	9,94	3,23	1,65	удовлетворительно
49	3		12,6	1,2	10,37	3,64	1,23	удовлетворительно
50	44		12,6	1,2	10,34	3,62	1,25	удовлетворительно
51	44		12,6	1,2	9,94	3,48	1,53	удовлетворительно
52	44		12,6	1,2	9,94	3,23	1,65	удовлетворительно
53	44		12,6	1,2	11,22	3,92	0,70	удовлетворительно
54	48		19	12,6	1,2	12,9	3,3	0,18
55	21	20	12,6	1,2	14,1	3,5	0,86	удовлетворительно
56	28		12,6	1,2	15,7	3,8	1,63	удовлетворительно
57	11	21	12,6	1,2	11,08	2,77	1,10	удовлетворительно
58	22		12,6	1,2	11,93	2,98	0,45	удовлетворительно
59	40	22	12,6	1,2	17	5,0	1,76	удовлетворительно
60	40		12,6	1,2	16	5,0	1,36	удовлетворительно
61	41		12,6	1,2	17	5,0	1,76	удовлетворительно
62	41		12,6	1,2	16	5,0	1,36	удовлетворительно
63	20	23	12,6	1,2	12,46	1,15	0,24	удовлетворительно
64	25	24	12,6	1,2	8,6	2,8	2,86	сомнительно
65	35	25	12,6	1,2	8,7	1,6	4,88	неудовлетворительно
66	36	26	12,6	1,2	13,1	2,6	0,38	удовлетворительно

По анализу Z-индексов результатов измерений удельной активности альфа-излучающих радионуклидов (изотопов урана) выявлено 40 (61 %) удовлетворительных, 21 (32 %) неудовлетворительных и 5 (7 %) сомнительных результатов.



Таблица 6 – Анализ результатов измерения удельной активности бета-излучающих радионуклидов ( $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ ) по статистическому критерию

№ п/п	Шифр образца	Шифр лаборатории	Приписанное значение ОК, Бк/кг	Расширенная неопределенность приписанного значения ОК, Бк/кг	Результат измерения лаборатории, Бк/кг	Погрешность (неопределенность) лаборатории, Бк/кг	$E_n$	Вывод по $E_n$
1	5	1	42,6	3,6	22,8	2,7	4,40	неудовлетворительно
2	53	2	42,6	3,5	48,36	16,93	0,33	удовлетворительно
3	40	3	42,6	3,6	24,9	7,5	2,13	неудовлетворительно
4	40		42,6	3,6	30,4	9,8	1,17	неудовлетворительно
5	67	4	42,6	3,5	42,6	8,6	0,00	удовлетворительно
6	71	5	42,6	3,6	29,60	3,85	2,47	неудовлетворительно
7	43	6	42,6	3,6	6,2	0,6	9,97	неудовлетворительно
8	46		42,6	3,6	8,7	0,9	9,14	неудовлетворительно
9	59	7	42,6	3,6	11,3809	1,669	7,87	неудовлетворительно
10	61	8	42,6	3,6	18,353	5,500	3,69	неудовлетворительно
11	39	9	42,6	3,5	46	23	0,15	удовлетворительно
12	49		42,6	3,5	47	24	0,18	удовлетворительно
13	27	10	42,6	3,6	36,4	5,5	0,94	удовлетворительно
14	22	11	42,6	3,6	29,06	0,56	3,72	неудовлетворительно
15	14	12	42,6	3,5	46,0	4,1	0,63	удовлетворительно
16	48	13	42,6	3,6	41,2	12,4	0,11	удовлетворительно
17	3	14	42,6	3,6	31,0	10	1,09	неудовлетворительно
18	15		42,6	3,6	38	13	0,34	удовлетворительно
19	8	15	42,6	3,5	45	6	0,35	удовлетворительно
20	13		42,6	3,5	48,3	6,8	0,75	удовлетворительно
21	10	16	42,6	3,6	31,91	3,20	2,22	неудовлетворительно
22	1	17	42,6	3,6	28,9	8,7	1,46	неудовлетворительно
23	1		42,6	3,6	38,4	6,6	0,56	удовлетворительно
24	23		42,6	3,6	29,6	8,9	1,35	неудовлетворительно
25	23		42,6	3,6	38,6	6,6	0,53	удовлетворительно
26	31		42,6	3,6	32,8	9,8	0,94	удовлетворительно
27	23		42,6	3,6	38,3	6,6	0,57	удовлетворительно
28	2		18	42,6	3,6	31	9	1,20
29	20	42,6		3,6	29	9	1,40	неудовлетворительно
30	21	19	42,6	3,6	30	8	1,44	неудовлетворительно
31	12	20	42,6	3,6	22,6	6,8	2,60	неудовлетворительно
32	16		42,6	3,6	16,6	4,9	4,28	неудовлетворительно
33	25	21	42,6	3,6	34,29	6,86	1,07	неудовлетворительно
34	17	22	42,6	3,6	39	6	0,51	удовлетворительно
35	17		42,6	3,6	40	10	0,24	удовлетворительно
36	58	23	42,6	3,6	40,71	9,74	0,18	удовлетворительно
37	66		42,6	3,6	40,05	9,58	0,25	удовлетворительно



№ п/п	Шифр образца	Шифр лаборатории	Приписанное значение ОК, Бк/кг	Расширенная неопределенность приписанного значения ОК, Бк/кг	Результат измерения лаборатории, Бк/кг	Погрешность (неопределенность) лаборатории, Бк/кг	$E_n$	Вывод по $E_n$
38	54	24	42,6	3,6	28,8	4,2	2,49	неудовлетворительно
39	32	25	42,6	3,6	37,6	3,5	1,00	удовлетворительно
40	37		42,6	3,6	41	6	0,23	удовлетворительно
41	57	26	42,6	3,6	21,4	12,4	1,64	неудовлетворительно
42	34	27	42,6	3,6	40,00	7,20	0,32	удовлетворительно
43	47		42,6	3,6	39,00	6,24	0,50	удовлетворительно
44	36	28	42,6	3,6	35,39	6,72	0,95	удовлетворительно
45	36		42,6	3,6	39,5	15,8	0,19	удовлетворительно
46	45		42,6	3,6	39,67	15,86	0,18	удовлетворительно
47	35	29	42,6	3,6	35	11	0,66	удовлетворительно
48	60	30	42,6	3,6	38	6	0,66	удовлетворительно
49	44	31	42,6	3,5	42,7	8,4	0,011	удовлетворительно
50	62		42,6	3,6	39,6	8,00	0,34	удовлетворительно
51	26	32	42,6	3,6	36	11	0,57	удовлетворительно
52	11	33	42,6	3,6	33,1	5,0	1,54	неудовлетворительно
53	50		42,6	3,6	34,8	5,2	1,23	неудовлетворительно
54	30	34	42,6	3,6	33,8	11,8	0,71	удовлетворительно
55	41		42,6	3,6	35,8	14,4	0,46	удовлетворительно
56	55		42,6	3,6	37,6	15	0,32	удовлетворительно
57	42	35	42,6	3,6	9,8	3,0	7,00	неудовлетворительно
58	64	36	42,6	3,5	51,6	11,4	0,75	удовлетворительно
59	4		42,6	3,5	46,6	10,3	0,37	удовлетворительно
60	68	37	42,6	3,6	15,1	1,8	6,83	неудовлетворительно
61	68		42,6	3,6	13,6	3,3	5,94	неудовлетворительно
62	52	38	42,6	3,6	38,6	11,6	0,33	удовлетворительно
63	24		42,6	3,6	38,4	11,5	0,35	удовлетворительно
64	74	39	42,6	3,5	46,4	4,8	0,64	удовлетворительно
65	70	40	42,6	3,6	40	10	0,24	удовлетворительно
66	32	41	42,6	3,6	41	4,1	0,29	удовлетворительно
67	29	42	42,6	3,6	22,6	4,2	3,62	неудовлетворительно
68	75	43	42,6	3,6	39,7	6,2	0,40	удовлетворительно

