

9. Escobar V., Tome F., Lozano J., Sanchez A. Extractive procedure for uranium determination in water samples by liquid scintillation counting. — Appl. Radiat. Isot., 1998. v. 49, № 7. p. 875—883.
10. Каширин И.А., Малиновский С.В., Соболев А.И. и др. Способ идентификации альфа-излучающих радионуклидов в пробах с использованием жидкостного сцинтилляционного счетчика. Патент на изобретение РФ № 2191409 (приоритет от 26.10.2000).

Поступила в Редакцию 30.06.03

УДК 539.12.08

СОПОСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОЛЕВОЙ РАДИОМЕТРИИ И ОТБОРА ПРОБ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ СОДЕРЖАНИЯ ^{137}Cs В ПОЧВЕ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

*Мартыненко В.П. (НПО «Тайфун»), Линник В.Г. (ГЕОХИ РАН),
Говоруи А.П., Потапов В.Н. (РНЦ «Курчатовский ин-т»)*

Радиоактивное загрязнение почвы населенных пунктов, сельскохозяйственных угодий и лесных массивов в настоящее время изучают преимущественно отбором проб с последующим γ -спектрометрическим анализом в лаборатории. Результаты анализа невозможно оперативно использовать для корректировки выбора точек отбора на местности. Вследствие ограниченной площади отобранные пробы имеют низкую представительность. Для надежной оценки радиозоологической обстановки их представительность может быть повышена либо за счет использования пробоотборников с большей площадью, либо путем увеличения числа, что сопровождается ростом трудозатрат. Альтернативой может быть метод наземной точечной γ -спектрометрической съемки местности с помощью портативного гамма-спектрометра с коллимированным детектором. Этот метод широко использовали еще в 70-х годах для определения загрязнения почвы глобальными выпадениями ^{137}Cs [1, 2]. Съемка местности сопровождалась отбором некоторого количества проб с разных горизонтов для определения распределения ^{137}Cs по глубине и введения поправок на заглубление при расчете содержания.

Загрязнение почвы ^{137}Cs в результате аварии на Чернобыльской АЭС во много раз превышает глобальные выпадения, и вклад этого радионуклида в аппаратный спектр становится заметным на фоне γ -излучения природных ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K . Это обстоятельство позволяет по форме аппаратного спектра определить поправочные коэффициенты на заглубление ^{137}Cs без отбора проб почвы. Основные принципы методики определения радиометром РКГ-09Н КОРАД содержания ^{137}Cs с учетом заглубления в почве были изложены ранее [3—6].

Первые работы по сопоставлению результатов измерений, полученных с помощью радиометра, с данными отбора проб были проведены в ходе радиометрической съемки на экспериментальных площадках Госкомчернобыля РФ в Брянской области (Новозыбковский и Злынковский районы) в 1993 г. [7]. В 1994 г. на площадках НПО «Тайфун» были выполнены специальные исследования для разработки методических рекомендаций по контролю загрязнения почвы ^{137}Cs методом полевой радиометрии. Радиометр верифицировали также зарубежные специалисты в ходе радиозоологических исследований на территории России и Беларуси [8, 9].

Цель настоящей работы — сопоставление результатов полевой радиометрии и отбора проб, полученных в природных и антропогенных ландшафтах Брянской области, для оценки распределения ^{137}Cs в почвенном покрове. Представлены результаты исследований, выполненных на 16 экспериментальных площадках НПО «Тайфун», которые расположены в Гордеевском и Красногорском районах Брянской области. Площадки выбраны таким образом, чтобы охватить все разнообразие почвы западной части Брянской области, включая целинные и пахотные земли при плотности загрязнения ^{137}Cs от 0,5 до 200 мкКи/м². Измерения проводили на лесных, луговых, болотных ландшафтах и пашне при близком содержании ^{137}Cs . Особое внимание было уделено получению достоверной информации при низких уровнях загрязнения, близких к нижней границе чувствительности радиометра [3]. В этих целях были выполнены измерения на пяти площадках с уровнем загрязнения 0,5—1 мкКи/м² на суходольном, влажнотравном лугу и пашне. Результаты измерений радиометром верифицировали послойным отбором проб методом «конверта»: одна в центре под детектором и четыре в углах на расстоянии 0,8 м от центральной (на границе зоны обзора детектора). На целинных (необрабатываемых) площадках почву в каждой точке отбирали двумя пробоотборниками. С верхнего горизонта ее отбирали стандартным стальным кольцом диаметром 14, высотой 10 см. Затем в образовавшуюся лунку забивали пробоотборник диаметром 8 см на глубину 20 см от дна (на торфяно-болотной мелиорированной почве до 30 см). Пробы, отобранные под детектором, разделяли на слои. Нижний керн диаметром 8 см на месте делили по высоте на слои 10—15, 15—20 и 20—30 см (30—40 см на торфяно-болотной почве), монолит в кольцо — в лаборатории на семь слоев: 0—1, 1—2, 2—3, 3—4, 4—5, 5—7, 7—10 см.

