

## ОБЩЕСТВЕННОЕ СОДЕЙСТВИЕ В ОБЕСПЕЧЕНИИ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ЗОНЕ НАБЛЮДЕНИЯ ФГУП «ПО «МАЯК»

В. С. Носовец<sup>1</sup>, А. Р. Зигангиров<sup>1</sup>, Е. С. Макеева<sup>1</sup>, А. А. Екидин<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Уральский федеральный университет им. первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup> Институт промышленной экологии УрО РАН, Екатеринбург, Россия

В статье представлены результаты второго года реализации общественной инициативы по формированию независимого источника информации о радиационной ситуации на общественно доступных местах зоны наблюдения крупнейшего в стране предприятия по обращению с радиоактивными и ядерными материалами ФГУП «ПО «Маяк». На обследованных участках мощность Ambientного эквивалента дозы находится в диапазоне от 0,05 до 0,12 мкЗв/ч. Техногенный радионуклид  $^{137}\text{Cs}$  достоверно идентифицирован только на участках, подвергшихся загрязнению в 1957 и 1967 гг. Зафиксированная удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  в почве, ранее загрязненных участков, не превышает 120 Бк/кг. Содержание природных радионуклидов в грунтах и почвах обследованных участков находится в диапазоне от 5 до 18 Бк/кг (для  $^{226}\text{Ra}$ ), от 5 до 40 Бк/кг (для  $^{232}\text{Th}$ ) и от 28 до 595 Бк/кг ( $^{40}\text{K}$ ).

**Ключевые слова:** почва; грунт; радионуклиды; активность; мощность дозы; окружающая среда; загрязнение.

### 1. Введение

Радиационные и ядерные технологии нашли свое применение в различных сферах деятельности человека: в здравоохранении, энергетике, тяжелой и легкой промышленности, транспорте, образовании, обороне государства. Использование источников ионизирующего излучения и делящихся материалов имеет как положительные, так и отрицательные стороны. К позитивным аспектам можно отнести повышение эффективности и результативности производства продукции и оказания услуг во всех сферах применения радиационных и ядерных технологий; стимулирование дальнейших научных исследований в освоении энергии излучения, деления и синтеза ядер; создание новых высокотехнологичных рабочих мест и другие действия, способствующие реализации основных глобальных целей устойчивого развития [1]. Негативные аспекты связаны со специфическими видами воздействия на человека и окружающую среду источников излучения, радиоактивных и ядерных материалов. Серьезность и сложность предсказания последствий облучения организма и радиационного загрязнения окружающей среды делают контроль за радиационной обстановкой практически значимой задачей. Существующие системы радиационного контроля на каждом объекте использования атомной энергии (далее ОИАЭ) гарантируют соблюдение установленных нормативов воздействия. Современные инженерные и организационные решения, применяемые на ОИАЭ, позволяют минимизировать такие воздействия до пренебрежимо малых значений. Органы государственного регулирования, надзора и мониторинга осуществляют непрерывный контроль соблюдения условий безопасности любых технологических процессов с применением источников излучения, радиоактивных и ядерных материалов.

Сложность технологических процессов применения радиоактивных и ядерных материалов определяет необходимость углубленных специальных знаний для их понимания и безопасного обращения. Последствия для биологических объектов от произошедших радиационных аварий понятны только ограниченному количеству

специалистов в области радиоэкологии и радиобиологии. Часть населения такими знаниями не обладает, что становится основанием для опасения большого количества людей за свою безопасность. Подобная неосведомленность также приводит к недоверию к усилиям государственных органов и эксплуатирующих организаций по предупреждению или уменьшению радиационных рисков [2]. Вместе с тем общественная приемлемость радиационных и ядерных технологий является необходимым условием дальнейшего развития в использовании радиоактивных и делящихся материалов во многих отраслях деятельности.

Комплекс задач по повышению объективности общественного мнения об уровне радиационных рисков для окружающей среды от деятельности ОИАЭ включает повышение осведомленности заинтересованных лиц, учет и обсуждение существующих у населения опасений, формирование независимого источника информации с достоверной оценкой радиационной ситуации, заслуживающего доверие у населения [3, 4]. Доверие к источнику данных может быть достигнуто демонстрацией следующих качеств: компетентности в предметной области, беспристрастности в отношении деятельности ОИАЭ, способности получать достоверные результаты [5]. Одновременное сочетание требуемых качеств присуще ограниченному кругу специалистов, в число которых входят научные сотрудники институтов академии наук, профессорско-преподавательский состав профильных университетов и колледжей. Объединение усилий специалистов указанных организаций, а также вовлечение студентов профильных специальностей позволяет не только создать механизм независимых и достоверных данных об уровнях воздействия в районах расположения ОИАЭ, но и сохранять требуемые компетенции.

Примером реализации рассмотренного подхода является общественная инициатива Института промышленной экологии УрО РАН и Физико-технологического института УрФУ по организации для магистрантов профильных направлений краткосрочных полевых экспедиций в зону наблюдений ФГУП «ПО «Маяк». Цель полевых инструментальных исследований – формирование независимого источника информации о радиационной ситуации на общественно доступных местах зоны наблюдения ОИАЭ [6]. Состав участников таких исследований обладает объективными факторами, способствующими формированию независимого источника информации для широкого круга заинтересованных лиц: беспристрастностью, уровнем компетенций, современными средствами измерения и методами анализа данных. В рамках описанной инициативы второй год осуществляются радиационные обследования отдельных участков с целью определения содержания искусственных и природных радионуклидов в почвах и грунтах селитебных территорий, сельскохозяйственных угодий, зон рекреации [7].

