

УДК 539.1.074

## АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ МОБИЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС КОНТРОЛЯ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ

К. Буздалкин<sup>1</sup>, Ю. Жученко<sup>2</sup>, Л. Чунихин<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Республиканское научно-исследовательское унитарное предприятие  
“Институт радиологии”

<sup>2</sup>УО “Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины”

<sup>3</sup>ГУ “Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии  
человека”, Беларусь, г. Гомель

Представлено описание проведения измерений для определения плотности загрязнения территории гамма-излучающими радионуклидами бесконтактным методом на базе мобильного комплекса.

*Ключевые слова:* гамма-излучающие радионуклиды, <sup>137</sup>Cs, детекторы излучений, гамма-спектрометрический комплекс.

Автоматизированный мобильный комплекс предназначен для определения плотности загрязнения территории гамма-излучающими радионуклидами и может найти применение в области радиационного мониторинга. В частности, он эффективно используется авторами для полевых измерений плотности загрязнения и составления карт загрязнения территории Беларуси радионуклидами <sup>134</sup>Cs и <sup>137</sup>Cs, выпавшими в 1986 г. в результате аварии на Чернобыльской АЭС.

Применяемая методика картирования и измерения плотности загрязнения гамма-излучающими радионуклидами в полевых условиях без отбора образцов грунта одобрена Межведомственной Комиссией по дозиметрическим измерениям при АН СССР (заседание № 40, 16 мая 1989 года, Москва).

Стандартная процедура проведения измерений представлена на рисунке 1-а, включающая семь трудоемких этапов, связанных с транспортировкой сотрудников и проб, а также проведения измерений в стационарных условиях лаборатории [1].

Известен способ, отличительной особенностью которого от предыдущего является исключение этапов, связанных с транспортировкой проб [2]. В этом варианте измерительный комплекс со свинцовой защитой устанавливается на транспортное средство, и измерения производятся непосредственно в месте отбора проб (рис. 2, б). Однако и эта технология не исключает этапы отбора и подготовки проб к измерениям, и поэтому остается в значительной степени трудоемкой.

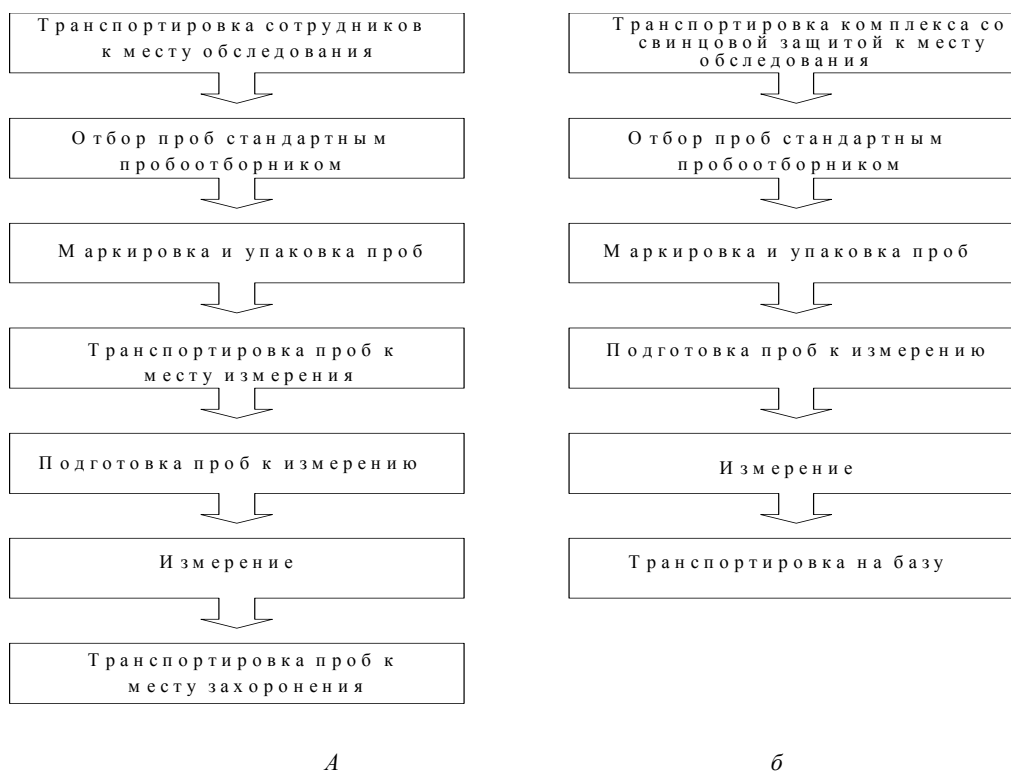


Рис. 1. Технологии проведения измерений: *а* – стандартная методика; *б* – с применением передвижной лаборатории

Наиболее близким по технической реализации к предлагаемому способу является способ, используемый в подвижной сканирующей системе поиска источников гамма-излучения, в которой в качестве детекторов используются кристаллы NaI(Tl), а в качестве регистратора многоканальный анализатор импульсов [3]. Недостатком системы является ограниченность и специфичность метода, направленного на обнаружение местонахождения остатков радий-содержащих веществ, и в таком виде не приспособленного для определения плотности загрязнения территории радионуклидами, тем более находящихся в почве на различной глубине.

