

ХII МЕЖДУНАРОДНОЕ СОВЕЩАНИЕ

ПРОБЛЕМЫ ПРИКЛАДНОЙ
СПЕКТРОМЕТРИИ И РАДИОМЕТРИИ

ТЕЗИСЫ

РОССИЯ, САНКТ-



ПЕТЕРБУРГ, 2011



**ПРОБЛЕМЫ ПРИКЛАДНОЙ
СПЕКТРОМЕТРИИ И РАДИОМЕТРИИ**

ППСР-2011

XII МЕЖДУНАРОДНОЕ СОВЕЩАНИЕ

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Санкт-Петербург, 2011

ОРГАНИЗАТОР

ЗАО «НТЦ Экспертцентр», п. Менделеево, Россия

ОРГКОМИТЕТ

В.Н. Даниленко – председатель	ООО «ЛСРМ»
Е.И. Зайцев, В.М. Савин	ЗАО «НПЦ «АСПЕКТ»
А.С. Казимиров	НПП «АКП»
В.А. Кожемякин	УП «Атомтех»
С.В. Кривашеев	ООО «Эко-Сфера»
А.Д. Соколов	Baltic Scientific Instruments
К. Нурлыбаев	НПЦ «Доза»
И.Г. Толпекин, А.А. Трохан	ЗАО «НТЦ Экспертцентр»
И.А. Харитонов	ФГУП «ВНИИМ им. Д.И.Менделеева»
В.С. Хрунов	ОАО «ИФТП»
В.А. Тихомиров	ГУП МосНПО «Радон»
М.П. Мурашова	ОАО «АЭХК»

СОДЕРЖАНИЕ

Носимый радиационный монитор <i>А. С. Шеин, А. Ю. Дерстуганов, Л. В. Викторов, А. Л. Крымов, Г.А. Кунцевич, Б. В. Шульгин Уральский фед. университет им. первого Президента России Б.Н.Ельцина</i>	8
Мобильный комплекс радиационного контроля со сканирующим гамма-детектором <i>А. С. Шеин, Л. В. Викторов, В. Л. Петров, Б. В. Шульгин Уральский фед. университет им. первого Президента России Б.Н.Ельцина</i>	9
EFFMAKER - расчёт эффективности регистрации гамма-излучения объектов сложной формы. Тестирование <i>Берлизов А. Н. - ИЯИ НАН Украины Даниленко В. Н., Ковальский Е. И., Немков А. А., Суворов Д. А., Федоровский С.Ю. - ООО «ЛСРМ» Кувькин И. В. - ФГУП «ВНИИФТРИ»</i>	10
Проектирование и изготовление радиационной защиты для прецизионной спектрометрической аппаратуры <i>В. Мошак, Н.Ефремова, А. Розите Baltic Scientific Instruments, Рига, Латвия</i>	12
Фоновые характеристики материалов для ультра низкофоновых очг детекторов <i>А. Розите, Р. Нургалеев, А. Соколов Baltic Scientific Instruments, Рига, Латвия</i>	13
Поточные измерения урана в руде с использованием анализатора CON-X <i>А. Соколов Baltic Scientific Instruments, Рига, Латвия</i>	15
Контроль радиационной безопасности на предприятиях ядерно-энергетического комплекса <i>Казимиров А.С., Казимирова Г.Ф., Иевлев С.М., Мартынюк Л.Б., Черный Е.В. ООО «Научно-производственное предприятие «АТОМКОМПЛЕКСПРИБОР»</i>	17

Приборы и системы для контроля радиационного загрязнения окружающей среды <i>Казимиров А.С., Казимирова Г.Ф., Иевлев С.М., Мартынюк Л.Б., Черный Е.В.</i> <i>ООО "Научно-производственное предприятие "АТОМКОМПЛЕКСПРИБОР"</i>	18
Преобразование спектров с использованием искусственных нейронных сетей <i>Малиновский С.В., Каширин И.А., Тихомиров В.А.</i> <i>ГУП Мос НПО «Радон»</i>	19
Аспекты применения жидкосцинтилляционной спектрометрии. Результаты профессионального теста магатэ-2010-3 <i>Каширин И.А., Малиновский С.В., Маслов Ю.А., Куракина Е.В., Доскинеску Е.Б., Тихомиров В.А.</i> <i>ГУП Мос НПО «Радон»</i>	20
Измерение аварийной дозы внешнего нейтронного облучения персонала при возникновении самоподдерживающейся реакции деления урана по наведенной активности в теле человека <i>В.В.Александров - ОАО «УЭХК»</i> <i>А.Г.Алексеев - НТЦ «ПРАКТИКА»</i>	21
О путях внедрения понятия неопределенности измерений в отечественную систему нормативных документов <i>Слаев В.А., Харитонов И.А., Чуновкина А.Г.</i> <i>ФГУП «ВНИИМ им.Д.И. Менделеева»</i>	22
Ключевые сличения национальных эталонов активности радионуклидов как фактор обеспечения правильности измерений активности радионуклидов, содержащейся в промышленной продукции и объектах окружающей среды <i>Харитонов И.А.</i> <i>ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»</i>	24

Задачи метрологического обеспечения межлабораторных сличений среди предприятий ГК «РОСАТОМ» в области измерений активности радионуклидов (2008-1011 гг.) <i>И.А. Харитонов, С.Г. Трофимчук, А.Г. Чуновкина ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»</i>	26
Разработка программно-методических основ выполнения абсолютных измерений активности мягких бета-излучателей с использованием метода тройных-двойных совпадений в жидком сцинтилляторе <i>С.А. Пахомов ФГУП «НПО «Радиевый институт им. В.Г. Хлопина» С.В. Сэпман, И.А. Харитонов ФГУП "ВНИИМ им. Д.И. Менделеева"</i>	28
Оптимизация пробоподготовки и измерений удельной активности ерн в пробах грунта <i>Шкуропат Д.И. - Группа компаний РЭИ Пенезев А.В. - ФГУП НТЦ Радиационно-химической безопасности и гигиены Петрова Т.Б. - МГУ имени М.В. Ломоносова Микляев П.С. - Институт Геоэкологии им. Е.М.Сергеева РАН</i>	29
Статистическая модель радиоактивного загрязнения почвы, лезвие оккама и измерения IN SITU <i>А.О. Грубич - ЗАО «ТИМЕТ»</i>	30
Сист Система сбора и отображения информации о радиационном обследовании территорий GAMMA-EXPLORER <i>Н.С. Божко, Р.И. Беккиев, С.Ю. Антропов</i>	32
Некоторые новые разработки аппаратуры для спектрометрических измерений <i>А.В.Горев, А.Б.Неганов, А.А Приладышев, В.М. Савин, А.Г.Салион, В.Т.Сидоров - ЗАО «НПЦ «АСПЕКТ»</i>	36
Применение спектрометрических методов обработки данных, полученных при радиационной съемке местности сцинтилляционным детектором <i>С.Ю. Антропов, Н.С.Божко, А.П. Ермилов, И.С. Коновалов</i>	37

Опыт ликвидации радиоактивных загрязнений транспортных средств из зоны заражения фукусимской АЭС (Япония) <i>Генеральный директор Скогорев И.А. - ООО «ПримТехнополис»</i>	42
Многофункциональный портативный гамма-спектрометр МКС-АТ 6101ДР для радиозэкологического мониторинга окружающей среды <i>Бирилло А.М., Гузов В.Д., Жуковский А.И., Кожемякин В.А., Нахайчук О.А., Чирикало В.А.</i> <i>Научно-производственное унитарное предприятие «АТОМТЕХ»</i>	45
Исследование метрологических параметров спектрометра излучений человека СКГ-Т1316А для измерения 60СО в легких взрослого человека <i>Гузов В.Д., Жуковский А.И., Кожемякин В.А., Нахайчук О.А.</i> <i>Научно-производственное унитарное предприятие «АТОМТЕХ»</i> <i>Кутень С.А. - Научно-исследовательский инст-т ядерных проблем БГУ</i>	46
Исследование положения эффективного центра сцинтилляционного детектора гамма-излучения с помощью метода МОНТЕ-КАРЛЮ <i>Лукашевич Р.В., Фоков Г.А.</i> <i>Научно-производственное унитарное предприятие «АТОМТЕХ»</i>	48
Об участии предприятия «АТОМТЕХ» в создании и оснащении сети радиационного мониторинга в Японии: начало и перспективы <i>Кожемякин В.А.</i> <i>Научно-производственное унитарное предприятие «АТОМТЕХ»</i>	49
Прикладное программное обеспечение «PWBC» для определения активности радионуклидов 137CS, 40К и 131I в теле человека в составе портативного спектрометра излучения человека МКС-АТ6101А <i>Коновалов Е.А., Жуковский А.И.</i> <i>Научно-производственное унитарное предприятие «АТОМТЕХ»</i>	50
Прикладное программное обеспечение «SPTR» для работы в составе стационарного сцинтилляционного гамма-бета-спектрометра МКС-АТ1315 <i>Коновалов Е.А., Жуковский А.И.</i> <i>Научно-производственное унитарное предприятие «АТОМТЕХ»</i>	51

Программное обеспечение «GARM» для анализа результатов сканирования полученных спектральным радиационным сканером МКС-АТ6101С <i>Быстров Е.В., Кремнёв Ю.Н.</i> <i>Научно-производственное унитарное предприятие «АТОМТЕХ»</i>	52
Разработки в области метрологии рентгеновского и гамма-излучения <i>Гузов В.Д., Кожемякин В.А., Прямосудова Н.А., Фоков Г.А., Лукашевич Р.В.</i> <i>Научно-производственное унитарное предприятие «АТОМТЕХ»</i>	53
Спектрометр нейтронного и гамма-излучения на основе цифровых методов регистрации и обработки сигналов <i>Прокуронов М. В., Руднев П. И. - Центр АЦП</i> <i>Севастьянов В.Д.- ВНИИФТРИ</i>	54
Современный подход к комплексному определению время-амплитудных параметров импульсного нейтронного излучения <i>Кирсанов М. Е., Суслин О.И., Янюшкин В.А.</i> <i>Государственная корпорация по атомной энергии «РОСАТОМ»</i> <i>Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Н.Л. Духова</i>	56
Поисково-спектрометрический комплекс «ПИОНЕР» <i>Важенин А.С., Васильев С.К., Силантьев К.А. - ФГУП АТЦ СПБ</i>	57
ПОСТ АСКРО на базе GSM/GPRS-модема TC65 <i>Силантьев К.А., Важенин А.С. - ФГУП АТЦ СПБ</i>	58
Сканирующее устройство для обнаружения и локализации источников с низкой энергией гамма-излучения <i>Филимонов Р.С., Васильев С.К. - ФГУП АТЦ СПБ</i>	60
Спектрометры ионизирующих излучений на основе ППД. Новые разработки ОАО «ИФТП» <i>И.М. Газизов, Ю.В. Ефремов, А.А. Смирнов, И.Б. Хлебников, В.С. Хрунов</i> <i>ОАО «Институт физико-технических проблем»</i>	62
Информационно-управляющая система радиационной безопасности «РАДАСМ» <i>А.А.Казимов, О.Ю.Краев, М.А.Миловидов, Н.В.Рудин, С.В. Чуваев</i> <i>ОАО «НТЦ «Ядерно-физические исследования» (НТЦ «ЯФИ»)</i>	64

<p>Портативный цифровой спектрометр на базе блока детектирования с cdte p-i-n детектором <i>Ю. Петухов¹, Г. Путенис¹, С. Мулеванов², Д. Меркулов³, А. Перминов⁴, В. С. Хрунов⁵, Ю.В. Ефремов⁵¹ Center Of Radiation And Nuclear Safety (Rniirp) Ltd, Riga, Latvia ²rss Ltd, Riga, Latvia ³elmi, Ltd, Riga, Latvia ⁴ Челябинское Отделение Филиала "Уральский Территориальный Округ" Фгуп "Росрао", Г. Челябинск, Россия ⁵ Оао «Ифтип», Г. Дубна, Россия</i></p>	67
<p>Опыт спектрометрических исследований радионуклидного состава проб окружающей среды <i>Кожин о.в., могойрев а.м., тисаненко с.с., прокопчик в.и. Оао «ведущий научно-исследовательский институт химической технологии»</i></p>	68
<p>Компактный энергодисперсионный анализатор элементного состава вещества с полным внешним отражением возбуждающего рентгеновского излучения <i>А.С.Серебряков, В.И.Кудряшов, А.П.Мороз, И.И.Малых Зао «Комита», Санкт-Петербург А.Д.Соколов Baltic Scientific Instruments, Рига</i></p>	70
<p>Применение программного обеспечения spectraline2010 для анализа ядерных материалов с помощью портативных спектрометров нового поколения <i>В.Н.Даниленко, Е.А.Ковальский, Ю.В.Скубо, Д.А.Суворов, Д.А..Шариков Ооо «Лсрм», Г. Зеленоград, Россия</i></p>	71
<p>Гамма-спектрометрические измерения активности больших объектов в случае ее неоднородного распределения <i>В.Н.Даниленко, Е.А.Ковальский,¹⁾ И.В.Кувыкин, Ю.В.Скубо, С.Ю.Федоровский, А.Ю.Юферов (ООО «ЛСРМ», Зеленоград,¹⁾ВНИИФТРИ п.Менделеево)</i></p>	72
<p>Особенности построения методик измерения массы плутония в отложениях и накоплениях с использованием спектрометров низкого разрешения <i>А.А. Ефремова¹, С.Л. Левунин¹, А.С. Антушевский¹, М.А.Семёнов¹, А.В. Бушуев² 1.Фгуп «По«Маяк», Г. Озёрск, Россия 2.Национальный Исследовательский Ядерный Университет «Мифи», Г. Москва, Россия</i></p>	73

НОСИМЫЙ РАДИАЦИОННЫЙ МОНИТОР

А. С. Шеин, А. Ю. Дерстуганов, Л. В. Викторов, А. Л. Крымов,
Г. А. Кунцевич, Б. В. Шульгин.
*Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н.Ельцина*

Носимый радиационный монитор (НОРМ) – предназначен для поиска источников гамма-излучения в труднодоступных местах. НОРМ может использоваться либо как автономный носимый прибор для решения различных задач радиационного контроля, либо входить составной частью в мобильный комплекс радиационного контроля, размещенный на автомобиле, для расширения функциональных возможностей последнего.

Основными отличительными особенностями разработанного прибора НОРМ являются: а) применение высокочувствительного детектора на основе пластмассового сцинтиллятора размерами 25х13х3,5 мм³; б) наличие в составе прибора спутниковой навигационной системы (СНС); в) применение специального программного обеспечения (СПО) для управления процедурой измерения и обеспечения синхронной посекундной записи в базу данных управляющего компьютера результатов измерения уровня гамма-излучения и сигнала от СНС по радиоканалу. В программном обеспечении верхнего уровня используются оригинальные высокоэффективные алгоритмы обнаружения и средства отображения местоположения НОРМ на электронной карте. Указанные отличия позволяют выполнять поиск источников ИИ в труднодоступных местах с намного большей производительностью по сравнению с известными аналогами. Апостериорная обработка записанных результатов позволяет существенно повысить результативность процедуры поиска.

Основные технические характеристики НОРМ таковы.

Максимальное время непрерывной эксплуатации без подзарядки аккумуляторов - 4ч.

Минимальная регистрируемая активность гамма-источника ^{137}Cs на расстоянии 15м составляет $Q_{\min 1}=0,15$ мКи при скорости движения источника со скоростью не более 0,5 м/с, вероятности ложных тревог не более 0,05 составляет 70 кБк. Аналогичный порог $Q_{\min 2}$ при расстоянии 1м составляет 70 кБк, что позволяет отнести разработанный радиационный монитор к 1 категории по ГОСТ Р 51635-2000.

МОБИЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС РАДИАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ СО СКАНИРУЮЩИМ ГАММА-ДЕТЕКТОРОМ

А. С. Шеин, Л. В. Викторов, В. Л. Петров, Б. В. Шульгин
*Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н.Ельцина*

Разработан мобильный комплекс радиационного контроля (комплекс РК), размещенный на автомобиле типа «Газель», предназначенный для обнаружения и локализации источников ионизирующих излучений (ИИИ) в случаях радиационных аварий, или в случаях утери или преднамеренного (злоумышленного) вывоза и захоронения ИИИ. Разработка запатентована (патент РФ на полезную модель № 98823 от 27.10.2010).

Сопоставительный анализ известных аналогов мобильных комплексов РК показал, что поскольку задачи обнаружения и локализации являются «двуединными», то структурно комплекс РК должен содержать два детектора (два канала): а) не сканирующий широкоугольный гамма-канал на основе пластмассовых сцинтилляторов; б) сканирующий гамма-детектор с ограниченным (за счет использования свинцовых коллиматоров) углом поля зрения на основе, например, сцинтилляторов NaI(Tl). Соответственно и алгоритм решения указанных выше задач должен разбиваться на 2 этапа: а) поиск (обнаружение) и грубая, предварительная локализация ИИИ на трассе при движении со скоростью не более 20 км/ч; б) остановка в точках трассы, определенных по результатам измерений на этапе (а), и выполнение измерений уже только при помощи сканирующего гамма-канала.

Разработанный комплекс РК содержит промышленный компьютер со встроенной спутниковой навигационной системой, а также видеоканал, содержащий видеокамеру и устройство оцифровки видеоизображения. Информационные сигналы от детекторов гамма-излучения, спутниковой навигационной системы и от видеоканалов регистрируются одновременно в автоматическом режиме и сохраняются в базе данных

Сопоставительные расчеты показали, что оптимальными для локализации (определения координат обнаруженного на первом этапе источника) являются следующие основные технические характеристики сканирующего гамма-канала: угол поля зрения – $\alpha \leq 30^\circ$; диапазон углов сканирования – не более 180° ; угловая скорость сканирования – не более 1 град/с. При этом обеспечивается погрешность локализации источника, активность которого соответствует порогу обнаружения, на уровне не более ± 5 м.

EFFMAKER - РАСЧЁТ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГИСТРАЦИИ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ ОБЪЕКТОВ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ. ТЕСТИРОВАНИЕ

Берлизов А.Н.
ИЯИ НАН Украины

Даниленко В.Н., Ковальский Е.И., Немков А.А., Суворов Д.А., Федоровский С.Ю.
ООО «ЛСРМ»

Кувыкин И.В.
ФГУП «ВНИИФТРИ»

Математические методы расчёта эффективности регистрации являются привлекательным инструментом для спектрометристов. Зачастую сложно изготовить калибровочный источник в необходимой геометрии, особенно когда речь идет об объектах большого размера, и расчет в этих случаях является практически единственным методом определения эффективности регистрации.

В докладе представлены результаты тестирования расчёта эффективности регистрации гамма-излучения программным комплексом EffMaker на реальных объектах. Программное обеспечение имеет удобный графический интерфейс и может быть интегрировано с существующими программами обработки гамма-спектров. В качестве реальных объектов выбирали 200-литровые бочки, которые моделировали радиоактивные отходы. В первую бочку наливали радиоактивный раствор ^{152}Eu в воде. Во втором эксперименте использовали бочку, в которую различными способами помещались стержни, содержащие радионуклиды. Сама бочка заполнялась неравномерно поглощающим материалом: деревом (деревянные доски) или пластиком (полиэтиленовые блоки для замедления нейтронов). В следующую бочку, заполненную водой, помещали точечные источники, а на детектор надевался коллиматор. В последнем эксперименте бочка равномерно заполнялась радиоактивным

цементом, также использовался коллиматор. Все четыре бочки моделировались в EffMaker, проводился расчёт эффективностей, которые сравнивались с полученными из эксперимента.

Результаты тестирования показали, что отклонения рассчитанных значений эффективности от экспериментально измеренных в основном не превышали 15%, хотя в отдельных случаях достигали 30%. Как нам кажется, расхождения более 15% связаны с несоответствием расчетных и реальных данных, описывающих геометрию измерений. Это подтверждается совпадением результатов расчетов по EffMaker с результатами, полученными с использованием MCNP.

Следует отметить отсутствие надежных аттестованных с высокой точностью образцов для тестирования подобных программных комплексов.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ ДЛЯ ПРЕЦИЗИОННОЙ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ

В. Мошак, Н.Ефремова, А. Розите
Baltic Scientific Instruments, Rīga, Латвия

Спектрометрическая аппаратура на основе полупроводниковых детекторов являются наиболее прецизионным инструментом регистрации ядерных излучений, обеспечивая наилучшее энергетическое разрешение и высокое быстродействие. Как правило, такая аппаратура включает полупроводниковый детектор, многоканальный анализатор импульсов, оснащенный специализированным программным обеспечением, и монитор для отображения результатов спектрометрического или радионуклидного анализа. Однако, в ряде задач полупроводниковые детекторы требуют применения специальных средств пассивной радиационной защиты детектора, которые являются конструктивной частью спектрометров. Такие конструктивные элементы изготавливаются из материалов с высокой плотностью (Pb, W..), имеют значительный вес и габариты и требуют специального проектирования и технологии их изготовления.

Рассмотрены задачи, требующих применения специальной пассивной защиты и коллиматоров, проведен анализ специфических требований к ним. Рассмотрены преимущества и недостатки программного обеспечения SolidWorks для автоматизированного проектирования данных элементов.

Проведен анализ технологических проблем, возникающих при изготовлении данных элементов спектрометрической аппаратуры.

Представлены конструктивные решения:

- Лабораторного ОЧГ спектрометра с защитой;
- Портативного ОЧГ спектрометра HANDY;
- Автоматизированного ОЧГ спектрометра с защитой для радионуклидного анализа потоков жидкостей и газов;
- Мобильного ОЧГ спектрометра для полевого применения;
- Паспортизатора радиоактивных отходов;
- Томографической системы контроля сборок отработанного ядерного топлива.

ФОНОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ УЛЬТРА НИЗКОФОНОВЫХ ОЧГ ДЕТЕКТОРОВ

А. Розите, Р. Нургалеев, А. Соколов
Baltic Scientific Instruments, Рига, Латвия

Гамма спектрометры на основе ОЧГ детекторов являются наиболее прецизионным инструментом для регистрации ядерных излучений в ядерной физике и физике элементарных частиц уже на протяжении нескольких десятилетий. Вместе с тем, требования к измерительным характеристикам ОЧГ детекторов, особенно к уровню их собственного радиационного фона, постоянно возрастают для обеспечения более высокой точности измеряемых параметров. Особенно высоки требования к фоновым характеристикам ОЧГ детекторов в таких задачах как регистрация двойного бета распада, поиск темной материи, мониторинг материалов в условиях подземных низкофоновых лабораторий. Эти задачи требуют чрезвычайно низкого уровня фона ОЧГ детекторов, который определяет предел обнаружения исследуемых явлений.

Рассмотрены причины роста собственной радиоактивности ОЧГ детекторов обусловленные: - взаимодействием космического излучения с веществом кристалла детектора - ${}^7\text{Be}$, ${}^{54}\text{Mn}$, ${}^{60}\text{Co}$, ${}^{68}\text{Ge}$; - наличием в кристалле и материалах криостата естественных радионуклидов ${}^{238}\text{U}$, ${}^{232}\text{Th}$ и ${}^{40}\text{K}$; - выделением продуктов распада U и Th – радонов, торонов и др; - наличием в материалах криостата техногенных радионуклидов ${}^{137}\text{Cs}$, ${}^{60}\text{Co}$; - осаждением при сборке на детали криостата пыли, содержащей практически все радионуклиды естественного и искусственного происхождения. Для снижения влияния космического излучения на уровень собственной радиоактивности ОЧГ кристаллов при хранении создано специальное хранилище из материалов, эффективно поглощающих нейтроны. Приведены результаты измерения нейтронного потока внутри и за пределами хранилища (снижение в 6-7 раз), а также расчет скорости образования радионуклидов Ge-68 и Co-60 в

кристалле ОЧГ с использованием защиты и без. Проведена оценка эффективности применения системы снижения концентрации радона в воздухе. Система построена на базе специального бокса из органического стекла, который продувается парами осушенного азота. Для снижения влияния осажденной пыли сборочные операции в криостатах производятся в перчаточном боксе. Рассмотрены технологии обработки материалов, предназначенных для использования в ультра низкофоновых криостатах. Особое внимание уделено пассивации, травлению, очистке поверхностей и частей криостата от присутствия радионуклидов, обусловленных внешним облучением.

Результаты данной работы были использованы при изготовлении ультра низкофоновых ОЧГ детекторов в проектах GEMMA [1] и EDELWEISS [2].

[1] http://www1.jinr.ru/Pepan_letters/panl_6_2010/06_bed.pdf.

[2] <http://edelweiss2.in2p3.fr/index.php>

ПОТОЧНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ УРАНА В РУДЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АНАЛИЗАТОРА CON-X

А.Соколов
Baltic Scientific Instruments, Puza, Латвия

В этом применении описаны различные возможности применения конвейерного рентгено-флуоресцентного анализатора CON-X для поточного анализа урана в различных материалах. Показано, что количественный анализ урана может начинаться с его концентрации в 100 ppm и до 80% урана и более в исследуемом материале. Приведены реальные примеры анализа. Быстрая сепарация руды по содержанию урана с помощью анализатора CON-X также возможна. Поточный анализ материала возможен при условии, что результаты независимы от изменения внешних параметров, таких как температура и влажность анализируемого материала и окружающей среды, изменения размеров кусков материала, его высоты и т.п.

Анализатор CON-X 02 был создан с учетом всех этих особенностей. Его измерительный блок размещен в герметичном корпусе, что обеспечивает надежные результаты при различных условиях окружающей среды. Специально разработанное программное обеспечение использует полученные спектры для учета изменения расстояния до измеряемого материала, таким образом обеспечивая корректность результатов независимо от уровня материала. Вариации в уровне влажности материала также могут быть учтены, если было обнаружено, что они влияют на точность анализа. Анализатор CON-X может обнаружить и оценить содержание урана в различных материалах, даже если это всего лишь умеренно концентрированные материалы.

Например, за пять минут измерения, спектральные линии Th (тория) и U (урана) хорошо видны в образцах рутила (состоящие в основном из песка TiO_2), где концентрация урана имеет порядка 100 ppm. Предел обнаружения в этом случае составляет около 60 ppm. Кроме того, в других типах образцов (например, в цирконе, $ZrSiO_4$) пределы обнаружения примерно те же самые.

Обычно, урановые руды еще до обогащения содержат гораздо большее количество урана, как правило, не менее 0,1%, или 1000 ppm. Измерение концентрации урана анализатором CON-X в этом случае становится как быстрее, так и точнее. Например, в монаците, содержание урана, как правило, около 0,2%, но количество тория может достигать до 4-7%.

Поточное определение концентрации урана с помощью анализатора CON-X обеспечивает быстрый и надежный результат, тем самым помогая оптимизировать процессы сепарации и концентрирования, а также уменьшить стоимость конечного продукта.

КОНТРОЛЬ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЯДЕРНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Казимиров А.С., Казимирова Г.Ф., Иевлев С.М., Мартынюк Л.Б., Черный Е.В.
*ООО “Научно-производственное предприятие “АТОМКОМПЛЕКСПРИБОР”,
02660, г. Киев, ул. Магнитогорская, 1, Украина, тел./факс: 380-44-501-49-07;
573-26-58
E-mail: akp@akp.kiev.ua*

В докладе изложены основные характеристики спектрометрических комплексов и приборов для АЭС. Рассмотрены возможности приборов производства НПП «АКП» для контроля техногенных и естественных радионуклидов, включая последние разработки для систем радиационного контроля (СРК) АЭС:

- спектрометрический комплекс непрерывного контроля активности реперных радионуклидов теплоносителя основного (первого) контура ядерного реактора ВВЭР-1000 СТПК-01;
- программно-технический комплекс (ПТК) определения протечки в парогенераторах по активности ^{16}N в остром паре „Азот-16-ПГ”.

Показаны отличия применения приборов марки «АКП», благодаря широкому ряду методик измерений и пробоподготовки для различных систем радиационного контроля и мониторинга объектов ядерной энергетики. Обсуждаются опыт эксплуатации, актуальные направления дальнейшего внедрения спектрометрических методов в радиационном контроле АЭС, включая СТПК-01 и ПТК «Азот-16-ПГ». Новые разработки научно-производственного предприятия «АТОМКОМПЛЕКСПРИБОР» позволяют решать ряд проблем в области радиационной безопасности, задач охраны окружающей среды и здоровья человека.

Рассматриваются возможности предприятия в вопросах обучения операторов, работающих с оборудованием, и научно-методического сопровождения, исходя из опыта поставок оборудования, его эксплуатации и ремонта.

ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ РАДИАЦИОННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Казимиров А.С., Казимирова Г.Ф., Иевлев С.М., Мартынюк Л.Б.,
Черный Е.В.

*ООО “Научно-производственное предприятие
“АТОМКОМПЛЕКСПРИБОР”*,

*02660, г. Киев, ул. Магнитогорская, 1, Украина, тел./факс: 380-44-501-
49-07; 573-26-58*

E-mail: akp@akp.kiev.ua

В докладе изложены основные технические характеристики гамма-, бета- и альфа-спектрометров и спектрометров излучения человека. Рассмотрены возможности приборов производства «АКП» для решения широкого круга вопросов радиационного контроля окружающей среды. Показаны преимущества применения приборов марки «АКП», обусловленные наличием широкого спектра методик измерений и пробоподготовки для различных объектов.

Рассмотрена возможность использования спектрометров производства НПП «АКП» для проведения экспресс - контроля (за минуты) на не превышение контрольных уровней (КУ) и допустимых уровней (ДУ) концентрации радионуклидов. Обсуждаются новые перспективные разработки.

Представлены методология и возможности обучения специалистов для освоения технологии проведения радиационного мониторинга в случаях ядерной или радиологической аварии, а также для оценки последствий техногенных производств. Обсуждаются перспективные направления дальнейшего использования учебной базы АКП.

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ СПЕКТРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Малиновский С.В., Каширин И.А., Тихомиров В.А.
ГУП Мос НПО «Радон»
e-mail: smalinovsky@radon.ru

Описан новый подход к преобразованию спектров, измеренных на одном приборе для возможности их использования для обработки результатов измерений других спектрометров. Изначально подход разрабатывался для создания объединённой базы библиотечных спектров жидкостинтилляционных спектрометров.

Подход основан на использовании для преобразования спектров искусственных нейронных сетей. Ввиду своих особенностей, нейронные сети являются идеальным средством для решения подобных задач. Это способность моделировать очень сложные закономерности без необходимости знания вида аппроксимируемых функций. Это способность к обобщению – сеть способна выдавать верные результаты на основании данных, которые отсутствовали при её «обучении», при этом эти данные могут быть неполны, излишни и (или) частично искажены. При этом для обучения сети (нейронная сеть не программируется – она обучается) не обязательно иметь большую обучающую выборку. Описана разработанная для задач преобразования непрерывных спектров нейронная сеть (однослойный перцептрон с сигмовидной активационной функцией) и алгоритм её обучения (алгоритм обратного распространения ошибки при обучении с учителем).

