

V Международное совещание

**ПРОБЛЕМЫ ПРИКЛАДНОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ И РАДИОМЕТРИИ
ППСР-2001**

Тезисы докладов

Россия
2001 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РАЗРАБОТКИ АЭХК ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ДОЗИМЕТРИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ	6
<i>А.А.Козлов, В.Д.Богдан-Курило, М.П.Мурашова</i>	<i>6</i>
<i>Ангарский электролизный химический комбинат, Россия</i>	<i>6</i>
<i>665804, г. Ангарск, тел. (3951) 54-06-51, тел/факс: (3951) 543040, e-mail: sktb@irmail.ru.....</i>	<i>6</i>
СПЕКТРОМЕТР АЛЬФА-ИЗЛУЧЕНИЯ В РАСТВОРАХ.....	8
<i>Барков И.П., Газизов И.М., Наумов В.Н. *), Пасевский Н.А. *), Попов С.А., Хрунов В.С.</i>	<i>8</i>
<i>ИФТП, Институт физико-технических проблем, Дубна.....</i>	<i>8</i>
<i>*)ФГУП «Маяк», г.Озерск, Челябинской обл.</i>	<i>8</i>
<i>141980, г.Дубна, Московская обл., ГУС а/я 39, ИФТП Минатома РФ.....</i>	<i>8</i>
<i>(096-21) 22879, E-mail: hrunov @ isoto p. cntc. dubna. Ru</i>	<i>8</i>
НОСИМЫЙ РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНЫЙ ПРИБОР «АЛДАН» ДЛЯ ГОРНЯКОВ, ГЕОЛОГОВ И МЕТАЛЛУРГОВ.....	9
<i>А.Н. Баранов, А.П. Марков, С.В. Алексеев (НПЦ "Аспект"),</i>	<i>9</i>
<i>В.П. Петухов (Карамкенская ГРП).....</i>	<i>9</i>
РАДИОМЕТР-СПЕКТРОМЕТР ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ЖИДКИХ СРЕД РСКВ-0110	10
<i>С.В. Алексеев, А.Н. Пугачев, А.Г. Савушкин, В.Т. Сидоров, А.Н. Ширикова (НПЦ «Аспект») В.Н. Даниленко, С.Ю. Федоровский (ЗАО «ЛСРМ»).....</i>	<i>10</i>
СИСТЕМЫ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОГО (ЭКОЛОГИЧЕСКОГО) МОНИТОРИНГА.....	11
<i>Бабенко В.В. Казмиров А.С.</i>	<i>11</i>
<i>НПП "Атом Комплекс Прилад"</i>	<i>11</i>
<i>Украина, г. Киев, т./ф. 380-44-573-26-55, E-mail: akpn@akpn.kiev.ua</i>	<i>11</i>
ПРИБОРЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА АЭС И РАДИОАКТИВНОСТИ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ.	12
<i>Казмиров А.С., Бабенко В.В., Рудык А.Ф.</i>	<i>12</i>
<i>Научно-производственное предприятие "Атом Комплекс Прилад"</i>	<i>12</i>
<i>Украина, г. Киев (044) 546-76-31.....</i>	<i>12</i>
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ БЛОКИ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ МНОГОЦЕЛЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВНАЯ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКАЯ, РАДИОМЕТРИЧЕСКАЯ И ДОЗИМЕТРИЧЕСКАЯ АППАРАТУРА НА ИХ ОСНОВЕ	13
<i>В.А.Кожмякин, Научно-производственное унитарное предприятие "АТОМТЕХ", Республика Беларусь</i>	<i>13</i>
"ПРОГРАММНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ПРОДУКЦИЯ НПП "РАДИАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ. ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ В ОБЛАСТИ ГАММА-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ НА АТОМНЫХ СТАНЦИЯХ"	14
<i>Исаков А. П.</i>	<i>14</i>
ГАММА-СПЕКТРОМЕТР НА ОСНОВЕ СЕГМЕНТИРОВАННОГО ДЕТЕКТОРА ИЗ ОЧГ С ПОДАВЛЕНИЕМ ФОНА.....	16
<i>В.В.Кондрашов, А.Д. Соколов.....</i>	<i>16</i>
<i>Baltic Scientific Instruments, Ganibu dambis 26, P.O.Box 33, LV-1005, Riga, Латвия</i>	<i>16</i>
<i>A. Benoist, A.Gatot-Garbe, P. Lubczynski.....</i>	<i>16</i>
<i>Eurisys Mesures, ZA de l'Observatoire, 4 avenue des Frênes, 78067 St Quentin Yvelines Cedex, France.....</i>	<i>16</i>
ТОМОГРАФИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ СБОРОК ОТРАБОТАННОГО ТОПЛИВА НА АЭС	17
<i>А.Д.Соколов, В.В.Кондрашов, В.И.Иванов</i>	<i>17</i>
<i>Baltic Scientific Instruments, Ganibu dambis 26, P.O.Box 33, LV-1005, Riga, Латвия</i>	<i>17</i>
СИСТЕМА НЕПРЕРЫВНОГО МНОГОТОЧЕЧНОГО КОНТРОЛЯ КОНЦЕНТРАЦИИ УРАНА-235 В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЕМКОСТЯХ.	18
<i>Барышев Л.В.</i>	<i>18</i>
КЛИНИЧЕСКИЙ ДОЗИМЕТР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ ПУЧКОВ ФОТОННОГО, ЭЛЕКТРОННОГО И ПРОТОННОГО ИЗЛУЧЕНИЙ МЕДИЦИНСКИХ ОБЛУЧАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК.....	20
<i>Мартынов С.С., Молоканов А.Г. *), Попов С.А., Хрунов В.С.....</i>	<i>20</i>

<i>ИФТП, Институт физико-технических проблем, Дубна</i>	20
<i>*¹ОИЯИ, Объединенный институт ядерных исследований, Дубна</i>	20
<i>141980, г.Дубна, Московская обл., ГУС а/я 39, ИФТП Минатома РФ</i>	20
<i>(096-21) 22879, E-mail: hrunov @ isotop. cntc. dubna. ru</i>	20
КРЕМНИЕВЫЕ ДЕТЕКТОРЫ ГАММА- И БЕТА-ИЗЛУЧЕНИЯ	22
<i>Н.Н. Ефремова, Ю.А. Новиков, В.А. Скакодуб, Ю.Е. Столыпин</i>	22
<i>Институт физико-технических проблем, Дубна</i>	22
БЛОК ДЕТЕКТИРОВАНИЯ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ БДЕР-КИ-11К	23
<i>Б.К. Акиншин, Ю.В. Ефремов, А.Г. Салион, Е.А. Силаев</i>	23
<i>Институт физико-технических проблем</i>	23
СЕМЕЙСТВО СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИХ АЦП В КОНСТРУКТИВЕ IBM PC ДЛЯ ШИНЫ PCI	24
<i>Е.М. Лизунов, Н.Г.Мазный, А.Н. Пугачев, А.Г.Савушкин, В.Т.Сидоров</i>	24
СИСТЕМА СТАБИЛИЗАЦИИ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ ДЕТЕКТОРОВ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ	25
<i>Е.М. Лизунов, А.Н. Пугачев (НПЦ «Аспект»)</i>	25
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ	26
<i>Хвастунов М.М.</i>	26
ПОРТАТИВНЫЙ ПОЛЕВОЙ ГАММА-СПЕКТРОМЕТР НА ОСНОВЕ МИКРОКОМПЬЮТЕРА	29
<i>С.В. Алексеев, Н.Г.Мазный, А.Н. Пугачев, В.Т.Сидоров (НПЦ «Аспект»)</i>	29
<i>В.Н.Даниленко, Е.А. Ковальский (ЗАО ЛСРМ)</i>	29
УСТРОЙСТВО ДЕТЕКТИРОВАНИЯ (ГАММА-СПЕКТРОМЕТР) УДС-Г1 КАК ОСНОВА ДЛЯ СОЗДАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ	30
<i>С.В. Алексеев, Е.М. Лизунов, А.Н. Пугачев, А.Г.Савушкин, В.Т.Сидоров</i>	30
ТОНКИЕ ПЛЕНКИ ОРГАНИЧЕСКИХ СЦИНТИЛЛЯТОРОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ	31
<i>В.М.Зубер, В.А.Тарасов, Ю.Т. Выдай, А.А.Ананенко, В.П. Гаврилюк</i>	31
ПРОИЗВОДСТВО И РАЗРАБОТКА НОВЫХ ТИПОВ ПЛАСТМАССОВЫХ СЦИНТИЛЛЯТОРОВ В ЛАБОРАТОРИИ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ ОИЯИ	32
<i>В.Б. Бруданин, Р.С. Гальперина, О.И. Кочетов, И.Б. Немченко,</i>	32
<i>А.А. Смольников</i>	32
<i>Объединенный институт ядерных исследований, Лаборатория ядерных проблем</i>	32
К ВОПРОСУ О НЕЛИНЕЙНОСТИ СПЕКТРОМЕТРОВ НА БАЗЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ДЕТЕКТОРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЫСТРОЙ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ	33
<i>И.Адам¹, В.А.Антюхов¹, Д.Венос², В.П.Вольных¹, М.Гонусек², В.Г.Калинников¹, А.Ф.Новгородов¹, В.В.Стегайлов³, В.И.Стегайлов¹, Я.Франа², П.Чалоун¹</i>	33
<i>¹Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Россия; ²Институт ядерной физики, Ржеж, Чехия; ³МФТИ, Москва, Россия</i>	33
СИСТЕМА БЫСТРОЙ ПОДТВЕРЖДАЮЩЕЙ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ДЛЯ УЧЕТА И КОНТРОЛЯ ЯДЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ (СБПИ)	35
<i>Авторы: А.С.Свиридов, И.И.Миронов, Л.А.Корытко. ВНИИА,г.Москва</i>	35
ФОРМИРУЮЩИЙ ПРЕДУСИЛИТЕЛЬ (ФПУ) ДЛЯ СЦИНТИБЛОКА	36
<i>Столяренкою. Р. Д. Троцай В.Ф.</i>	36
<i>НПП "Атом Комплекс Прилад" г.Киев</i>	36
МНОГОДЕТЕКТОРНЫЕ СТРУКТУРЫ НА ОСНОВЕ CDZnTE ДЛЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ	37
<i>В.В.Гостило, И.В.Лисютин, А.В.Лупилов</i>	37
<i>Baltic Scientific Instruments, Ganibu dambis 26, P.O.Box 33, LV-1005, Riga, Латвия</i>	37
ДЕТЕКТОРНЫЕ СТРУКТУРЫ НА ОСНОВЕ GAAS,	38
КОМПЕНСИРОВАННОГО ХРОМОМ	38
<i>Корецкая О.Б., Окаевич Л.С., Потапов А.И., Толбанов О.П., Тяжев А.В.</i>	38
<i>Сибирский физико-технический институт,</i>	38
<i>634050, Томск, пл. Ново-Соборная, 1</i>	38