Таким образом, для целинных участков в точке под детектором были получены образцы почвы с 10 слоев, для мелиорированного болота (площадка 16) — с 11 слоев. Характер вертикального распределения ^{137}Cs по глубине различался в зависимости от положения площадки в микроландшафте. Пробы, отобранные с двух горизонтов в углах конверта, на слои не делили. Всего было обследовано 11 площадок с ненарушенным почвенным слоем и одна площадка с нарушенным почвенным слоем на торфянике.

Для четырех площадок на пашне почву отбирали пробоотборником диаметром 8 см таким же методом на глубину 30 см. Центральную пробу на месте делили по глубине на три части высотой по 10 см. На площадках 10 и 13 для контроля содержания ^{137}Cs в подпахотном слое центральные пробы отбирали с четырех горизонтов на глубине 40 см. Содержание ^{137}Cs в подпахотном слое по данным анализа этих проб составило менее 1% суммарного.

Спектральный анализ проб почвы выполнен на двух гамма-спектрометрах фирмы ORTEC в составе 4096-канального анализатора ORTEC-7500 и полупроводникового детектора GEM-20180-P.

Измерения радиометром (за исключением площадок 10, 12—14) проводили последовательно в стандартной и нестандартной геометрии. На остальных площадках измерения выполняли только в стандартной геометрии. При стандартной геометрии блок детектирования располагали на высоте 0,8 м над поверхностью почвы, радиус обзора составлял 0,8 м, обследуемая площадь 2 м². При измерениях в не-

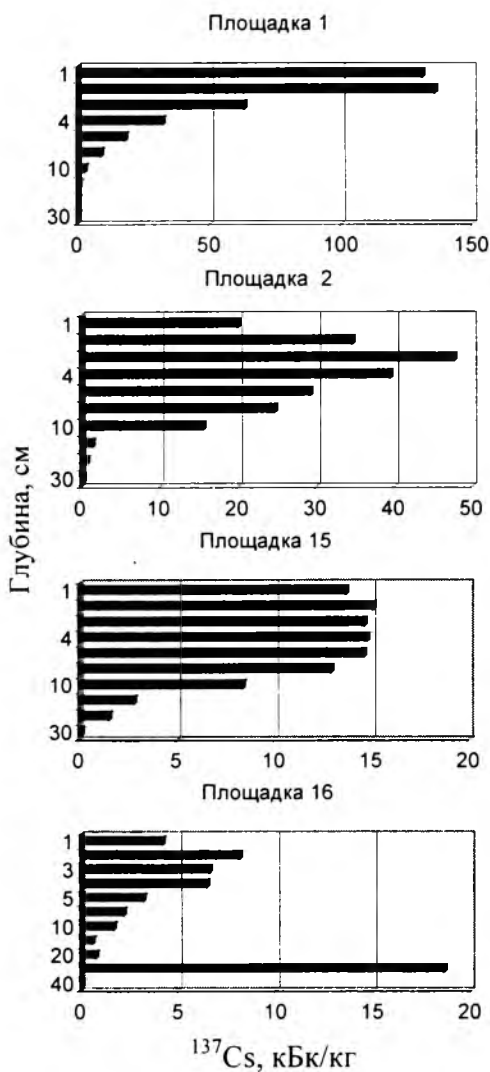
стандартной геометрии блок детектирования опускали на высоту 0,24 м над поверхностью почвы, при этом радиус обзора составлял 0,24 м, обследуемая площадь 0,2 м². Площадь отбираемой пробы на целинных участках составляла 150 см², пахотных — 50 см². При сравнении с площадью обзора радиометра (20 000 см² стандартной и 2000 см² в нестандартной геометрии) видно, что обзор местности при радиометрической съемке в несколько раз превышает площадь отбираемых проб.