Для обучения преобразованию жидкостинтилляционных бета-спектров такой сети достаточно всего 3-х радионуклидов – ^3H , ^{14}C , $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$.

Показаны примеры обучения и результаты тестирования сети для преобразования спектров ЖСС TriCarb-2550 (Pascard, США) для использования на ЖСС СКС-07П (ГринСтар, Россия).

Главные достоинства подхода - автоматический расчёт эффективности регистрации, малое количество калибровочных измерений, фильтрация «плохих» данных, автоматизации процесса обучения.

Показана возможность использования нейронных сетей для решения других спектрометрических задач, в частности, приведён алгоритм обучения сети для повышения разрешения измеренных спектров дискретных излучений. Приведены примеры для жидкостинтилляционных и полупроводниковых спектрометров.

АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЖИДКОСЦИНТИЛЛЯЦИОННОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ.

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ТЕСТА МАГАТЭ-2010-3

Каширин И.А., Малиновский С.В., Маслов Ю.А., Куракина Е.В., Доскинеску Е.Б., Тихомиров В.А.

ГУП Мос НПО «Радон», e-mail: ikashirin@radon.ru

В 2009 г. на Совещании ППСР авторы представили работу, посвященную обсуждению результатов, полученных при выполнении профессионального теста МАГАТЭ-208-3.

В настоящей работе представлены результаты, полученные в очередном тесте МАГАТЭ-2010-3, проводившегося в период декабрь 2010 - апрель 2011 г.

В тесте необходимо было определить следующее:

- удельные активности природных радионуклидов ^{226}Ra , ^{234}U и ^{238}U в 3-х синтетических пробах воды;
- удельные интегральные альфа/бета активности в 2-х синтетических пробах воды;
- удельную активность ^{226}Ra в пробе почвы.

В основу проведения работ по тесту легли методические подходы, разработанные авторами для определения природных радионуклидов в различных объектах с использованием экстракционной технологии извлечения различных групп изотопов с последующим измерением их на жидкосцинтилляционном спектрометре и обработкой полученных спектров с помощью программного обеспечения «RadSpectraDec».

Также в ходе теста был проведен ряд контрольных уточняющих измерений с помощью полупроводниковой альфа- и гамма-спектрометрии.

Полученные результаты, за исключением одной низкофоновой пробы, удовлетворительно коррелируют с данными МАГАТЭ, что лишний раз свидетельствует о перспективности ЖС спектрометрии для экспрессного определения природных радионуклидов в различных объектах.

В представленной работе также проанализирована причина, приведшая к неудовлетворительному результату анализа низкофоновой пробы и предложены варианты недопущения подобных просчетов в следующих тестах.

ИЗМЕРЕНИЕ АВАРИЙНОЙ ДОЗЫ ВНЕШНЕГО НЕЙТРОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ ПЕРСОНАЛА ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ САМОПОДДЕРЖИВАЮЩЕЙСЯ РЕАКЦИИ ДЕЛЕНИЯ УРАНА ПО НАВЕДЕННОЙ АКТИВНОСТИ В ТЕЛЕ ЧЕЛОВЕКА

В.В.Александров
(ОАО «УЭХК», г. Новоуральск)

А.Г.Алексеев
(НТЦ «ПРАКТИКА», г. Москва, постоянное место работы: ГНЦ ИФВЭ, г.Протвино, М.о.)

В работе представлена методика выполнения измерений аварийной дозы внешнего нейтронного облучения персонала при возникновении самоподдерживающейся реакции деления урана по наведенной активности в теле человека. Методика представляет собой переработанный аналогичный документ, разработанный в 1980г. ИБФ МЗ СССР.

В работе рассматривается схема «гиппотитической» критической системы в условиях разделительного производства, когда возможно возникновение самоподдерживающейся реакции деления. Для расчета характеристик нейтронного излучения (спектра нейтронов, углового распределения и др.) использовалась программа MCNP5. Были выполнены расчеты мощности дозы гамма излучения от наведенной активности в фантоме, в зависимости от направления облучения нейтронами фантома, размеров фантома и других факторов.

Проведено сравнение результатов расчетов данной работы с экспериментальными и расчетными данными других авторов.

В новой редакции методики вместо устаревших радиметров (типа РУП-1) рекомендуется использовать ДКС96 с блоками детектирования гамма и бета излучения.

Методика прошла метрологическую экспертизу и аттестацию в ГНМЦ «ВНИИФТРИ» с выдачей Свидетельства № 41090.0В450 и внесена в Реестр методик системы САРК под номером МВИ 12.16-10.

О ПУТЯХ ВНЕДРЕНИЯ ПОНЯТИЯ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ В ОТЕЧЕСТВЕННУЮ СИСТЕМУ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ

Слаев В.А., Харитонов И.А., Чуновкина А.Г.

ФГУП «ВНИИМ им.Д.И. Менделеева»

Дискуссия, посвященная сопоставлению преимуществ подходов «погрешности» и «неопределенности» измерений и целесообразности внедрения неопределенности измерений в отечественную метрологическую практику длится не одно десятилетие. В докладе предполагается кратко сопоставить два подхода и осветить развитие концепции неопределенности на сегодняшний день. Однако было бы не совсем правильным однозначно связывать продолжающуюся дискуссию о двух подходах и практический вопрос о внедрении стандарта ИСО/МЭК [1] в России.

Учитывая процессы глобализации международного рынка и обязательства РФ, вытекающие из международных соглашений, а также требования международных систем аккредитации испытательных лабораторий, в том числе, например, лабораторий радиационного контроля и мониторинга, совершенно очевидна необходимость принятия унифицированного в международном масштабе нормативного документа по оцениванию результатов измерений. Таким документом в настоящее время является GUM [1], развитие которого идет путем разработки Дополнений и разъяснений [2,3]. Международные организации ISO, OIML, ILAC, EA, WELMEC приняли GUM и Дополнения в качестве документов своих систем.

- В докладе анализируется процесс внедрения неопределенности измерений в отечественную систему нормативных документов, отмечаются сложности, возникающие при параллельном использовании в нормативных документах характеристик погрешности и неопределенности измерений, например, в [4] и др., обосновывается эффективность альтернативного подхода – создание подсистемы отечественных нормативных документов по оцениванию неопределенности измерений, в

основу которой предполагается положить переводы стандартов ИСО. Этот процесс создания подсистемы нормативных документов начат. Сейчас готовятся к выходу три ГОСТ Р, являющиеся аутентичными переводами стандартов [1-3].

Литература

1. Руководство ИСО/МЭК 98-3:2008 Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения (GUM)
2. Руководство ИСО/МЭК 98-3:2008/Дополнение 1:2008 Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения. Дополнение 1. Трансформирование распределений с использованием метода Монте-Карло
3. Руководство ИСО/МЭК 98-1:2009 Неопределенность измерения. Часть 1. Введение в выражение неопределенности измерения
4. РМГ 43-2001 Рекомендация. ГСИ. Применение «Руководства по выражению неопределенности измерений»

КЛЮЧЕВЫЕ СЛИЧЕНИЯ НАЦИОНАЛЬНЫХ ЭТАЛОНОВ АКТИВНОСТИ РАДИОНУКЛИДОВ КАК ФАКТОР ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРАВИЛЬНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ АКТИВНОСТИ РАДИОНУКЛИДОВ, СОДЕРЖАЩЕЙСЯ В ПРОМЫШЛЕННОЙ ПРОДУКЦИИ И ОБЪЕКТАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Харитонов И.А.

ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

В условиях интегрированного рынка международной торговли возникла необходимость во введении согласованных процедур оценки качества продукции и услуг, поскольку правильность измерений, сопровождающих продукцию и услуги, стала экономическим фактором. Международные организации в области метрологии, стандартизации и сертификации (CIPM, OIML, ISO, ILAC и др.) в течение последних 50 лет последовательно создавали согласованные правила, касающиеся регулирования взаимоотношений между национальными системами в области метрологии, в том числе, рекомендации по оценке результатов измерений, правила аккредитации испытательных лабораторий для сертификации продукции и т.д. В 1999 г было подписано Соглашение «Об эквивалентности национальных эталонов и взаимном признании измерительных сертификатов» [1], которое предусматривает введение определенных правил установления эквивалентности национальных эталонов на основе результатов ключевых сличений эталонов. Соглашение(MRA) является по своей сути важнейшим документом, обеспечивающим устранение национальных барьеров в подходе к количественной оценке качества продукции и услуг в условиях интегрированного рынка не только торговли, но и технологий, а также мониторинга глобальной окружающей среды [2]. Технической основой для MRA является ряд результатов, полученных во время ключевых сличений, проводимых по четко установленным методикам, которые ведут к количественному выражению степени эквивалентности национальных измерительных эталонов.

В докладе рассматриваются типы ключевых сличений, установленные в рамках МРА в области измерений активности радионуклидов, принципы организации сличений и особенности оценки результатов измерений на опыте участия ВНИИМ им. Д.И.Менделеева в ключевых, региональных и отраслевых сличениях

Литература

1. Mutual recognition of national standards and of calibration and measurement certificates issued by national metrology institutes, BIPM Publication, Sevres, BIPM
2. Харитонов И.А.// «Радиационная безопасность: Радиоактивные отходы и экология»: Доклады конференции. - С.-Петербург, 9-12 ноября 1999 г., - С-6

ЗАДАЧИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МЕЖЛАБОРАТОРНЫХ СЛИЧЕНИЙ СРЕДИ ПРЕДПРИЯТИЙ ГК «РОСАТОМ» В ОБЛАСТИ ИЗМЕРЕНИЙ АКТИВНОСТИ РАДИОНУКЛИДОВ (2008-1011 ГГ.)

И.А. Харитонов, С.Г. Трофимчук, А.Г. Чуновкина

ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

В настоящее время межлабораторные сравнительные испытания (МСИ) стали мощным инструментом в решении задачи подтверждения технической компетентности измерительных лабораторий. Любая лаборатория, которая позиционирует себя, как лабораторию соответствующую современным требованиям, должна помимо регулярных внутренних проверок, которые проводятся с применением стандартных образцов, иметь план внешних проверок, например в форме МСИ, проводимых независимой организацией.

Отраслевые межлабораторные сличения (интеркалибрация) в области измерений активности радионуклидов среди лабораторий и служб предприятий отрасли проводились по инициативе Управления ядерной и радиационной безопасности Государственной корпорации «РОСАТОМ». Сличения проводились последовательно в четыре этапа, начиная с 2007 г. Метрологическое сопровождение сличений осуществлял ВНИИМ им. Д.И. Менделеева.

Схема проведения сличений основана на сопоставлении и анализе результатов измерений удельной активности радионуклидов в контрольных образцах, разосланных лабораториям, с опорными значениями. Алгоритм обработки результатов измерений основывался на использовании двух статистических критериев: Z_n и E_n .

Точность и достоверность опорных значений удельной активности радионуклидов обеспечивалась за счет прослеживаемости измерений к государственному эталону РФ единицы активности радионуклидов ГЭТ 6-95, который поддерживается во ВНИИМ им.Д.И. Менделеева, и эквивалентность которого национальным стандартам ведущих стран подтверждена в соответствующих ключевых сличениях.

Результаты статистической обработки результатов измерений в согласованной группе лабораторий, позволили установить фактический уровень воспроизводимости результатов измерений и определить ориентир для заявляемого уровня точности измерений в лабораториях.

В ходе всех этапов отраслевых межлабораторных сличений среди предприятий ГК «Росатом» мероприятия и процедуры, выполняемые в части метрологического обеспечения обеспечения сличений, основывались на прослеживаемости измерений к государственному эталону единицы активности. Это позволило гарантировать достоверное определение опорных значений активности радионуклидов в контрольных образцах, обосновать критерии соответствия результатов измерений лабораторий опорным значениям, обеспечить объективную оценку технической компетентности персонала лабораторий при выполнении измерений.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-МЕТОДИЧЕСКИХ ОСНОВ ВЫПОЛНЕНИЯ АБСОЛЮТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ АКТИВНОСТИ МЯГКИХ БЕТА-ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ТРОЙНЫХ-ДВОЙНЫХ СОВПАДЕНИЙ В ЖИДКОМ СЦИНТИЛЛЯТОРЕ

С.А. Пахомов

ФГУП «НПО «Радиевый институт им. В.Г. Хлопина»

С.В. Сэпман, И.А. Харитонов

ФГУП "ВНИИМ им. Д.И. Менделеева"

В настоящее время для прецизионных измерений активности мягких бета-излучателей широко применяется метод тройных-двойных совпадений в жидком сцинтилляторе (TDCR). Метод TDCR основан на анализе вероятностей регистрации совпадений – тройных и мажоритарных двойных совпадений и принципиально отличается от других методов тем, что позволяет осуществлять абсолютные измерения активности радионуклидов, то есть в этом случае не требуется предварительная калибровка измерительного оборудования.

Опыт использования измерительных систем, реализующих метод TDCR, показывает, что достоверность результатов измерений во многом определяется уровнем программного обеспечения, применяемого в составе измерительной установки. В большинстве существующих измерительных систем TDCR применяется программа TDCRB-02 (R.Broda, P.Cassette и др.). Отечественные аппаратурные и программно-методические решения, обеспечивающие реализацию этого метода, отсутствуют.

В данном докладе приводятся результаты исследований оригинальной компьютерной программы, обеспечивающей получение значений активности радионуклидов по результатам регистрации импульсов тройных и мажоритарных двойных совпадений при измерении активности в счетных образцах с искусственно изменяемой величиной тушения сцинтилляций.

Программа была использована для обработки экспериментальных данных полученных во ВНИИМ при измерении активности трития в дистиллированной воде на установке HidexSL300 параллельно с программой TDCRB-02. При этом, было получено хорошее согласие результатов обработки обоими программными продуктами.

Разработка программы является важным этапом создания отечественного варианта программно-методического и аппаратурного варианта реализации метода абсолютных измерений активности мягких бета-излучателей с использованием метода тройных-двойных совпадений в жидком сцинтилляторе.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОБОПОДГОТОВКИ И ИЗМЕРЕНИЙ УДЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ЕРН В ПРОБАХ ГРУНТА

Шкуропат Д.И.
Группа компаний РЭИ, Москва

Пенезев А.В.
ФГУП НТЦ Радиационно-химической безопасности и гигиены, Москва

Петрова Т.Б.
МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва

Микляев П.С.
Институт Геоэкологии им. Е.М.Сергеева РАН

При проведении инженерно-экологических изысканий участков проектируемого строительства требуется определение естественных радионуклидов в пробах почвогрунтов. С территории участка проводится отбор, как правило, не менее 4 проб. Соответственно, для измерения ЕРН в пробах почвогрунтов в геометрии «Маринелли» объемом 1л требуется от 6 до 10 кг почвогрунтов при плотности от 1 г/см³(верхний слой почвы) до 2,5 г/см³(песок). Поэтому пробоподготовка – работа не просто трудоемкая, но тяжелая в прямом смысле слова. Кроме того, возникают проблемы с утилизацией измеренного материала. В связи с этим нами рассматривалась задача оптимизации пробоподготовки путем уменьшения количества исследуемого материала, времени измерений и погрешности определения удельной активности ЕРН. Измерения проб проводились с использованием программного обеспечения (ПО) «ПРОГРЕСС-2000» и «СПЕКТР» на сцинтилляционных детекторах (NaI, 63*63) гамма-спектрометрических комплексов. В результате проведенных исследований было определено, что оптимальная геометрия для потоковых измерений проб почвогрунтов является геометрия типа «Дента» или «Петри», которые представляют собой плоский сосуд объемом 0,25 л. Использование двух ПО с разными методами обработки спектров исключает возможные случайные и систематические ошибки.