<i>e-mail: tyazhev@elefot.tsu.ru</i> , <i>p.m. (3822) 413-828</i>	38
«LSRM» - ПАКЕТ ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ ДЛЯ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА. СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ.	39
<i>Даниленко В., Ковальский Е., Федоровский С., Юферов А. ООО «ЛСРМ»</i>	39
ИЗМЕРЕНИЕ МОЩНОСТИ ДОЗЫ ГАММА-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ.	40
<i>Даниленко В.Н., Пугачев А.Н., Савин В.М., Савушкин А.Г., Федоровский С.Ю.</i>	40
<i>ООО «ЛСРМ», НПЦ «Аспект»</i>	40
СОВМЕСТНАЯ ОБРАБОТКА ВСЕХ ИНФОРМАТИВНЫХ УЧАСТКОВ СПЕКТРА.	42
<i>Даниленко В., Ковальский Е., Федоровский С., Юферов А.</i>	42
<i>ООО «ЛСРМ»</i>	42
КОНТРОЛЬ ²⁴¹АМ ПРИ ВЫСОКОМ УРОВНЕ ПОМЕХ ОТ СОПУТСТВУЮЩИХ РАДИОНУКЛИДОВ С ПОМОЩЬЮ АЛЬФА-ГАММА РАДИОМЕТРА РК-АГ-02М.	43
<i>В.Д. Рыжиков, Г.М. Онищенко, Е.Н. Пирогов, В.Г. Спасов</i>	43
<i>НТЦ радиационного приборостроения концерна "Институт монокристаллов"</i>	43
<i>НАН Украины, Украина, 61001, Харьков, просп. Ленина, 60</i>	43
ИЗМЕРЕНИЕ СУММАРНОЙ АКТИВНОСТИ СМЕСИ β-ИЗЛУЧАЮЩИХ РАДИОНУКЛИДОВ НЕИЗВЕСТНОГО СОСТАВА. МЕТОД «ДВУХ ФИЛЬТРОВ»	44
<i>Шуинов А.И.*, Тележко В.М., Бабаев А.С.,</i>	44
<i>“Центр исследования и контроля воды”, Россия, Санкт-Петербург,</i>	44
<i>Сэлман С.В., ФГУП «ВНИИМ им. Д.И.Менделеева, Россия, Санкт-Петербург</i>	44
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ХРАНИЛИЩ ДАННЫХ В СИСТЕМА ДОЗИМЕТРИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ.	45
<i>В.В.Бабенко, М.И.Бабенко, А.С.Казимиров</i>	45
<i>НПП "АтомКомплексПрибор"Украина.Киев</i>	45
МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЭКСПРЕССНОЙ ПРОБОПОДГОТОВКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТРОНЦИЯ-90 МЕТОДОМ БЕТА-СПЕКТРОМЕТРИИ.	46
<i>А.М.Семенютин</i>	46
МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ¹³⁷CS И ⁹⁰SR В ПОВЕРХНОСТНЫХ, ГРУНТОВЫХ И СТОЧНЫХ ВОДАХ.	47
<i>Цыганков¹. Н.Я. Бабенко² В.В.</i>	47
<i>Украинский центр радиационной медицины¹. НПП «АтомКомплексПрилад»²</i>	47
О МЕТРОЛОГИИ В НЕТРАДИЦИОННОЙ БЕТА-СПЕКТРОМЕТРИИ	49
<i>Бабенко В.В., Казимиров А.С., Рудык А.Ф.</i>	49
<i>НПП - “Атом Комплекс Прибор”</i>	49
ОЦЕНКИ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ПРИ ИЗМЕРЕНИЯХ РАДИОАКТИВНОСТИ.	51
<i>В.В.Бабенко, А.С.Казимиров, А.Ф.Рудык</i>	51
<i>НПП «Атом Комплекс Прилад»</i>	51
ОБ ОДНОЙ ОШИБКЕ В ИНТЕРПРЕТАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ СЕРИИ ИЗМЕРЕНИЙ.	53
<i>А.О. Грубич</i>	53
<i>Институт ядерных проблем Белгосуниверситета</i>	53
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ЖИДКОСЦИНТИЛЛЯЦИОННОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ РАЗВИТИЯ	54
<i>Ермаков А.И., Малиновский С.В., Каширин И.А., Тихомиров В.А., Соболев А.И.</i>	54
ЖИДКОСТНАЯ СЦИНТИЛЛЯЦИОННАЯ СПЕКТРОМЕТРИЯ. АППАРАТУРА И СОВРЕМЕННОЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ.	55
<i>Малиновский С.В., Ермаков А.И., Каширин И.А., Тихомиров В.А., Соболев А.И.,</i>	55
<i>(МосНПО «Радон»)</i>	55
<i>Дорин А.Б. (Green Star)</i>	55
ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ОБЪЕМНОЙ АКТИВНОСТИ ПОЧВЕННОГО РАДОНА.	56
<i>Кривашеев С.В. (ООО «НТМ-Защита»)</i>	56

«ВРЕМЕННОЙ ОТБОР С ПРИМЕНЕНИЕМ БЫСТРЫХ СОВПАДЕНИЙ ПРИ КОМПЕНСАЦИИ ФОНА ПРИРОДНЫХ АЛЬФА ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ В УСТРОЙСТВАХ КОНТРОЛЯ ТЕХНОГЕННОГО АЛЬФА - ЗАГРЯЗНЕНИЯ АЭРОЗОЛЕЙ»	57
<i>В.Н. Домников¹, Л.С. Салтыков¹, Л.И. Слюсаренко¹, С.В. Шевченко²</i>	<i>57</i>
<i>¹ Институт ядерных исследований НАНУ</i>	<i>57</i>
<i>² ГСП «Техноцентр» МЧС Украины</i>	<i>57</i>
ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СПЕКТРОМЕТРА ORTEC С ДЕТЕКТОРОМ ОЧГ В ЦГСЭН В АЛТАЙСКОМ КРАЕ.	58
<i>Борисов В.П., Канаков Б.Н., Салдан И.П.</i>	<i>58</i>
<i>Центр госсанэпиднадзора в Алтайском крае.</i>	<i>58</i>
КОНТРОЛЬ ГАЗОАЭРОЗОЛЬНЫХ РАДИОАКТИВНЫХ ВЫБРОСОВ В ГНЦ НИИАР.	59
<i>Ельцин В.Ф., Крайнов Е.В., Усольцев В.Ю.</i>	<i>59</i>
<i>ГНЦ РФ НИИАР,</i>	<i>59</i>
<i>433510, г. Димитровград-10, Ульяновская область, Россия</i>	<i>59</i>
<i>тел/факс: (84235) 6-55-42, E-mail: uvu@niiar.ru</i>	<i>59</i>
ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ. ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СКАНИРУЮЩЕГО ГАММА-СПЕКТРОМЕТРА.	61
<i>Авторы: Андреев В.В., Заграй А.И.,</i>	<i>61</i>
<i>ГСП "Чернобыльская АЭС"</i>	<i>61</i>
АНАЛИЗ ПРОВЕДЕНИЯ ГАММА - СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЛАБОРАТОРИЯМИ ОТДЕЛОВ РАДИАЦИОННОЙ ГИГИЕНЫ ЦГСЭН Г. МОСКВЫ.	65
<i>ЦГСЭН в г. Москве. Охрименко С.Е., Петрова Т.Б., Казаров В.Н.</i>	<i>65</i>

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РАЗРАБОТКИ АЭХК ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ДОЗИМЕТРИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

А.А.Козлов, В.Д.Богдан-Курило, М.П.Мурашова
Ангарский электролизный химический комбинат, Россия
665804, г. Ангарск, тел. (3951) 54-06-51, тел/факс: (3951) 543040, e-mail:
sktb@irmail.ru

Довольно широко известен выпускаемый Ангарским электролизным химическим комбинатом (АЭХК) с 1995 года автоматизированный комплекс индивидуального дозиметрического контроля АКЖДК-201, предназначенный для измерения индивидуальной эквивалентной дозы фотонного излучения персонала атомных станций, разделительных и радиохимических производств, медицинских учреждений и населения, проживающего на территориях с повышенным радиационным фоном. По своим характеристикам комплекс полностью соответствует классу Ре (1000 мг/см²) по ГОСТ Р МЭК 1066 «Системы дозиметрические термолюминесцентные для индивидуального контроля и мониторинга окружающей среды» и сертифицирован Госстандартом России.

Ангарским электролизным химическим комбинатом в 1998 году были начаты работы по созданию автоматизированного комплекса индивидуального дозиметрического контроля АКЖДК-301 для измерения доз в смешанных гамма-нейтронных полях. Комплекс предполагалось использовать на АЭС, предприятиях ядерно-топливного цикла и ядерных установках.

Разработки велись в соответствии с требованиями НРБ-99 и ОСПОРБ-99, а также международных рекомендаций. Работы велись совместно с Государственным научным центром РФ «Институтом физики высоких энергий» в г. Протвино.

В состав АКЖДК-301 входят считыватель СТЛ-300 и дозиметры двух типов: дозиметр ДВГ-01 – для измерений в полях фотонного излучения и дозиметр ДВГН-01 – для измерений в смешанных гамма-нейтронных полях. В дозиметре ДВГН-01 применяются детекторы типа ДТГ-4-6 и ДТГ-4-7 на основе монокристаллов изотопных фторидов лития ⁶LiF и ⁷LiF. Термолюминесцентные монокристаллические детекторы ДТГ-4-6 и ДТГ-4-7 выпускаются АЭХК, они зарегистрированы в Реестре системы сертификации средств измерений и имеют сертификат соответствия. Комплекс АКЖДК-301 прошел предварительные испытания и, в настоящий момент, он готов к испытаниям на утверждение типа средств измерений в Госстандарте РФ, с целью внесения его в Государственный Реестр. Комплекс может быть использован для аварийного дозиметрического контроля внешнего облучения персонала. Постановка комплекса АКЖДК-301 на производство планируется во 2-м квартале 2002 года.

Еще один комплекс индивидуального дозиметрического контроля АКЖДК-401 разрабатывается на АЭХК. Работы ведутся совместно с ГНЦ РФ «Институтом биофизики» г. Москва. Комплекс предназначен для измерения эквивалентных и поглощенных доз слабопроникающего излучения при проведении индивидуального дозиметрического контроля внешнего облучения персонала объектов атомной энергетики, радиохимических производств, рентгенологов, радиологов медицинских учреждений, персонала предприятий, организаций, институтов и других учреждений, работающих с источниками ионизирующих излучений, а также населения.

АКЖДК-401 разрабатывается в соответствии с требованиями, предъявленными к дозиметрическому контролю слабопроникающего излучения НРБ-99, ОСПОРБ-99, а также проектом методических указаний «Дозиметрия. Контроль эквивалентных доз

слабопроникающего излучения в коже и хрусталике глаза», разработанных в ГНЦ РФ ИБ Минздрава России.

В АКЖДК-401 используются индивидуальные дозиметры двух типов: ДВДС-1 – дозиметр для измерения эквивалентной и поглощенной доз в коже и хрусталике глаза и ДВДС-2 – дозиметр для измерения эквивалентной и поглощенной доз кожи пальцев рук.

В начале 2002 года будет изготовлен опытный образец комплекса, а в 2003 году планируется постановка АКЖДК-401 на производство.