Долговременные наблюдения за содержанием  $^{137}\text{Cs}$  в почве и грунтах общественно доступных мест зоны наблюдения ФГУП «ПО «Маяк» позволяют обоснованно утверждать о наличии или отсутствии изменений радиационной ситуации. Результаты полевых исследований предназначены для устных докладов студентов в рамках научно-практических конференций и подготовки статей для научных журналов. Такая форма использования данных, с одной стороны, способствует повышению информированности заинтересованных лиц, а с другой – демонстрирует открытую форму оценки достоверности результатов исследований. Выбранный объект исследований – общественно доступные пространства зоны наблюдения ОИАЭ – часто остается вне поля зрения для научных радиоэкологических исследований, однако сведения о содержании радионуклидов в объектах окружающей среды на участках постоянного или частого присутствия человека вызывают постоянный интерес для проживающего там населения. Научные подходы и методы, современные научные средства измерения и анализа позволяют в простой и доступной форме представить основные выводы о радиационной безопасности для населения обследованных территорий.

## 2. Материалы и методы

В рамках содействия в обеспечении радиационной безопасности населения в зоне наблюдения ФГУП «ПО «МАЯК» выполнены полевые измерения мощности AMBIENTНОГО эквивалента дозы (далее МАЭД) и удельной активности гамма-излучающих радионуклидов в грунтах и почвах общественно доступных участков. Для каждой точки выполненного измерения определялись и фиксировались географические координаты. В качестве средства измерения применялся полевой гамма-спектрометр МКС-АТ6101ДР с детектором из NaI(Tl) Ø 63 x 63 мм. Время набора спектра в точках измерения выбиралось от 600 до 1200 сек. Расчет удельной активности радионуклидов производился на месте измерения автоматически с помощью установленного алгоритма в блоке обработки информации (БОИ). Экран БОИ позволяет визуализировать набираемый спектр в процессе измерения. Привязка географических координат к результатам измерения на местности выполнялась автоматически встроенным в БОИ GPS-приемником.

В ноябре 2021 г. и октябре 2022 г. были проведены спектрометрические исследования на 15 участках общественно доступного пространства зоны наблюдения ФГУП «ПО «Маяк». Все обследованные участки расположены вблизи двух автомобильных маршрутов: Екатеринбург – Касли – Кыштым – Метлино – Екатеринбург; Екатеринбург – Касли – Кыштым – Каолиновый – оз. Акакуль – Екатеринбург. Ряд измерений выполнен на территориях с повышенным содержанием  $^{137}\text{Cs}$  в почве. Участки обследований выбирали исходя из их доступности, рельефа местности и отсутствия любых ограничений на нахождение там обычных граждан (рис. 1).



Рис. 1. Критерий выбора участка обследования – доступность для посещения людьми

Все участки, на которых были выполнены полевые гамма-спектрометрические измерения удельной активности почвы/грунта, можно разделить на несколько категорий по характеру использования ландшафта:

- селитебная зона;
- сельскохозяйственные угодья;
- зона рекреации (лес, луга, береговая зона озер).

На отдельных участках измерения проводились в двух или более точках с различным типом ландшафта. Для таких участков характеристику радиационной

ситуации усредняли по результатам всех измерений. Местоположения исследованных за два года участков (обозначены числами) представлены на рис. 2. Нумерация обследованных участков не соответствует порядку обследования, для удобства восприятия и визуализации точки расположены по убыванию широты.