На каждой площадке проводили по три измерения в стандартной и нестандартной геометрии в одной и той же точке. На площадке 16 было выполнено шесть измерений радиометром. Продолжительность измерений составляла, как правило, 1800 с при загрязнении около 0,5 мкКи/м², 600 с при загрязнении, близком к

1 мкКи/м², и 100 с при загрязнении более 3 мкКи/м². Столько же времени занимало измерение фона для каждой геометрии. Фон измеряли при развороте детектора окном коллиматора вверх, что позволяло исключить влияние на результаты измерений γ -квантов, поступающих на детектор через свинцовую защиту с участков местности, которые находятся за пределом угла обзора детектора. При этих условиях расхожимость результатов измерений радиометром не превышала 10%.

После радиометрических измерений и отбора проб описывали почву по генетическим горизонтам для определения ее типа и механического состава. По данным отбора проб построены графики вертикального распределения ¹³⁷Cs в различных типах почвы западной части Брянской области (рис. 1). Поскольку заглубление ¹³⁷Cs в представленных на рис. 1 целинных почвах имеет различный вид, оценивали возможность использования радиометра для измерения его содержания при различном заглублении.

В табл. 1 представлены результаты радиометрической съемки и лабораторного γ -спектрального анализа по 16 площадкам, а также их статистической обработки. Данные расположены в порядке убывания содержания ¹³⁷Cs на площадках, приведены минимальное, максимальное и среднее значения по каждой отдельной площадке, относительная погрешность среднего, а также коэффициент вариации по результатам отбора проб и радиометрических из-



Р и с. 1. Распределение ¹³⁷Cs в дерново-среднеподзолистом песчаной (площадка 1), перегнойно-глеевой легкосуглинистой (площадка 2), дерновой легкосуглинистой опесчаненной глеевой (площадка 15), торфяной перегнойно-глеевой почве (площадка 16) Брянской области

мерений. Наряду с этим приведено загрязнение ^{137}Cs по данным центральной пробы и соответствующее ему измерение радиометром в нестандартной геометрии.

Таблица 1. Статистические параметры радиационного обследования почвы в Брянской области в 1994 г.

Номер площадки	Тип площадки	Вид измерения	Время измерения, с	Число измерений	Загрязнения ^{137}Cs , мкКи/м ²				Коэффициент вариации	Погрешность среднего, %	Отношение измерений КОРАД /проба в центре
					минимальное	среднее	максимальное	в центре площадки			
4	Смешанный лес	КОРАД	100	3	189	191	195	179,4	1,92	1,11	0,97
		Пробы	1200	5	140	197	312	143	36,39	16,27	(1,25)
1	Суходольный луг	КОРАД	100	3	127	129	131	129,7	1,48	0,85	1,22
		Пробы	1200	5	86	106	124	116	14,31	6,40	(1,12)
2	Влажнотравный луг	КОРАД	100	3	75	77	79	74	3,17	1,83	1,32
		Пробы	1200	5	47	58	70	52	15,07	6,73	(1,42)
3	Пашня	КОРАД	100	3	83	86	88	78	3,18	1,84	1,14
		Пробы	1800	5	43	75	108	74	30,64	13,71	(1,05)
15	Влажнотравный луг	КОРАД	180	6	62	69	73	69,2	5,55	2,27	1,30
		Пробы	1200	5	46	53	59	59	12,14	5,43	(1,17)
16	Торфяник	КОРАД	600	3	67	67,5	68	53	1,17	0,67	1,11
		Пробы	1800	5	13	61	99	61	62,46	27,94	(0,87)
14	Суходольный луг	КОРАД	600	1		10,2					1,22
		Пробы	1200	5	8,1	8,3	8,5	8,4	2,16	0,96	
5	Хвойный лес	КОРАД	100	3	4,2	4,5	4,7	4,8	6,17	3,52	1,05
		Пробы	1800	5	3,8	4,3	4,8	4,8	10,60	4,84	(1,00)
6	Влажнотравный луг	КОРАД	100	3	3,6	4,0	4,4	4,8	10,55	6,03	1,33
		Пробы	3600	5	2,4	3,0	3,4	3,4	12,00	5,33	(1,41)
7	Суходольный луг	КОРАД	100	4	3,4	3,9	4,4	3,9	10,51	5,38	1,14
		Пробы	3600	5	2,9	3,4	3,7	3,6	9,33	4,08	(1,08)
8	Пашня	КОРАД	100	3	4,1	4,5	4,6	4,9	5,15	2,68	1,09
		Пробы	1800	5	3,3	4,1	5,1	3,3	19,76	8,78	(1,48)
13	Пашня	КОРАД	600	3	1,08	1,23	1,49		17,89	10,57	1,04
		Пробы	3600	5	1,09	1,18	1,25	1,22	5,93	2,54	
11	Суходольный луг	КОРАД	600	4	1,37	1,59	1,88	1,4	14,47	7,55	1,47
		Пробы	3600	5	1,00	1,08	1,24	1,24	10,19	4,63	(1,13)
12	Влажнотравный луг	КОРАД	600	3	0,81	0,91	1,02		12,09	6,59	1,32
		Пробы	3600	5	0,59	0,69	0,92	0,59	20,29	8,70	
10	Пашня	КОРАД	1800	3	0,81	0,88	1,00		11,36	6,82	1,24
		Пробы	3600	5	0,60	0,71	0,80	0,80	12,68	5,63	
9	Суходольный луг	КОРАД	600	3	0,76	0,82	0,93	0,75	10,98	6,10	1,44
		Пробы	3600	5	0,47	0,57	0,70	0,56	15,79	7,02	(1,34)