СПЕКТРОМЕТР АЛЬФА-ИЗЛУЧЕНИЯ В РАСТВОРАХ

*Барков И.П., Газизов И.М., Наумов В.Н. *)*, *Пасевский Н.А. *)*, *Попов С.А., Хрунов В.С.*

ИФТП, Институт физико-технических проблем, Дубна

**)ФГУП «Маяк», г.Озерск, Челябинской обл.*

141980, г.Дубна, Московская обл., ГУС а/я 39, ИФТП Минатома РФ

(096-21) 22879, E-mail: hrunov @ isotop. cntc. dubna. Ru

Для контроля технологических процессов, связанных с производством и переработкой ядерного топлива, и для обеспечения возможности проведения экспрессных анализов и автоматизации технологических процессов на различных стадиях радиохимических производств разработан спектрометр СЭА-2К, обеспечивающий получение информации о содержании альфа-излучающих радионуклидов в азотнокислых растворах.

В состав спектрометра входят: блок детектирования, включающий в себя герметичный корпус, узел подачи раствора, кремниевый ионноимплантированный детектор и предварительный усилитель; процессор импульсных сигналов типа SBS-57 и тестовый генератор, установленные в персональный компьютер.

Основные технические характеристики СЭА-2К:

Энергетическое разрешение по альфа-частицам

с энергией 5156 кэВ азотнокислого раствора радионуклида ^{239}Pu - 40 кэВ

Чувствительность регистрации альфа-излучения, определенная

на образцовом растворе радионуклида (ОРР) плутония-239 при

уровне дискриминации 1 МэВ

-5 x 10^{-4} Бк $^{-1}$ · см 3 · с $^{-1}$

Остаточный фон в диапазоне энергий регистрируемого

излучения от 4,0 до 6,0 МэВ после отмывки детектора

двухнормальным водным раствором азотной кислоты

- 0,1 имп/с

Молярная концентрация азотной кислоты в анализируемом

растворе

- от 1,5 до 3,0 моль/л.

Объем анализируемой пробы

- 1,5 см 3

В докладе приведены результаты измерений содержания альфа-излучающих радионуклидов в растворах в реальных условиях эксплуатации на ФГУП «Маяк».

Носимый рентгенофлуоресцентный прибор «Алдан» для горняков, геологов и металлургов.

*А.Н. Баранов, А.П. Марков, С.В. Алексеев (НПЦ "Аспект"),
В.П. Петухов (Карамкенская ГРП).*

Прибор «Алдан» предназначен для рентгенофлуоресцентного опробования, прежде всего, в полевых условиях: на рудниках, в подземных выработках, карьерах, в полевых экспедициях, а также в производственных цехах, где необходим многоэлементный экспресс-анализ без отбора проб.

Прибор включает устройство детектирования с электроохлаждаемым полупроводниковым детектором и блоком возбуждения с радионуклидными источниками, спектрометрическое устройство с блоком аккумуляторов и карманным компьютером и соединительный кабель. Масса устройства детектирования – 2.5 кг, полная масса прибора, упакованного в сумку-рюкзак – 9.5 кг. Рабочий диапазон температур: от -20°C до 30°C, время автономной работы без подзарядки аккумулятора – 16 часов.

Программное обеспечение включает программы исследования спектров, анализа руд и почв, анализа сплавов и регрессионного анализа.

Прибор «Алдан» успешно эксплуатируется на золотых и серебряных месторождениях Колымы. Результаты опробования руд на серебро и золото (последнее - по корреляции с сопутствующими элементами) хорошо согласуются с результатами геологического опробования.

В настоящее время разрабатывается модификация прибора с малогабаритным рентгеновским излучателем с рентгеновской трубкой и вакуумной системой, для определения широкого круга элементов, начиная от магния и алюминия, главным образом, в сплавах цветных металлов.

Радиометр-спектрометр гамма-излучения для мониторинга жидких сред РСКВ-01

*С.В. Алексеев, А.Н. Пугачев, А.Г. Савушкин, В.Т. Сидоров, А.Н. Ширикова (НПЦ «Аспект»)
В.Н. Даниленко, С.Ю. Федоровский (ЗАО «ЛСРМ»)*

Радиометр-спектрометр гамма-излучения для мониторинга жидких сред РСКВ-01 предназначен для измерения сверхнизких уровней содержания гамма-излучающих радионуклидов в потоке жидкости. Чувствительность РСКВ-01 по ^{137}Cs составляет 0.5 Бк/л. РСКВ-01 состоит из устройства детектирования на основе сцинтилляционного кристалла NaI(Tl) размером 63x160, измерительного контейнера объемом 30л в защитном свинцовом экране, пульта управления с устройством сигнализации, персонального компьютера с установленным прикладным программным обеспечением в среде Windows.

Измерения проводятся в непрерывном автоматическом режиме. При превышении суммарной гамма-активности над заданным порогом срабатывает звуковая и световая сигнализация. Измеренные спектры передаются через модем или непосредственно по последовательному каналу в компьютер для их прецизионной обработки, включая идентификацию и вычисление активности радионуклидов.

СИСТЕМЫ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОГО (ЭКОЛОГИЧЕСКОГО) МОНИТОРИНГА.

Бабенко В.В. Казимиров А.С.
НПП “Атом Комплекс Прилад”
Украина, г. Киев, т./ф. 380-44-573-26-55, E-mail: akpn@akpn.kiev.ua

Разработана многоуровневая система радиоэкологического мониторинга “Довкілля” - система наблюдения за окружающей средой. Используя модульный принцип построения программно-аппаратных средств и двухуровневую архитектуру информационной системы (ИС), удалось создать технологическую систему сбора, обработки, хранения и анализа информации, позволяющие четко разделить функции различных подразделений, оптимально использовать технические средства и оперативно получать информацию нужного объема и разреза.

Система “Довкілля” состоит из измерительных комплексов (ИК) разных уровней. Первый уровень состоит из измерительных комплексов различного назначения: спектрометры альфа, бета и гамма-излучения, спектрометры для определения токсичных элементов, хроматографы и т.д. Для подключения к системе нестандартного периферийного оборудования, находящегося от ИК на значительном удалении, используется быстродействующий (1.6 Мбит/сек) канал связи, а на небольшом расстоянии—универсальный параллельный интерфейс. Передача информации с удаленных ИК осуществляется по модемной связи с использованием электронной почты.

Информация с ИК поступает на центральную ЭВМ второго уровня (сервер СУБД), в функции которой входят:

- сбор оперативной информации по мониторингу с ИК различного назначения и транспортировку этих данных в соответствующие информационные системы (МЭД, Продукты питания, Атмосфера, Водные системы и т.д.);
- проверка достоверности поступающей информации;
- интеграция всех данных на региональном уровне и их обработка, анализ и обобщение имеющейся информации, визуализация и печать выходных документов в табличной и графической формах.

“Довкілля” может функционировать в различных режимах:

1. Обычный режим - передача и обработка информации осуществляется по регламенту, определяемому администратором системы (рабочий режим);
2. Тревожный режим - оперативные данные, где обнаружены превышение допустимых уровней определяемых параметров, немедленно передаются в ЦМ;
3. Аварийный режим - передача оперативной информации осуществляется непрерывно.

Включение алгоритма построения карт загрязнения на основе Триангуляции Делоне (ТД) с использованием областей Вороного для графических информационных систем (ГИС), позволяет оперативно получать информацию по развитию неблагоприятной ситуации и немедленно и обоснованно принимать решения для ее ликвидации.

Экспертная система поддержки решения может включаться в “Довкілля”, что позволит значительно расширить ее функции на стадии ликвидации аварийных или неблагоприятных ситуаций.

Приборы для контроля технологических процессов на АЭС и радиоактивности в окружающей среде.

*Казимиров А.С., Бабенко В.В., Рудык А.Ф.
Научно-производственное предприятие "Атом Комплекс Прилад"
Украина, г. Киев (044) 546-76-31*

С целью радиационного контроля на АЭС и определения содержания радионуклидов в объектах внешней среды (ОВС) разработаны и поставляются следующие приборы и программное обеспечение (ПО).

Бета-спектрометр СЕБ-01 предназначен для использования в двух режимах: спектрометрии бета-излучающих радионуклидов и режиме низкофонового бета-радиометра. Измерительные установки комплектуются детекторами с диаметром от 20 мм до 150 мм и позволяют использовать как "толстые", так и "тонкие" пробы. Это дает возможность, в зависимости от решаемых задач, достигать минимально измеряемой концентрации в "толстых" пробах 10 Бк/кг (при двухчасовой экспозиции) или иметь параметры на уровне лучших малофоновых установок типа УМФ-2000 с сохранением преимуществ спектрометрии. Такие широкие возможности позволяют использовать установку в различных направлениях радиационного контроля на АЭС: от экспрессного контроля радиоактивности в технологических средах до определения содержания Sr-90 и других бета-излучающих радионуклидов в различных объектах.

Для радиационного технологического контроля в труднодоступных помещениях АЭС разработан анализатор многоканальный (укр. "багатоканалний") промышленный АБА-П, который обеспечивает надежную работу в условиях повышенной влажности и пылеобразования, вибраций и ударов. К анализатору могут подключаться различного типа детекторы как штатных систем РТК, так и другие (в счетном режиме до 256 шт., в спектрометрическом до 4), причем на расстоянии до 150 м от электронных блоков и центральной ЭВМ. Достоинствами АБА-П являются также:

- возможность связи с ЭВМ различными вариантами (R-232, -ЛВС, модем и т.д.);
- программирование и перепрограммирование с удаленной ЭВМ;
- автоматическое изменение алгоритма измерений в зависимости от ситуации;
- автоматический запуск измерений при подаче питания.

С целью измерений малых активностей в технологических средах АЭС и пробах ОВС разработаны спектрометры СЕГ-002 "АКП-П" на базе IBM-совместимых компьютеров, спектрометрических процессоров и ППД на основе особо чистого германия (ОЧГ).

Спектрометры прошли госиспытания и включены в Государственный реестр Украины.

Пакет программ "AKWin" осуществляет управление спектрометрами, автоматическую обработку спектров, расчет активности нуклидов в исследуемых пробах, хранение полученной информации, а используемый принцип "непрерывной информационной технологии" позволяет посылать полученную информацию в базы данных. Модульный принцип ПО дает возможность использовать пакет для обработки спектров различных типов излучения (альфа, бета, гамма). Двухслойное меню с обширным набором различной сложности режимов делает его удобным как для операторов рутинных измерений, так и для профессионалов-исследователей. Возможность автоматической и ручной обработки спектров, наличие ряда контрольных режимов стабильности аппаратуры (фона, автокалибровок по энергии, эффективности и др.), различные наборы библиотек радионуклидов, графическая визуализация информации и другие элементы сервиса повышают надежность результатов анализа.

Интеллектуальные блоки детектирования многоцелевого назначения и перспективная спектрометрическая, радиометрическая и дозиметрическая аппаратура на их основе

*В.А.Кожемякин, Научно-производственное унитарное предприятие "АТОМТЕХ",
Республика Беларусь*

Частично завершена или завершается в 2001 году разработка ряда блоков детектирования, способных одновременно обеспечить выполнение измерительных функций, практически полную обработку информации, сопряжение с любыми внешними устройствами посредством интерфейсов RS 232 или RS 485 , а также процедуру самотестирования измерительного тракта. Блоки детектирования по своему назначению предназначены для использования в радиометрической, дозиметрической и спектрометрической аппаратуре. Применена широкая гамма детекторов α , β , x , γ и n -излучения (газоразрядные счетчики, пропорциональные счетчики, кремневые детекторы, сцинтилляционные детекторы на основе пластмассовых и неорганических сцинтилляторов), ориентированная на использование в целом ряде перспективных приборов.