По измерениям удельной активности бета-излучающих радионуклидов представлено 68 результатов измерений, из которых удовлетворительных по статистическому критерию  $E_n$  – 41 (60 %).

Таблица 7 – Анализ результатов измерения удельной активности бета-излучающих радионуклидов ( $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ ) по Z-индексу



№ п/п	Шифр образца	Шифр лаборатории	Приписанное значение ОК, Бк/кг	Расширенная неопределенность приписанного значения ОК, Бк/кг	Результат измерения лаборатории, Бк/кг	Погрешность (неопределенность) лаборатории, Бк/кг	Z	Вывод по Z
1	5	1	42,6	3,6	22,8	2,7	14,67	неудовлетворительно
2	53	2	42,6	3,5	48,36	16,93	0,68	удовлетворительно
3	40	3	42,6	3,6	24,9	7,5	4,72	неудовлетворительно
4	40		42,6	3,6	30,4	9,8	2,49	сомнительно
5	67	4	42,6	3,5	42,6	8,6	0,00	удовлетворительно
6	71	5	42,6	3,6	29,60	3,85	6,75	неудовлетворительно
7	43	6	42,6	3,6	6,2	0,6	121,33	неудовлетворительно
8	46		42,6	3,6	8,7	0,9	75,33	неудовлетворительно
9	59	7	42,6	3,6	11,3809	1,669	37,41	неудовлетворительно
10	61	8	42,6	3,6	18,353	5,500	8,82	неудовлетворительно
11	39	9	42,6	3,5	46	23	0,30	удовлетворительно
12	49		42,6	3,5	47	24	0,37	удовлетворительно
13	27	10	42,6	3,6	36,4	5,5	2,25	сомнительно
14	22	11	42,6	3,6	29,06	0,56	48,36	неудовлетворительно
15	14	12	42,6	3,5	46,0	4,1	1,66	удовлетворительно
16	48	13	42,6	3,6	41,2	12,4	0,23	удовлетворительно
17	3	14	42,6	3,6	31,0	10	2,32	сомнительно
18	15		42,6	3,6	38	13	0,71	удовлетворительно
19	8	15	42,6	3,5	45	6	0,80	удовлетворительно
20	13		42,6	3,5	48,3	6,8	1,68	удовлетворительно
21	10	16	42,6	3,6	31,91	3,20	6,68	неудовлетворительно
22	1	17	42,6	3,6	28,9	8,7	3,15	неудовлетворительно
23	1		42,6	3,6	38,4	6,6	1,27	удовлетворительно
24	23		42,6	3,6	29,6	8,9	2,92	сомнительно
25	23		42,6	3,6	38,6	6,6	1,21	удовлетворительно
26	31		42,6	3,6	32,8	9,8	2,00	удовлетворительно
27	23		42,6	3,6	38,3	6,6	1,30	удовлетворительно
28	2		18	42,6	3,6	31	9	2,58
29	20	42,6		3,6	29	9	3,02	неудовлетворительно
30	21	19	42,6	3,6	30	8	3,15	неудовлетворительно
31	12	20	42,6	3,6	22,6	6,8	5,88	неудовлетворительно
32	16		42,6	3,6	16,6	4,9	10,61	неудовлетворительно
33	25	21	42,6	3,6	34,29	6,86	2,42	сомнительно
34	17	22	42,6	3,6	39	6	1,20	удовлетворительно
35	17		42,6	3,6	40	10	0,52	удовлетворительно
36	58	23	42,6	3,6	40,71	9,74	0,39	удовлетворительно
37	66		42,6	3,6	40,05	9,58	0,53	удовлетворительно



№ п/п	Шифр образца	Шифр лаборатории	Приписанное значение ОК, Бк/кг	Расширенная неопределенность приписанного значения ОК, Бк/кг	Результат измерения лаборатории, Бк/кг	Погрешность (неопределенность) лаборатории, Бк/кг	Z	Вывод по Z
38	54	24	42,6	3,6	28,8	4,2	6,57	неудовлетворительно
39	32	25	42,6	3,6	37,6	3,5	2,86	сомнительно
40	37		42,6	3,6	41	6	0,53	удовлетворительно
41	57	26	42,6	3,6	21,4	12,4	3,42	неудовлетворительно
42	34	27	42,6	3,6	40,00	7,20	0,72	удовлетворительно
43	47		42,6	3,6	39,00	6,24	1,15	удовлетворительно
44	36	28	42,6	3,6	35,39	6,72	2,15	сомнительно
45	36		42,6	3,6	39,5	15,8	0,39	удовлетворительно
46	45		42,6	3,6	39,67	15,86	0,37	удовлетворительно
47	35	29	42,6	3,6	35	11	1,38	удовлетворительно
48	60	30	42,6	3,6	38	6	1,53	удовлетворительно
49	44	31	42,6	3,5	42,7	8,4	0,024	удовлетворительно
50	62		42,6	3,6	39,6	8,00	0,75	удовлетворительно
51	26	32	42,6	3,6	36	11	1,20	удовлетворительно
52	11	33	42,6	3,6	33,1	5,0	3,80	неудовлетворительно
53	50		42,6	3,6	34,8	5,2	3,00	сомнительно
54	30	34	42,6	3,6	33,8	11,8	1,49	удовлетворительно
55	41		42,6	3,6	35,8	14,4	0,94	удовлетворительно
56	55		42,6	3,6	37,6	15	0,67	удовлетворительно
57	42	35	42,6	3,6	9,8	3,0	21,87	неудовлетворительно
58	64	36	42,6	3,5	51,6	11,4	1,58	удовлетворительно
59	4		42,6	3,5	46,6	10,3	0,78	удовлетворительно
60	68	37	42,6	3,6	15,1	1,8	30,56	неудовлетворительно
61	68		42,6	3,6	13,6	3,3	17,58	неудовлетворительно
62	52	38	42,6	3,6	38,6	11,6	0,69	удовлетворительно
63	24		42,6	3,6	38,4	11,5	0,73	удовлетворительно
64	74	39	42,6	3,5	46,4	4,8	1,58	удовлетворительно
65	70	40	42,6	3,6	40	10	0,52	удовлетворительно
66	32	41	42,6	3,6	41	4,1	0,78	удовлетворительно
67	29	42	42,6	3,6	22,6	4,2	9,52	неудовлетворительно
68	75	43	42,6	3,6	39,7	6,2	0,94	удовлетворительно