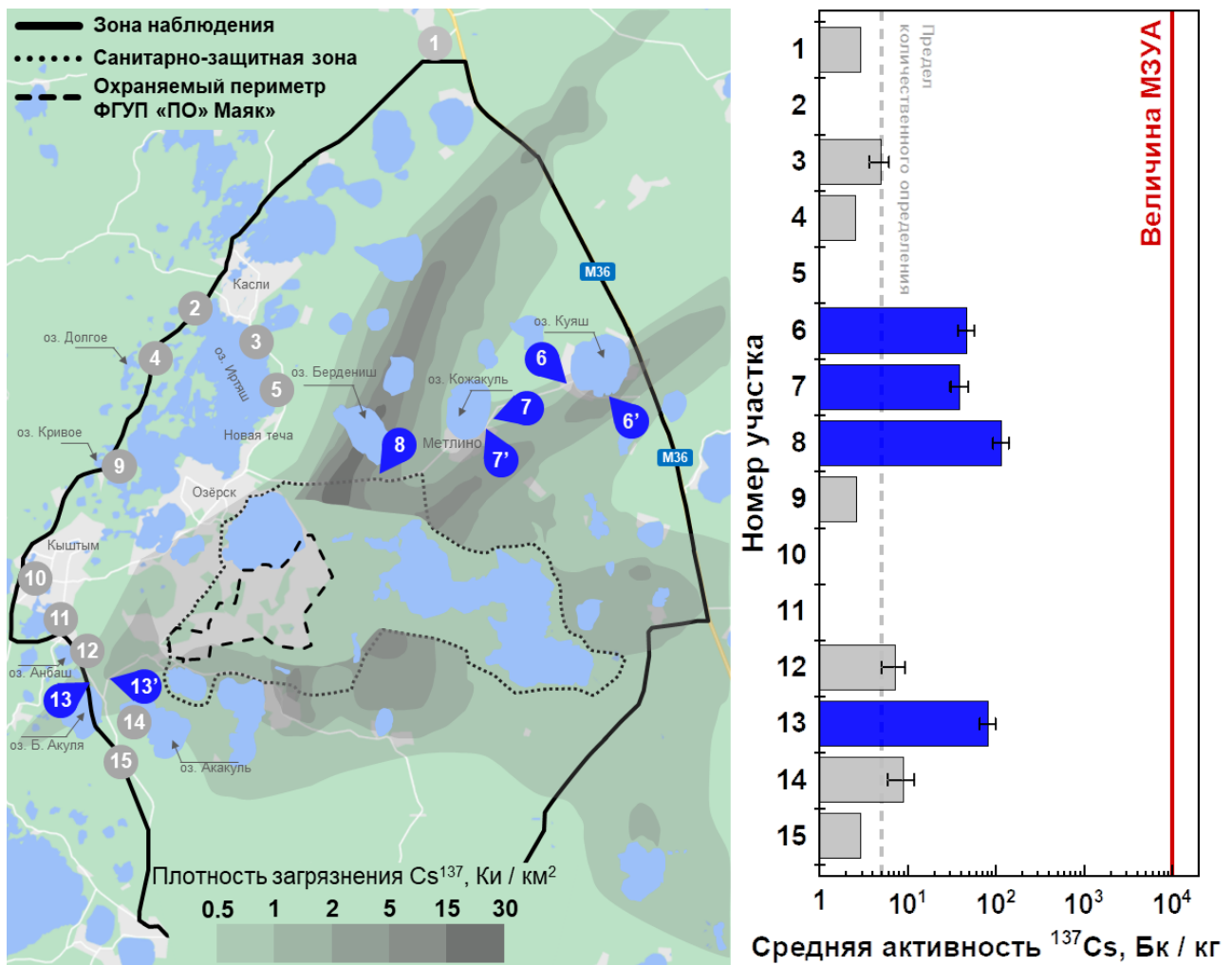


Рис. 2. Расположение и нумерация обследованных участков зоны наблюдения ФГУП «ПО «Маяк»

Результаты полевых измерений удельной активности гамма-излучающих радионуклидов и МАЭД послужили основанием для выводов о тенденциях в изменении радиоэкологической ситуации и соблюдении установленных пределов индивидуальных доз облучения населения. Для вывода об актуальном уровне радиационного воздействия на обследованных участках проведены сравнения полученных данных с перечисленными критериями:

- минимально значимые удельные активности идентифицированных в почве радионуклидов [8];
- значения плотности загрязнения цезием обследованных участков в 2007 г. [9];
- МАЭД и вклад в интенсивность внешнего облучения от  $^{137}Cs$ , содержащегося в почвах или грунтах обследованных участков.

Сравнение полученных результатов измерений удельной активности  $^{137}Cs$  в почвах локальных участков с данными картирования загрязнения 2007 г. проводилось путем:

- учета распада  $^{137}Cs$  и приведения данных 2007 г. к 2022 г.;
- перерасчета удельной активности (Бк/кг) в плотность загрязнения (Бк/м<sup>2</sup>) по формуле (1):

$$A_s^{obs} = \frac{\bar{A}_m \rho v d^2}{1 - e^{-v d}}, \quad (1)$$

где  $A_s^{obs}$  – поверхностная активность  $^{137}\text{Cs}$  на глубине  $x = 0$ , Бк/м<sup>2</sup>;  
 $\bar{A}_m$  – средняя удельная активность  $^{137}\text{Cs}$ , измеряемая в эксперименте, Бк/кг;  
 $\rho$  – плотность почвы, 1 400 кг/м<sup>3</sup>;  
 $v$  – параметр, определяющий распределение  $^{137}\text{Cs}$  по глубине почвы, 12 м<sup>-1</sup>;  
 $d$  – максимальная глубина регистрации радионуклида, 0,1 м.

Для расчета использовали значения  $\rho$ ,  $v$  и  $d$  из работы [6]. Таким образом была получена консервативная оценка, не учитывающая поглощение гамма-квантов почвой. Далее результаты расчета приводились к размерности Ки/км<sup>2</sup>.

Мощность дозы внешнего облучения от загрязненной поверхности, обусловленная наличием радионуклида в почве  $E_{пов}$ , рассчитывается по формуле (2):

$$E_{пов} = A_s R_{пов} t_n, \quad (2)$$

где  $A_s$  – поверхностная активность  $^{137}\text{Cs}$ , Бк/м<sup>2</sup>;  
 $R_{пов}$  – коэффициент дозового преобразования для  $^{137}\text{Cs}$  при внешнем облучении от поверхности источника,  $5,01 \cdot 10^{-16}$  Зв·м<sup>2</sup>/(Бк·с);  
 $t_n$  – время нахождения на рассматриваемой территории в течение 1 ч., 3 600 с/ч.