Для пользователей ПО особенностями эксплуатации ПО является и то, что база данных в ПО «Прогресс-2000» больше ориентирован на хранение результатов в виде измеренных спектров, в то время как база данных ПО «Спектр» представляет результаты в форме выборок, пригодных для внесения в протоколы измерений.

СТАТИСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ, ЛЕЗВИЕ ОККАМА И ИЗМЕРЕНИЯ IN SITU

А.О. Грубич
ЗАО «ТИМЕТ», г. Минск, Республика Беларусь

В многочисленных работах, посвященных исследованию загрязнения почв радиоактивными выпадениями, показано, что эмпирические распределения пространственных картин запаса какого-нибудь радионуклида удовлетворительно описываются либо нормальным $N(m, s_2)$, либо логнормальным $L(m, s_2)$ распределением. В случае чернобыльских выпадений и уровней ^{137}Cs не менее 20 кБк/м² загрязнение одних участков, по мнению исследователей (например, [1]), описывается $N(m, s_2)$, в то время как других – $L(m, s_2)$. И это для загрязнений одного и того же генезиса.

В настоящем докладе показано, что в случаях, в которых эмпирическое распределение имеет квазисимметричную форму, и, казалось бы, описывается $N(m, s_2)$, оно столь же успешно описывается и $L(m, s_2)$. Во всяком случае, на участках с загрязнением почвы в диапазоне от 20 до 20000 кБк/м². Неопределенность выбора типа распределения обусловлена, с одной стороны, своеобразными значениями статистик для рассматриваемой эмпирической выборки, с другой, усечением области наблюдаемых значений плотности загрязнения почвы, которое обязательно имеет место и определено физическими закономерностями. В таких ситуациях один тип распределения никак нельзя предпочесть другому. Если далее следовать известному методологическому принципу Оккама, то приходим к модели, согласно которой загрязнение любого участка описывается $L(m, s_2)$.

Недавно в работах [2] было показано, что мультифрактальная структура поверхностного загрязнения почвы простирается в область весьма малых значений масштабной единицы длины – вплоть до значений, по крайней мере, порядка 0,1 м. Этот порог значительно меньше известной [3] оценки для порога скейлинга 250–2500 м. Пространственный масштаб 0,1 м примерно соответствует рабочему диаметру пробоотборных инструментов, а масштаб 5–15 м – радиусу эффективной площади поверхности почвы в *in situ* измерениях, выполняемых с помощью полевых гамма-спектрометров. Таким образом, в измерениях *in situ* фактор пространственной неоднородности загрязнения, описываемый $L(m, s_2)$, оказывается наиболее существенным. Следовательно,

конструктивными являются только такие МВИ, в которых *in situ* измерения дополнены измерениями проб почвы, в т.ч. и в случае свежих радиоактивных выпадений.

Литература

1. Переволоцкий А.Н., 2006. Распределение ^{137}Cs и ^{90}Sr в лесных биогеоценозах. Институт радиологии, Гомель. ISBN: 985-6765-18-8.
2. Грубич А.О. О фрактальной структуре радиоактивного загрязнения почв. АНРИ № 2(61) 2010, с 21 -30; АНРИ № 4(63) 2010, с 53-62.
3. G. Pausch et. al. Multifractal analysis of the ^{137}Cs – Fallout pattern in Austria resulting from the Chernobyl accident. IPRA Regional Symposium. Prague, 8-12 September 1997, Session 4, p.436-438.

СИСТЕМА СБОРА И ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ О РАДИАЦИОННОМ ОБСЛЕДОВАНИИ ТЕРРИТОРИЙ GAMMA-EXPLORER

Н.С. Божко, Р.И. Беккиев, С.Ю. Антропов

Около пяти лет назад в НТЦ Амплитуда был разработан программно-аппаратурный комплекс для спектрометрической гамма-съемки местности. Программное обеспечение этого комплекса “Прогресс-Навигатор” объединило возможности известной спектрометрической программы “Прогресс” и картографической ГИС системы MapInfo. От аналогичных программ “Прогресс-Навигатор” отличали две принципиальные особенности:

- 1). работа в спектрометрическом режиме. В отличие от других программ, измеряющих только мощность дозы, “Прогресс-Навигатор” фиксирует в базе данных энергетический спектр гамма-излучения, рассчитывает в реальном времени значения МАЭД, удельной активности естественных радионуклидов в почве и плотность поверхностного загрязнения ^{137}Cs . При обнаружении других источников радиоактивного загрязнения программа позволяет провести идентификацию и определить плотность поверхностного загрязнения почвы данными радионуклидами.
- 2). возможность работы с несколькими спектрометрическими детекторами одновременно. Данная особенность позволяет за счет простого увеличения количества детекторов увеличить чувствительность установки без ухудшения ее спектрометрических характеристик – энергетического разрешения и линейности.

Прогресс-навигатор устанавливался на различные мобильные устройства для гамма-съемки местности, в частности:

- пилотируемые и беспилотные летательные аппараты;
- передвижные радиологические лаборатории;
- носимые устройства для пешеходной съемки местности и съемки из личного автомобиля.

В процессе эксплуатации и обслуживания программы в нее вносились изменения и дополнения, среди которых следует отметить:

- введение понятий “сессия” и “объект”, характеризующих, соответственно, временные интервалы и пространственные зоны на местности. Возможность быстрого переключения между объектами в процессе съемки и сортировки накопленной информации;
- возможность отключения спектрометрического режима для экономии места на жестком диске ПК.

Пользователям программы данные изменения устанавливаются бесплатно, в момент поверки или технического обслуживания комплекса.

Ряд пожеланий наших заказчиков невозможно было реализовать в рамках одного спектрометрического комплекса, а именно:

- необходимость объединения результатов измерений, выполняемых несколькими передвижными или носимыми установками, в одной базе данных;
- возможность ведения базы данных на сервере в лаборатории;
- слежение за передвижной установкой из лаборатории. Возможность параллельной обработки получаемых данных экспертом в лаборатории и коррекции по ее результатам маршрута установки;
- возможность использования карт местности в различных форматах и экспорт результатов съемки местности в форматах, используемых большинством геоинформационных систем (ГИС). Оформление отчетов с построением изолиний и другими возможностями, предоставляемыми геоинформационными системами сторонних разработчиков;
- возможность отображения результатов съемки местности на фоне спутниковых снимков поверхности земли.

Перечисленные возможности были реализованы в сетевой геоинформационной системе сбора и отображения информации о радиационной обстановке на поверхности земли Gamma-Explorer. Система состоит из:

- одного или нескольких устройств сбора информации (передвижных радиологических лабораторий или мобильных комплексов), подключенных к сети через GPRS или иной канал передачи данных;
- сервера, принимающего и хранящего данные;
- одного или нескольких компьютеров, отображающих данные (клиентов).

В самом простом случае устройство сбора информации, сервер и клиент могут быть реализованы на одном компьютере.

Обмен данных между устройствами сбора информации, сервером и клиентскими компьютерами осуществляется согласно протоколу SpGIS, который поддерживает как собственные, специализированные форматы данных так и форматы данных программ “Google Планета Земля” и “Quantum GIS”. Сервер предоставляет возможность работы с данными через web-интерфейс, что позволяет подключиться к данным с любого компьютера, имеющего доступ в Интернет без установки на него специализированного программного обеспечения. Для защиты данных от несанкционированного доступа предусмотрена их защита паролем.

На устройствах сбора информации может быть установлено:

- программное обеспечение Прогресс-Навигатор. Старые версии данной программы, не поддерживающие протокол SpGIS, должны быть дополнены модулями передачи информации на сервер;
- программное обеспечение “Прогресс-Т”, предназначенное для работы со спектрометрическими устройствами на компьютерах с TouchScreen мониторами и бесклавиатурными устройствами ввода.

На сервере должно быть установлено программное обеспечение Gamma-Explorer, работающее под управлением ОС Linux.

На клиентском компьютере в качестве программ, отображающих состояние системы используются:

- программа просмотра HTML-страниц – “Internet Explorer”, “Mozilla Firefox” и т.п.;
- программа “Google Планета Земля”;
- геоинформационная система “Quantum GIS”.

Ознакомиться с возможностями системы можно на примере демонстрационной версии комплекса. Демонстрационная версия была реализована на базе сервера, расположенного в НТЦ “Амплитуда”, и носимого спектрометрического комплекса, состоящего из компьютера типа Notebook, подключенного к нему через USB разъем детектора NaI 63х63 мм и GPS приемника для определения координат. Данные устройства входят в состав передвижных лабораторий или носимых комплексов, выпускаемых как НТЦ Амплитуда, так и другими производителями. Связь между носимым спектрометром и сервером осуществлялась при помощи GPRS-модема. В базу данных сервера помещены результаты поездок со спектрометрическим комплексом по дорогам города Зеленограда.

Для того чтобы подключиться к данным через web-интерфейс достаточно в адресной строке программы просмотра Интернет-страниц набрать адрес сервера - <http://explorer.amplituda.ru>. На экране отобразится страница с пятью разделами: “карта”, “база данных”, “статистика”, “экспорт” и “приложения”.

Раздел “карта” предназначен для отображения результатов измерений МАЭД на фоне выбранной пользователем карты местности и выбора участка местности для формирования запроса .

Раздел “База данных” позволяет создавать или удалять сессии и объекты.

В разделе “Статистика” выводятся результаты статистической обработки данных.

Из раздела “Экспорт” Вы можете загрузить файл с результатами измерений в текстовом формате (файл с расширением cvs), а затем открыть его в программе MS Excel или MS Access.

Раздел “Приложения” содержит инструкции по подключению к серверу программ Google Планета Земля и Quantum GIS.

Протокол обмена информацией SpGIS позволяет сохранять в базе данных помимо спектра любые двоичные данные, в том числе и фотографии обследуемой местности. Данная возможность может оказаться полезной для последующей интерпретации результатов измерений или поиска ранее обследованных объектов.

К системе могут быть подключены мобильные спектрометры и передвижные радиологические лаборатории производства как ООО НТЦ “Амплитуда” так и других организаций.

НЕКОТОРЫЕ НОВЫЕ РАЗРАБОТКИ АППАРАТУРЫ ДЛЯ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

А.В.Горев, А.Б.Неганов, А.А Приладышев, В.М. Савин, А.Г.Салион,
В.Т.Сидоров
ЗАО «НПП «АСПЕКТ», г. Дубна, МО

Цифровой спектрометр на базе блока БПЦ-02.

Блока преобразователя цифрового БПЦ-02 обеспечивает усиление, измерение амплитуд входных импульсных сигналов путем цифрового преобразования и накопление измеренных кодов в виде спектра в буферной памяти.

ПК с подключенным преобразователем и соответствующим программным обеспечением образуют многоканальный анализатор с широким набором функциональных возможностей. Анализатор на базе преобразователя позволяют производить накопление, обработку и выдачу информации на внешние устройства.

Общие сведения.

БПЦ-02 - это одноплатный спектрометр с Цифровым Процессором Импульсов (ЦПИ). Функционально он включает в себя полный тракт спектрометрического усилителя и Многоканального Анализатора (МА) с памятью спектров объемом 8К каналов (в ближайшей перспективе 16К), и может служить основой для построения как настольных, так и переносных спектрометрических систем. Главной новацией данного устройства является применение ЦПИ, построенного на базе современной ПЛИС (FPGA) фирмы ALTERA, и предназначенного для «role/zero»-компенсации, цифровой фильтрации, формирования и определения амплитуды входных импульсов, режекции наложений и восстановления базовой линии. В качестве цифрового фильтра выбран треугольный (трапециидальный) фильтр, являющийся практически идеальным фильтром для экспоненциальных входных импульсов.

Для управления спектрометром и передачи накопленных спектров на компьютер используется интерфейс USB, который опционально может быть заменен интерфейсом RS.

Для управления дополнительным оборудованием предусмотрен разъем внутрисхемного последовательного интерфейса.

Управляющая микропрограмма ЦПИ хранится в энергонезависимой памяти и может быть модифицирована с появлением новых версий программного обеспечения с целью расширения функциональных возможностей спектрометра.

Питание спектрометра осуществляется от стабилизированного источника напряжения $\pm 5В$. Ток, потребляемый спектрометром не превышает 0.5А (без дополнительного модуля питания детектора).

ПРИМЕНЕНИЕ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ РАДИАЦИОННОЙ СЪЕМКЕ МЕСТНОСТИ СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫМ ДЕТЕКТОРОМ

С.Ю. Антропов, Н.С.Божко, А.П. Ермилов, И.С. Коновалов.

Радиационная съемка местности проводится для решения следующих задач:

- поиск техногенных источников радиационного загрязнения;
- слежение за состоянием известных источников ионизирующего излучения или предприятий, на которых возможен аварийный выброс таких источников;
- реабилитация территорий предприятий, ранее связанных по роду деятельности с источниками ионизирующих излучений;
- выявление соответствия территории требованиям радиационной безопасности, принятым в строительстве;
- поиск территорий с аномальными концентрациями естественных радионуклидов в геологоразведке.

Данная процедура включает в себя серию однотипных измерений, количество которых может исчисляться тысячами, при которых определяют значение одной или нескольких контролируемых величин:

Н – мощность амбиентного эквивалента дозы (МАЭД), мЗв/ч; R_i – плотность поверхностного загрязнения территории техногенными радионуклидами, Бк/м ² , i – индекс активности; $Q_{226Ra}, Q_{232Th}, Q_{40k}$, - удельная активность естественных радионуклидов, Бк/кг	(1)
--	-----

Для регистрации гамма излучения используется сцинтилляционный детектор, основным преимуществом которого перед другими является высокая чувствительность.

Первыми сцинтилляционными приборами для радиационной съемки местности были радиометры, фиксирующие скорость счета гамма-квантов - СРП-68 и др. При использовании таких приборов для определения МАЭД или плотности поверхностного загрязнения требуется проведение дополнительных исследований. С появлением переносных и возимых спектрометров появилась возможность оперативного определения значений контролируемых величин (1). Однако в большинстве случаев при этом ограничиваются только расчетом МАЭД по измеренному спектру гамма излучения [1].

Сама по себе величина МАЭД без определения вкладов отдельных радионуклидов не является достаточной, как для контроля за загрязнением техногенными радионуклидами, так и для определения концентраций естественных радионуклидов.

В 2006 году нами был реализован алгоритм обработки сцинтилляционного спектра, позволяющий в реальном времени определять значение не только МАЭД, но и других контролируемых величин (1). Алгоритм был реализован в программном обеспечении установки, объединяющей в себе 6 сцинтилляционных спектрометров с кристаллом NaI 150 x 200 мм, установленных на вертолете МИ-2. Сейчас этот алгоритм используется в передвижных радиологических лабораториях и носимых спектрометрических комплексах, выпускаемых “НТЦ Амплитуда”.

Спектр гамма-излучения в каждой точке местности определяется:

- излучением естественных радионуклидов, присутствующих в почве. Слой почвогрунта толщиной 50 см поглощает или рассеивает 90% гамма-квантов самой высокоэнергетической линии ЕРН – 2614 кэВ. Т.е., представительным с точки зрения измерений удельной активности ЕРН является только верхний слой почвогрунта толщиной не более полуметра;
- излучением одного или нескольких техногенных радионуклидов, присутствие которых в почве является следствием либо радиационной аварии, либо специфического использования данной территории. Чернобыльские выпадения радионуклида ^{137}Cs на невозделываемых почвах сконцентрированы в верхнем слое толщиной 5-10 см, на возделываемых – в слое 25-30 см.