Для верификации результатов съемки радиометром приведено отношение среднего уровня загрязнения ^{137}Cs на площадке, полученного в результате съемки, к аналогичному значению по данным измерения проб почвы. В скобках приводится

отношение результата радиометрической съемки, выполненной в нестандартной геометрии (площадь 2000 см^2) к уровню загрязнения ^{137}Cs в центральной пробе (площадь 150 см^2).

Как видно, радиометр обеспечивает приемлемую воспроизводимость результатов съемки (с относительной погрешностью среднего менее 10%) при загрязнении ^{137}Cs , близком к 4 мкКи/м^2 и выше, даже при короткой экспозиции (100 с). При загрязнении почвы около 1 мкКи/м^2 на пашне погрешность превосходит 10%, поэтому для получения надежных данных на пахотных землях рекомендуется увеличивать экспозицию.

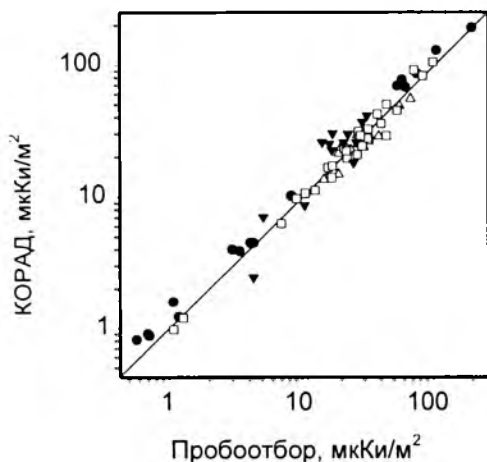
Сравнение результатов радиометрической съемки в стандартной геометрии с данными отбора проб показывает следующее. При плотности загрязнения ^{137}Cs от 4 до 197 мкКи/м^2 расхождение не превышает 32% (площадка 2, расположенная на влажнотравном целинном лугу, почва перегнойно-глеевая легкосуглинистая, см. рис. 1), причем расхождение между данными отбора по центральной пробе и радиометрического измерения в нестандартной геометрии достигает 42% за счет пространственной микронеоднородности загрязнения. Для плотности загрязнения 1 мкКи/м^2 и ниже расхождение между данными отбора проб и радиометрической съемкой достигает 44—47% (площадки 9, 11, суходольный луг под дерновой песчаной почвой).

Сравнение результатов показывает, что в 10 случаях из 15 коэффициент вариации результатов радиометрической съемки меньше, чем у данных отбора проб. Такие соотношения наблюдаются на площадках с содержанием ^{137}Cs более 4 мкКи/м^2 . При меньшем загрязнении коэффициенты вариации близки (площадки 7, 10) и в двух случаях коэффициенты радиометрической съемки выше (площадки 11, 13). Отметим, что изменчивость результатов съемки может быть уменьшена за счет увеличения экспозиции измерений.