Отношение результата расчета  $E_{пов}$  по формуле (2) к результату измерения МАЭД ( $\bar{P}$ ) на обследованных участках показывает вклад  $^{137}\text{Cs}$  в почве во внешнее облучение при нахождении на обследуемом участке.

### 3. Результаты

Радиационные характеристики локальных участков, обследованных в ходе полевых работ, и их координаты представлены табл. 1.

Таблица 1. Значения средней удельной активности обнаруженных радионуклидов и мощность AMBIENTного эквивалента дозы на исследованных участках

№	Координаты участка		Тип ландшафта	МАЭД $\bar{P}$ , мкЗв/ч	Удельная активность радионуклидов $\bar{A}_m$ , Бк/кг			
	N, °	E, °			<sup>40</sup> K	<sup>226</sup> Ra	<sup>232</sup> Th	<sup>137</sup> Cs
1	60,9739	56,0402	Лес, поле	0,08	375 ± 79	8 ± 4	21 ± 5	< 3
2	60,7052	55,8740	Берег озера	0,05	28 ± 24	5 ± 3	9 ± 4	–
3	60,7564	55,8574		0,06	235 ± 58	12 ± 4	5 ± 3	5 ± 1
4	60,6526	55,8421	Лес	0,06	146 ± 39	5 ± 4	8 ± 4	< 3
5	60,7940	55,8177	Поле	0,07	288 ± 64	14 ± 5	11 ± 4	–

6	61,1422	55,8190	Поле	0,09	193 ± 58	15 ± 7	11 ± 5	63 ± 10
7	61,0156	55,8057	Берег озера, поле, лес	0,07	167 ± 46	16 ± 7	6 ± 3	40 ± 9
8	60,8953	55,7713	Поле	0,10	110 ± 40	6 ± 5	5 ± 4	119 ± 24
9	60,5966	55,7756	Лес	0,09	226 ± 57	18 ± 7	31 ± 8	< 3
10	60,5317	55,7053	Парк	0,06	268 ± 62	5 ± 4	9 ± 3	–
11	60,5616	55,6795	Лес	0,07	217 ± 53	12 ± 5	12 ± 4	–
12	60,5667	55,6653		0,05	105 ± 32	5 ± 3	5 ± 2	7 ± 2
13	60,6013	55,6482		0,08	115 ± 36	6 ± 2	< 3	84 ± 17
14	60,6260	55,6165		0,12	593 ± 125	13 ± 7	40 ± 10	9 ± 3
15	60,6129	55,6002		0,05	75 ± 29	8 ± 4	7 ± 4	< 3

Визуализация расположения обследованных участков и установленные на 2007 г. уровни загрязнения зоны наблюдения ФГУП «ПО «МАЯК» представлены на рис. 2.

В левой части рис. 2 изолиниями и оттенками серого показано распределение плотности загрязнения почвы  $^{137}\text{Cs}$  после Кыштымской аварии и образования Карачаевского следа на момент 2007 г. [9]. Для улучшения восприятия на рис. 2 не приведена область с плотностью загрязнения 0,2–0,5 Ки/км<sup>2</sup>, в которую попадают участки 3, 5, 12, 14 и 15. Вне указанных областей (участки 1, 2, 4, 9, 10 и 11)  $^{137}\text{Cs}$  не был достоверно обнаружен. Синим цветом выделены те участки (участки 6, 7, 8 и 13), на которых удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  достоверно превышала 5 Бк/кг. При значении удельной активности меньше чем 5 Бк/кг (штрихпунктирная линия на диаграмме) отсутствует возможность его достоверного определения.

В правой части рис. 2 на диаграмме представлены измеренные значения содержания  $^{137}\text{Cs}$  в почве обследованных участков. Красная линия на диаграмме – значение минимально значимой удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  [8]. На участках 6, 7 и 13 указано среднее по штрихованным и нештрихованным точкам. Как можно заметить, максимальная величина удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  (119 ± 24 Бк/кг) на два порядка меньше минимально значимой удельной активности (МЗУА) (10<sup>4</sup> Бк/кг).

На рис. 3 представлены результаты измерений средней удельной активности  $\bar{A}_m$  естественных радионуклидов  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  и  $^{232}\text{Th}$  в единицах Бк/кг. Нумерация и местоположение площадок соответствует данным на рис. 2. Красная сплошная линия – минимально значимая удельная активности для соответствующих радионуклидов, залитая серым область – диапазоны типичных значений удельной активности, встречающиеся на территории России [10, 11].