Известна работа по калибровке переносного гамма-спектрометра для измерения плотности загрязнения территории в полевых условиях [4]. Однако авторы данной работы достигли удовлетворительной точности только для двух типов геометрий протяженного источника: первая модель – поверхностное “тонкослойное” загрязнение, и вторая модель – гомогенное по высоте распределение радионуклидов в грунте. Обе эти модели не описывают все возможные случаи пространственного перераспределения радионуклидов в грунте, характерные для загрязненных территорий после аварии на ЧАЭС, где радионуклиды либо находились в верхнем слое до 5 сантиметров, либо были неравномерно распределены по профилю почвы после проведения дезактивационных и агротехнических мероприятий. Без учета этих факторов ошибка измерения может достигать значительных величин.

Известны также разработки, характерным для которых является специализация устройств на выявление локальных источников гамма-излучения [5, 6].

Целью разработки автоматизированного мобильного комплекса являлось уменьшение трудоемкости проведения работ в области радиационного мониторинга при определении плотности загрязнения и картировании территорий, загрязненных гамма-излучающими радионуклидами.

Поставленная цель достигается тем, что при использовании предлагаемого метода можно исключить из технологической цепочки этапы пробоотбора и пробоподготовки (сравните рис. 1, а, б, и 2). Технология, представленная на рис. 2 соответствует предлагаемому способу, где непосредственно на объекте загрязнения определяется конечный результат – абсолютное значение величины плотности загрязнения территории.

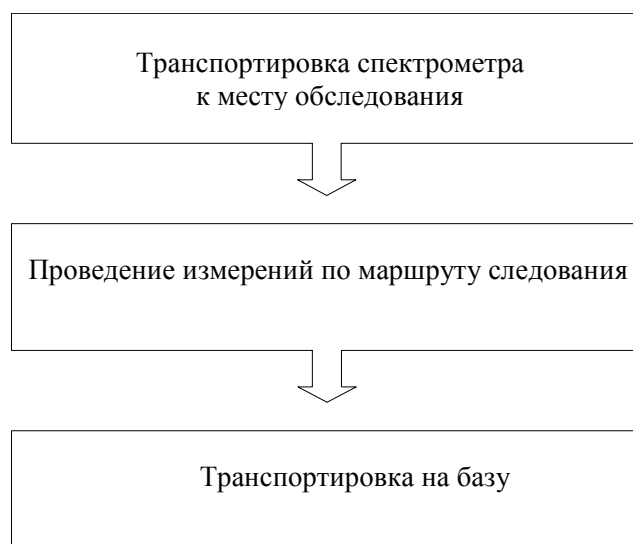


Рис. 2. Технология проведения измерений бесконтактным способом

Существенным отличием предлагаемого метода измерения является то, что для вычисления величины плотности загрязнения используется информация об относительном вкладе рассеянного гамма-излучения в аппаратурную линию спектра.

С точки зрения физики дозиметрии, загрязненные территории можно представить в виде:

- плоского источника с распределенной по верхнему 5-сантиметровому слою активностью (естественные луга, пастбища, земли, не подвергшиеся агротехническим мероприятиям после выпадений);
- объемного источника с равномерным распределением радионуклидов в слое до 20 см (пашня);
- любой композиции из вышеназванных случаев.

В любом из перечисленных видов источников различной геометрии форма аппаратурной линии для полупроводниковых и сцинтилляционных детекторов полного

поглощения представляет собой пики полного поглощения на фоне непрерывного комптоновского распределения. На форму пиков полного поглощения мало влияет рассеянное излучение, а изменение энергетического разрешения не сказывается на площади под ним.

Процессы рассеяния гамма-квантов происходят в материале детектора и подвижного средства, в воздухе и в почве. В частности, процессы рассеяния в почве будут зависеть от глубины залегания и степени неоднородности распределения по глубине радионуклидов. Поэтому для определения плотности загрязнения радионуклидами территории с применением гамма-спектрометра используется анализ формы аппаратного спектра.