Использование интеллектуальных блоков детектирования в разработках позволит значительно повысить унификацию изделий, сократить сроки разработки и освоение в производстве, удешевить аппаратуру и повысить ее качество. В конце 2001 года ожидается появление 4-5 изделий, в первой половине 2002 года порядка 10 изделий, примерно на 70-80 % обновляющих номенклатуру продукции предприятия.

"Программно-методическая продукция НПП "Радиационный контроль. Приборы и методы в области гамма-спектрометрических измерений на атомных станциях"

Исаков А. П.

Одним из направлений деятельности НПП "Радиационный контроль. Приборы и методы" (зарегистрированная торговая марка RadiCo) является разработка программно-методического обеспечения для рутинных гамма-спектрометрических измерений, предусмотренных регламентом радиационного контроля на АЭС.

Технология разработки драйверов обеспечивает работу в многозадачном режиме в реальном времени. Программное обеспечение обеспечивает работу с любым спектрометрическим оборудованием на уровне конфигурирования. В настоящее время программное обеспечение работает со спектрометрическими устройствами "Аспект", "Парсек", SBS-60, Ortec-9002, Canberra. Разработка новых драйверов выполняется по мере необходимости при появлении новых типов оборудования у Заказчиков.

Нами не ставилась задача охватить весь спектр существующих применений гамма-спектрометрии, поскольку одна и та же программа не может устраивать всех по возможностям и функционалу. Наша продукция ориентирована на использование в массовых измерениях на АЭС и предприятиях ядерного комплекса РФ.

В настоящее время в перечень разработок нашей компании входит следующее программное и методическое обеспечение:

1. 1. Программный комплекс Spectrum-5 (1992-2001 гг.) – гамма-спектрометрические измерения проб 1-го контура, технологических сред и проб окружающей среды – находится в эксплуатации на Смоленской АЭС (ЛСиКГО, ЛВРК, ОЯБ), Нововоронежской АЭС (ЛВРК), Курской АЭС (ЛВД, ЛСиКГО), Калининской АЭС (ЛВД), НИФХИ им. Карпова, Отделе №4303 ВНИИЭФ г.Саров. Включает в себя:

a. a. Методическое обеспечение: методика расчёта эффективных параметров детектора, методика выполнения аттестации и поверки и методика выполнения измерений.

b. b. Программа Spectrum – подготовка к выполнению измерений проб и выполнение измерений проб на полупроводниковых гамма-спектрометрах;

c. c. Программа расчётного определения эффективности регистрации проб – определение эффективности регистрации гомогенных проб различного состава и размеров геометрий точка, диск, цилиндр и сосуд Маринелли расчётным путём;

d. d. Программа расчёта параметров детектора – расчёт эффективных параметров детектора по данным измерений с точечными источниками;

e. e. БД Нуклидов (в том числе на WWW) – справочные данные по гамма-излучающим радионуклидам, в т.ч. для расчёта доз внутреннего облучения по данным измерений на СИЧ;

f. f. БД Результатов измерений проб – база данных для накопления результатов спектрометрического и радиометрического анализа.

2. 2. Программное и методическое обеспечение измерений поканального КГО РБМК (1998-2001 гг.) – поиск негерметичных ТВС и оценка степень негерметичности по результатам амплитудно-временного анализа с использованием датчиков штатной системы КГО РБМК – находится в эксплуатации на Смоленской АЭС, и будет поставлено на Курскую АЭС до конца года. Работа выполняется совместно с компанией "Парсек" (г.Дубна).

3. 3. Программно-методический комплекс СИЧ – контроль доз внутреннего облучения персонала АЭС. Данное программно-методическое обеспечение является часть

Автоматизированной Системы ИДК и в настоящее время находится в эксплуатации на Смоленской АЭС, Нововоронежской АЭС, Курской АЭС, Калининской АЭС и Ростовской АЭС. Включает в себя:

а. а. Методика выполнения измерений и программа "Контрольный СИЧ" (1997-1999 г.) – контроль присутствия инкорпорированных радионуклидов в лёгких и измерение содержания Со-60 на сцинтилляционном спектрометре.

б. б. Методика выполнения измерений и программа "Йодный СИЧ" (1997-1999 г.) – измерение содержания изотопов йода I-131 и I-133 в щитовидной железе человека на сцинтилляционном спектрометре.

с. с. Методика выполнения измерений и программа "Измерительный СИЧ" (1997-1999 г.) – измерение содержания радионуклидов в теле и лёгких человека на полупроводниковом спектрометре.

д. д. Модуль расчёта доз внутреннего облучения – 1997-1998 г. и БД СИЧ как часть АСИДК.

В 2000-2001 гг. совместно с ПЗ "Сигнал" (г. Обнинск) были выполнены проектно-конструкторские работы и изготовление оборудования СИЧ – измерительных установок для Контрольного СИЧ, Йодного СИЧ, Измерительного СИЧ для проекта АСИДК Ростовской АЭС.

4. 4. Программно-методический комплекс для контроля радиоактивных отходов (РАО) – выходной контроль активности гамма-излучающих радионуклидов в РАО при их переработке. В настоящее время проект находится в стадии реализации. Используются разработанные методы расчётного определения эффективности регистрации и методы измерения малых активностей. Работа выполняется при поддержке НПП "Доза".

Контактная информация:

НПП "Радиационный контроль. Приборы и методы", г. Обнинск Калужской обл., ул. Курчатова, д.21, оф.120.

Исаков Александр Петрович, руководитель проекта

e-mail: alex@radico.obninsk.ru

ГАММА-Спектрометр НА ОСНОВЕ СЕГМЕНТИРОВАННОГО ДЕТЕКТОРА ИЗ ОЧГ С ПОДАВЛЕНИЕМ ФОНА

В.В.Кондрашов, А.Д. Соколов

Baltic Scientific Instruments, Ganību dambis 26, P.O.Box 33, LV-1005, Rīga, Латвия

A. Benoist, A.Gatot-Garbe, P. Lubczynski

*Eurisys Mesures, ZA de l'Observatoire, 4 avenue des Frênes, 78067 St Quentin Yvelines Cedex,
France*

Представлены результаты разработки и исследования характеристик портативного гамма-спектрометра с подавлением фона на основе сегментированного детектора из ОЧГ для контроля радиоактивных отходов. Спектрометр разработан на основе стандартного портативного 5-литрового сосуда Дьюара. Детектор изготовлен из цилиндрического слитка ОЧГ n-типа, длиной 70 мм и диаметром 70 мм. Готовый детектор имел планарную область диаметром 68 мм и длиной 50 мм, коаксиальная область имела диаметр 68 мм и длину 50 мм. Энергетическое разрешение планарной области было менее 1.3 кэВ по энергии 122 кэВ, а коаксиального детектора – менее 2.5 кэВ по энергии 1.33 МэВ. Относительная эффективность регистрации всего кристалла составила более 60 % относительно NaI по энергии 1.33МэВ.

Подробно рассматривается схематическое решение спектрометра, включающее систему подавления фона. Работа спектрометра была испытана при 4 различных режимах: а) суммарный спектр; б) спектр планара с подавлением; в) спектр планара без подавления ; г) спектр коаксиала с подавлением. Спектры приводятся.

Результаты измерений от источников Cs-137 и Cs-137+Co-57 представлены в таблице.

Режим измерений	Область пиков, импульсы			Область фона, импульсы			Отношение пик/фон		
	122 кэВ	136 кэВ	662 кэВ	12 кэВ	136 кэВ	662 кэВ	12 кэВ	136 кэВ	662 кэВ
а)	226 141	27 740	137 097	12 839	51 49	13 42	17 .6	5.4	10 2.2
б)	172 732	19 670	630 01	23 490	83 00	13 46	7. 4	2.4	46 .8
в)	174 185	20 563	583 21	82 39	23 37	41 4	21 .1	8.8	14 0.9

Как показали исследования, относительное улучшение отношения пик/фон для регистрации гамма-излучения с подавлением фона для энергии 662 кэВ по сравнению с регистрацией излучения при традиционном подключении всего объема детектора составляет 1.4, а для энергий 136 кэВ - более 1.5.

D:\BSI\Articles\Dubna\Css-Rus.doc

ТОМОГРАФИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ СБОРОК ОТРАБОТАННОГО ТОПЛИВА НА АЭС

А.Д.Соколов, В.В.Кондрашов, В.И.Иванов

Baltic Scientific Instruments, Ganību dambis 26, P.O.Box 33, LV-1005, Rīga, Латвия

Одним из перспективных методов контроля сборок отработанного топлива на АЭС и перерабатывающих комбинатах в настоящее время считается метод пассивной гамма-эмиссионной томографии. Для реализации данного метода разрабатывается 100-канальная томографическая система контроля.

В данной работе представлены результаты разработки первого 4-канального прототипа системы на основе линейки CdZnTe детекторов с размерами 10x10x1 мм. Линейка параллельно собранных детекторов, расстояние между центрами которых составляет 4 мм, установлена в экранированном детекторном модуле. Детекторный модуль с коллиматорами (1x10x100 мм) закреплен на подвижной платформе герметичного устройства перемещения, располагающегося в бассейне выдержки около исследуемой сборки.

Сигналы с детекторов поступают в модуль электроники, где усиливаются, формируются и преобразуются в сигналы, пропорциональные интенсивности излучения в определенном энергетическом диапазоне, после чего вместе с координатами перемещения по интерфейсу RS-232S передаются в компьютер. Программное обеспечение позволяет построить гамма-изображение сборки ТВЭЛов, выявить отсутствие одиночного ТВЭЛа, обнаружить предполагаемые негерметичности и т. д.

Представлены результаты испытаний макета системы в лабораторных условиях. Энергетическое разрешение всех каналов макета по энергии 622 кэВ составило 24-27 кэВ при энергетической нагрузке более 2×10^6 МэВ/сек. для каждого канала. Макет сохранял работоспособность при потоке гамма-квантов 2×10^7 кв./см² от источника Cs-137.

Макет прошел испытания в бассейне выдержки реактора BWR на АЭС Olkiluoto (Финляндия). Испытания проводились на сборках высокой (4 года охлаждения) и низкой (14 лет охлаждения) активности. Обсуждаются результаты, полученные на АЭС.

Работа выполнена по контракту со STUK (Финляндия) и Институтом Ядерных Технологий (Венгрия) в рамках программ поддержки МАГАТЭ.

D:\BSI\Articles\Dubna\Tomography.doc

Система непрерывного многоточечного контроля концентрации урана-235 в технологических емкостях.

Барышев Л.В.

Опасность возникновения самоподдерживающейся цепной реакции в технологических емкостях, содержащих делящиеся материалы, а также необходимость соблюдения технологических регламентов на предприятиях по переработке урана требуют непрерывного контроля удельного содержания урана-235 в жидкой среде. Разработанная и внедренная коллективом ООО «СНИИП - Автоматика» радиометрическая установка РПГ-06Пм, предназначена для многоточечного контроля величины концентрации урана-235 в высокотемпературных технологических жидких средах.

Установка РПГ-06Пм является модернизацией выпускавшейся ранее установки РПГ-06П при соблюдении условий конструктивной и электрической совместимости. Модернизированная установка РПГ-06Пм представляет собой сеть радиометров плотности потока гамма излучения с возможностью исполнения функций 256/512-канальных сцинтилляционных спектрометров, каждый из которых в состоянии выполнить обработку измеренного спектра для определения концентрации урана-235.