По анализу Z-индексов результатов измерений удельной активности бета-излучающих радионуклидов выявлено 38 (56 %) удовлетворительных, 21 (31 %) неудовлетворительных и 9 (13 %) сомнительных результатов.



Таблица 8 – Анализ результатов измерения удельной активности гамма-излучающих радионуклидов ( $^{137}\text{Cs}$ ) по статистическому критерию\*

№ п/п	Шифр образца	Шифр лаборатории	Приписанное значение ОК, Бк/кг	Расширенная неопределенность приписанного значения ОК, Бк/кг	Результат измерения лаборатории, Бк/кг	Погрешность (неопределенность) лаборатории, Бк/кг	$E_n$	Вывод по $E_n$
1	9	1	40,0	2,4	38	10	0,19	удовлетворительно
2	9		40,0	2,4	38	9	0,21	удовлетворительно
3	75	2	40,0	2,2	43,22	12,97	0,24	удовлетворительно
4	75		40,0	2,2	42,92	12,88	0,22	удовлетворительно
5	45	3	40,0	2,2	42,0	9,7	0,20	удовлетворительно
6	49	4	40,0	2,4	39,6	7,9	0,048	удовлетворительно
7	49		40,0	2,2	42,0	8,4	0,23	удовлетворительно
8	90	5	40,0	2,2	52,23	6,80	1,71	неудовлетворительно
9	5	6	40,0	2,2	45,5	6,8	0,77	удовлетворительно
10	13		40,0	2,2	45,2	6,8	0,73	удовлетворительно
11	38	7	40,0	2,2	44,7	17,0	0,27	удовлетворительно
12	39		40,0	2,2	41,7	15,8	0,11	удовлетворительно
13	31	8	40,0	2,2	43	13	0,23	удовлетворительно
14	88	9	40,0	2,2	45,655	4,575	1,11	неудовлетворительно
15	57	10	40,0	2,4	33	10	0,68	удовлетворительно
16	68		40,0	2,4	37	11	0,27	удовлетворительно
17	7	11	40,0	2,2	41,1	6,8	0,15	удовлетворительно
18	74	12	40,0	2,2	41	10	0,10	удовлетворительно
19	74		40,0	2,4	38	7	0,27	удовлетворительно
20	24	13	40,0	2,2	41,36	12,4	0,11	удовлетворительно
21	66	14	40,0	2,2	42	6	0,31	удовлетворительно
22	4	15	40,0	2,4	36,1	10,8	0,35	удовлетворительно
23	4		40,0	2,4	36,1	10,8	0,35	удовлетворительно
24	36		40,0	2,4	35,9	10,7	0,37	удовлетворительно
25	36		40,0	2,4	36,5	10,9	0,31	удовлетворительно
26	37	16	40,0	2,2	42,99	12,9	0,23	удовлетворительно
27	37		40,0	2,2	42,44	12,7	0,19	удовлетворительно
28	55		40,0	2,2	40,73	12,21	0,059	удовлетворительно
29	55		40,0	2,2	40,77	12,23	0,062	удовлетворительно
30	42	17	40,0	2,2	41	13	0,076	удовлетворительно
31	62		40,0	2,2	43	14	0,21	удовлетворительно
32	19	18	40,0	2,2	41	5	0,18	удовлетворительно
33	41		40,0	2,4	39,0	2,7	0,28	удовлетворительно
34	51		40,0	2,2	45	4	1,10	неудовлетворительно
35	69		40,0	2,2	48,1	2,9	2,23	неудовлетворительно
36	20	19	40,0	2,4	38,26	5,79	0,28	удовлетворительно
37	46		40,0	2,2	41,91	6,21	0,29	удовлетворительно



№ п/п	Шифр образца	Шифр лаборатории	Приписанное значение ОК, Бк/кг	Расширенная неопределенность приписанного значения ОК, Бк/кг	Результат измерения лаборатории, Бк/кг	Погрешность (неопределенность) лаборатории, Бк/кг	$E_n$	Вывод по $E_n$
38	16	20	40,0	2,4	35,2	7,0	0,65	удовлетворительно
39	16		40,0	2,4	34,5	6,9	0,75	удовлетворительно
40	32		40,0	2,4	36,0	7,2	0,53	удовлетворительно
41	32		40,0	2,4	33,9	6,8	0,85	удовлетворительно
42	52	21	40,0	2,4	37	7	0,41	удовлетворительно
43	59		40,0	2,4	37	7	0,41	удовлетворительно
44	14	22	40,0	2,2	40,9	8,6	0,10	удовлетворительно
45	17		40,0	2,2	44,1	9,3	0,43	удовлетворительно
46	22	23	40,0	2,2	45	11	0,45	удовлетворительно
47	2	24	40,0	2,4	34,7	1,7	1,80	неудовлетворительно
48	2		40,0	2,4	38	6	0,31	удовлетворительно
49	26		40,0	2,2	42	6	0,31	удовлетворительно
50	34	25	40,0	2,2	42,00	8,40	0,23	удовлетворительно
51	33	26	40,0	2,2	42,8	5,5	0,47	удовлетворительно
52	44		40,0	2,2	42,3	5,4	0,39	удовлетворительно
53	54	27	40,0	2,2	41,90	7,40	0,25	удовлетворительно
54	60		40,0	2,2	41,90	7,40	0,25	удовлетворительно
55	23	28	40,0	2,2	45	22	0,23	удовлетворительно
56	28	29	40,0	2,4	38	8	0,24	удовлетворительно
57	63	30	40,0	2,2	49	17,1	0,52	удовлетворительно
58	53	31	40,0	2,4	38,7	5	0,23	удовлетворительно
59	67	32	40,0	2,4	37,2	5,6	0,46	удовлетворительно
60	50	33	40,0	2,2	40,6	2,5	0,18	удовлетворительно
61	56	34	40,0	2,4	39,49	9,82	0,050	удовлетворительно
62	64	35	40,0	2,2	41,0	6,5	0,15	удовлетворительно
63	65	36	40,0	2,2	45,1	16,2	0,31	удовлетворительно
64	40	37	40,0	2,2	43	7,74	0,37	удовлетворительно
65	40		40,0	2,4	39	7,80	0,12	удовлетворительно
66	81	38	40,0	2,4	37,03	5,55	0,49	удовлетворительно
67	83		40,0	2,4	34,6	5,2	0,94	удовлетворительно
68	8	39	40,0	2,4	33	10	0,68	удовлетворительно
69	35		40,0	2,4	35	11	0,44	удовлетворительно
70	30	40	40,0	2,2	45	6	0,78	удовлетворительно
71	58	41	40,0	2,2	42	8	0,24	удовлетворительно
72	58		40,0	2,2	48	9	0,86	удовлетворительно
73	15	42	40,0	2,4	33,4	5,0	1,19	неудовлетворительно
74	18		40,0	2,4	33,5	5,3	1,12	неудовлетворительно
75	25	43	40,0	2,2	45	7	0,68	удовлетворительно
76	80	44	40,0	2,4	37,89	5,76	0,34	удовлетворительно