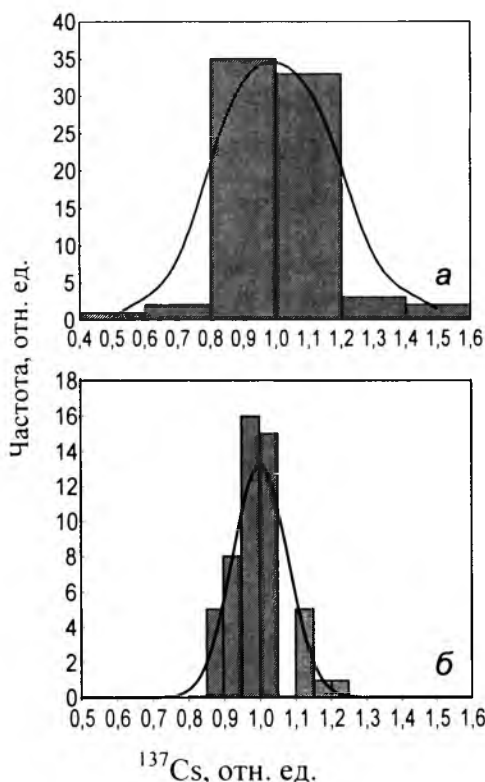
Коэффициент вариации характеризует достоверность (представительность) единичного измерения. Чем он выше, тем ниже представительность. Коэффициент вариации проб V на площадках не зависит от содержания ^{137}Cs . Его значение обусловлено неоднородностью как исходного распределения радионуклидов по площадке, вызванной наличием в выпадениях частиц повышенной активности (площадка 4, смешанный лес на дерново-слабоподзолистой супесчаной почве, $V = 36,4\%$), так и перераспределением в результате распахивания. Как видно из табл. 1, представительность единичной пробы почвы для пашни наиболее низкая (площадка 3, $V = 30,6\%$, площадка 8, $V = 19,8\%$). Максимальная вариабельность ($V = 62,46\%$) наблюдается на площадке 16 мелиорированного торфяника, расположенного на южной окраине д. Яловки.

Для целинной луговой почвы (площадка 2) погрешность среднего уровня загрязнения ^{137}Cs по данным отбора проб при средней плотности 58 мкКи/м^2 достигает 6,73%, более высокая (8,7%) погрешность среднего содержания ^{137}Cs ($0,69 \text{ мкКи/м}^2$) отмечена на пойменной дерновой слоистой глеевой легкосуглинистой почве (площадка 12) в пойме р. Ипути, затопленной на момент осадения радиоактивных аэрозолей.

Таким образом, при плотности загрязнения ^{137}Cs от 4 до 200 мкКи/м^2 независимо от типа почвы результаты измерения радиометром различаются от данных пробоотбора не более чем на 32%, при плотности загрязнения менее 4 мкКи/м^2 максимальное расхождение в единичном измерении может достигать 47%.



Р и с. 2. Результаты верификации радиометра в 1993—2002 гг.: ● — НПО «Тайфун», 16 площадок в Брянской области, 1994 г.; △ — РНЭЦ Госкомчернобыля РФ, 12 экспериментальных площадок в Брянской области, 1993 г. [7]; □ — ГЕОХИ в Брянской и Тульской областях в 1995—2002 гг.; ▼ — работы зарубежных специалистов [8, 9]



Р и с. 3. Распределение содержания ^{137}Cs на площадках по результатам лабораторного анализа проб почв (а) и съемки радиометром (б)

Наряду с представленными результатами верификация радиометра по единичной (центральной) пробе была проведена другими организациями [7—9] (рис. 2). Уравнение регрессии имеет вид $y = 0,0142 + 0,9975x$. Относительное среднеквадратичное отклонение результатов составляет 22,6%.