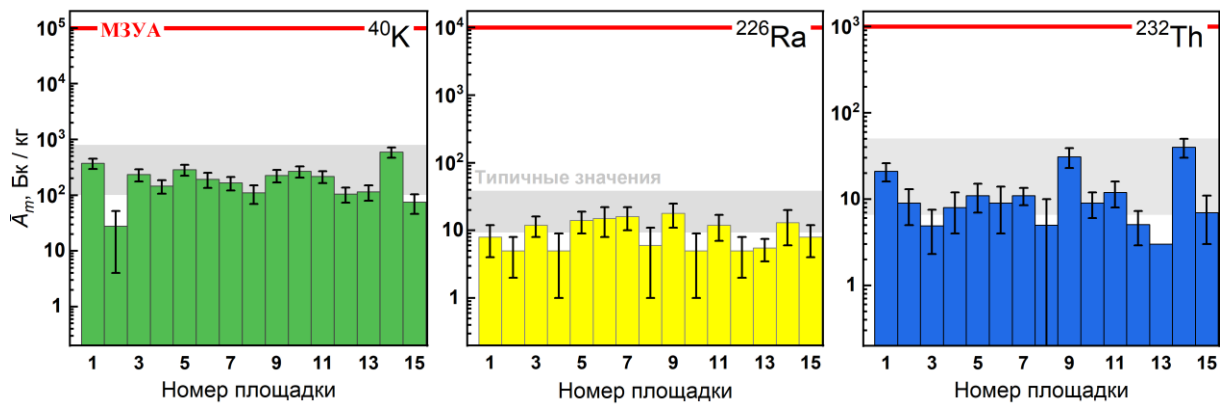


Рис. 3. Диаграммы удельной активности естественных радионуклидов на площадках зоны наблюдения ФГУП «ПО «Маяк»

На участках 6, 7 и 13 указано среднее по штрихованным и нештрихованным точкам. Из представленных данных видно, что измеренные значения удельной активности  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  и  $^{232}\text{Th}$  как минимум на порядок меньше, чем установленные уровни минимально значимой удельной активности [8]. Полученные значения также попадают в диапазоны наиболее типичных для почвы, расположенной на территории России (выделены серой заливкой) [10, 11]. Все это указывает на отсутствие угрозы населению и окружающей среде от естественных радионуклидов в зоне наблюдения ФГУП «ПО «Маяк».

#### 4. Обсуждение

Для заключения о трендах изменения радиозэкологической ситуации на обследованных участках выполнено сравнение полученных актуальных оценок плотности загрязнения почвы  $^{137}\text{Cs}$  с установленным уровнем загрязнения этих же участков в 2007 г. [9]. Поскольку при таком сравнении используются величины, установленные около 15 лет назад, значения, указанные в [9], были пересчитаны на год выполнения настоящих измерений. При этом рассмотрены две ситуации изменения плотности загрязнения почвы  $^{137}\text{Cs}$ :

- только за счет распада с постоянной распада  $\lambda = 7,28 \cdot 10^{-10} \text{ c}^{-1}$ ;
- за счет распада и любых других процессов выведения активности из загрязненного слоя почвы с постоянной процесса  $\lambda_{sum} = \lambda + \lambda_{nd}$ , где  $\lambda_{nd}$  – постоянная выведения активности из загрязненного слоя почвы, связанная со всеми процессами, кроме радиоактивного распада, и равная  $1,27 \cdot 10^{-9} \text{ c}^{-1}$  [12].

В табл. 2 представлены исходные данные о плотности загрязнения почвы  $^{137}\text{Cs}$  в 2007 г., а также изменение загрязнения к 2022 г. как в результате распада  $^{137}\text{Cs}$ , так и в результате всех процессов выведения активности из загрязненного слоя почвы, а также результаты оценки плотности загрязнения почвы, полученные в ходе полевых работ для каждого локального участка обследования с достоверными данными об удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  (участки 3, 6, 7, 8, 12, 13, 14).

Результаты оценки плотности загрязнения почвы  $^{137}\text{Cs}$  обследованных участков находятся ниже или соответствуют диапазону поверхностной активности, установленному в 2007 г., что указывает на положительный тренд в улучшении радиозэкологической ситуации. Результаты оценок, находящиеся ниже установленного в 2007 г. загрязнения, могут быть связаны с рядом причин:

- не учитывают содержание  $^{137}\text{Cs}$  в горизонтах почвы глубже 10 см;
- постоянная выведения активности из загрязненного слоя почвы, связанная со всеми процессами, кроме радиоактивного распада, выше, чем использованная в настоящей работе.

Таблица 2. Данные о плотности загрязнения почвы  $^{137}\text{Cs}$  обследованных участков

№ пп.	Поверхностная активность $^{137}\text{Cs}$ обследованных участков				Соответствие актуальных данных диапазону на 2007 г.	
	Диапазон по данным картирования 2007 г., Ки/км <sup>2</sup>		Оценки результатов обследования на 2022 г., Ки/км <sup>2</sup>			
	На 2007 г. [9]	На 2022 г. с учетом:		№ участка		Актуальное значение
Только распада		Всех процессов				
1.	От 0,2 до 0,5	От $1,4 \cdot 10^{-1}$ до $3,5 \cdot 10^{-1}$	От $7,3 \cdot 10^{-2}$ до $1,8 \cdot 10^{-1}$	3	$3,2 \cdot 10^{-2} \pm 1 \cdot 10^{-2}$	Ниже
				12	$4,6 \cdot 10^{-2} \pm 1 \cdot 10^{-2}$	
				14	$5,9 \cdot 10^{-2} \pm 2 \cdot 10^{-2}$	
2.	От 0,5 до 1,0	От $3,5 \cdot 10^{-1}$ до $6,9 \cdot 10^{-1}$	От $1,8 \cdot 10^{-1}$ до $3,6 \cdot 10^{-1}$	7	$2,6 \cdot 10^{-1} \pm 5 \cdot 10^{-2}$	Ниже
3.	От 1,0 до 2,0	От $6,9 \cdot 10^{-1}$ до 1,4	От $3,6 \cdot 10^{-1}$ до $7,3 \cdot 10^{-1}$	13	$5,5 \cdot 10^{-1} \pm 1 \cdot 10^{-1}$	Соответствует
4.	От 2,0 до 5,0	От 1,4 до 3,5	От $7,3 \cdot 10^{-1}$ до 1,8	6	$4,1 \cdot 10^{-1} \pm 1 \cdot 10^{-1}$	Ниже
				8	$7,7 \cdot 10^{-1} \pm 2 \cdot 10^{-1}$	Ниже