Структура модернизированной установки РПГ-06Пм представлена на рис.1.

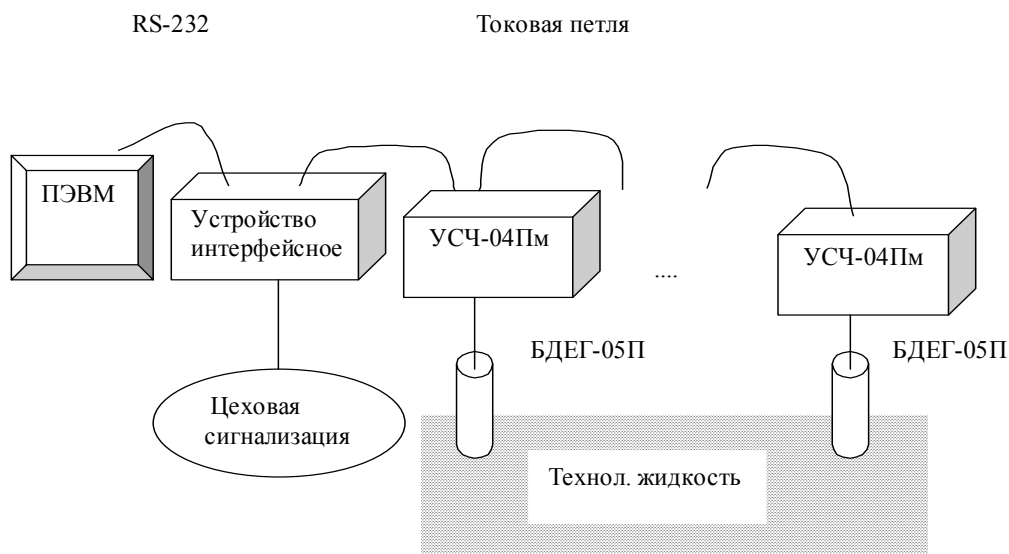


Рис.1. Структурная схема установки РПГ-06Пм.

Краткие пояснения к структуре РПГ-06Пм. К порту RS-232 персонального компьютера подключается устройство интерфейсное УИ-01П, функциями которого является взаимное конвертирование сигналов интерфейса RS-232 в сигналы интерфейса «токовой петли», а также управление цеховой сигнализацией по командам с персонального компьютера. К разъему интерфейса токовая петля УИ-01П по цепочке подключаются УСЧ-04Пм.

УСЧ-04Пм с подключенным к нему сцинтилляционным блоком детектирования представляет собой 256/512-канальное спектрометрическое устройство. Устройство УСЧ-04Пм выполнено в металлическом конструктиве со степенью защиты IP65 по стандарту МЭК (полная защита от пыли и струй воды), снабжено пленочно-мембранной клавиатурой и ЖК-

дисплеем. УСЧ-04Пм функционирует под управлением микропроцессора и в состоянии самостоятельно (без главного компьютера) решать задачу определения концентрации урана-235 и выводить результат на экран дисплея. Программное обеспечение и коэффициенты, необходимые для исполнения алгоритма определения концентрации урана-235, хранятся во флэш-памяти устройства.

Программное обеспечение персонального компьютера производит циклический опрос устройств УСЧ-04Пм и выводит результаты (скорости счета в энергетических окнах и значения концентрации урана-235) на монитор персонального компьютера, а также подает сигналы на цеховую сигнализацию подключенную к интерфейсному устройству УИ-01П. Таким образом, установка РПГ-06Пм является системой с распределенной обработкой информации, поэтому при отказе персонального компьютера, обрыве линии связи, оператор может определить значение концентрации урана-235 в емкости по показаниям на дисплее УСЧ-04Пм.

Помимо улучшения эргономических характеристик и более высокой надежности и живучести модернизированной установки, нельзя не отметить и более высокую информативность модернизированной установки: оператор имеет возможность дистанционно (на расстоянии сотен метров) от технологической емкости произвести измерение 256-канального амплитудного спектра гамма-излучения. Это может быть полезно для проверки правильности функционирования технических средств и корректности выполнения алгоритма определения концентрации урана-235.

Созданная многоточечная спектрометрическая установка благодаря развитому программному обеспечению может быть адаптирована для решения различных задач технологического контроля и контроля параметров ядерной безопасности на предприятиях атомной промышленности.

Клинический дозиметр для измерений пучков фотонного, электронного и протонного излучений медицинских облучательных установок

Мартынов С.С., Молоканов А.Г.), Попов С.А., Хрунов В.С.
ИФТП, Институт физико-технических проблем, Дубна
*)ОИЯИ, Объединенный институт ядерных исследований, Дубна
141980, г.Дубна, Московская обл., ГУС а/я 39, ИФТП Минатома РФ
(096-21) 22879, E-mail: hrnov @ isotop. cntc. dubna. ru*

В настоящем докладе сообщается о разработке на основе алмазного детектора клинического дозиметра ДДС-1К, предназначенного для проведения абсолютных измерений различных видов излучений, используемых в радиотерапевтической технике.

Дозиметр включает в себя алмазный детектор, изготовленный в водонепроницаемом корпусе, соединительный кабель длиной до 40 м и блок регистрации и обработки информации. Блок обработки информации состоит из предварительного электрометрического усилителя (ПУ), микропроцессорного блока обработки и управления, панели управления, табло индикации и источника питания детектора. ПУ собран по классической схеме преобразователя ток – напряжение, включает в себя АЦП и гальванически развязан от микропроцессорного блока. Микропроцессорный блок производит основную обработку результатов измерений, управление пределами измерений и АЦП в ПУ, передает информацию об измеряемой величине и режимах измерения на табло индикации и при помощи интерфейса RS-232 в персональную ЭВМ. С использованием ЭВМ производится запись коэффициента преобразования конкретного детектора в энергонезависимую память процессора. При помощи кнопочной панели управления производится управление всеми режимами работы дозиметра. Также предусмотрена возможность управления от ЭВМ при помощи интерфейса RS-232.

Дозиметр позволяет производить измерения ионизационного тока детектора, величины накопленного заряда и, соответственно, величины мощности поглощенной дозы и поглощенной дозы излучения.

Основные технические характеристики дозиметра:

Диапазон измерения мощности поглощенной дозы фотонного, электронного и протонного излучений, Гр/с	0,001-1,0	
Диапазон измерения поглощенной дозы фотонного, электронного и протонного излучений, Гр	0,1-100	
Диапазон регистрируемых энергий, МэВ:		
для фотонов	0,08-25	
для электронов	4-25	
Предел допускаемой основной погрешности, %		±2
Энергетическая зависимость чувствительности регистрации, %	±2	
Доза предварительного облучения, Гр	≤10	
Радиационный ресурс детектора, Гр	10 ⁷	
Толщина чувствительной области детектора, мм	0,1-0,4	
Чувствительный объем детектора, мм ³		1-5
Масса (без соединительного кабеля и фантома), кг, не более	2,0	

Проведены испытания созданного дозиметра в ЦНИРРИ Минздрава РФ на рабочем эталоне мощности поглощенной дозы гамма-излучения в воде (радионуклид кобальт-60) и на линейных ускорителях электронов SL 75-5 и SL 20, а также на протонных пучках

2.

синхротрона Медицинского центра Лома Линда, США и фазотрона Объединенного института ядерных исследований, Дубна.

Результаты испытаний показали возможность проведения абсолютных измерений поглощенных доз излучения в радиотерапевтическом диапазоне мощностей доз и энергий с погрешностью менее $\pm 2\%$.

КРЕМНИЕВЫЕ ДЕТЕКТОРЫ ГАММА- И БЕТА-ИЗЛУЧЕНИЯ

*Н.Н. Ефремова, Ю.А. Новиков, В.А. Скакодуб, Ю.Е. Столыпин
Институт физико-технических проблем, Дубна*

В институте физико-технических проблем освоено производство и осуществляются выпуск мелкими партиями кремниевых детекторов для регистрации гамма- и бета-излучения.

Детекторы типа ДКГ.

Данные детекторы предназначены для измерения в режиме импульсного счета мощности экспозиционной дозы в диапазоне от $7,2 \cdot 10^{-6}$ до 72 мкА/кг (от 10^{-4} до 10^3 Р/ч) гамма-излучения с энергией от 0,08 до 7,0 МэВ.

Детектор представляет собой две чувствительные пластины, установленные в одном герметичном корпусе.

Размеры первой пластины: диаметр 6,7 мм, толщина 3 мм, глубина чувствительной области 1,5 мм. Размеры второй пластины: $1,5 \times 1,5$ мм², толщина 3 мм, глубина чувствительной области 0,5 мм.

Рабочее напряжение детектора 60 В. Энергетический эквивалент шума, измеренный при постоянной времени формирования 1 мкс, для первой пластины – не более 20 кэВ, для второй пластины – не более 15 кэВ. При пороге дискриминации 70 кэВ чувствительность к гамма-излучению с энергией 661 кэВ изотопа ¹³⁷Cs находится в пределах от $8,8 \cdot 10^{10}$ до $13,6 \cdot 10^{10}$ имп·кг/кЛ (от 22,5 до 35 имп/мкР) для первой пластины и от $0,15 \cdot 10^{10}$ до $0,27 \cdot 10^{10}$ имп·кг/кЛ (от 0,4 до 0,7 имп/мкР) для второй пластины.

Детектор работоспособен в диапазоне температур от минус 60 до плюс 60°С.

Детекторы типа ДКД-Пм-2,5-3.

Детекторы данного типа предназначены для регистрации бета- и гамма-излучения в составе радиометрической аппаратуры.

Площадь чувствительной поверхности детектора находится в пределах от 2 до 3 см², толщина детектора 3 мм. Рабочее напряжение 150 В.

При комнатной температуре обратный ток детектора не более 2,0 мкА, энергетический эквивалент шума не более 25 кэВ; энергетическое разрешение для конверсионных электронов с энергией 975,6 кэВ изотопа ²⁰⁷Pb не более 30 кэВ.

Детекторы работоспособны в диапазоне температур от минус 50 до плюс 50°С.

БЛОК ДЕТЕКТИРОВАНИЯ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ БДЕР-КИ-11К

*Б.К. Акиншин, Ю.В. Ефремов, А.Г. Салион, Е.А. Силаев
Институт физико-технических проблем*

Разработан и освоен в производстве блок детектирования рентгеновского излучения БДЕР-КИ-11К, предназначенный для преобразования энергии квантов рентгеновского и низкоэнергетического гамма-излучения в пропорциональные по амплитуде электрические сигналы и их усиления для последующей регистрации спектрометрической аппаратурой.

Блок детектирования предназначен для работы в условиях, соответствующих исполнению УХЛ категории ГОСТ 15150-69, и может применяться в составе рентгено-флуоресцентных анализаторов для экспрессного определения элементного состава вещества..

Область применения: атомная энергетика, геология, металлургия, система экологического контроля, переработка вторичного сырья, таможня и криминалистика.

Конструктивно блок детектирования состоит из головного блока и предусилителя.

Чувствительный элемент блока детектирования – кремниевый ППД и головной каскад предусилителя, размещенные на керамической подложке, установлены на холодном спае маломощного термоэлектрического охладителя, который в свою очередь размещен внутри герметичного корпуса, образуя головной блок.