Детектор гамма-излучения располагается на некоторой высоте h над поверхностью земли (рис. 1), которая может составлять от одного до десятков метров. Слой воздуха между источником и детектором ослабляет гамма-излучение. Так, слой воздуха толщиной 50 м поглощает или рассеивает 40 % гамма-квантов ^{137}Cs с энергией 662 кэВ.

В формировании спектра также участвует и слой воздуха, расположенный над детектором, в котором происходит комптоновское рассеяние излученных поверхностью земли гамма-квантов, однако, за счет низкой плотности воздуха данным эффектом можно пренебречь. Также мы пренебрегли вкладом в естественный фон излучения естественных радионуклидов, содержащихся в атмосферном воздухе, – ^{214}Pb , ^{214}Bi и ^7Be .

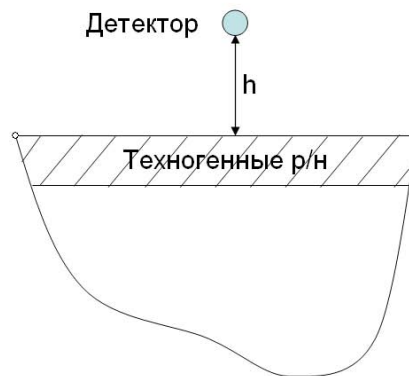
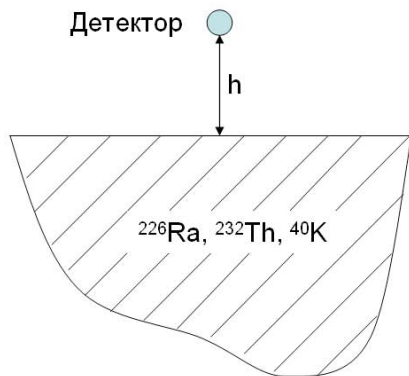


Рис. 1а. Естественные радионуклиды распределены равномерно по всей глубине почвы	Рис. 1б. ^{137}Cs и другие техногенные радионуклиды, как правило, сконцентрированы в верхнем слое почва толщиной не более 20см
--	---

Таким образом, задача анализа аппаратного спектра гамма излучения $S(E)$ сводится к разложению его на сумму составляющих:

$$S(E) = Q_{^{226}\text{Ra}} \cdot P_{^{226}\text{Ra}}(E) + Q_{^{232}\text{Th}} \cdot P_{^{232}\text{Th}}(E) + Q_{^{40}\text{K}} \cdot P_{^{40}\text{K}}(E) + \sum_i R_i \cdot P_i(E) \quad (2)$$

Где: $P_{^{226}\text{Ra}}(E)$, $P_{^{232}\text{Th}}(E)$, $P_{^{40}\text{K}}(E)$ - функции отклика детектора на излучение полубесконечных источников ^{226}Ra , ^{232}Th и ^{40}K с удельной активностью, 1 Бк/кг ;

$P_i(E)$ - функции отклика детектора на излучение плоского источника техногенного радионуклида i с удельной поверхностной активностью, 1 Бк/м².

Программное обеспечение комплекса для спектрометрического сканирования местности разрабатывалось на базе спектрометрической программы "Прогресс-5". В этой программе уже реализован алгоритм разложения спектра на сумму составляющих [2], который мы использовали для решения уравнения (2), и алгоритм генератора спектров для построения аппаратных спектров $P_i(E)$ тех техногенных радионуклидов, для которых мы не смогли это сделать экспериментальным путем. Кроме того, в программе реализована возможность подключения собственных модулей и алгоритмов при помощи встроенного интерпретатора языка VBScript. Мы пользовались этим для связи с GPS приемником, картографической программой, расчета МАЭД и для автоматизации выполнения серии однотипных измерений.

Для решения системы (2) необходимо определить функции чувствительности детектора $P_{226Ra}(E)$, $P_{232Th}(E)$, $P_{40K}(E)$ и $P_i(E)$. Для радионуклидов ^{137}Cs , ^{40}K , ^{226}Ra и ^{232}Th мы делали это по объемным полубесконечным и плоским фантомам данных радионуклидов. Для расчета функции чувствительности техногенных радионуклидов (кроме ^{137}Cs) в программном обеспечении был настроен генератор спектров [2]. Энергетические зависимости разрешения и эффективности регистрации для генератора спектров определялись по линиям 352, 583, 609, 662, 1460 и 2614 кэВ источников ^{137}Cs , ^{40}K , ^{226}Ra и ^{232}Th в плоской геометрии.

При расположении детектора в летательном аппарате на высоте порядка нескольких десятков метров следует учитывать поглощение излучения в воздухе. Для этого в программу были введены различные геометрии измерений, соответствующие различной высоте – 25, 50 и 75 метров. Для каждой геометрии при градуировке поглощение излучения в воздухе имитировалось слоем графита I толщиной 15, 30 и 45 мм, который располагался между источником и детектором.

Испытания комплекса, проведенные на полигонах в Подмосковье, Киеве и над территорией Чернобыльской АЭС показали хорошую устойчивость алгоритма к существующим в реальности вариациям распределения активности по площади и по объему, а также к непостоянству высоты полета. Так, на незагрязненных техногенными радионуклидами участках расчетное значение активности ^{137}Cs отличалось от нуля на величину, не превышающую неопределенность измерения. На участках вокруг Чернобыльской станции с плотностью загрязнения радионуклидом ^{137}Cs порядка 105 Бк/м² программа устойчиво определяла наличие только ^{137}Cs .

Для установки состоящей из 1 детектора NaI 63x63 мм, расположенного на высоте $h=1.5$ м неопределенность измерений в условиях естественного фона для времени интегрирования 4 секунды² составляет: 20 Бк/кг для ^{226}Ra , 20 Бк/кг для ^{232}Th , 140 Бк/кг для ^{40}K и 1800 Бк/м² (0.05 Ки/км²) для ^{137}Cs .

В настоящее время алгоритм реализован в двух программных комплексах – спектрометрической программе “Прогресс-Навигатор” и в программе для носимых спектрометров “Прогресс-Мини”, интерфейс которой ориентирован на работу с бесклавиатурными устройствами ввода типа TouchScreen.

Литература

1. Многофункциональные носимые спектрометры гамма-излучения МКС-АТ6101 и МКС-АТ6102 и их применение в задачах радиационного контроля. В.И. Антонов и др. Анри №4 2007 г.
2. Прогресс-5. Настройка и программирование спектрометрических устройств. С.Ю. Антропов. Техническая документация на спектрометрический комплекс “Мультирад”.

-
- ¹ Выбор графита обусловлен тем, что он был в наличии и его атомный номер наиболее близок к атомному номеру воздуха. При отсутствии графита поглощение можно имитировать слоями воды толщиной 33, 65 и 98 мм.
 - ² Установка в программном обеспечении времени интегрирования равного 4 секундам означает, что МАЭД рассчитывается программой по спектру, набранному за последние 4 секунды, а активности естественных радионуклидов и ^{137}Cs – по спектру, набранному за последние 20 секунд.

ОПЫТ ЛИКВИДАЦИИ РАДИОАКТИВНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ИЗ ЗОНЫ ЗАРАЖЕНИЯ ФУКУСИМСКОЙ АЭС (ЯПОНИЯ)

Генеральный директор Скогорев И.А.
ООО «ПримТехнополис», г. Владивосток, Россия

11 марта 2011 года мощное землетрясение и огромная волна цунами привели к отключению электропитания и нарушению теплоотвода остаточных энерговыделений реакторов на АЭС «Фукусима». В период с 12 по 15 марта ряд взрывов привели к значительным радиоактивным выбросам в атмосферу.

Преимущественное направление ветра было в сторону Тихого океана, и значительная часть выбросов было снесено ветром в море.

Однако продолжающиеся процессы в реакторах и изменения направления ветра в сторону населенных пунктов, а также прошедшие осадки привели к повышению уровня радиации в местах проживания людей.

Радиоактивные вещества, включая йод-131 и цезий-137, отличаются летучестью. После их эмиссии с АЭС в результате аварии они смешались с водой в воздухе, а также с облаками, с которыми они передвигались над землей. Когда эти облака превратились в дождевые тучи, радиоактивные вещества вместе с дождем попали в почву. По нашему мнению, прохождение радиоактивного облака по территории Японии, а также выпавшие на землю осадки, были главной причиной, которая привела к столь значительному загрязнению населенных пунктов, домов и транспорта.

Наиболее близко расположенным к японской трагедии субъектом Российской Федерации был Приморский край. При этом, в это время года в приморье преобладает муссонный климат характеризующийся смещением холодных атмосферных масс с поверхности Азии в сторону Японии и далее в Тихий океан, что не позволило значительно повлиять на изменение радиационной обстановки в крае.

В то же время, приморье является главными воротами страны, через которые происходит ввоз подержанных автомобилей с японских аукционов.

Японские власти были не готовы к своевременному блокированию вывоза загрязненного автотранспорта из своей страны, и тогда Приморский край столкнулся с проблемой ввоза загрязненного транспорта на свою территорию. Уже с 5 апреля 2011 года в Приморских портах стали выявлять автомобили с повышенным радиационным фоном.

- К концу апреля только во Владивостоке было выявлено более 100 единиц автотранспорта с поверхностным радиоактивным загрязнением. Часть из них было отправлено в Японию, часть признано пригодным к эксплуатации в силу незначительного уровня загрязнения на поверхности и около 30 автомобилей подлежало дезактивации по решению органов Роспотребнадзора на территории порта в зонах таможенного контроля.
- В виду того, что ООО «ПримТехнополис» обладает всеми необходимыми знаниями и опытом, имеет квалифицированный персонал и технику, а также все необходимые лицензии и другие разрешительные документы, было решено привлечь для проведения дезактивационных работ специалистов нашей компании.
- Решение проблемы усложнялось тем, что этот транспорт был под таможенным контролем и таможенные органы изначально были настроены на однозначный реэкспорт такого транспорта, тогда как органы Роспотребнадзора стояли на защите потребителя (покупателей транспорта). Только в ходе длительных переговоров и совещаний было достигнуто соглашение о проведении данных работ в зонах таможенного контроля – Складах временного хранения (СВХ).
- Лишь 20 апреля 2011г. нас допустили для проведения пробных работ по дезактивации.
- При проведении спектрального анализа мазков с поверхностей транспортных средств показали преимущественное наличие Cs-137 и Cs-135. Плотность потока бета-частиц в среднем составляло от 40 до 80 расп.мин/см², но в некоторых местах и до 200 расп.мин/см². Установлен случай ввоза автомобиля из префектуры Фукусима с поверхностным загрязнением до 3000 расп.мин/см².
- Город Владивосток не имеет очистных сооружений и сбрасывает стоки прямо в море. С целью ограничения социальной напряженности населения, основным условием было добиться успешной дезактивации без применения водных растворов, чтобы не допустить образования ЖРО.
- Первые опыты применения однокомпонентных растворителей и спиртовых растворов дали эффективность дезактивации с коэффициентом 2-3. То есть, при поверхностном загрязнении 65-75 расп.мин/см² проведение мероприятий по дезактивации уменьшали уровень загрязнения лишь до 30-40 расп.мин/см².
- Мы понимали, что применение водных растворов на основе поверхностно-активных веществ (ПАВ) позволило бы более эффективно проводить мероприятия. Но это было не допустимо.

- Успех был достигнут при применении неводных многокомпонентных дезактивационных средств на основе ПАВ. Коэффициент дезактивации достигал 10-20, что позволяло приводить автотранспорт к нормам уже после первой, в крайнем случае, второй обработки.
- Основа метода заключается в переносе поверхностного радиоактивного загрязнения с транспортного средства на ветошь, после чего ветошь подлежит захоронению в установленном законом порядке. Кроме того, тщательной ручной обработке подвергаются труднодоступные места, резинки и пластиковые пористые поверхности.
- В среднем один легковой автомобиль двое специалистов могут успешно дезактивировать за один рабочий день.
- За время проведения работ специалистами ООО «ПримТехнополис» было дезактивировано более 40 единиц транспорта (включая грузовики и катер).
- По сведениям японских властей в зоне заражения за последнее время уровень радиации в 80-километровой зоне вокруг аварийной японской АЭС «Фукусима-1» сократился в среднем на 20 %, что обусловлено распадом короткоживущих радионуклидов. В городе Фукусима замеры на высоте одного метра от земли выявили радиоактивность более 3,4 мкЗв/час. Городская администрация намеревается запретить вход в парк, расположенный в жилом квартале, в котором замер радиации на высоте 50 см. от земли показал 4,15 мкЗв/час. Японским школьникам выданы индивидуальные дозиметры с целью определения накопленной дозы.
- В настоящее время загрязненный транспорт продолжает поступать из Японии. При этом их число значительно сократилось в силу того, что весь автотранспорт с аукционов японцы тщательно моют.
- В такой ситуации в ближайшие 7-10 лет мы прогнозируем существование вероятности поступления автотранспорта и других товаров с повышенным содержанием Cs-137 на территорию России из Японии, причем их выявление возможно по всей территории России.
- Уверены, что наш опыт будет полезен при возникновении подобных ситуаций.

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПОРТАТИВНЫЙ ГАММА-СПЕКТРОМЕТР МКС-АТ 6101ДР ДЛЯ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Бирилло А.М., Гузов В.Д., Жуковский А.И., Кожемякин В.А., Нахайчук О.А., Чирикало В.А.

*Научно-производственное унитарное предприятие «АТОМТЕХ»,
г. Минск, Республика Беларусь.*

Гамма-спектрометр МКС-АТ6101ДР представляет собой портативный многофункциональный сцинтилляционный прибор, состоящий из размещаемого в герметичном контейнере сцинтилляционного блока детектирования с кристаллом NaI(Tl) Ø 63×63 мм и карманного персонального компьютера (КПК).

Спектрометр МКС-АТ6101ДР используется для решения различных задач радиационного контроля: определения содержания естественных радионуклидов ^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th , измерения поверхностной активности техногенного радионуклида ^{137}Cs в почвах и грунтах без отбора проб в месте естественного залегания, а также измерения удельной активности радионуклидов ^{137}Cs , ^{134}Cs и ^{131}I в воде, продуктах питания, продукции агропромышленного комплекса и лесного хозяйства без проведения предварительной пробоподготовки.

Спектрометр предназначен для измерения энергетического распределения гамма-излучения с энергией от 40 до 3000 кэВ, а также измерения мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения от 0,01 до 100 мкЗв/ч.

Для обеспечения высокой стабильности измерений спектрометр оснащен встроенными системами непрерывной автоматической светодиодной стабилизации энергетической шкалы и цифровой термокомпенсации измерительного тракта. Относительное энергетическое разрешение для гамма-излучения ^{137}Cs с энергией 662 кэВ составляет менее 9,5 %.

Спектрометр оснащен GPS-приемником, что обеспечивает привязку результатов измерений к географическим координатам. Спектрометрическая информация с блока детектирования через Bluetooth-адаптер передается на и выводится на жидкокристаллический экран КПК. Беспроводная связь поддерживается на расстоянии до 10 м.

Использование алгоритмов обработки аппаратных спектров, реализованных в программном обеспечении КПК, обеспечивает представление данных в виде значений удельной активности отдельных радионуклидов или их концентрации, удельной эффективной активности естественных радионуклидов.

Значение мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения в точке контроля определяется путем обработки аппаратного спектра с использованием операционной функции «спектр-доза».