Полученные актуальные значения плотности загрязнения почвы  $^{137}\text{Cs}$  обследованных участков позволили оценить вклад в мощность дозы внешнего облучения при нахождении на них человека. Результаты расчетов по формуле (2) представлены на диаграмме рис. 4.

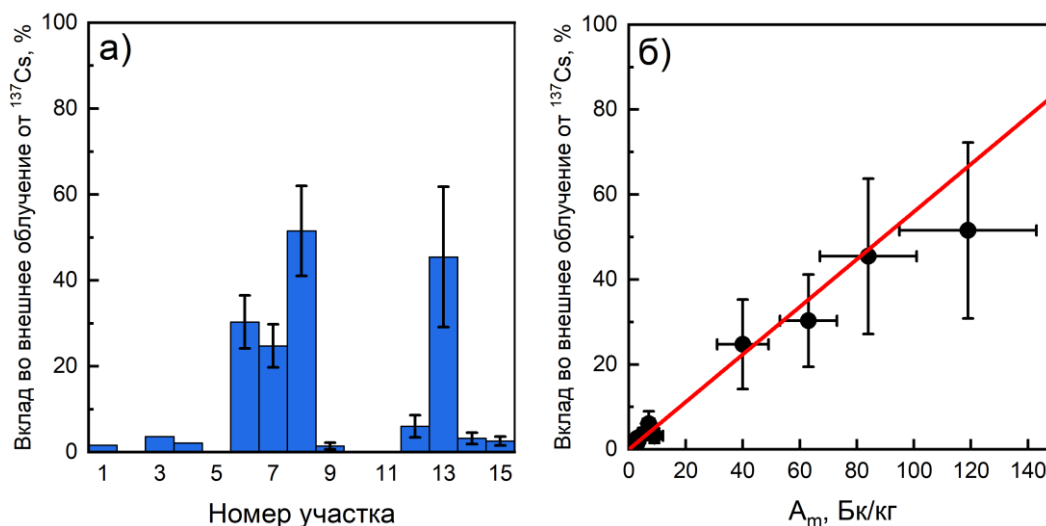


Рис. 4. Диаграмма вклада излучения от загрязнения почвы  $^{137}\text{Cs}$  в мощность дозы внешнего облучения: а) доля внешнего облучения от  $^{137}\text{Cs}$  в почве конкретного участка, б) зависимость доли внешнего облучения от  $^{137}\text{Cs}$  в почве к его УА на конкретном участке

Установлена связь между удельной активностью  $^{137}\text{Cs}$  в почве и вкладом внешнего облучения от гамма излучения. Для полученного диапазона значений



удельной активности такая положительная корреляция может быть описана линейной зависимостью вида (3):

$$\frac{E_{\text{пов}}}{\bar{P}} \approx 0,0046 \cdot \bar{A}_m, \quad (3)$$

где  $E_{\text{пов}}$  – определяется по формуле (2) поверхностная активность  $^{137}\text{Cs}$ , Бк/м<sup>2</sup>;

$\bar{P}$  – измеренное на участке значение МАЭД, мкЗв/ч;

$\bar{A}_m$  – средняя удельная активность  $^{137}\text{Cs}$ , измеряемая в эксперименте, Бк/кг.

Выражение (3) позволяет предположить, что в настоящее время на участках местности с удельной активностью  $^{137}\text{Cs}$  в почве выше 105 Бк/кг не менее половины внешнего облучения будет происходить за счет радиоактивного распада данного радионуклида. Дополнительное к природному фону внешнее облучение от присутствия  $^{137}\text{Cs}$  в почве не превысит установленный годовой предел дозы для населения даже при реализации консервативного условия постоянного нахождения человека на таких участках местности.

## 5. Выводы

1. В результате второго года реализации общественной инициативы сотрудников Института промышленной экологии УрО РАН и Физико-технологического института УрФУ по организации для магистрантов профильных направлений краткосрочных полевых экспедиций в зону наблюдений ФГУП «ПО «Маяк» проведено радиационное обследование 15 участков общественно доступного пространства.

2. Значения МАЭД на обследованных участках зафиксированы в диапазоне от 0,05 до 0,12 мкЗв/ч, что в целом соответствует региональному уровню радиационного воздействия от природных источников облучения.

3. Содержание всех достоверно идентифицированных радионуклидов в почве и грунтах обследованных участков не менее чем в 10 раз меньше установленных МЗУА для данных радионуклидов.

4. Максимальные значения УА  $^{137}\text{Cs}$  в почве и грунтах участков общественно доступного пространства в зоне наблюдения ФГУП «ПО «Маяк» не превышает 120 Бк/кг.