№ п/п	Шифр образца	Шифр лаборатории	Приписанное значение ОК, Бк/кг	Расширенная неопределенность приписанного значения ОК, Бк/кг	Результат измерения лаборатории, Бк/кг	Погрешность (неопределенность) лаборатории, Бк/кг	$E_n$	Вывод по $E_n$
77	11	45	40,0	2,4	37	5	0,54	удовлетворительно
78	21		40,0	2,4	39,2	4,0	0,17	удовлетворительно
79	47	46	40,0	2,4	36,1	10,4	0,37	удовлетворительно
80	71		40,0	2,4	36,7	17,0	0,19	удовлетворительно
81	73		40,0	2,4	35,9	12,6	0,32	удовлетворительно
82	79		40,0	2,4	36,9	15,6	0,20	удовлетворительно
83	48		47	40,0	2,2	40,2	12,1	0,016
84	61	40,0		2,4	27,7	8,3	1,42	неудовлетворительно
85	76	48	40,0	2,4	39,8	6,0	0,031	удовлетворительно
86	76		40,0	2,2	42,7	6,9	0,37	удовлетворительно
87	72		40,0	2,2	41,3	6,8	0,18	удовлетворительно
88	72		40,0	2,2	41,3	6,2	0,20	удовлетворительно
89	85	49	40,0	2,2	42,5	10,2	0,24	удовлетворительно
90	86		40,0	2,2	44,0	10,6	0,37	удовлетворительно
91	37	50	40,0	2,2	40,5	4,9	0,093	удовлетворительно
92	82	51	40,0	2,4	39,3	7,1	0,093	удовлетворительно
93	95	52	40,0	2,2	42,7	2,8	0,76	удовлетворительно
94	77	53	40,0	2,4	35,61	6,04	0,68	удовлетворительно
95	78		40,0	2,4	36,28	6,12	0,57	удовлетворительно
96	12	54	40,0	2,2	46,0	11,5	0,51	удовлетворительно
97	93	55	40,0	2,4	35,0	3,1	1,28	неудовлетворительно
98	87	56	40,0	2,4	38	6	0,31	удовлетворительно
99	50	57	40,0	2,2	41,1	3,5	0,27	удовлетворительно
100	50		40,0	2,2	41	2,9	0,27	удовлетворительно
101	29	58	40,0	2,2	44	14	0,28	удовлетворительно
102	91	59	40,0	2,4	38,0	18,0	0,11	удовлетворительно
103	92		40,0	2,2	46,0	19,0	0,31	удовлетворительно
104	96	60	40,0	2,2	72,25	14,45	2,21	неудовлетворительно

По измерениям удельной активности гамма-излучающих радионуклидов представлен 103 результата измерений, из которых удовлетворительных по статистическому критерию  $E_n$  – 94 (90 %)\*.



Таблица 9 – Анализ результатов измерения удельной активности гамма-излучающих радионуклидов ( $^{137}\text{Cs}$ ) по Z-индексу\*

№ п/п	Шифр образца	Шифр лаборатории	Приписанное значение ОК, Бк/кг	Расширенная неопределенность приписанного значения ОК, Бк/кг	Результат измерения лаборатории, Бк/кг	Погрешность (неопределенность) лаборатории, Бк/кг	Z	Вывод по Z
1	9	1	40,0	2,4	38	10	0,40	удовлетворительно
2	9		40,0	2,4	38	9	0,44	удовлетворительно
3	75	2	40,0	2,2	43,22	12,97	0,50	удовлетворительно
4	75		40,0	2,2	42,92	12,88	0,45	удовлетворительно
5	45	3	40,0	2,2	42,0	9,7	0,41	удовлетворительно
6	49	4	40,0	2,4	39,6	7,9	0,10	удовлетворительно
7	49		40,0	2,2	42,0	8,4	0,48	удовлетворительно
8	90	5	40,0	2,2	52,23	6,80	3,60	неудовлетворительно
9	5	6	40,0	2,2	45,5	6,8	1,62	удовлетворительно
10	13		40,0	2,2	45,2	6,8	1,53	удовлетворительно
11	38	7	40,0	2,2	44,7	17,0	0,55	удовлетворительно
12	39		40,0	2,2	41,7	15,8	0,22	удовлетворительно
13	31	8	40,0	2,2	43	13	0,46	удовлетворительно
14	88	9	40,0	2,2	45,655	4,575	2,47	сомнительно
15	57	10	40,0	2,4	33	10	1,40	удовлетворительно
16	68		40,0	2,4	37	11	0,55	удовлетворительно
17	7	11	40,0	2,2	41,1	6,8	0,32	удовлетворительно
18	74	12	40,0	2,2	41	10	0,20	удовлетворительно
19	74		40,0	2,4	38	7	0,57	удовлетворительно
20	24	13	40,0	2,2	41,36	12,4	0,22	удовлетворительно
21	66	14	40,0	2,2	42	6	0,67	удовлетворительно
22	4	15	40,0	2,4	36,1	10,8	0,72	удовлетворительно
23	4		40,0	2,4	36,1	10,8	0,72	удовлетворительно
24	36		40,0	2,4	35,9	10,7	0,77	удовлетворительно
25	36		40,0	2,4	36,5	10,9	0,64	удовлетворительно
26	37	16	40,0	2,2	42,99	12,9	0,46	удовлетворительно
27	37		40,0	2,2	42,44	12,7	0,38	удовлетворительно
28	55		40,0	2,2	40,73	12,21	0,12	удовлетворительно
29	55		40,0	2,2	40,77	12,23	0,13	удовлетворительно
30	42	17	40,0	2,2	41	13	0,15	удовлетворительно
31	62		40,0	2,2	43	14	0,43	удовлетворительно
32	19	18	40,0	2,2	41	5	0,40	удовлетворительно
33	41		40,0	2,4	39,0	2,7	0,74	удовлетворительно
34	51		40,0	2,2	45	4	2,50	сомнительно



