

УДК 778.344:621.039.743

АВТОРАДИОГРАФИЧЕСКАЯ МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАДИОАКТИВНОСТИ ГРУНТА ИЗ ПУНКТА ЗАХОРОНЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

В. И. Коробков, И. В. Голубцов, Т. И. Шурупова, М. И. Ожован*, Н. В. Ожован*

(кафедра радиохимии)

В данной работе предложена аналитическая авторадиграфическая методика для определения величины радиоактивности образцов почв и получения информации о наличии транспортных путей радионуклидов в грунте. Методику разрабатывали на основе анализа кернов почв, взятых на территории пункта захоронения радиоактивных отходов.

Производство и использование радионуклидов поставило задачу долговременного и безопасного хранения радиоактивных отходов (РАО). С этой целью РАО включают в химически инертные по отношению к окружающей среде матрицы (цемент, битум, стекло, керамика и др.), которым придают форму блоков. Как правило, блоки помещают в специальные изолированные хранилища. Таким образом, при захоронении РАО или долгосрочном их хранении создается несколько барьеров, препятствующих распространению радионуклидов [1–3].

Естественным барьером на пути возможной миграции радионуклидов в окружающую среду является обычно грунт, окружающий заэкранированный блок с РАО.

Одним из средств слежения за миграцией радионуклидов из места захоронения в грунт служат контрольные скважины, которые в определенном порядке располагают вокруг хранилища. Из скважин периодически отбирают пробы воды или грунта, радиоактивность которых позволяет судить о содержании в них радионуклидов. Этим методом можно определить, какие радионуклиды и в каком количестве присутствуют в данной пробе, но он не позволяет установить, в какой форме и как радионуклиды попадают в данную скважину.

Предложенная в данной работе методика не требует использования дорогостоящей аппаратуры и дает возможность не только оценить удельную радиоактивность проб грунтов, но и установить распределение радионуклидов в объеме пробы. Методика успешно опробована при анализе кернов грунта с полигона МосНПО «Радон» (г. Сергиев-Посад).

Методика исследования

Авторадиграфическая методика анализа кернов [4] содержала следующие этапы:

- 1) подготовка образцов к авторадиграфированию;
- 2) расчет продолжительности экспонирования выбранного фотографического детектора;
- 3) фотографическая обработка и получение авторадиграмм;
- 4) анализ полученных авторадиграмм.

Объектом изучения служил грунт вокруг трех скважин одного пункта захоронения.

Для каждой скважины в двух взаимно перпендикулярных направлениях на расстоянии 70 и 120 см от ее центра отбирали пробы грунта (керны). Схема отбора показана на рисунке, а. В каждой точке керн отбирали с глубины 30 и 140 см (рисунок, б). Диаметр кернов варьировался от 45–46 до 63–64 мм, а высота – от 6–8 до 12–14 см. Таким образом, для одной скважины было получено 16 кернов. Каждый керн анализировали со стороны как нижнего, так и верхнего торца. Влажный керн перед

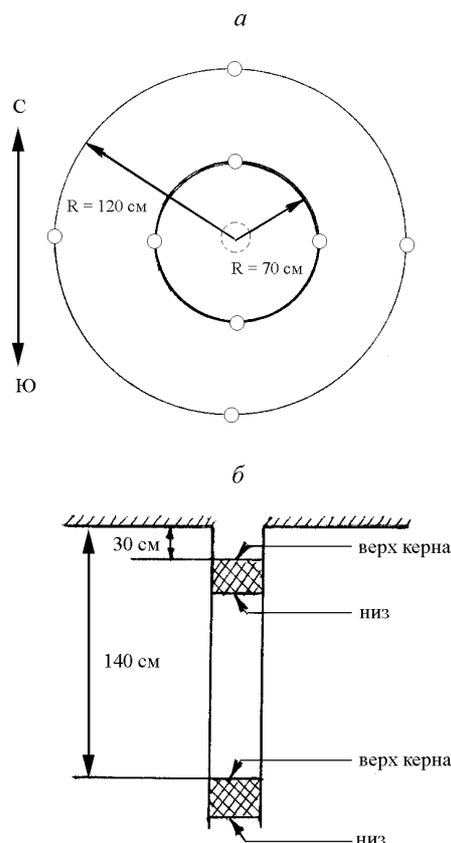


Схема отбора проб грунта (кернов). Точки указывают местоположение отбора

*Московское государственное предприятие МосНПО «Радон».

Результаты спектрометрического анализа грунта

Радионуклид	Радиоактивность, Бк/кг	Погрешность определения, %
К-40	801,6	9,11
Cs-137	62,28	5,74
Радионуклиды уранового и ториевого рядов	Суммарная радиоактивность 218	от 4 до 57

автордиографированием высушивали при комнатной температуре и легком движении потока воздуха.

В качестве детектора ионизирующего излучения применяли радиографическую пленку типа *Retina XBM* с чувствительностью 1300 p^{-1} (без усиливающих экранов) [5].