5. Сравнение полученных в ходе исследований актуальных оценок плотности загрязнения почвы  $^{137}\text{Cs}$  обследованных участков с уровнем загрязнения этих же участков в 2007 г. показало, что снижение активности происходит быстрее, чем естественный радиоактивный распад данного радионуклида.

6. На отдельных участках, где УА  $^{137}\text{Cs}$  в почве и грунтах превышает 105 Бк/кг, не менее половины внешнего облучения будет происходить за счет радиоактивного распада данного радионуклида. Такое дополнительное облучение не превысит установленный годовой предел дозы для населения даже в нереализуемых условиях постоянного нахождения человека на таких участках местности.

7. Полученные результаты полевых исследований и анализ собранных данных подтверждают отсутствие радиационной опасности для населения в зоне наблюдения ФГУП «ПО «Маяк».

8. Второй год полевых исследований не выявил признаков влияния текущей производственной деятельности ФГУП «ПО «Маяк» на радиоэкологическую ситуацию в зоне наблюдения.

## 6. Благодарности

Авторский коллектив выражает благодарность всем участникам экспедиций, а также агентству экологической безопасности «Альфа-Х91» за оказание помощи в транспортировке полевого отряда и предоставлении полевых средств измерения.

## 7. Список литературы

1. Цели устойчивого развития ООН. Интернет ресурс <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/sustainable-development-goals> (дата обращения: 10.03.2023).
2. Привлечение заинтересованных сторон к решению ядерных вопросов. INSAG-20 / Доклад Международной группы по ядерной безопасности. – Вена: МАГАТЭ, 2015. – 21 с.
3. Информационные интересы общества и объектов атомной отрасли: уроки конфликтов / Н. В. Горин, А. А. Екидин, С. В. Нечаева, О. С. Головихина // Государственное управление. Электронный вестник. – 2020. – № 83. – С. 47–61. – DOI: 10.24411/2070-1381-2020-10108. – EDN: RFBUFFK.
4. Формирование общественного мнения в интересах развития и признания атомной энергетики экологически чистым источником энергии / Н. В. Горин, А. А. Екидин, В. П. Кучинов [и др.] // Траектория исследований – человек, природа, технологии. – 2022. – № 1 (1). – С. 102–111. – DOI: 10.56564/27825264\_2022\_1\_102. – EDN: KADGXW.
5. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий. Межгосударственный стандарт. ГОСТ ISO/IEC 17025-2019. – М : – Стандартиформ, 2019.
6. Опыт независимого радиационного контроля на общественно доступных участках зоны наблюдения ФГУП «ПО «Маяк» / В. С. Носовец, Л. А. Мищенко, К. С. Миргородских [и др.] // Вопросы радиационной безопасности. – 2022. – № 1 (105). – С. 3–10. – EDN: NXMEVH.
7. Опыт проведения независимого общественного контроля радиационноопасных объектов / А. А. Екидин, А. В. Васильев, М. Е. Васянович [и др.] // Траектория исследований – человек, природа, технологии. – 2023. № 1 (5). – С. 87–103. – DOI: 10.56564/27825264\_2023\_1\_87. – EDN: LNXQFU.
8. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). Санитарные правила и нормативы / СанПин 2.6.1.2523-09. – М. : Минздрав России, 2009. – 68 с.
9. История формирования радиоактивного загрязнения на Южном Урале // Атлас ВУРСа. Интернет ресурс. – URL: [http://downloads.igce.ru/publications/Atlas/CD\\_VURS/7-12.html#page11](http://downloads.igce.ru/publications/Atlas/CD_VURS/7-12.html#page11) (дата обращения: 01.02.2023).
10. Александров, Ю. А. Основы радиационной экологии: учеб. пособие / Ю. А. Александров. – Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2007. – 268 с.
11. Орлов, П. М. Естественные радионуклиды в почвах России и фосфатных рудах планеты / П. М. Орлов, В. Г. Сычев, Н. И. Аканова // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2020. – № 4. – С. 62–67. – DOI: 10.24411/2587-6740-2020-14074.
12. РБ-106-21. Руководство по безопасности при использовании атомной энергии. Рекомендуемые методы расчета параметров, необходимых для разработки и установления нормативов предельно допустимых выбросов радиоактивных веществ в атмосферный воздух. ФБУ «НТЦ ЯРБ». – Москва, 2021.

### Сведения об авторах:

**Носовец Вадим Сергеевич**, магистрант, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, Россия, Екатеринбург; e-mail: [vadim.nosovets@urfu.ru](mailto:vadim.nosovets@urfu.ru).

**Зигангиров Артур Рустемович**, магистрант, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, Россия, Екатеринбург.

**Макеева Екатерина Станиславовна**, магистрант, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, Россия, Екатеринбург.

**Екидин Алексей Акимович**, к. ф.-м. н., ведущий научный сотрудник, лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники за 2021 год, Институт промышленной экологии УрО РАН, Россия, Екатеринбург.