В результате использования этой информации калибровочный фактор ( $G$ ) с учетом геометрии источника в уравнении:

$$\sigma = G \frac{N_0}{t} \quad (1)$$

интерполируется степенной функцией вида:

$$G = \sum_{i=0}^n g_i \left( \frac{N_c}{N_0} \right)^i, \quad (2)$$

где  $\sigma$  – плотность загрязнения территории  $^{137}\text{Cs}$ ;  $N_c$  – число зарегистрированных импульсов рассеянных гамма-квантов в выбранном энергетическом интервале;  $N_0$  – площадь пика полного поглощения гамма-квантов  $^{137}\text{Cs}$  с  $E=661,6$  кэВ;  $n$  – порядок интерполяционного полинома, 1, 2...;  $g_i$  – калибровочные коэффициенты;  $t$  – живое время экспозиции.

Коэффициенты полинома (2) определяются при калибровке, и расчет по (1) и (2) корректен при достаточно высоких уровнях загрязнения техногенным  $^{137}\text{Cs}$ .

Коэффициенты учитывают все постоянные члены в уравнении: квантовый выход и эффективность регистрации детектора при заданных интервалах энергии.

В табл. 1 приведены сравнительные данные измерений, выполненных с применением стандартной методики и с помощью подвижной лаборатории.

Таблица 1

## Сравнительные данные измерений

Объект измерения	Вид измерения	К-во изм.	Арифм. ср.	Ст. откл.	Ассимм.	Эксцесс
Естественный луг	Стандартная методика	30	1094	227	0,10	0,07
	Измерения на комплексе	1	1092	218		
Пашня	Стандартная методика	27	620	49	0,98	0,54
	Измерения на комплексе	1	624	24		

Автоматизированный мобильный комплекс комплектовался как сцинтилляционным (NaI), так и полупроводниковым детектором (HrGe).

Ниже приводятся основные технические характеристики подвижной радиологической лаборатории на примере измерения плотности загрязнения территории  $^{137}\text{Cs}$  (табл. 2).

Верхний предел измерений можно повысить по крайней мере до  $1000 \text{ Ки/км}^2$ , используя дискриминаторы верхнего и нижнего уровней и обрабатывая более узкий диапазон спектра.

Время экспозиции выбирается автоматически для получения статистически достоверного результата. Критерием для окончания набора очередного спектра является заданное априори значение “чистой” площади фотопика. Время экспозиции, таким образом, будет зависеть от двух параметров: от плотности загрязнения и от величины заглупления радионуклидов в почве.

Эффективная площадь, с которой усредняются результаты измерения, составляет круг радиусом 20 м. Эта площадь  $1200 \text{ м}^2$  формирует около 90% потока фотонов, регистрируемого детектором. При движении автомобиля скорость выбирается исходя из требования подробности обследования территории. Например, при скорости движения  $10 \text{ км/ч}$  производительность составляет около  $2 \text{ км}^2/\text{ч}$ .

Таблица 2

## Технические характеристики автоматизированного мобильного комплекса

Характеристика	Величина
Диапазон измерения	$3,7-7,4 \text{ Мбк/м}^2$ ; $(0,1-200 \text{ Ки/км}^2)$
Время набора информации	автоматическое, в зависимости от загрузки детектора
Элементарная площадка	$1\ 200 \text{ м}^2$
Обследуемые объекты	сельскохозяйственные угодья, населенные пункты
Производительность работ при скорости движения $10 \text{ км/ч}$	$2 \text{ км}^2/\text{ч}$
Масса комплекса	45 кг
Энергопотребление	30 Вт