№ п/п	Шифр образца	Шифр лаборатории	Приписанное значение ОК, Бк/кг	Расширенная неопределенность приписанного значения ОК, Бк/кг	Результат измерения лаборатории, Бк/кг	Погрешность (неопределенность) лаборатории, Бк/кг	Z	Вывод по Z
35	69		40,0	2,2	48,1	2,9	5,59	неудовлетворительно
36	20	19	40,0	2,4	38,26	5,79	0,60	удовлетворительно
37	46		40,0	2,2	41,91	6,21	0,62	удовлетворительно
38	16	20	40,0	2,4	35,2	7,0	1,37	удовлетворительно
39	16		40,0	2,4	34,5	6,9	1,59	удовлетворительно
40	32		40,0	2,4	36,0	7,2	1,11	удовлетворительно
41	32		40,0	2,4	33,9	6,8	1,79	удовлетворительно
42	52	21	40,0	2,4	37	7	0,86	удовлетворительно
43	59		40,0	2,4	37	7	0,86	удовлетворительно
44	14	22	40,0	2,2	40,9	8,6	0,21	удовлетворительно
45	17		40,0	2,2	44,1	9,3	0,88	удовлетворительно
46	22	23	40,0	2,2	45	11	0,91	удовлетворительно
47	2	24	40,0	2,4	34,7	1,7	6,24	неудовлетворительно
48	2		40,0	2,4	38	6	0,67	удовлетворительно
49	26		40,0	2,2	42	6	0,67	удовлетворительно
50	34	25	40,0	2,2	42,00	8,40	0,48	удовлетворительно
51	33	26	40,0	2,2	42,8	5,5	1,02	удовлетворительно
52	44		40,0	2,2	42,3	5,4	0,85	удовлетворительно
53	54	27	40,0	2,2	41,90	7,40	0,51	удовлетворительно
54	60		40,0	2,2	41,90	7,40	0,51	удовлетворительно
55	23	28	40,0	2,2	45	22	0,45	удовлетворительно
56	28	29	40,0	2,4	38	8	0,50	удовлетворительно
57	63	30	40,0	2,2	49	17,1	1,05	удовлетворительно
58	53	31	40,0	2,4	38,7	5	0,52	удовлетворительно
59	67	32	40,0	2,4	37,2	5,6	1,00	удовлетворительно
60	50	33	40,0	2,2	40,6	2,5	0,48	удовлетворительно
61	56	34	40,0	2,4	39,49	9,82	0,10	удовлетворительно
62	64	35	40,0	2,2	41,0	6,5	0,31	удовлетворительно
63	65	36	40,0	2,2	45,1	16,2	0,63	удовлетворительно
64	40	37	40,0	2,2	43	7,74	0,78	удовлетворительно
65	40		40,0	2,4	39	7,80	0,26	удовлетворительно
66	81	38	40,0	2,4	37,03	5,55	1,07	удовлетворительно
67	83		40,0	2,4	34,6	5,2	2,08	сомнительно
68	8	39	40,0	2,4	33	10	1,40	удовлетворительно
69	35		40,0	2,4	35	11	0,91	удовлетворительно
70	30	40	40,0	2,2	45	6	1,67	удовлетворительно
71	58	41	40,0	2,2	42	8	0,50	удовлетворительно



№ п/п	Шифр образца	Шифр лаборатории	Приписанное значение ОК, Бж/кг	Расширенная неопределенность приписанного значения ОК, Бж/кг	Результат измерения лаборатории, Бж/кг	Погрешность (неопределенность) лаборатории, Бж/кг	Z	Вывод по Z
72	58		40,0	2,2	48	9	1,78	удовлетворительно
73	15	42	40,0	2,4	33,4	5,0	2,64	сомнительно
74	18		40,0	2,4	33,5	5,3	2,45	сомнительно
75	25	43	40,0	2,2	45	7	1,43	удовлетворительно
76	80	44	40,0	2,4	37,89	5,76	0,73	удовлетворительно
77	11	45	40,0	2,4	37	5	1,20	удовлетворительно
78	21		40,0	2,4	39,2	4,0	0,40	удовлетворительно
79	47	46	40,0	2,4	36,1	10,4	0,75	удовлетворительно
80	71		40,0	2,4	36,7	17,0	0,39	удовлетворительно
81	73		40,0	2,4	35,9	12,6	0,65	удовлетворительно
82	79		40,0	2,4	36,9	15,6	0,40	удовлетворительно
83	48	47	40,0	2,2	40,2	12,1	0,033	удовлетворительно
84	61		40,0	2,4	27,7	8,3	2,96	сомнительно
85	76	48	40,0	2,4	39,8	6,0	0,067	удовлетворительно
86	76		40,0	2,2	42,7	6,9	0,78	удовлетворительно
87	72		40,0	2,2	41,3	6,8	0,38	удовлетворительно
88	72		40,0	2,2	41,3	6,2	0,42	удовлетворительно
89	85	49	40,0	2,2	42,5	10,2	0,49	удовлетворительно
90	86		40,0	2,2	44,0	10,6	0,75	удовлетворительно
91	37	50	40,0	2,2	40,5	4,9	0,20	удовлетворительно
92	82	51	40,0	2,4	39,3	7,1	0,20	удовлетворительно
93	95	52	40,0	2,2	42,7	2,8	1,93	удовлетворительно
94	77	53	40,0	2,4	35,61	6,04	1,45	удовлетворительно
95	78		40,0	2,4	36,28	6,12	1,22	удовлетворительно
96	12	54	40,0	2,2	46,0	11,5	1,04	удовлетворительно
97	93	55	40,0	2,4	35,0	3,1	3,23	неудовлетворительно
98	87	56	40,0	2,4	38	6	0,67	удовлетворительно
99	50	57	40,0	2,2	41,1	3,5	0,63	удовлетворительно
100	50		40,0	2,2	41	2,9	0,69	удовлетворительно
101	29	58	40,0	2,2	44	14	0,57	удовлетворительно
102	91	59	40,0	2,4	38,0	18,0	0,11	удовлетворительно
103	92		40,0	2,2	46,0	19,0	0,63	удовлетворительно
104	96	60	40,0	2,2	72,25	14,45	4,46	неудовлетворительно

По анализу  $Z$ -индексов результатов измерений удельной активности гамма-излучающих радионуклидов выявлено 93 (89 %) удовлетворительных, 5 (5 %) неудовлетворительных и 6 (6 %) сомнительных результатов.\*

На рисунках 1-4 представлены диаграммы, являющиеся графическим отображением оценки результата лабораторий по статистическому критерию.