Входное окно корпуса головного блока изготовлено из бериллиевой фольги толщиной 8, 12 или 25 мкм. Головной блок укреплен на наружной торцевой поверхности цилиндрической части теплопроводящего корпуса блока детектирования, выполняющего функции радиатора для сброса тепла, выделяемого горячим спаем термоэлектрического охладителя в окружающую среду. Внутри корпуса блока детектирования размещена плата предусилителя. Электрические связи между блоком детектирования и последующей электронной аппаратурой осуществляются через DB-9 и BNC.

Блок детектирования обеспечивает регистрацию потоков излучения любого направления: изготавливается в 2-х исполнениях, отличающихся площадями чувствительной поверхности ППД.

Семейство спектрометрических АЦП в конструктиве IBM PC для шины PCI

Е.М. Лизунов, Н.Г.Мазный, А.Н. Пугачев, А.Г.Савушкин, В.Т.Сидоров

Семейство спектрометрических АЦП в конструктиве IBM PC для шины PCI строится на основе базовой («материнской») платы и одной или двух дополнительных плат («мезонинов»), образуя одно- или двухканальные АЦП с соответствующими характеристиками.

Материнская плата содержит: контроллер шины PCI, процессор с памятью, который обеспечивает прием данных от мезонинов, формирование и накопление спектров; 2 пары счетчиков реального и живого времени; 2 интенсиметра; 2 дополнительных счетчика внешних логических сигналов; логические схемы управления и синхронизации.

Мезонинные платы содержат амплитудно-цифровые преобразователи различных типов:

1К – В - преобразование по методу Вилкинсона, 100 МГц, 1К;

8К – В - преобразование по методу Вилкинсона, 100 МГц, 8К;

1К – П - преобразование по методу последовательных приближений, 3 мкс, 1К;

8К - П – преобразование по методу последовательных приближений, 3 мкс, 8К ;

1К - В8 – преобразование по методу Вилкинсона, 100 МГц, 1К, 8 входов с

мультиплексором.

В будущем на данной аппаратной основе планируется разработка двумерного амплитудного анализатора и временного анализатора, работающего в «мультишкалерном» режиме.

Система стабилизации характеристики преобразования сцинтилляционных детекторов гамма-излучения

Е.М. Лизунов, А.Н. Пугачев (НПЦ «Аспект»)

Необходимость стабилизации характеристики преобразования сцинтилляционных гамма-детекторов обусловлена особенностями преобразования энергии в таких детекторах. Наибольшее влияние на характеристики преобразования оказывают зависимости световых выходов сцинтилляционных кристаллов от температуры и нестабильности присущие фотоэлектронным умножителям.

Распространенные системы стабилизации с применением реперного сигнала специального светоизлучателя, а так же - с реперными альфа-источниками не решают проблему температурной стабильности детекторов.

В сцинтилляционных блоках детектирования и в большинстве гамма-детекторов, входящих в состав приборов, производимых НПЦ «Аспект», в настоящее время применяется комплексная микропроцессорная система стабилизации с реперным светодиодом. Система включает в себя устройство самоконтроля излучения светодиода, устройство температурной коррекции. Температурная коррекция осуществляется с помощью таблично заданной функции, хранящейся в электрически перепрограммируемом запоминающем устройстве и считываемой по показаниям цифрового термометра. Система обеспечивает стабильность характеристики преобразования сцинтилляционных детекторов в пределах 1% в температурном диапазоне от -20 до $+50^{\circ}\text{C}$.

Опыт эксплуатации переносных и стационарных приборов, с данной системой стабилизации, а так же результаты температурных испытаний доказывают ее высокую эффективность.

Автоматизированная система контроля радиационной обстановки.

Хвастунов М.М.

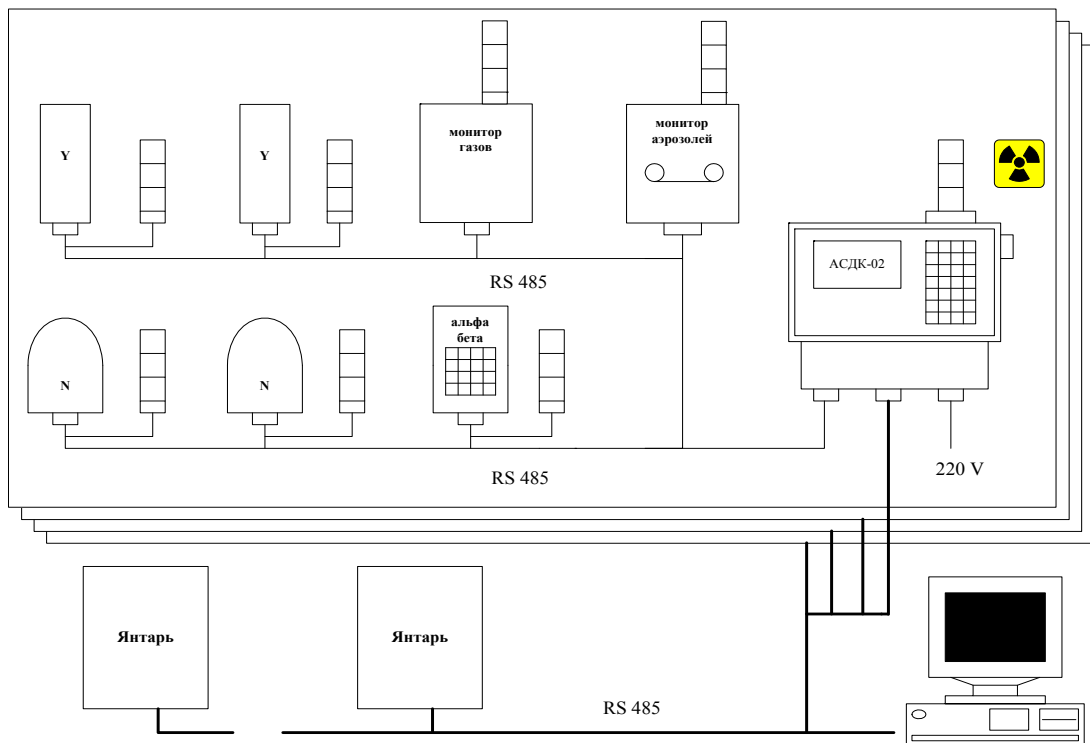
1. 1. Назначение системы.

- стационарный контроль радиационной обстановки на объекте
- автоматическая регистрация контролируемых параметров и видеороликов тревожных событий
- отображение мнемосхем контролируемого объекта с указанием точек расположения датчиков, систем и их параметров
- архивирование данных и генерация отчетов по принятой форме
- выдача сигналов (световых и звуковых) тревоги

Основной режим работы системы – опрос датчиков. В случае возникновения сигнала тревоги в какой-либо точке контроля, данное сообщение инициативно в соответствии с установленным приоритетом передается на центральный пост управления. Приоритет устанавливается при конфигурации системы.

2. 2. Состав системы.

Система имеет распределенную структуру и разделена на два уровня: верхний и нижний. Функциональная схема системы:



Нижний уровень обеспечивает измерение мощности дозы гамма излучения, объемной активности аэрозолей в воздухе, поверхностное загрязнение альфа-бета изотопами, сбор и первичную обработку значений контролируемых параметров, местную сигнализацию, и обмен информацией с верхним уровнем.

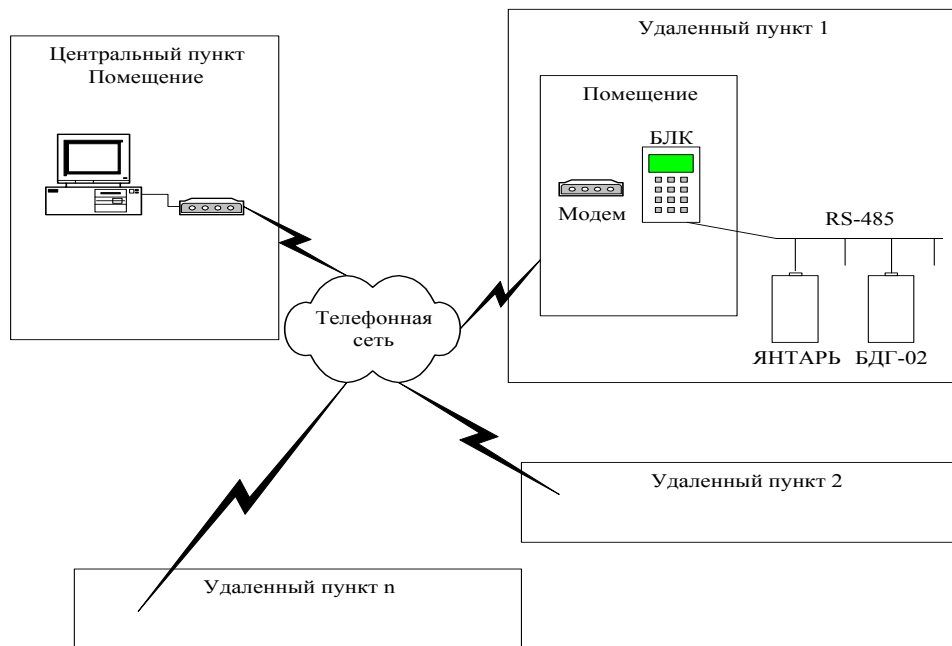
В состав системы нижнего уровня входят:

- датчики гамма излучения БДГ;
- системы обнаружения ДРМ “Янтарь”
- спектрометр-радиометр воды
- датчик альфа-бета излучения БДА;
- датчик нейтронов БДН-01;
- датчик аэрозолей БДАС-01П
- блок сигнализации БС-01;
- пульт управления и обработки информации БЛК;
- система видеорегистрации.

Верхний уровень

Центральный пункт поддерживает базу данных, описывающую состав системы. База данных создается при установке системы или редактируется при изменении состава системы. В этой базе данных хранится информация о пунктах контроля и обеспечивается отображение следующей информации:

- отображение и детализация на экране монитора мнемосхемы контролируемого объекта с цветовой индикацией радиационной обстановки
 - вывод на экран монитора подробной информации по каждой точке контроля в виде таблицы текущих значений контролируемых параметров либо тренда
 - ведение текущего архива и архива тревог
 - протоколирование данных и генерация отчетов
 - обмен информацией с нижним уровнем
 - конфигурация системы по приоритету сообщений постов и датчиков
 - возможность тестирования (по заданной программе либо принудительно), контроля и установки параметров всех элементов системы
- защита от несанкционированного доступа



3. 3. Отличительные особенности

- Каждый элемент системы представляет собой интеллектуальное устройство и имеет уникальный сетевой адрес
- Наличие единой информационной сети для всех устройств регистрации
- Единый архив тревожных событий
- Модульность построения
- Развитая система самодиагностики
- Открытая архитектура

4. 4. Система относится к классу безопасности 3Н и устойчива к климатическим воздействиям:

- * температуры воздуха от минус 40 до 50°C (пост управления от 0 до 50°C) ;
- * влажности воздуха до 100% при 40°C;
- * туманов;
- * соляного тумана;

Портативный полевой гамма-спектрометр на основе микрокомпьютера.