## EXPERIENCE OF INDEPENDENT RADIATION CONTROL IN PUBLICLY ACCESSIBLE SITES OF THE «FSUE MAYAK PA» MONITORING AREA

V.S. Nosovets<sup>1</sup>, A.R. Zigangirov<sup>1</sup>, E.S. Makeeva<sup>1</sup>, A.A. Ekinin<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ural Federal University, Russia, Yekaterinburg

<sup>2</sup> Institute of Industrial Ecology, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Russia, Yekaterinburg

*This paper presents the results of a public initiative implementation aimed at forming an independent source of information about the radiation situation in FSUE "PO "Mayak" publicly accessible observation zone places. This initiative is being held for the second year. FSUE PO Mayak was chosen because it is the largest enterprise in the country for the management of radioactive and nuclear materials. The ambient dose equivalent power is in the range of 0.05–0.12 mSv/h in the examined areas. The technogenic radionuclide <sup>137</sup>Cs has been reliably identified only at sites that were contaminated in 1957 and 1967. Specific activity of <sup>137</sup>Cs that is in the soil of previously contaminated sites does not exceed 120 Bq/kg. The content of natural radionuclides ranges from 5 to 18 Bq/kg (for <sup>226</sup>Ra), from 5 to 40 Bq/kg (for <sup>232</sup>Th) and from 28 to 595 Bq/kg (<sup>40</sup>K) in the surveyed sites soils.*

**Key words:** public control; soil; radionuclides; activity; dose rate; environment; monitoring area; stochastic effects.

### References

1. Celi ustojchivogo razvitiya OON. Internet <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/sustainable-development-goals> (10.03.2023). [in Russian].
2. Stakeholder Involvement in Nuclear Issues. INSAG-20 / A report by the International Nuclear Safety Group. – International Atomic Energy Agency, VIENNA, 2006. – 21 p.
3. Gorin N. V. Informacionnye interesy obshestva i obektov atomnoj otrasli: uroki konfliktov. / N. V. Gorin, A. A. Ekinin, S. V. Nechaeva, O. S. Golovihina // Gosudarstvennoe upravlenie. Elektronnyj vestnik. – 2020. – № 83. – S. 47-61. – DOI: 10.24411/2070-1381-2020-10108. – EDN: RFBUEK. [in Russian].
4. Gorin N. V. Formirovanie obshestvennogo mneniya v interesah razvitiya i priznaniya atomnoj energetiki ekologicheski chistym istochnikom energii / N. V. Gorin, A. A. Ekinin, V. P. Kuchinov, L. G. Matveeva, V. F. Menshikov // Traektoriya issledovanij – chelovek, priroda, tehnologii. – 2022. – № 1 (1). – S. 102-111. – DOI: 10.56564/27825264\_2022\_1\_102. – EDN: KADGXW. [in Russian].
5. Obshie trebovaniya k kompetentnosti ispytatelnyh i kalibrovochnyh laboratorij. Mezghosudarstvennyj standart. GOST ISO/IEC 17025-2019. Moskva. – Standartinform. – 2019. [in Russian].
6. Nosovets V.S. Opyt nezavisimogo radiacionnogo kontrolya na obshestvenno dostupnyh uchastkah zony nablyudeniya FGUP «PO «Mayak» / V. S. Nosovec, L. A. Mishenko, K. S. Mirgorodskih, K. S. Sahnno, A. A. Ekinin, E. I. Nazarov // Voprosy radiacionnoj bezopasnosti. – 2022. – № 1 (105). – S. 3-10. – EDN: NXMEVH. [in Russian].
7. Ekinin A. A. Opyt provedeniya nezavisimogo obshestvennogo kontrolya radiacionnoopasnyh obektov. / Ekinin A. A., Vasilev A. V., Vasyanovich M. E., Nazarov E. I., Pyshkina M. D. // Traektoriya issledovanij – chelovek, priroda, tehnologii. – 2023. № 1 (5). – S. 87-103. – DOI: 10.56564/27825264\_2023\_1\_87. – EDN: LNXQFU. [in Russian].
8. Normy radiacionnoj bezopasnosti (NRB-99/2009). Sanitarnye pravila i normativy / SanPin 2.6.1.2523-09. – M.: Minzdrav Rossii, 2009. – 68 s. [in Russian].
9. Istoriya formirovaniya radioaktivnogo zagryazneniya na Yuzhnom Urale // Atlas VURSa. Internet URL: [http://downloads.igce.ru/publications/Atlas/CD\\_VURS/7-12.html#page11](http://downloads.igce.ru/publications/Atlas/CD_VURS/7-12.html#page11) (data obrasheniya: 01.02.2023). [in Russian].
10. Aleksandrov, Yu. A. Osnovy radiacionnoj ekologii: Uchebnoe posobie /Mar. gos. un-t; Yu.A. Aleksandrov. – Joshkar-Ola, 2007. – 268 s. [in Russian].

11. Orlov, P. M. Estestvennyye radionuklidy v pochvah Rossii i fosfatnyh rudah planety. / Orlov P. M., Sychev V. G., Akanova N. I. // *Mezhdunarodnyj selskohozyajstvennyj zhurnal*/ – 2020. № 4. – S. 62-67. – DOI: 10.24411/2587-6740-2020-14074. [in Russian].
12. RB-106-21. Rukovodstvo po bezopasnosti pri ispolzovanii atomnoj energii. Rekomenduemye metody rascheta parametrov, neobhodimyh dlya razrabotki i ustanovleniya normativov predelno dopustimyh vybrosov radioaktivnyh veshestv v atmosferyj vozduh. FBU "NTC YaRB". 2021. – Moskva. [in Russian].