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

Центральной линией на диаграммах обозначено приписанное значение ОК, интервал, ограниченный красными линиями, – границы расширенной неопределенности приписанного значения ОК.



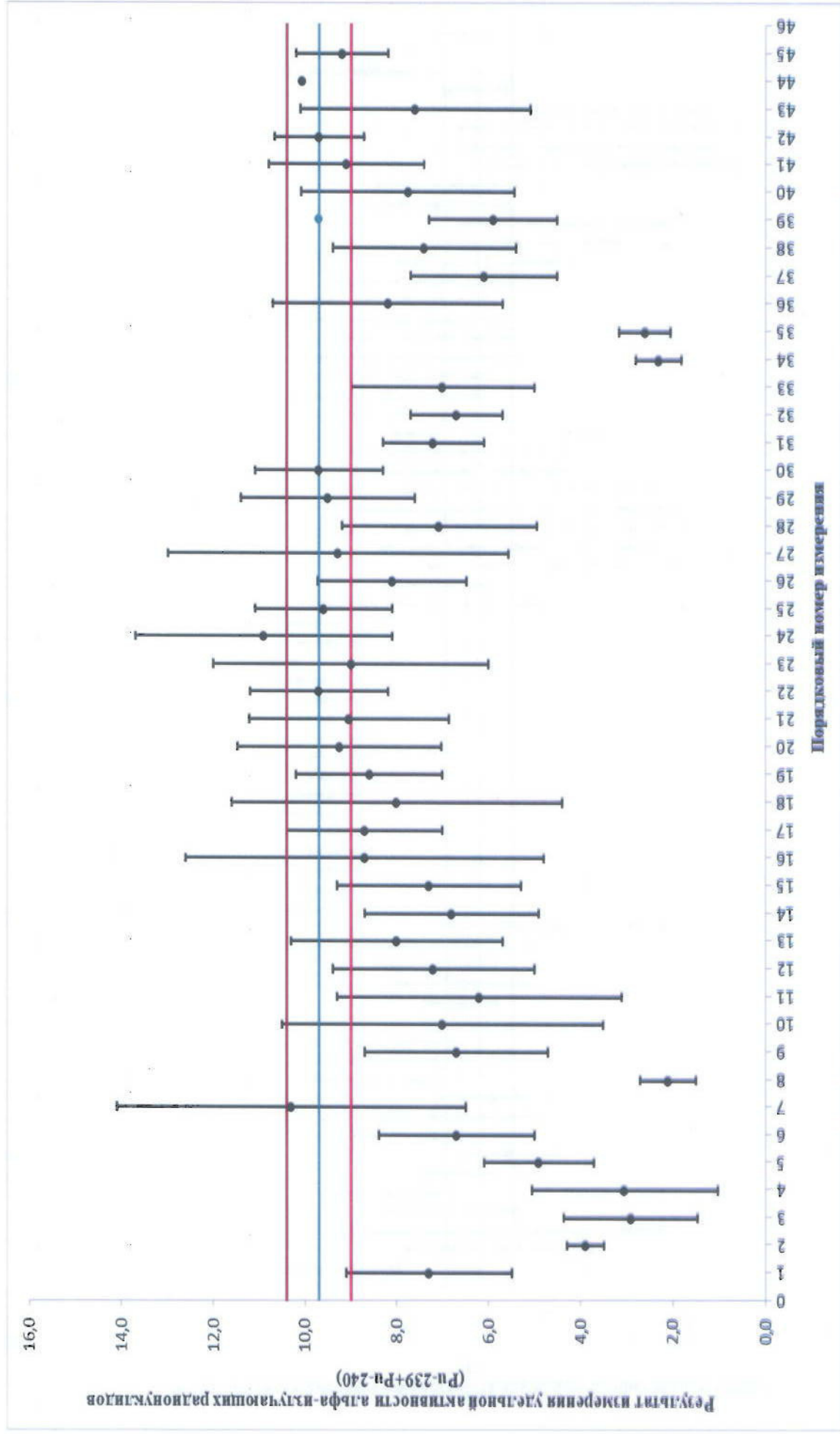


Рисунок 1 - Результаты измерений удельной активности альфа-излучающих радионуклидов ( $^{239}Pu+^{240}Pu$ ) в водных средах