*С.В. Алексеев, Н.Г.Мазный, А.Н. Пугачев, В.Т.Сидоров (НПЦ «Аспект»)
В.Н.Даниленко, Е.А. Ковальский (ЗАО ЛСРМ)*

Портативный полевой гамма-спектрометр предназначен для идентификации радионуклидного состава различных образцов, оценки их активности и определения изотопного состава урана и плутония. Спектрометр состоит из устройства детектирования типа УДС-Г с детектором на основе NaI(Tl) и соединенного с ним по последовательному каналу промышленного микрокомпьютера типа Psion Workabout.

Спектрометр работает в диапазоне температур $-20\dots+50^{\circ}\text{C}$, имеет пылевлагозащищенное исполнение. Применение достаточно мощного микрокомпьютера позволяет реализовывать в спектрометре сложные алгоритмы обработки, а защищенное от воздействия внешних факторов исполнение прибора дает возможность получать результаты обработки прямо на месте измерений, часто проводимых в жестких полевых условиях. В настоящее время ведется разработка ПО обработки гамма-спектров для данной аппаратной платформы.

В будущем, в портативном полевом спектрометре планируется также использовать устройство детектирования на основе CdZnTe, что позволит решать вышеописанные задачи с большей точностью и достоверностью.

Устройство детектирования (гамма-спектрометр) УДС-Г1 как основа для создания распределенных спектрометрических систем.

С.В. Алексеев, Е.М. Лизунов, А.Н. Пугачев, А.Г. Савушкин, В.Т. Сидоров

Устройство детектирования сцинтилляционное гамма-излучения УДС-Г1 предназначено для регистрации гамма-излучения и накопления зарегистрированной информации в виде статистических распределений по энергии (спектров) и их передачи в компьютер для визуализации и обработки. УДС-Г1 представляет собой аппаратно законченный спектрометр и включает в себя: детектор NaI(Tl) размером 40×40, ФЭУ, усилитель, источник высокого напряжения, АЦП, буферную память, контроллер. Устройство УДС-Г1 выполнено в компактном, пылевлагозащищенном корпусе. По заказу могут быть изготовлены аналогичные устройства с детекторами других типов и размеров.

Связь с компьютером осуществляется по последовательному каналу на основе интерфейсов RS-232 или RS-485. Реализация протокола передачи данных “Modbus”, в сочетании с использованием интерфейса RS-485, позволяет создавать локальные измерительные сети, в качестве узлов которых используются устройства типа УДС-Г1.

Технические решения, применяемые в данном устройстве, могут служить основой для построения широкого класса распределенных спектрометрических систем.

Тонкие пленки органических сцинтилляторов для контроля ионизирующих излучений в окружающей среде

В.М.Зубер, В.А.Тарасов, Ю.Т.Выдай, А.А.Ананенко, В.П.Гаврилюк

Тонкие пленки органических сцинтилляторов находят применение в устройствах для избирательной регистрации ионизирующих излучений, идентификации заряженных частиц при контроле содержания радионуклидов в объектах окружающей среды [1-3]. Для использования детекторов на основе указанных сцинтилляторов, важным является исследования их спектрометрических и радиометрических характеристик в зависимости от условий получения тонких пленок, структурных особенностей, а также стабильность этих характеристик во времени.

Методом термического испарения в вакууме были получены пленки антрацена, стильбена и паратерфенила толщиной от 5 мг/см^2 до 30 мг/см^2 . Сравнение светового выхода пленок паратерфенила и других органических сцинтилляторов показывает существенное преимущество первых. Так световой выход пленок паратерфенила при регистрации электронов с низкой энергией ($\sim 18 \text{ кэВ}$) и рентгеновским излучением с энергией $5,9 \text{ кэВ}$ в 1,5 раза выше, чем у антрацена и в 2,5 раза выше чем у стильбена. Непропорциональность светового выхода пленок паратерфенила толщиной $\leq 30 \text{ мкм}$, при возбуждении рентгеновским излучением в интервале энергий $5,9 \div 22,4 \text{ кэВ}$ не превышает 20 %, тогда как для пленок антрацена эта величина составляет 40%. В пленках органических сцинтилляторов наблюдается поглощение собственной люминесценции в большей мере, чем в аналогичных монокристаллических сцинтилляторах. Так при регистрации α -частиц с энергией $5,15 \text{ МэВ}$ при изменении толщины пленки паратерфенила от 10 мг/см^2 до 20 мг/см^2 , световой выход уменьшается в 2,2 раза. При толщине пленки паратерфенила 20 мг/см^2 чувствительность (η) при регистрации излучения от радионуклида Sr-90 равна 0,6 имп/(с•Бк). Эта пленка обеспечивает избирательность при наличии фона от радионуклида Cs-137 равную $\eta/\eta_{\text{ф}} = 400$ (где $\eta_{\text{ф}}$ – чувствительность к фоновому излучению).

На основе исследованных пленок были изготовлены детекторы для регистрации малопроникающего излучения, а также фосвич-детекторы, которые нашли применение в спектрометрических и радиометрических устройствах для контроля ионизирующих излучений в объектах окружающей среды.

1. 1. V.I. Shalaev, Prib. Tekh. Eksp., No. 1, 59 (1968).
2. 2. Y.Kolke, M.Handa and K.Yamamoto, Nucl. Instrum. and Methods, No 103, 249 (1972).
3. 3. Y.T.Vidaj, L.B.Zagarij, IEE Nuclear Science Symposium, 1997, Abstract Book, p.74.

ПРОИЗВОДСТВО И РАЗРАБОТКА НОВЫХ ТИПОВ ПЛАСТМАССОВЫХ СЦИНТИЛЛЯТОРОВ В ЛАБОРАТОРИИ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ ОИЯИ

*В.Б. Бруданин, Р.С. Гальперина, О.И. Кочетов, И.Б. Немченко,
А.А. Смольников*

Объединенный институт ядерных исследований, Лаборатория ядерных проблем

Пластмассовые сцинтилляторы (ПС) нашли широкое применение для экспериментального обеспечения исследований в области ядерной, нейтронной физики, физики элементарных частиц, физики нейтрино, в астрофизических проектах. Возможность их использования определяет успех становления и развития целого ряда прикладных направлений: радиоэкологический мониторинг объектов окружающей среды, жилья, строительных материалов, продуктов питания, воды; создание систем контроля за несанкционированным перемещением радиоактивных материалов; физическая защита различных объектов; рентгеновская и позитронная томография.

В Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ успешно функционирует экспериментальный участок по производству ПС, основными задачами которого является как обеспечение внутренней потребности Лаборатории в этих материалах, так и ее участия в международных научных проектах. Используемое оборудование позволяет производить в месяц до 800 кг заготовок ПС высокого и стабильного качества.

Одним из путей увеличения эффективности регистрации ПС отдельных видов излучений является введение в полимерную композицию соединений на основе некоторых элементов или их изотопов. В Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ проводятся интенсивные исследования по разработке и исследованию элементосодержащих пластмассовых сцинтилляторов нового поколения.

Разработанный в Лаборатории боросодержащий сцинтиллятор демонстрирует высокие значения эффективности регистрации тепловых нейтронов и хорошие сцинтилляционные характеристики [1]. Световыход образца с массовой долей бора 5% составляет 70%, а световыход образца с 0,75% бора — 88% от световыхода аналогичного по геометрии сцинтиллятора, не содержащего бор. Энергетическое разрешение также значительно не ухудшается при введении бора: 12% для образца, содержащего 5% бора по сравнению с 11% для контрольного образца (размеры образцов: диаметр — 70 мм, высота — 57 мм).

Впервые в мировой практике удалось получить гадолинийсодержащий ПС с массовой долей металла 3% [2]. Световыход такого сцинтиллятора составляет 51% от контрольного. Разработанная методика успешно использована и для получения первого в мире ПС, содержащего неодим.

Литература.

[1]. В.Б. Бруданин, О.И. Кочетов, И.Б. Немченко, А.А. Смольников. "Боросодержащий пластмассовый сцинтиллятор на основе полистирола", Известия РАН. Сер. физ. 2001, том 65, №1, С. 60-65.

[2]. V.I. Bregadze, V.B. Brudanin, D.V. Filosofov, N.A. Gundorin, I.B. Nemtchenok, A.A. Smolnikov, S.I. Vasiliev, "Element-loaded organic scintillators for neutron and neutrino physics", Proc. of the III Int. Workshop on the Identification of Dark Matter, York, UK, 18-22 September 2000, p. 626 - 634.

К ВОПРОСУ О НЕЛИНЕЙНОСТИ СПЕКТРОМЕТРОВ НА БАЗЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ДЕТЕКТОРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЫСТРОЙ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

*И.Адам¹, В.А.Антюхов¹, Д.Венос², В.П.Вольных¹, М.Гонусек², В.Г.Калинников¹,
А.Ф.Новгородов¹, В.В.Стегайлов³, В.И.Стегайлов¹, Я.Франа², П.Чалоун¹*
*¹Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Россия; ²Институт ядерной
физики, Ржеж, Чехия; ³МФТИ, Москва, Россия*

На ISOL-комплексе ЯСНАПП для измерения спектров рентгеновских и α -лучей короткоживущих нуклидов используются HPGe-детекторы различного объема и спектрометрическая аппаратура (производства фирм ORTEC, Canberra). Особенностью этой аппаратуры является ее быстродействие, что позволяет проводить измерения с большими нагрузками. С целью получения наиболее точных значений энергий и интенсивностей α -переходов изучены характеристики спектрометрических трактов для разных типов усилителей и амплитудно-цифровых преобразователей (АЦП). Были исследованы спектрометрические усилители Canberra-2024; 2026, ORTEC-572;973 и АЦП фирмы ORTEC (Master-919; 921 с временами преобразования 1,5 и 5,5 мкс), работающие по принципу последовательного приближения. Для сравнения были проведены измерения с АЦП (Canberra-8075, время преобразования 100 мкс) работающим по принципу Вилкинсона.

В спектрах α -лучей, измеренных детекторами большого объема (эффективность $\approx 20\%$), фотопики имеют заметную асимметрию. Для их корректной обработки мы использовали хорошо зарекомендовавшую себя программу “Деймос” [1]. Нелинейность спектрометрических трактов нами исследовалась по процедурам, описанным в [2]. Были использованы радиоактивные источники набора ОСГИ ($^{57}, ^{60}\text{Co}$, $^{152,154}\text{Eu}$, ^{226}Ra , ^{228}Th) и специально изготовленного ^{56}Co , позволяющие в энергетическом диапазоне до 3,5 МэВ иметь более 50 реперных точек [3]. Выявленный нами характер кривой нелинейности аппроксимирован кусочно-линейными функциями, для чего написана специальная программа “Калибр”.

Работа выполнена при поддержке РФФИ.

1. J.Frana. // Acta Polytechnica-Nucleonika, 38(1998) 1227.
2. Ц.Вылов и др.// “Спектры излучений радиоактивных нуклидов”. Ташкент, ФАН, 1980
3. K.Debertin, R.G.Helmer. // “Gamma- and X-ray spectrometry with semiconductor detectors”, North-Holland, Amsterdam, 1988.