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СПЕКТРОМЕТРА ИЗЛУЧЕНИЙ ЧЕЛОВЕКА СКГ-Т1316А ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ^{60}Co В ЛЕГКИХ ВЗРОСЛОГО ЧЕЛОВЕКА

Гузов В.Д., Жуковский А.И., Кожемякин В.А., Нахайчук О.А.
*Научно-производственное унитарное предприятие «АТОМТЕХ»,
г. Минск, Республика Беларусь*

Кутень С.А.
*Научно-исследовательский институт ядерных проблем БГУ,
г. Минск, республика Беларусь*

Спектрометр излучения человека СКГ-АТ1316А, разработанный предприятием «АТОМТЕХ», представляет собой стационарное спектрометрическое средство измерений для контроля внутреннего облучения человека. В качестве детектора излучения в СИЧ используется сцинтилляционный блок детектирования с кристаллом NaI (Тl) размером 150x100 мм.

СИЧ предназначен для измерения содержания радионуклида ^{60}Co человека и контроля суммарной активности радионуклидов ^{51}Cr , ^{54}Mn , ^{59}Fe , ^{58}Co , ^{65}Zn , ^{95}Zn , ^{95}Nb , ^{103}Ru , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{124}Sb , ^{141}Ce и ^{144}Ce в легких.

При исследовании метрологических параметров СИЧ использовались образцовый спектрометрический гамма-источник ОСГИ-3 (погрешность $\pm 6\%$) на основе радионуклида ^{60}Co и фантом легких человека ФЛ-03Т. Для математического моделирования использовалась образцовая мера активности радионуклида специального назначения (ОМАСН с погрешностью $\pm 5\%$), изготовленная на основе материала, эквивалентного тканям легких человека в НТЦ «РАДЭК».

Математическое моделирование фантома легких взрослого человека проводилось методом Монте-Карло, при этом использовалась универсальная программа MCNP версии 4В. В коде MCNP все границы геометрических зон моделируются из кусков плоскостей или поверхностей второго порядка, и при наличии деталей с более сложными поверхностями их необходимо аппроксимировать большим числом зон. Физическая модель правого и левого легких отражает анатомические особенности легких взрослого человека и имеет сложную несимметричную форму по отношению друг другу (рисунок 1).

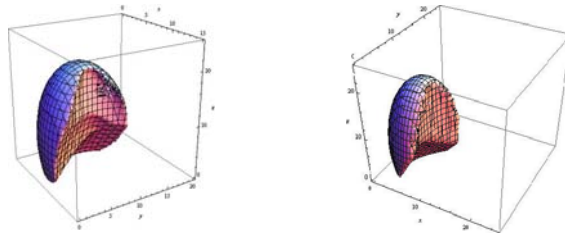


Рисунок 1

Получены хорошо согласующиеся данные математического моделирования и результатов эксперимента (рисунок 2).

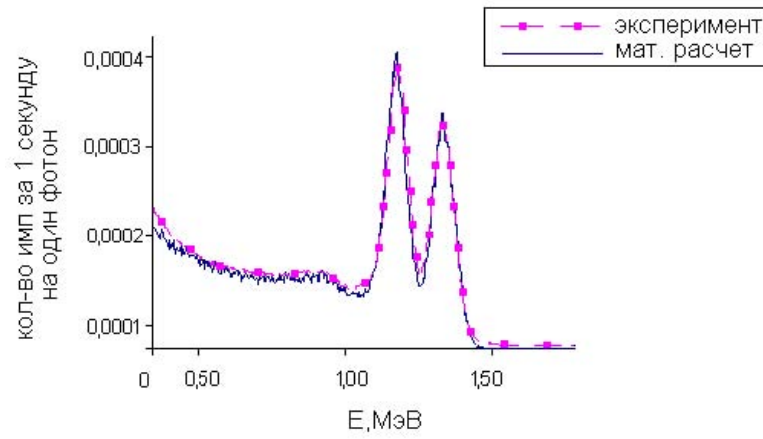


Рисунок 2

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОГО ЦЕНТРА СЦИНТИЛЛЯЦИОННОГО ДЕТЕКТОРА ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА МОНТЕ-КАРЛО

Лукашевич Р.В., Фоков Г.А.

*Научно-производственное унитарное предприятие «АТОМТЕХ»,
г.Минск, Республика Беларусь*

Процедура обеспечения точности калибровки дозиметрической аппаратуры связана с правильностью определения расстояния от источника до эффективного центра детектора. Но существенная часть приборов на основе сцинтилляционных детекторов имеют смещение эффективного центра от геометрического центра детектора.

Отсутствие учета расстояния от торцевой поверхности блока детектирования до его эффективного центра, может повлиять на определение истинной мощности дозы, особенно при измерениях на малых расстояниях от источников гамма-излучения в практической дозиметрии.

В работе представлены результаты исследования положения эффективного центра для торцевой и боковой поверхности сцинтилляционного детектора в зависимости от расстояния до источника, от точечного или параллельного потока гамма-излучения, полученные с помощью метода Монте-Карло.

Приводится сравнение теоретически и экспериментально полученных данных о положении эффективного центра для гамма-спектрометра МКС-АТ6101 с кристаллом NaI(Tl) Ø40x40 мм.

Результаты исследования могут использоваться при выборе и проектировании блоков детектирования на основе сцинтилляционных детекторов гамма-излучения, их калибровке, а также при дозиметрических измерениях на практике.

ОБ УЧАСТИИ ПРЕДПРИЯТИЯ «АТОМТЕХ» В СОЗДАНИИ И ОСНАЩЕНИИ СЕТИ РАДИАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА В ЯПОНИИ: НАЧАЛО И ПЕРСПЕКТИВЫ

Кожемякин В.А..

*Научно-производственное унитарное предприятие «АТОМТЕХ»,
г. Минск, Республика Беларусь*

В докладе представлены материалы, отражающие состояние проблемы радиационного мониторинга источников радиоактивного загрязнения, объектов окружающей среды человека спустя полгода после аварии на АЭС «Фукусима». Охарактеризован комплекс мер и действий, предпринимаемых правительственными организациями, частными фирмами и населением.

Отмечается отсутствие организованного подхода в вопросах радиационного контроля, сложная процедура выбора инструментальных средств, слабая подготовка в области радиозэкологии и смежных областях.

Тем не менее, процесс сдвинулся с «мёртвой точки» и начал набирать обороты в нужных направлениях. Можно предположить, что с учётом особенностей нации, уровня её интеллекта и не без профессиональной помощи мирового сообщества активная фаза инструментального анализа радиоактивного загрязнения окружающей среды и человека выйдет на должный уровень в 2012 году и, понятно, будет осуществляться не одно десятилетие.

Приводятся личные впечатления автора на предмет состояния и развития сети радиационного мониторинга, полученные в ходе деловой поездки в Японию в первой половине сентября этого года.

Приводится перечень и параметры оборудования производства «АТОМТЕХ», направленного в Японию по контрактам, обозначены особенности аппаратуры в части доработок и адаптации под условия потребителей, а также по заключённым до конца 2011 года контрактам, делается прогноз поставок оборудования на 2012 год.

Обсуждаются вопросы, затрагивающие обучение, тренинг, сервисное обслуживание на базе японских компаний – партнёров.

**ПРИКЛАДНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ «PWBC»
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АКТИВНОСТИ РАДИОНУКЛИДОВ
 ^{137}CS , ^{40}K И ^{131}I В ТЕЛЕ ЧЕЛОВЕКА В СОСТАВЕ
ПОРТАТИВНОГО СПЕКТРОМЕТРА ИЗЛУЧЕНИЯ
ЧЕЛОВЕКА МКС-АТ6101А**

Коновалов Е.А., Жуковский А.И

Научно-производственное унитарное предприятие «АТОМТЕХ»,

г.Минск, Республика Беларусь

Программа «PWBC» предназначена для получения данных измерения активности гамма-излучающих радионуклидов CS_{137} , K_{40} и I_{131} в теле человека в заданных геометриях измерения. Для определения активности используется оконный метод.

Основные возможности программы:

- Управление режимами спектрометра;
- Использование нового метода стабилизации (возможность проведения процедуры без контрольного источника и без контрольной пробы);
- Поэтапная процедура подготовки спектрометра к эксплуатации с описанием выполнения необходимых действий;
- Возможность определения значения мощности дозы во время проведения измерений;
- Расчёт и отображение значений активности радионуклидов в режиме реального времени;
- Генерирование рабочих фонов;
- Обработка спектров (сложение, вычитание и наложение спектров);
- Возможность ведения электронной базы данных.

ПРИКЛАДНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ «SPTR» ДЛЯ РАБОТЫ В СОСТАВЕ СТАЦИОНАРНОГО СЦИНТИЛЛЯЦИОННОГО ГАММА-БЕТА-СПЕКТРОМЕТРА МКС-АТ1315

Коновалов Е.А., Жуковский А.И

Научно-производственное унитарное предприятие «АТОМТЕХ»,

г.Минск, Республика Беларусь

В программе реализованы алгоритмы обработки спектров гамма-излучения с использованием метода максимального правдоподобия для случая статистики Пуассона и в предположении наличия в спектре радионуклидов ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{40}K , ^{226}Ra , ^{228}Th , а также других гамма-излучающих радионуклидов с использованием алгоритма на основе функциональной зависимости эффективности регистрации от энергии гамма-излучения для определенной геометрии измерения.

Основные возможности программы:

- Объединение возможностей трёх программ «SPTR_ATM», «SPTR_ATC» и «SPTR_MET» в одной;
- Улучшен интерфейс пользователя;
- Управление режимами спектрометра;
- Отображение накопленной информации в гамма- и бета-спектрометрических трактах;
- Использован новый алгоритм анализа и обработки аппаратурных спектров;
- поиск пиков полного поглощения;
- возможность обработки только в выделенном окне;
- отдельный алгоритм обработки мультиплетов;
- идентификация радионуклидов;
- определение параметров пиков полного поглощения (положение центроида, разрешение, площадь за вычетом фонового пьедестала, ширину на полувысоте) с их погрешности;
- расчёт активности и погрешности измерений найденных радионуклидов;
- Учёт физических свойств исследуемого объекта;
- Возможность ведения электронной базы данных.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ «GARM» ДЛЯ АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ СКАНИРОВАНИЯ ПОЛУЧЕННЫХ СПЕКТРАЛЬНЫМ РАДИАЦИОННЫМ СКАНЕРОМ МКС-АТ6101С

Быстров Е.В., Кремнёв Ю.Н.

Научно-производственное унитарное предприятие «АТОМТЕХ»,

г.Минск, Республика Беларусь

Программа «GARM» предназначена для анализа результатов сканирования, полученных при помощи спектрального радиационного сканера с привязкой на местности МКС-АТ6101С, таких как спектры, мощности дозы, скорости счета импульсов гамма-излучения, скорости счета импульсов нейтронного излучения, результаты идентификации радиоизотопного состава, географические координаты сканирования.

Применение программы «GARM» позволяет наглядно произвести оценку радиационного заражения местности, где проводилось сканирование, выделить очаги наибольшего радиационного заражения местности, наглядно оценить радиоизотопный состав на зараженной местности.

Возможности программы «GARM»:

- отображение пути сканирования на местности, с цветовой индикацией, по различным дозиметрическим и радиометрическим параметрам
- отображение набранных спектров гамма-излучения для каждой из точек набора на пути сканирования
- отображение суммарного спектра гамма-излучения по ряду последовательно набранных спектров гамма-излучения вдоль пути сканирования
- отображение «водопадной диаграммы» по спектрам гамма-излучения, набранным вдоль всего пути сканирования
- отображение диаграммы распределения количества зарегистрированных частиц нейтронного- и квантов гамма-излучения во времени вдоль всего пути сканирования.

Применение пути сканирования на местности, с цветовой индикацией, и диаграммы распределения количества зарегистрированных частиц нейтронного- и квантов гамма-излучения во времени для оценки радиационного заражения местности.

Применение «водопадной диаграммы», набранных спектров гамма-излучения и суммарного спектра гамма-излучения для предварительной оценки радиоизотопного состава на зараженной местности.

РАЗРАБОТКИ В ОБЛАСТИ МЕТРОЛОГИИ РЕНТГЕНОВСКОГО И ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ

Гузов В.Д., Кожемякин В.А., Прямосудова Н.А., Фоков Г.А., Лукашевич Р.В.
*Научно-производственное унитарное предприятие «АТОМТЕХ»,
г.Минск, Республика Беларусь*

В метрологическом обеспечении дозиметрии рентгеновского и гамма-излучения в качестве эталонных средств измерений используются поверочные дозиметрические установки.

В докладе представлены основные разработки предприятия в этой области: установки дозиметрические гамма-излучения УДГ-АТ110 и УДГ-АТ130, стенд калибровочный АТ-03.

Дозиметрические установки гамма-излучения УДГ-АТ110 и УДГ-АТ130 предназначены для поверки и калибровки дозиметрических средств измерений гамма-излучения в диапазонах мощности дозы от 0,25 мкГр/ч до 350 мГр/ч и от 0,36 мкГр/ч до 50 Гр/ч соответственно. Стенд калибровочный АТ-03 предназначен для позиционирования эталонных и поверяемых средств измерений в пучках рентгеновского излучения и использования в составе эталонных установок рентгеновского излучения. Приводятся технические характеристики, состав и описание основных функций представленных разработок.

Проведено исследование поля излучения, формируемого коллимационным узлом установки УДГ-АТ130, с целью оценки вклада рассеянного коллиматором излучения. Задача решалась численным моделированием методом Монте-Карло с помощью программного комплекса SNEGMONT. В работе представлены основные результаты исследований.

В настоящее время установки УДГ-АТ110 и УДГ-АТ130 изготовлены и введены в эксплуатацию на Белоярской АЭС, Нововоронежской АЭС, Ленинградской АЭС, Смоленской АЭС, Калининской АЭС, Ростовской АЭС, ФГУП «НИТИ им. А.П. Александрова», г. Сосновый Бор, ФГУП ПО «Электрохимический завод», г. Зеленогорск.

Стенд АТ-03 входит в состав Государственного эталона Российской Федерации – дозиметрической установки низкоэнергетического рентгеновского излучения УЭД 5-50М.

СПЕКТРОМЕТР НЕЙТРОННОГО И ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВЫХ МЕТОДОВ РЕГИСТРАЦИИ И ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ

Прокуронов М. В., Руднев П. И.

Центр АЦП

Севастьянов В.Д.

ВНИИФТРИ

Использование цифровых методов регистрации и обработки сигналов в ядерно-физическом приборостроении позволило резко улучшить характеристики приборов и выйти на качественно новый уровень развития спектрометрической аппаратуры. В последние годы на основе достижений цифровых технологий регистрации и обработки сигналов был разработан спектрометр-дозиметр с цифровой идентификацией частиц по форме импульса, предназначенный для отдельного измерения энергетического спектра нейтронов и гамма-квантов в смешанных полях, а также для определения эквивалентной дозы и мощности эквивалентной дозы, смешанных полей нейтронного и гамма-излучения. Такая задача измерения является достаточно актуальной проблемой в экспериментальной физике, и эта актуальность подтверждается развитием ядерной энергетики.

Спектрометр-дозиметр выполнен на основе органического сцинтиллятора - паратерфинила, у которого форма сцинтилляционного импульса различна для протонов отдачи (нейтронов) и комптоновских электронов. В этом приборе, впервые в мировой практике, использован разработанный цифровой метод идентификации частиц по форме импульса, который обладает более высокими характеристиками, чем аналоговые методы. Основной операцией этого метода является преобразование при помощи АЦП аналогового сигнала детектора, непосредственно с анода фотоэлектронного умножителя, в цифровой массив данных без потери, содержащейся в нем информации. Из полученных цифровых значений импульса тока детектора, используя оптимальные алгоритмы идентификации частиц по форме импульса, режекции наложений определяются тип частицы, энергия, временные параметры импульса.