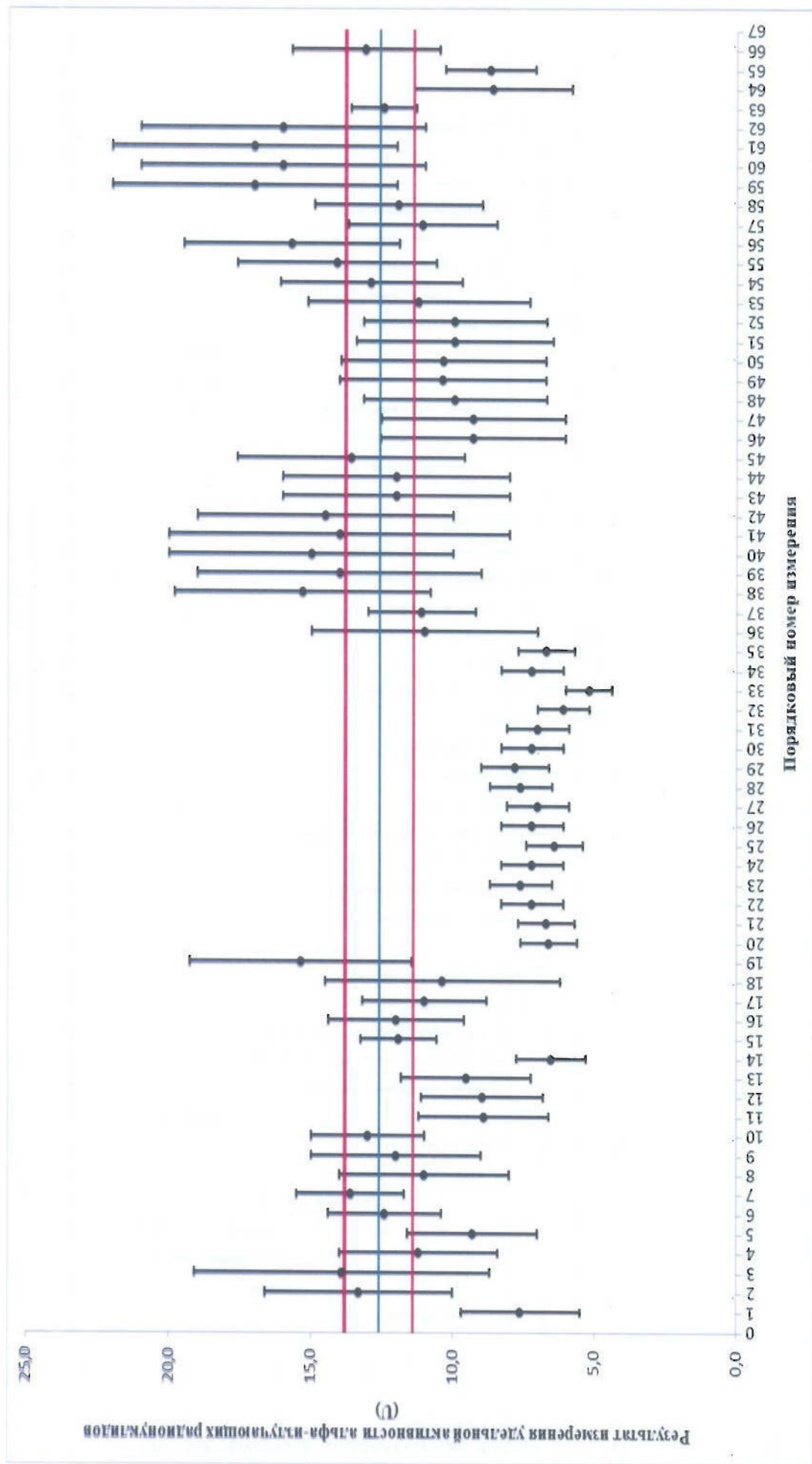


Рисунок 2 – Результаты измерений удельной активности альфа-излучающих радионуклидов (изотопы урана) в водных средах



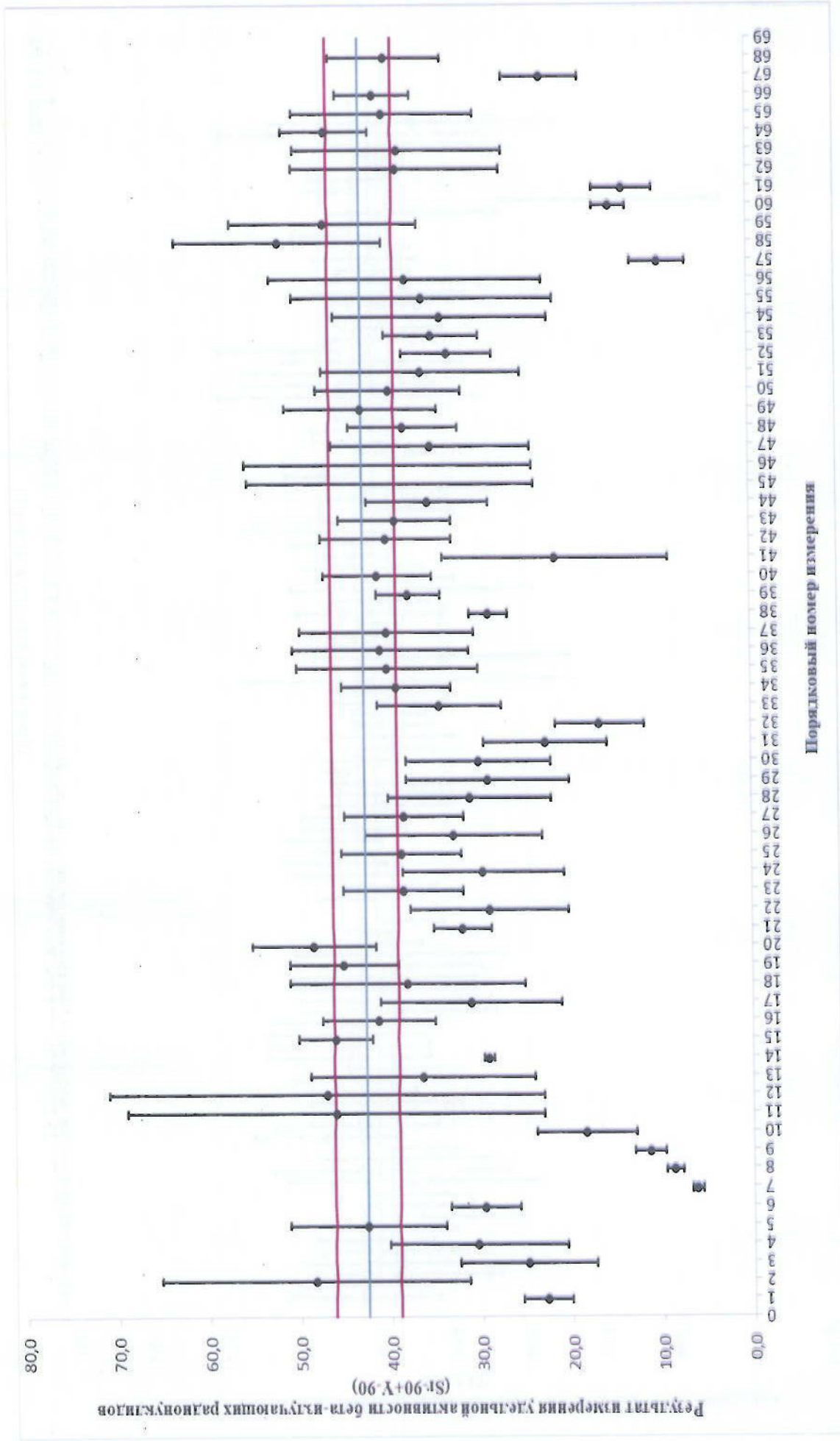


Рисунок 3 – Результаты измерений удельной активности бета-излучающих радионуклидов ( $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ ) в водных средах