Для оценки представительности содержания ^{137}Cs в почвенном покрове по данным измерений радиометром и отбора проб на выбранных площадках результаты измерения были нормированы по средней концентрации ^{137}Cs . Данные по площадке 16 из массива были исключены как нетипичные. Распределение нормированного содержания ^{137}Cs представлено на рис. 3, статистические параметры этого распределения приведены в табл. 2. Распределение результатов съемки радиометром близко к нормальному со стандартным отклонением 0,077, распределение содержания ^{137}Cs по данным отбора проб также близко к нормальному со средним значением, равным единице, и стандартным отклонением 0,156. Проверка гипотезы о нормальности распределения, выполненная по критериям Пирсона и Колмогорова—Смирнова, подтверждает справедливость такого вывода.

Сравнение стандартных отклонений двух методов определения содержания ^{137}Cs в почве свидетельствует о более высокой представительности результатов радиометрической съемки. Действительно, стандартное отклонение данных γ -спектрометрической съемки в 2 раза ниже, чем результатов анализа проб почвы.

Таким образом, прямые измерения методом γ -спектрометрической съемки местности радиометром являются оперативными и обеспечивают представительность данных, недоступную при отборе проб почвы. Ограничение площади обследуе-

Таблица 2. Статистические параметры результатов съемки радиометром и отбора проб

Характеристики	КОРАД	Отбор проб
Число измерений	51	76
Среднее	1,001	0,999
Медиана	1,000	1,005
Минимум	0,86	0,57
Максимум	1,21	1,58
Стандартное отклонение	0,077	0,156
Асимметрия	0,588	0,70
Эксцесс	0,427	2,62

мой поверхности путем коллимации детектора фиксирует зону обзора в пределах одного или нескольких метров, тем самым сглаживая вариабельность, обусловленную случайными факторами.

Для суходольного луга вариабельность содержания ^{137}Cs по данным отбора проб изменяется от 2,16 до 15,79%, для влажнотравного луга — от 12 до 20,29%, более высокая вариабельность (36,39%) содержания ^{137}Cs в смешанном лесу на дерново-слабоподзолистой супесчаной почве вызвана наличием в выпадениях частиц повышенной активности. Высокая вариабельность (30,64%) выявлена для пахотной почвы, максимальная вариабельность (62,46%) в содержании ^{137}Cs при средней плотности загрязнения 61 мкКи/м² в пределах площади 2 м² наблюдается на торфянике после коренного улучшения почвы.

Содержание в отдельных пробах и отдельных измерениях радиометром распределено по закону, близкому к нормальному. Среднеквадратичное отклонение результатов отдельных измерений радиометром с площадью интегрирования 2 м² в 2 раза ниже, чем для проб почвы, отобранных кольцами диаметром 14 см (площадь пробы 0,015 м²). Это свидетельствует о более высокой представительности результатов радиометрической съемки.

Для всех типов природной и антропогенной почвы Брянской области радиометр обеспечивает приемлемую воспроизводимость результатов съемки (с относительной погрешностью среднего 10,5%) при концентрации ^{137}Cs , близкой к 4 мкКи/м² и выше, даже при короткой экспозиции (100 с). При загрязнении 1 мкКи/м² и менее эта погрешность превосходит 10%. При плотности загрязнения от 4 до 200 мкКи/м² независимо от типа почвы результаты измерения двумя методами различаются не более чем на 32%, при плотности менее 4 мкКи/м² максимальное расхождение в единичном измерении содержания может достигать 47%. Тем не менее среднеквадратичное отклонение результатов радиометрической съемки от данных отбора проб, выполненного разными организациями в 1993—2002 гг., составляет 22,6%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Артемова Е.М., Балясный Н.Д., Коган Р.М. и др. Наземная гамма-спектрометрия радиоактивного загрязнения местности. — Атомная энергия. 1971, т. 31, вып. 1, с. 35—40.
2. Коган Р.М., Назаров И.М., Фридман Ш.Д. Основы гамма-спектрометрии природных сред. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1991. 232 с.