Использование цифровой идентификации вместо аналоговой позволяет увеличить коэффициент блокировки фона гамма-квантов и загрузку детектора не менее чем на порядок, а нижний энергетический порог идентификации нейтронов уменьшить примерно в три раза, доведя его до $\sim 100-150$ кэВ по поглощенной энергии нейтронов. По амплитудным спектрам, восстанавливаются энергетические спектры нейтронного и гамма-излучения, по этим спектрам рассчитываются эквивалентные дозы в различных тканях. Погрешность определения мощности эквивалентной дозы составляет: менее 10% в диапазоне энергий 0.1-10МэВ (п.э.е.); менее 20% в диапазоне энергий 0.015-0.1МэВ (п.э.е.). Приведенные параметры превосходят аналогичные параметры известных спектрометров-дозиметров смешанных полей нейтронов и гамма-квантов.

СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К КОМПЛЕКСНОМУ ОПРЕДЕЛЕНИЮ ВРЕМЯ-АМПЛИТУДНЫХ ПАРАМЕТРОВ ИМПУЛЬСНОГО НЕЙТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Кирсанов М. Е., Суслин О.И., Янюшкин В.А.

Государственная корпорация по атомной энергии «РОСАТОМ»

*Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Н.Л.
Духова*

Современное использование источников импульсного нейтронного излучения в различных областях науки и техники требует комплексного и максимально точного определения параметров импульсного нейтронного излучения. Теоретическое осмысление подобной проблемы было предпринято в СССР еще в 80-х годах прошлого века. Тем не менее, полученные результаты недостаточны для того, чтобы считать эту задачу на сегодняшний день полностью решенной.

На основе аппарата линейной алгебры во ВНИИА разработан современный математический алгоритм, позволяющий с максимальной возможной точностью решить задачу комплексного определения время-амплитудных параметров импульсного нейтронного излучения с полной длительностью от микро- до наносекундного диапазона. В основе этого алгоритма лежит процедура восстановления истинного зарегистрированного нейтронного импульса в своих абсолютных координатах по его выходному электрическому отклику. Отличительной особенностью и новизной этого алгоритма является то, что наряду с корректным учетом случайной погрешности восстановления, здесь полностью подавлено влияние динамической ошибки, обусловленной инерционностью электронного измерительного тракта. Этот алгоритм полностью адаптирован к заявленной задаче и потому позволяет по результатам восстановления сразу и с подтвержденной достоверностью определить весь набор истинных параметров регистрируемого однократного нейтронного импульса вне зависимости от его конкретной длительности. В настоящее время он реализован в виде бета-версии компьютерного программного продукта, который успешно прошел оценочную экспериментальную проверку.

ПОИСКОВО-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС «ПИОНЕР»

Важенин А.С., Васильев С.К., Силантьев К.А.
ФГУП АТЦ СПб

В докладе представлен поисково-спектрометрический комплекс, разработанный и находящийся на вооружении в ФГУП АТЦ СПб. Комплекс может быть размещён на автомобильном шасси, а также имеет портативное исполнение для использования как с участием оператора, так и в автономном режиме с удалённым управлением.

Назначение: картографирование полей радиоактивного загрязнения одновременно по двум радиационным параметрам, поиск и локализация радиоактивных аномалий или источников излучения, спектрометрический анализ с автоматическим протоколированием всех измеряемых величин, их привязкой к географическим координатам и дистанционным предоставлением данных в кризисные центры.

Состав: Автомобильный и портативный варианты комплекса имеют общую принципиальную схему, однако аппаратная часть несколько различна. Основные различия в типе используемых компьютеров, средств отображения и систем связи. В частности, качестве устройства отображения для автомобильной системы служит монитор, а для портативного исполнения — микропроектор изображения на сетчатку глаза. Привязка к географическим координатам осуществляется с помощью внешнего GPS-приемника. В комплексах могут использоваться любые датчики ионизирующего излучения: производимые фирмой Атомтех или другие измерительные устройства.

Программное обеспечение: Программа GMAP обрабатывает данные, поступающие от датчиков ИИ и GPS-приемника, отображает текущее местоположение комплекса на карте; фиксирует значения мощности дозы гамма-излучения и/или поток альфа- или бета- частиц совместно с текущими координатами, датой и временем усредненные за заданные оператором промежутки времени или пройденные отрезки пути. Уровни измеренных величин отображаются на карте с использованием цветовой шкалы. Для удобства поиска источников ИИ программа отображает непрерывное измерение скорости счёта детекторов в виде гистограммы. Также программа позволяет измерить и обработать спектр для определения радионуклидного состава источника. Все собранные данные могут быть переданы программой в центр сбор информации по команде оператора. GMAP имеет режим дистанционного подключения к комплексу, позволяющий использовать комплекс без оператора посредством соединения по каналам GSM-связи или по радиоканалу. При этом все данные на удаленном компьютере будут отображаться в режиме реального времени.

ПОСТ АСКРО НА БАЗЕ GSM/GPRS-МОДЕМА TC65

Силантьев К.А., Важенин А.С.
ФГУП АТЦ СПБ

Известно большое число автоматических постов контроля радиационной обстановки (пост АСКРО), непрерывно измеряющих уровень ионизирующего излучения. Обычно пост состоит из детектора ионизирующего излучения, блока обработки и устройства передачи информации. В качестве устройства передачи информации, как правило, используются GSM/GPRS-модемы. Однако, существуют недорогие модемы со встроенным микропроцессором, которые могут выполнять программы пользователя, что даёт возможность обрабатывать информацию внутренним микропроцессором модема, т.е. функции блока обработки может выполнять сам модем. К таким модемам относится, в частности, GSM/GPRS-модем TC65. Имеющаяся в нём Java-платформа даёт возможность пользователям запускать прикладное программное обеспечение непосредственно через встроенный микропроцессор.

Таким образом, можно создать пост АСКРО, который состоит только из детектора ионизирующего излучения, модема и блока питания. Все эти составные части серийно выпускаются промышленностью. Реализация функций поста АСКРО осуществляется программой пользователя, записанной в память модема. Разработка и изготовление специальных блоков не требуется, что значительно удешевляет изготовление таких постов.

В АТЦ был создан макет поста АСКРО. В нём используется модем TC65, датчик мощности дозы гамма-излучения БДКГ-04 производства фирмы «Атомтех», свинцово-кислотный аккумулятор напряжением 12 вольт и устройство подзарядки аккумулятора от промышленной сети.

Пост АСКРО функционирует следующим образом. С установленным периодом модем осуществляет запрос текущих значений мощности дозы у детектора БДКГ-04. Полученное значение, вместе с текущим временем и другой служебной информацией, сохраняется в памяти модема и передаётся с использованием GPRS соединения с Интернет на внешний сервер, где сохраняется в виде файла или сообщения электронной почты. Доступ к файлу обеспечивается

стандартными средствами и может быть произведён из любого места, где есть подключение к глобальной сети. Текущее время корректируется по серверу точного времени. Управление постом производится с помощью CSD-соединения или SMS-сообщений при этом система позволяет оперативно считывать данные из памяти модема и изменять режимы работы поста АСКРО. Начальные установки находятся в конфигурационном файле в памяти модема.

Для автоматического получения данных постов АСКРО разработана программа, которая через заданные промежутки времени переписывает файл данных с сервера на компьютер пользователя. Полученная таким образом информация, может быть использована для оперативной оценки радиационной обстановки.

СКАНИРУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ И ЛОКАЛИЗАЦИИ ИСТОЧНИКОВ С НИЗКОЙ ЭНЕРГИЕЙ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ

Филимонов Р.С., Васильев С.К.
ФГУП АТЦ СПБ

Наиболее распространенным методом обнаружения радиоактивных источников является измерение скорости счета (или мощности дозы) при перемещении детектирующей системы. Однако, таким способом можно обнаружить лишь источник, вклад которого в мощность дозы заметно больше, чем флуктуации естественного радиационного фона. Кроме того, этот метод не дает прямой информации о местоположении источника.

Наиболее удачный метод для обнаружения и локализации источников гамма-излучения - это использование сцинтилляционного детектора большого объема с горизонтально вращающимся вокруг него коллиматором. Однако, такой метод малоэффективен для поиска источников низкоэнергетического (<100 кэВ) излучения, в том числе трансурановых элементов. В этом диапазоне энергий предпочтительнее использовать тонкие детекторы большой площади. При этом, для коллимации низкоэнергетического излучения достаточно поглотителя малой толщины.

В докладе представлено устройство, состоящее из тонкого сцинтилляционного детектора большой площади, снабженное коллиматором в виде поглощающих излучение пластин с изменяемым углом наклона. Такое устройство проводит сканирование по одной из пространственных осей в выбранном направлении. Совместное использование двух таких устройств, имеющих перпендикулярные оси сканирования, позволяет восстанавливать картину распределения активности в выбранном направлении с достаточно большим углом обзора.

В сканирующей системе использованы датчики с кристаллом NaI диаметром 13 см при толщине 1.5 мм. Пластины коллиматора изготовлены из кадмия толщиной 1.5 мм, что обеспечивает более чем тысячекратное подавление излучения с энергией порядка 60 кэВ. Ширина диаграммы направленности, т.е. ширина пика в развертке сканирования, составляет 10° при соотношении высоты пластин к расстоянию между ними 6:1. Угол обзора устройства составляет 90° (по каждой из осей сканирования). Диапазон регистрируемых энергий от 7 до 100 кэВ.

Точное позиционирование коллиматора обеспечивает линейный мотор-редуктор с шагом линейного перемещения 0,00254 см. Результаты сканирования отображаются управляющей программой в виде распределения интенсивности излучения на фотографии обследуемого объекта.

Тестирование устройства на реальной местности с использованием источника ²⁴¹-америдия с активностью ~ 5 ГБк подтвердило его высокую чувствительность (источник легко обнаруживается на расстоянии до 100 м) и способность определять положение источника с погрешностью порядка 2х градусов по каждой из координат.

СПЕКТРОМЕТРЫ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ НА ОСНОВЕ ППД. НОВЫЕ РАЗРАБОТКИ ОАО «ИФТП»

И.М. Газизов, Ю.В. Ефремов, А.А. Смирнов, И.Б. Хлебников, В.С. Хрунов
ОАО «Институт физико-технических проблем», г. Дубна

В докладе сообщается о новых приборах, предназначенных для спектрометрии заряженных частиц и гамма-излучения, созданных в последнее время в ОАО «ИФТП», среди которых:

1. Спектрометр энергии альфа-излучения СЕА-4К с кремниевым планарным ППД, в котором, в отличие от ранее производимых спектрометров СЭАМ-1К и СЕА-3К, применен цифровой процессор импульсных сигналов ЦСУ-1К. Это позволило улучшить ряд основных показателей назначения. Спектрометр комплектуется высококачественными детекторами типа ПДПА-1К с площадями чувствительной поверхности от 20 до 2000 мм². Энергетическое разрешение спектрометра с детектором площадью 1200 мм² по энергии 5,15 МэВ не превышает 40 кэВ. Спектрометр имеет возможность работать с программным обеспечением SpectraLineADA.
2. Спектрометр гамма-излучения СЕГ-ГЗ-4К с микрокриогенной системой охлаждения ППД на основе особо чистого германия. Спектрометр выполнен в виде моноблока, включающего в себя блок детектирования на базе коаксиального детектора, охлаждаемого микрокриогенной системой МСМГ-5А-1,7/80 отечественного производства и цифровое спектрометрическое устройство ЦСУ-В-1К. В состав спектрометра входят персональный компьютер и необходимое программное обеспечение. Диапазон регистрируемых энергий гамма-излучения от 0,06 до 3,0 МэВ. Энергетическое разрешение по энергии 1,33 МэВ менее 2,2 кэВ; по энергии 56,6 кэВ менее 1,3 кэВ. Относительная эффективность регистрации по энергии 1,33 МэВ до 15%. Время выхода спектрометра на рабочий режим («с тепла») составляет 3,5 – 4,0 часа. Масса спектрометра – 10,0 кг.

3. Портативный спектрометр-дозиметр гамма-излучения СЕГ-ЗКП на основе кремниевых детекторов, состоящий из блока детектирования, цифрового спектрометрического устройства с пакетом прикладных программ и одноплатного компьютера. В спектрометре используется обработка спектров поглощения гамма-квантов за счет фотоэффекта и комптоновского рассеяния.

Диапазон энергий измеряемого гамма-излучения от 0,05 до 4,0 МэВ. Энергетическое разрешение в указанном диапазоне энергий не более 25 кэВ. Чувствительность регистрации по радионуклиду ^{137}Cs не менее 0,12 см²/фотон.

ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩАЯ СИСТЕМА РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ «РАДАСМ»

А.А.Казимов, О.Ю.Краев, М.А.Миловидов, Н.В.Рудин, С.В.Чуваев
ОАО «НТЦ «Ядерно-физические исследования» (НТЦ «ЯФИ»),
г. Санкт-Петербург, Россия

Современный подход к решению проблемы пресечения незаконного перемещения (оборота) ядерных материалов (ЯМ) и радиоактивных веществ (РВ) предполагает использование централизованной системы обработки информации, получаемой со стационарных портальных радиационных мониторов.

В докладе представлена разработанная в НТЦ «ЯФИ» «Информационно-управляющая система радиационной безопасности (ИУС «РадАСМ»).

ИУС «РадАСМ» имеет двухуровневую структуру, которая предусматривает разделение следующих функций:

- контроля и действий оперативного персонала по сигналам тревоги;
- наблюдения и анализа с целью выработки и принятия решений.

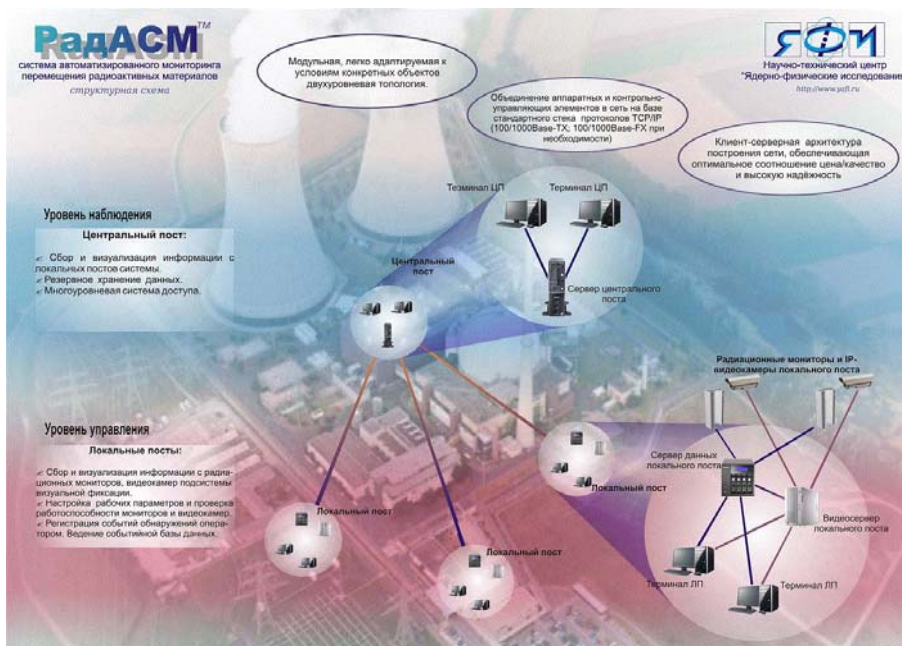
Первая функция реализуется на локальном посту контроля, где в режиме реального времени отслеживаются и регистрируются все события с портальных радиационных мониторов и систем видеонаблюдения.