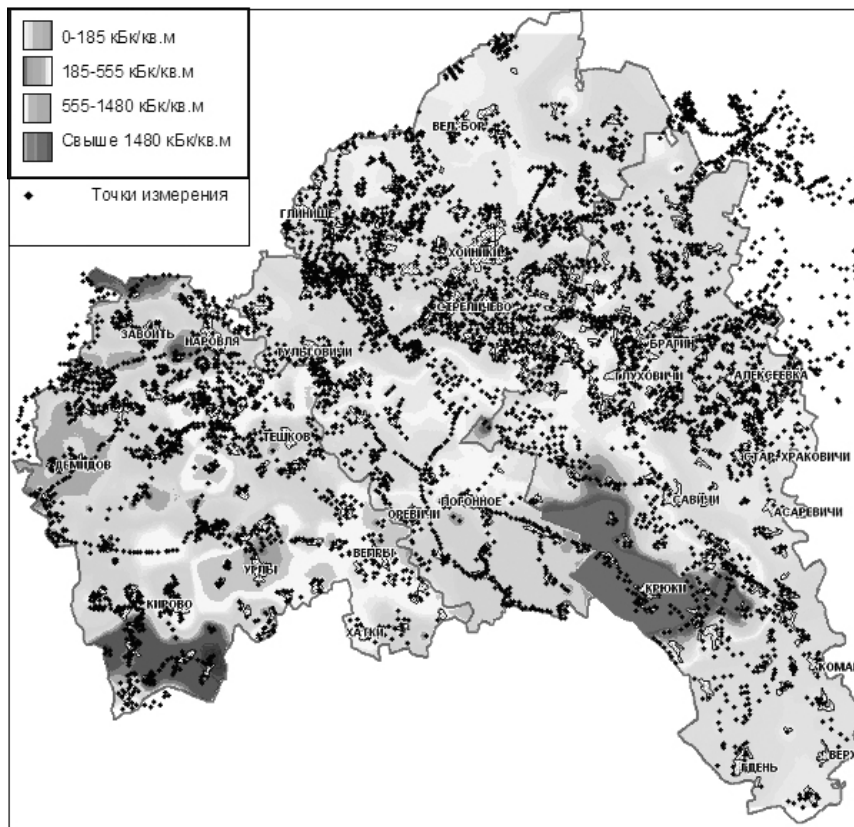


Рис. 3. Карта распределения  $^{137}\text{Cs}$  по территории Наровлянского, Хойникского и Брагинского районов

В качестве примера на рис. 3 представлена карта уровней загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  территорий Наровлянского, Хойникского и Брагинского районов, непосредственно примыкающих к ЧАЭС, составленная с использованием массива данных, полученных в натуральных измерениях с помощью автоматизированного мобильного комплекса. Точки на карте указывают место проведения измерений. Географическая привязка осуществлялась с помощью персонального навигатора GPS 12 XL.

1. Богдевич И.М. и др. Методика крупномасштабного агрохимического и радиологического обследования почв сельскохозяйственных угодий Республики Беларусь. – Мн.: Белорус. науч.-исслед. ин-т почвоведения и агрохимии, 1992. – 44 с.
2. Подвижная радиологическая лаборатория “Экспресс-1”. – М.: ЦНИИАТОМ ИНФОРМ, 1985. – С. 13–20.

3. *Myrick Tim E.* A mobil gamma skanning system for detecting radiation anomalies / Tim E. Myrick, Michael S. Blair, Richard W. Doane, William A. Goldsmith // Nuclear Technology, 1983. – Vol. 62, N b.3. – P. 364–370.
4. *Cutshal N.H.* Calibration of a portable intrinsic Ge gamma-ray detector using point sources and testing for field applications. / N.H. Cutshal, I.L. Larsen // Health Physics, 1986. – Vol. 51, N 1. – P. 53–59.
5. *Васильев Н.Н.* Использование принципа гамма-локации на автомобильных средствах контроля радиационной обстановки в районах, подвергшихся загрязнению продуктами аварии на ЧАЭС / Н.Н. Васильев, О.В. Румянцев, С.Ю. Севостьянов // Гомель, 1990. Тезисы докладов IV конференции “Геохимические пути миграции искусственных радионуклидов в биосфере”. – 143 с.
6. *Войлов Ю.Г.* Использование гамма-телескопов с кодированной апертурой для обнаружения и визуализации локальных источников радиоактивности / Ю.Г. Войлов // Гомель, 1990. Тезисы докладов IV конференции “Геохимические пути миграции искусственных радионуклидов в биосфере”. – 145 с.

#### THE AUTOMATED MOBILE COMPLEX OF THE CONTROL OF RADIATING CONDITIONS

**К. Bouzdalkin<sup>1</sup>, Ju. Zhuchenko<sup>2</sup>, K. Chunikhin<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Belarusian Research Institute of Radiology*

<sup>2</sup>*F. Skorina Gomel State University*

<sup>3</sup>*The Republican Research Center for Medicine and Human Ecology, Gomel, Belarus*

The description of measurements for the definition of density of gamma- radionuclide pollution of territory on the basis of the mobile complex without contacting method is presented.

*Key words:* gamma-radionuclide, gamma-spectrometric complex, radiation detector, <sup>137</sup>Cs.

#### АВТОМАТИЗОВАНИЙ МОБІЛЬНИЙ КОМПЛЕКС КОНТРОЛЮ РАДІАЦІЙНОЇ СИТУАЦІЇ

**К. Буздалкін<sup>1</sup>, Ю. Жученко<sup>2</sup>, Л. Чунихін<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Республіканське науково-дослідницьке унітарне підприємство “Інститут радіології”*

<sup>2</sup>*УО “Гомельський державний університет імені Ф. Скорини”*

<sup>3</sup>*ДУ “Республіканський науково-практичний центр радіаційної медицини й екології людини”, Білорусь, м. Гомель*

Описано вимірювання для визначення щільності забруднення території гамма-випромінювальними радіонуклідами безконтактним методом на основі мобільного комплексу.

*Ключові слова:* гамма-випромінювальні радіонукліди, гамма-спектрометричний комплекс, детектори випромінювань, <sup>137</sup>Cs.

Стаття надійшла до редколегії 14.10.2009

Прийнята до друку 07.06.2010