3. Говорун А.П., Ликсонов В.И., Ромашко В.П. и др. Спектрально-чувствительный переносной коллимированный гамма-радиометр «КОРАД». — Приборы и техника эксперимента, 1994, т. 5, с. 207—208.
4. Говорун А.П., Ликсонов В.И., Потапов В.Н. и др. Расчетно-экспериментальное обоснование метода определения плотности загрязнения и заглупления в почве ^{137}Cs . — Атомная энергия, 1995, т. 78, вып. 3, с. 199—204.
5. Chesnokov A.V., Govorun A.P., Fedin V.I. e.a. Collimated detector technique for measuring a ^{137}Cs deposit in soil under a clean protected layer. — Appl. Radiat. Isot., 1997, v. 48, № 9, p. 1265—1272.
6. Chesnokov A.V., Govorun A.P., Fedin V.I. e.a. Method and device to measure ^{137}Cs soil contamination in-situ. — Nucl. Instrum. Methods in Phys. Res., Sect. A, 1999, v. 420, № 1—2, p. 336—344.
7. Говорун А.П., Линник В.Г. Использование полевой радиометрии для изучения миграции радионуклидов в различных ландшафтах Брянской области. — В сб.: Всерос. конф. «Радиозэкологические, медицинские и социально-экономические последствия аварии на Чернобыльской АЭС. Реабилитация территорий и населения». Тезисы докладов. 21—25 мая 1995 г. НМЦ «Голицыно», с. 29.
8. Heinemann H., Hille R. Determination of soil contamination by the CORAD system in comparison with other methods. — Kerntechnik, 1997, v. 62, № 2—3, p. 113—117.
9. Roed J., Lange C., Anderson K. e.a. Decontamination in a Russian settlement. Riso National Laboratory, Roskilde, Denmark, March 1996. Riso-R-870 (EN), p. 16—20.

Поступила в Редакцию 25.06.03

Р е ф е р а т ы с т а т е й

УДК 621.039.519

Габараев Б.А., Ганев И.Х., Давыдов В.К., Кузнецов Ю.Н., Решетов В.А., Смирнов А.В. **Корпусной и канальный быстрые реакторы с охлаждением кипящей водой или водой со сверхкритическими параметрами.** — Атомная энергия, 2003, т. 95, вып. 4, с. 243—251.

Рассмотрена возможность создания быстрого реактора корпусного типа с охлаждением водой со сверхкритическими параметрами (БР-ВСП) и канального быстрого плутоний-водного реактора с охлаждением кипящей водой по схеме РБМК или водой со сверхкритическими параметрами для утилизации оружейного или энергетического плутония (РБМК-Пу).

Для утилизации плутония может быть использован реактор с общей конструкцией, близкой к РБМК, но без графитового замедлителя и циркония. Удаление графитовой кладки с сохранением шага каналов по квадратной решетке 25 см позволяет использовать большой свободный объем в нейтронном поле для размещения, например, кобальта. Проведено нейтронно-физическое обоснование работоспособности такого реактора с учетом максимальной глубины выгорания выгружаемого топлива 10% тяж. ат. и возможности обеспечения отрицательного эффекта реактивности при обезвоживании. Рис. 5, табл. 2, список лит. 8 назв.

УДК 621.039.51:681.3.06

Иванов Е.А., Кротов А.Д., Полевой В.Б., Тарасов В.А., Чернов С.В. **Критические эксперименты на сборках**

БФС-40 с топливом из диоксида урана высокого обогащения и разными отражателями. — Атомная энергия, 2003, т. 95, вып. 4, с. 251—255.

Приведены результаты анализа критических экспериментов, выполненных на сборках БФС-40 в ФЭИ в период с 1977 по 1992 г. Для девяти критическихборок с топливом на основе диоксида высокообогащенного урана и разными отражателями проведено сравнение расчетных и экспериментальных значений $K_{\text{эф}}$. Расчеты проводили методом Монте-Карло по программам MCNP, MCU-RFFI и MMKFK-2 с константами БНАБ-93 в подгрупповом приближении резонансной структуры сечений и P_5 -приближении индикатрисы рассеяния. Показано, что оцененные эксперименты могут быть использованы в качестве эталонных. Табл. 2, список лит. 11 назв.

УДК 621.039

Безносоев А.В., Давыдов Д.В., Ляхова П.И., Ефанов А.Д. **Экспериментальные исследования теплогидродинамических параметров проточной части жидкометаллической мишени с окном пучка протонов ускорителя.** — Атомная энергия, 2003, т. 95, вып. 4, с. 255—261.

В статье рассматриваются результаты расчетных и экспериментальных исследований теплогидравлических характеристик жидкометаллической мишени с прочноплотной заглушкой, форма которой обеспечивает постоянство объемного энерговыделения в материале заглушки. Исследования на водяных циркуляционных