Продолжительность экспонирования детектора оценивали исходя из следующего обоснованного предположения: исследуемый грунт может содержать некоторое количество загрязняющего его радионуклида ^{137}Cs , при этом удельная радиоактивность грунта превышает среднюю величину загрязненности Земли этим радионуклидом, составляющую $2\text{--}3 \cdot 10^{-10}$ Кюри/кг. Расчет показывает, что при предполагаемой удельной радиоактивности грунта и величине чувствительности детектора фотографическое изображение должно сформироваться за время экспонирования порядка 3–6 сут.

Практически для всех 48 кернов продолжительность экспонирования составляла около 3 сут.

Фотографическую обработку экспонированных пленок *Retina XBM* проводили в стандартных условиях при неактивном освещении, которое обеспечивал желто-зеленый светофильтр (проявитель «Рентген-2», 6 мин при 20° , фиксаж – БКФ 3). Одновременно проводили спектрометрический анализ того же грунта.

Результаты и обсуждение

По величине оптической плотности полученных автордиограмм можно заключить, что лишь 10 из 48 кернов имеют удельную радиоактивность, равную $2\text{--}3 \cdot 10^{-8}$ Кюри/кг, остальные керны обладают меньшей удельной радиоактивностью. Кроме того, автордиограммы показывают, что содержащиеся в кернах радионуклиды находятся либо в виде точечных скоплений, либо сосредоточены локально в малых объемах керна. Площадь фотографического изображения скопления не превышает нескольких квадратных миллиметров. Такие скопления встречаются в грунте на расстоянии как 70, так и 120 см от центра скважины. Однако лишь в трех случаях было зарегистрировано наличие радиоактивности в кернах, отобранных с глубины 140 см.

Таким образом, на основании автордиографического анализа установлено:

Грунт вокруг всех трех скважин имеет удельную радиоактивность не выше $2\text{--}3 \cdot 10^{-8}$ Кюри/кг.

Радионуклиды, загрязняющие грунт, распределены не по объему керна, а локализируются в виде точечных или близких к ним по геометрии скоплениях, находящихся

главным образом в поверхностном слое грунта, окружающего хранилища с РАО.

Грунт как природный объект характеризуется естественной радиоактивностью, обусловленной присутствием с продуктами распада урана и тория, а также радионуклида ^{40}K . В суммарную радиоактивность грунта вносят вклад также и радионуклиды антропогенного происхождения. Величину такого вклада определяли с помощью гамма-спектрометрического анализа. Измерения проводили на спектрометре с полупроводниковым детектором высокого разрешения. Результаты измерений представлены в таблице. Поскольку степень равновесия в ряду урана и тория, присутствующих в грунте, неизвестна, в таблице приведена суммарная радиоактивность отдельных радионуклидов уранового и ториевого рядов, зарегистрированных гамма-спектрометрическим методом. Из таблицы следует, что грунт пункта захоронения имеет естественную радиоактивность и содержит основной техногенный загрязнитель – ^{137}Cs , присутствующий в захоронениях РАО. Суммарная удельная радиоактивность грунта составляет 1082 Бк/кг или $2,9 \cdot 10^{-8}$ Кюри/кг, что хорошо совпадает с величиной удельной радиоактивности грунта, определенной на основании автордиографического анализа ($2\text{--}3 \cdot 10^{-8}$ Кюри/кг/кг), в то время как загрязненность по ^{137}Cs составляет 62 Бк/кг или $0,16 \cdot 10^{-8}$ Кюри/кг.

Если принять среднее глобальное загрязнение Земли радионуклидом ^{137}Cs равным $50\text{--}60 \text{ мКюри/км}^2$ и предположить, что радионуклид находится в слое грунта толщиной примерно 10 см, а плотность грунта равна $1,5 \text{ г/см}^3$, то средняя глобальная удельная радиоактивность грунта составит величину $0,04 \cdot 10^{-8}$ Кюри/кг.

Гамма-спектрометрический анализ показал, что загрязненность грунта вокруг хранилища вблизи места захоронения по ^{137}Cs составляет 62 Бк/кг или $0,16 \cdot 10^{-8}$ Кюри/кг. Эти данные позволяют сделать следующий вывод: из исследуемого места захоронения РАО практически не происходит выноса радионуклида ^{137}Cs в окружающую среду, а то незначительное количество ^{137}Cs , которое все же попадает из блоков с РАО в грунт, локализуется в поверхностном слое грунта в виде точечных скоплений.

Целесообразность использования данной методики определяется величиной удельной радиоактивности объекта исследования, значение которой не должно быть ниже $(2\text{--}3) \cdot 10^{-8}$ Кюри/кг, и чувствительностью примененного нами детектора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Соболев И.А., Хомчик Л.М.* Обезвреживание РАО на центральных пунктах. М., 1983.
2. *Соболев И.А., Хомчик Л.М., Коренков И.П., Проказова Л.М.* Охрана окружающей среды при обезвреживании РАО. М., 1989.
3. *Stewart D C.* Date for Radioactive Waste Management and Nuclear Application. N.Y., 1985.
4. *Флеров Г.Н., Берзина И.Г.* Радиография минералов, горных пород и руд. М., 1979.
5. *Власов П.В., Рюдигер Ю.* // Вестник рентгенологии и радиологии. 1994. С. 61.