Вторая функция реализуется на уровне центрального пункта управления (ЦПУ) системы безопасности объекта, где осуществляется общее наблюдение за функционированием всех локальных постов контроля, ведение базы данных системы ИУС, при необходимости передача данных в другие подсистемы безопасности объекта.

Объединение портальных радиационных мониторов и систем видеонаблюдения в пределах одного поста контроля обеспечивается созданием локальной сети посредством интерфейса Ethernet. Рабочее место оператора локального поста в режиме реального времени обеспечивает сбор и визуализацию информации с радиационных мониторов и камер видеонаблюдения; регистрацию событий обнаружений оператором и ведение базы данных;

создание электронных протоколов обнаружений и периодических отчетов; выдачу управляющих сигналов на устройства системы контроля доступа; передачу данных на ЦПУ. Также с рабочего места осуществляется контроль исправности радиационных мониторов, входящих в состав поста контроля.

Объединение локальных постов контроля также осуществляется посредством интерфейса Ethernet с выводом информации на рабочее место оператора ЦПУ. На этом уровне осуществляется сбор, визуализация и анализ информации с локальных постов; ведение базы данных ИУС, создание отчетов; резервное хранение данных. Предусмотрена возможность передача данных в другие подсистемы, в том числе на третий, более высокий (отраслевой или национальный уровень). База данных ИУС на ЦПУ также может использоваться экспертами для анализа событий и выработки решений по совершенствованию системы.



Предлагаемая структура построения сети и гибкий интерфейс сервисов позволяют легко адаптировать систему к условиям конкретного объекта - будь то предприятие Госкорпорации «Росатом», таможенный пункт пропуска, объект транспортной инфраструктуры или Министерства обороны.

ПОРТАТИВНЫЙ ЦИФРОВОЙ СПЕКТРОМЕТР НА БАЗЕ БЛОКА ДЕТЕКТИРОВАНИЯ С CdTe P-I-N ДЕТЕКТОРОМ

Ю. Петухов¹, Г. Путенис¹, С. Мулеванов², Д. Меркулов³, А. Перминов⁴,
В. С. Хрунов⁵, Ю.В. Ефремов⁵

¹ Center of Radiation and Nuclear Safety (RNIRP) Ltd, Riga, Latvia

²RSS Ltd, Riga, Latvia

³ELMI, Ltd, Riga, Latvia

⁴ Челябинское отделение филиала "Уральский территориальный округ"
ФГУП "РосРАО", г. Челябинск, Россия ⁵ ОАО «ИФТП», г. Дубна,
РОССИЯ

В настоящей работе приводятся результаты разработки портативного спектрометра на базе Блока детектирования БДТК-1М и цифрового спектрометрического устройства ЦСУ-1К.

БД на основе детекторов с высокой эффективностью регистрации из CdTe с P-I-N структурой в настоящее время широко применяются для спектрометрии рентгеновского и гамма излучения. Отличительной особенностью CdTe детекторов с PIN структурой является низкая величина темнового тока при высоком значении напряжения смещения детектора, что позволяет реализовать высококачественную спектрометрию рентгеновского и гамма излучений.

Цифровое спектрометрическое устройство ЦСУ-1К предназначено для создания спектрометрического тракта ионизирующих излучений и служит для линейного преобразования выходного сигнала от блока детектирования БДТК-1М в цифровой код накопления в виде амплитудного спектра, с последующим считыванием спектра в персональный компьютер по универсальной последовательной шине (USB).

БД содержит: CdTe PIN-детектор, термостабилизированный с помощью Пельтье термоэлектрического охладителя, зарядочувствительный предусилитель, корректор потерь заряда и систему для подавления эффекта поляризации детектора. Установка режимов

работы узлов БД производится с помощью встроенного в корпус БД блока управления.

ЦСУ имеет общее питание, осуществляемое с внешнего адаптора или аккумулятора напряжением +12 В, и содержит в себе следующие блоки, предназначенные для работы с конкретным БД : источник питания блока детектирования **низковольтный** нерегулируемый выход $\pm 12\text{В}$, программно регулируемый выход источника тока для питания ТЭМО БД ($0,2 \div 0,7 \text{ А}$) и **высоковольтный** программно регулируемый выход источника напряжения для питания детектора ($-50 \div -1000 \text{ В}$);

Разработанный спектрометр предназначен для регистрации энергий рентгеновского и гамма излучения в диапазоне от 3 до 662 кэВ имеет разрешение ПШПВ не более 0.8 кэВ, 1 кэВ, 1.5 кэВ, 2,5кэВ и 14 кэВ для энергий 5,9 кэВ, 13.86 кэВ, 59.6 кэВ, 122 кэВ и 662 кэВ соответственно.

Использование спектрометра на базе теллурид кадмиевого блока детектирования и цифрового спектрометрического устройства позволило расширить номенклатуру и качественно улучшить парк приборов рентгеновской и гамма-спектрометрии. Их использование особенно предпочтительно в портативных спектрометрах, предназначенных для оперативного обнаружения, определения местоположения и классификации радиоактивных материалов в полевых условиях.

Разработанный спектрометр прошёл успешную апробацию при его эксплуатации в реальных производственных условиях в лаборатории радиационного контроля Челябинского отделения филиала "Уральский территориальный округ" ФГУП "РосРАО". Эффективность регистрации на энергии 59,5 кэВ составила $2 \times 10^{-5} \text{ (с}^{-1}\text{Бк}^{-1}\text{)}$ от источника ОСГИ при геометрии 5 см.

ОПЫТ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ РАДИОНУКЛИДНОГО СОСТАВА ПРОБ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Кожин О.В., Могирев А.М., Писаненко С.С., Прокопчик В.И.

ОАО «Ведущий научно-исследовательский институт химической
технологии»

В процессе работ по созданию ядерного щита СССР на ряде предприятий Министерства среднего машиностроения (МСМ) проводилась радиохимическая переработка облучённого природного урана, регенерированного топлива и других технологических продуктов, содержащих как естественные радионуклиды, так и продукты деления урана (техногенные радионуклиды). К настоящему времени, когда произошла производственная переориентация таких предприятий, их территория, и прежде всего хвостохранилища, требуют реабилитации с целью сокращения загрязнённых территорий. В процессе инженерно-исследовательских работ, предшествующих разработке проектов реабилитации, большую роль играют исследования радионуклидного состава проб образцов окружающей среды реабилитируемых территорий.

Лаборатория радиационного контроля ВНИИХТ проводит анализ состава радионуклидов, содержащихся в образцах окружающей среды и технологических пробах.

При исследовании радионуклидного состава используется как инструментальный гамма-спектрометрический метод анализа, так и альфа-спектрометрический или радиометрический методы с предварительной радиохимической пробоподготовкой. Для гамма-спектрометрического анализа использовался спектрометр типа СЭГ-1П (Аспект) с широкополосным германиевым детектором BE2820(Canberra), для альфа-спектрометрического анализа – спектрометр СЭА-13П (Аспект) с кремниевым детектором площадью 1000мм², а радиометрические измерения проводились с использованием радиометра альфа-бета-излучения LB-770. Получение информации и обработка спектров проводилась с помощью программных комплексов LSRM 2000, SpectraLineGP. Все методики измерений прошли аттестацию во ФГУП “ВНИИМ им. Д.И. Менделеева”.

**КОМПАКТНЫЙ ЭНЕРГОДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗАТОР
ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ВЕЩЕСТВА С ПОЛНЫМ ВНЕШНИМ
ОТРАЖЕНИЕМ ВОЗБУЖДАЮЩЕГО РЕНТГЕНОВСКОГО
ИЗЛУЧЕНИЯ**

А.С.Серебряков, В.И.Кудряшов, А.П.Мороз, И.И.Малых

ЗАО «Комита», Санкт-Петербург

А.Д.Соколов

Baltic Scientific Instruments, Puza

Действующий макет анализатора состоит из блока возбуждения на основе рентгеновской трубки (РТ) с точечным фокусом и блока регистрации возбужденного и рассеянного излучения на основе охлаждаемого Si(Li) детектора. Устройство формирования первичного пучка основано на применении метода полного внешнего отражения излучения между двумя кварцевыми пластинами, одна из которых несет на себе высушенную в капле пробу.

Макет предназначен для анализа любых растворенных образцов. В настоящее время анализ проведен для водных растворов солей некоторых металлов от марганца до свинца, в качестве внутреннего стандарта использован рубидий.

Регистрируемые спектры демонстрируют низкий фон рассеянного излучения, а пределы обнаружения элементов в образцах составляют малые доли **ppm**.

В дальнейшем согласно [1] предлагается применить для формирования первичного пучка излучения стеклянные капиллярные сборки, что позволит использовать макрофокусные РТ и снизить пороги обнаружения до единиц или долей **ppb**.

1. Serebryakov A.S., Shirokobrod O.E., Blyakher E.V., Method and Apparatus for Detecting Trace Elements in Substance through X-Ray Fluorescence, –

US Patent No 5, 537, 451, Date: July, 16, 1996.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ SPECTRALINE2010 ДЛЯ АНАЛИЗА ЯДЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПОМОЩЬЮ ПОРТАТИВНЫХ СПЕКТРОМЕТРОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

В.Н.Даниленко, Е.А.Ковальский, Ю.В.Скубо, Д.А.Суворов, Д.А.Шариков

ООО «ЛСРМ», г. Зеленоград, Россия

Задачи определения изотопного состава плутония и степени обогащения урана методами гамма-спектрометрии требуют высокого разрешения в области низких энергий. До недавнего времени такие задачи решались с помощью планарных ОЧГ-детекторов с азотным охлаждением, имеющих разрешение ~600 эВ для энергии 122 кэВ. В последнее время, с развитием деятельности по контролю за перемещением радиоактивных и ядерных материалов, проявляется большой интерес к использованию в этих целях портативных гамма-спектрометров без азотного охлаждения. Появление электроохлаждаемых портативных ОЧГ-спектрометров делает эту задачу реальной. В то же время значительно худшее разрешение таких спектрометров по сравнению с планарными азотноохлаждаемыми требует развития новых подходов для решения этой задачи.

Наряду с портативными ОЧГ-спектрометрами представляется заманчивым использовать детекторы на основе LaBr_3 , которые обладают лучшим значением энергетического разрешения по сравнению с $\text{NaI}(\text{Tl})$ -детекторами, а также детекторы на основе теллурида кадмия.

В докладе анализируется возможность использования программного обеспечения SpectraLine2010 для анализа ядерных материалов. Приведены результаты обработки спектров сертифицированных источников урана и плутония, измеренных с помощью:

- портативных ОЧГ-спектрометров (Trans-SPEC-DX-100, Micro-trans-SPEC, Falcon5000),
- $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$ -спектрометра,
- CdZnTe - спектрометра.

Представленные результаты показывают, что отклонения экспериментальных значений от паспортных не превышает 2-10% в случае портативных ОЧГ-детекторов. В случае $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$ и CdZnTe -детектором точность, очевидно, была ниже, но достаточная для целей первичного

контроля, например, отличить «оружейный» от реакторного плутония, высокообогащенный от низкообогащенного урана. Точность может быть достаточно высокой при анализе урана из переработанного топлива, содержащего ^{228}Th .

ГАММА-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ АКТИВНОСТИ БОЛЬШИХ ОБЪЕКТОВ В СЛУЧАЕ ЕЕ НЕОДНОРОДНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ.

В.Н.Даниленко, Е.А.Ковальский., ¹⁾ И.В.Кувыкин, Ю.В.Скубо,
С.Ю.Федоровский, А.Ю. Юферов (ООО «ЛСРМ», Зеленоград, ¹⁾ВНИИФТРИ
п.Менделеево)

Неравномерное распределение активности всегда имеет место в реальных объектах измерения. При лабораторных измерениях неравномерность стараются уменьшить путем измельчения и перемешивания проб. В случае прямых измерений неподготовленного образца приходится делать априорные предположения (зачастую необоснованные) о характере распределения активности. Чаще всего предполагается равномерное распределение активности, которое обычно определяется калибровкой по эффективности регистрации. Отличие реального распределения от предполагаемого приводит к неправильному учету самопоглощения, что в свою очередь приводит к искажению результатов измерения активности. Наиболее сильно это проявляется в объектах с большими значениями $\mu \cdot \rho \cdot z$, здесь по порядку: массовые коэффициенты поглощения, плотность, линейные размеры.

При измерении радионуклидов, имеющих гамма-излучение в широком энергетическом диапазоне, неоднородность может быть обнаружена по расхождению значений активности различных линий радионуклидов. Часто используют эвристический прием замены реальных параметров

объекта некоторыми эффективными, которые выбираются из условия наилучшей сходимости значений активности. На наш взгляд, такой подход является необоснованным и, кроме того, не дает возможности анализа радионуклидов с монохроматическим излучением.

Более последовательным нам представляется подход, заключающийся в представлении объекта измерения в виде суммы нескольких объектов со своими значениями активности. Значения активности объектов могут быть получены из анализа результатов измерения в нескольких точках измерения, если известны эффективности регистрации от составных частей объекта. Этот подход был реализован в программном комплексе SpectraLine+EffMaker.

В докладе представлены результаты модельного тестирования комплекса, применительно к задачам, встречающимся на практике:

Неравномерность распределения активности в 200-литровых бочках с РАО;

Внутреннее и внешнее поверхностное загрязнение труб;

Поверхностное и однородное загрязнение металла.

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ МЕТОДИК ИЗМЕРЕНИЯ МАССЫ ПЛУТОНИЯ В ОТЛОЖЕНИЯХ И НАКОПЛЕНИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПЕКТРОМЕТРОВ НИЗКОГО РАЗРЕШЕНИЯ

А.А. Ефремова¹, С.Л. Левунин¹, А.С. Антушевский¹, М.А. Семёнов¹,
А.В. Бушуев²

1. ФГУП «ПО«Маяк», г. Озёрск, Россия

На объектах ЯТЦ и ЯОК при получении, использовании и переработке ядерных материалов необходимо соблюдение требований ядерной безопасности, учета и контроля ядерных материалов. В соответствии с федеральными и отраслевыми правилами ядерной безопасности существуют нормы накопления ядерных материалов, превышение которых не допустимо. С точки зрения учета и контроля величина отложений и накоплений может внести весомый вклад в величину ИР, поэтому необходимо осуществлять количественный контроль отложений и накоплений ядерных материалов в технологическом оборудовании.

В работе представлены особенности построения методик измерения массы плутония в отложениях и накоплениях с использованием спектрометров низкого разрешения. В основе методик лежит использование расчетно-экспериментального метода для определения эффективности регистрации гамма-излучения с использованием специализированных программ. В работе рассмотрены вопросы, связанные с влиянием распределения ядерного материала внутри технологического оборудования, а также содержания америция-241 в плутонии на результаты расчета массы плутония по двухоконной методике, и применением «единых» градуировочных коэффициентов для различных блоков детектирования. Рассмотрены вопросы метрологического обеспечения методик измерения при аттестации и проведении контроля качества без использования стандартных образцов.

Разработка аппаратуры для контроля радионуклидов атмосферного криптона и ксенона С.А.Пахомов, Ю.В. Дубасов

Научное издание

**ХII Международное совещание
ПРОБЛЕМЫ ПРИКЛАДНОЙ
СПЕКТРОМЕТРИИ И РАДИОМЕТРИИ
ППСР-2011**

Тезисы докладов