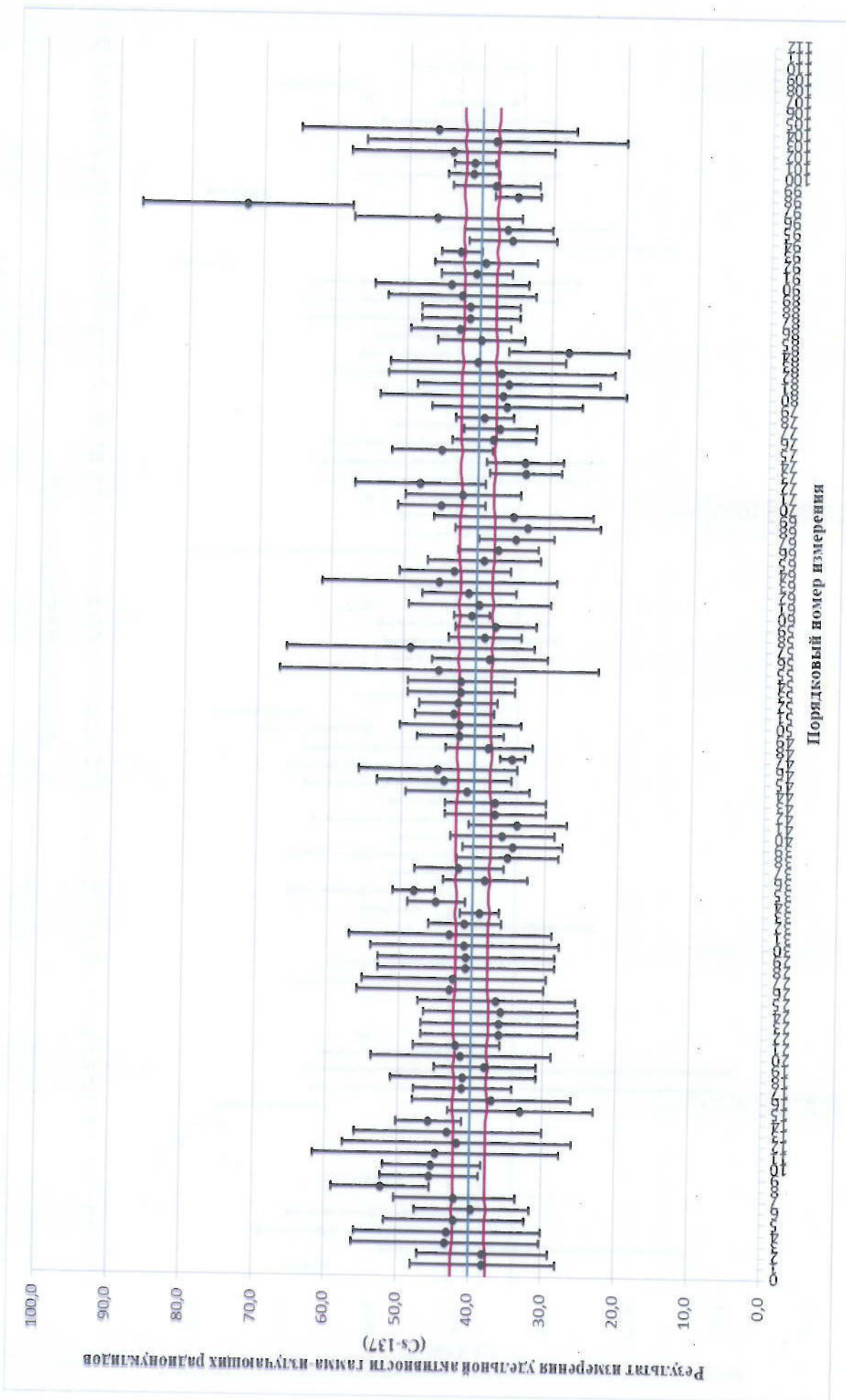


Рисунок 4 – Результаты измерений удельной активности гамма- излучающих радионуклидов ( $^{137}\text{Cs}$ ) в водных средах \*



1. Лабораториям, получившим неудовлетворительные результаты по результатам измерений удельной активности радионуклидов, провести внеочередной внутренний оперативный контроль точности с использованием образцов для контроля, не использованных ранее для настройки приборов или контроля качества.

2. Лабораториям, получившим как удовлетворительные, так и неудовлетворительные результаты, провести внутрилабораторные сличительные испытания на реальных пробах с использованием имеющихся приборов и методик с целью выявления систематических отклонений.

3. Лабораториям, получившим неудовлетворительные результаты, провести внеплановую поверку средств измерений.

4. Если в методике измерений отсутствуют требования к округлению результатов измерений и их погрешностей, то для округления погрешности использовать правила, установленные п. 6.4.5 ГОСТ Р 8.932-2017, а для округления результата измерения использовать СТ СЭВ 543.

## **6 Контактные сведения о Провайдере МСИ**

Провайдер МСИ (АО «ВНИИНМ»), аккредитованный в национальной системе аккредитации (уникальный номер записи в реестре аккредитованных лиц №RA.RU.430166).

123060, Москва, а/я 369, АО «ВНИИНМ»; тел./факс: 8 (499) 190-23-25.

Руководитель Провайдера МСИ – главный эксперт научно-исследовательского метрологического отделения АО «ВНИИНМ»  
Горшков В.Б.

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

## 5 Выводы и рекомендации

По результатам проведенных межлабораторных сличительных испытаний получены следующие результаты:

– в МСИ по контролю качества измерений удельной активности альфа-излучающих радионуклидов ( $^{239}\text{Pu}+^{240}\text{Pu}$ ) приняли участие 28 лабораторий, из которых удовлетворительное качество проводимых измерений подтвердили 15 лабораторий, 3 лаборатории представили как удовлетворительные, так и неудовлетворительные результаты измерений;

– в МСИ по контролю качества измерений удельной активности альфа-излучающих радионуклидов (изотопов урана) приняли участие 26 лабораторий, из которых удовлетворительное качество проводимых измерений подтвердили 18 лабораторий, 1 лаборатория представила как удовлетворительные, так и неудовлетворительные результаты измерений;

– в МСИ по контролю качества измерений удельной активности бета-излучающих радионуклидов приняли участие 43 лаборатории, из которых удовлетворительное качество проводимых измерений подтвердили 23 лаборатории, 3 лаборатории представили как удовлетворительные, так и неудовлетворительные результаты измерений;

– в МСИ по контролю качества измерений удельной активности гамма-излучающих радионуклидов приняли участие 60 лабораторий, из которых удовлетворительное качество проводимых измерений подтвердили 55 лаборатории; 3 лаборатории представили как удовлетворительные, так и неудовлетворительные результаты измерений\*;

– всем участникам были выданы свидетельства об участии, которые в качестве приложения содержат заключение с результатами измерений с указанием критериев их оценки

По результатам проведенных межлабораторных сличительных испытаний Провайдер может рекомендовать:



## 7 Конфиденциальность

Конфиденциальность обеспечивается в соответствии с РК-505-3-2023, разработанным Провайдером МСИ. Идентичность участников МСИ является строго конфиденциальной информацией и известна только ограниченному числу лиц, принимавших участие в организации МСИ.

Координатор программы МСИ,  
начальник лаборатории метрологического  
обеспечения аналитического контроля, к.х.н.



И.М. Максимова

28.06.2024

Ответственный исполнитель,  
ведущий инженер-технолог  
лаборатории метрологического обеспечения  
аналитического контроля, к.э.н.



Е.Е. Лебенкова

28.06.2024

Конец отчета