NON-LINEARITY OF α -SPECTROMETERS BASED ON SEMICONDUCTOR DETECTORS SUPPLIED HIGH COUNT RATE ELECTRONICS

*J.Adam¹, V.A.Antyukhov¹, D.Venos², V.P.Vol'nykh¹, M.Gonusek², V.G.Kalinnikov¹,
A.F.Novgorodov¹, V.V.Stegailov³, V.I.Stegailov¹, J.Frana², P.Chaloun¹*

¹Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia

²Nuclear Physics Institute, Acad. Sci. Czech. Rep., Rez, Czech Republic

³Moscow Institute of Physics and Technology, Moscow, Russia

Parameters of spectrometers with different types of fast amplifiers and AD-converters have been investigated with aim of more precise gamma-ray energies and intensities measurements.

Система быстрой подтверждающей инвентаризации для учета и контроля ядерных материалов (СБПИ).

Авторы: А.С.Свиридов, И.И.Миронов, Л.А.Корытко. ВНИИА, г.Москва

Большое количество учетных единиц в зонах баланса ядерного материала, находящегося в разных формах и соединениях, с различным, часто изменяющимся во времени, изотопным составом, большое количество необходимых для выполнения инструментальных измерений калибровочных кривых и полуэмпирических поправок, ставит задачу организации оперативного автоматизированного сбора и предварительной обработки информации. По контракту с Ок-Риджской национальной лабораторией (США) была разработана портативная СБПИ, предназначенная для определения неразрушающим методом степени обогащения урана по урану-235 в контейнерах, содержащих уран в различных формах. В процесс измерения вводится считывание штрих-кодов, нанесенных на поверхность объектов измерений. В состав СБПИ входит российское спектрометрическое оборудование РПГ-09П (КУПОЛ), блок детектирования с кристаллом NaI, считыватель штрих-кодов Janus-2010 (США) и ПО обеспечение. Определение обогащения урана-235 основано на регистрации гамма-излучения в области энергий 185,7 кэВ. Меню программы позволяет оператору провести всю необходимую настройку системы для проведения измерений. Выполнение команд проводится после считывания штрих-кода. Результаты измерений, проведенных в условиях реального производства по определению степени обогащения урана по урану-235 в контейнерах, баллонах, банках, показали эффективность применения СБПИ.

В настоящее время изготовлен макетный образец СБПИ полностью российского производства, представляющий собой РС совместимый портативный компьютер с упрощенным пользовательским интерфейсом. В системе спектрометрическое устройство и считыватель штрих-кодов выполнены в виде единого портативного прибора – спектрометрического терминала на основе одноплатного микроконтроллера (с микропроцессором Intel 80386EX) и встроенной в терминал спектрометрической платой. В системе применяется сцинтилляционный детектор с кристаллом NaI. Для хранения программ и данных используется Flash-память емкостью 1Мбайт. Оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) имеет объем 512Кбайт. Вывод данных и спектров осуществляется на графический ЖК-дисплей терминала. Через внешний СОМ-порт к терминалу подключается сканер штрих-кодов. Формируемые протоколы файлов могут быть переданы в внешний РС по последовательному RS-232 или ИК каналам, что позволяет легко интегрировать терминалы с информационной системой учета и контроля ядерных материалов. Для создания на базе терминала специализированных приборов предусмотрена возможность установки в корпус терминала различных плат расширения, что позволит проводить измерения и с другими типами детекторов. Вес терминала не превышает 0,7 кг.

ФОРМИРУЮЩИЙ ПРЕДУСИЛИТЕЛЬ (ФПУ) ДЛЯ СЦИНТИБЛОКА.

Столяренко. Р. Д. Троцай В.Ф.
НПП "Атом Комплекс Прилад" г.Киев

Последовательное применение активного дифференцирования и интегрирования сигнала с анода ФЭУ сцинтиблока позволило резко уменьшить ширину выходного импульса по основанию при оптимальной для АЦП форме импульса. Спектральная достоверность сигналов сцинтиблока зависит от полноты сбора заряда с анода ФЭУ. Это условие обуславливает применение на входе ПУ зарядово-чувствительного каскада (ЗЧУ). Наличие в ЗЧУ разрядного сопротивления R_0 обуславливает неполный сбор заряда с анода ФЭУ. Для сбора заряда с анода ФЭУ в течении не менее $3\tau_b$ (τ_b - постоянная высвечивания) необходимо обеспечить величину постоянной разряда R_0C_0 не менее чем $200\tau_b$, что обуславливает "хвост" импульса ЗЧУ не менее $440\tau_b$, что для кристалла NaJ(Tl) составляет $\cong 150$ мсек. Формирование спектрометрического сигнала по каскадным активным дифференцированием и интегрированием, позволило укоротить выходной импульс без потери времени собирания.

На рис представлена блок-схема ФПУ

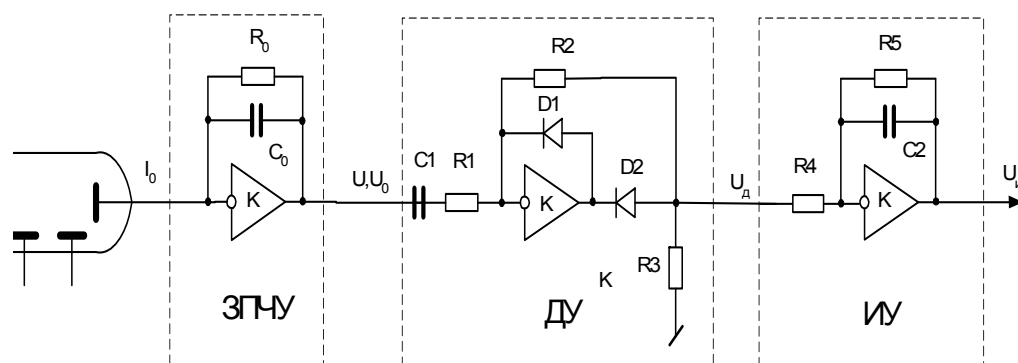


Рис.1 Блок-схема ФПУ

$$\tau_0 = R_0 * C_0 \quad \tau_d = R_1 * C_1; \quad K_d = R_2 / R_1. \quad \tau_n = R_4 * C_2$$

В результате применения активного формирования сигнала с ФЭУ сцинтиблока получены следующие результаты :

1. ФПУ реагирует только на импульсную составляющую тока ФЭУ.
2. Сбор заряда происходит за время более чем $3\tau_b$.
3. На выходном импульсе отсутствует длинный "хвост" разряда накопительной емкости C_0 .
4. Нулевой уровень выходного напряжения практически не зависит от темнового тока ФЭУ и загрузки предусилителя.

МНОГОДЕТЕКТОРНЫЕ СТРУКТУРЫ НА ОСНОВЕ CdZnTe ДЛЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ

В.В.Гостило, И.В.Лисютин, А.В.Лупилов

Baltic Scientific Instruments, Ganību dambis 26, P.O.Box 33, LV-1005, Rīga, Латвия

Многодетекторные (пиксельные и стриповые) структуры, созданные на одном CdZnTe кристалле, в настоящее время являются наиболее перспективными детекторами построения изображений для рентгеновских телескопов космического базирования в энергетическом диапазоне 5 - 100 кэВ.

Разработана технология изготовления многодетекторных структур, позволяющая создавать пиксельные и стрип-детекторы с размерами контактных площадок несколько десятков микрон и размерами зазора до 25 микрон. Технология обеспечивает токи утечки пикселей не более 0.5 нА при напряжении 200В и межпиксельное сопротивление в диапазоне 30-300 ГОм.

Представлены результаты разработок и исследований характеристик различных типов (3x3 и 4x4) пиксельных детекторов, изготовленных на кристаллах с размерами 5x5x1 и 5x5x2 мм. Энергетическое разрешение пикселей при комнатной температуре составило около 2.5-3.0 % и 20 % по энергии 59.6 и 5.9 кэВ соответственно. При оптимальной температуре -25⁰С достигнуто энергетическое разрешения между 2.0-2.5 % по энергии 59.6 кэВ и около 15 % по энергии 5.9 кэВ. Представлены типичные спектры для единичных пикселей при комнатной и оптимальной температурах.

Детекторы со стриповыми контактами были изготовлены на кристаллах с размерами 10x10x1 и 10x10x2 мм. Шаг структуры был 125 мкм, ширина стрипов – 100 мкм, межстриповый зазор – 25 мкм. Разрешение по энергии 59,6 кэВ составило 11 % при комнатной температуре и 5.2 % при оптимальной. На основе стрип-структуры контактов разработаны дрейфовые детекторы, продемонстрировавшие значительное улучшение энергетического разрешения во всей энергетической области по сравнению с обычными стрип-детекторами

Представленные результаты получены в рамках исследовательских проектов с Датским Институтом Космических Исследований, Европейским Космическим Агентством и NASA.

D:\BSI\Articles\Dubna\space.doc

Детекторные структуры на основе GaAs, компенсированного хромом.

Корецкая О.Б., Окаевич Л.С., Потапов А.И., Толбанов О.П., Тяжев А.В.
Сибирский физико-технический институт,
634050, Томск, пл. Ново-Соборная, 1
e-mail: tyazhev@elefot.tsu.ru, р.т. (3822) 413-828

Известно, что разработка полупроводниковых детекторов γ - квантов и рентгеновского излучения, работающих при комнатных температурах и с высокой эффективностью регистрации, является достаточно важной задачей.

В данной работе представлены результаты экспериментальных исследований и теоретических расчетов по измерению зависимости вида амплитудного спектра и эффективности сбора заряда (CSE) от подаваемого на детектор напряжения смещения. В качестве источника излучения с энергией гамма квантов 60 кэВ использовался ^{241}Am . Низкоэнергетичная компонента гамма-излучения с энергией 14 кэВ отсекалась фильтром из GaAs толщиной 300 мкм. Детектор представляет собой симметричную структуру металл-полупроводник-металл (МПМ). В качестве полупроводника использовался GaAs, легированный Cr в процессе высокотемпературной диффузии, с удельным сопротивлением $\rho \approx 10^8 - 10^9$ ом·см. Площадь структуры $S \approx 0.3 \times 0.3$ см², толщина $d = 800$ мкм. В качестве контактов использовались пленка на основе V-Au. ВАХ этих структур симметричны и близки к линейным до напряжения 400-500 В. Результаты работы позволяют сделать следующие выводы:

1) В резистивных структурах на основе GaAs, легированного Cr, при регистрации γ - квантов с энергией 60 кэВ возможно достижение достаточно высоких значений CSE (> 80 %) даже при условии полного сбора только одной компоненты, в данном случае электронной. Этот результат обусловлен тем, что большая часть высокоомного слоя является активной областью детектора.

2) При условии, что l_n сравнима с d , амплитудный спектр имеет низкоэнергетичный “хвост”, а максимум в амплитудном спектре обусловлен неоднородным поглощением рентгеновского излучения в детекторе с данной толщиной d .

Литература

- 1) О.И. Иваницкая, О.А. Матвеев, А.А. Томасов, Н.В. Яковлев, ФТП, 27, 1885, (1993).
- 2) R. Trammel, J.F. Walter, NIM, 76,317, (1969).
- 3) М. Шур, Современные приборы на основе арсенида галлия, М., Мир, (1991)

«LSRM» - пакет прикладных программ для спектрометрического анализа. Состояние и перспективы.

Даниленко В., Ковальский Е., Федоровский С., Юферов А. ООО «ЛСРМ»

Базовый программный комплекс **LSRM-2000** обеспечивает решение подавляющего большинства прикладных задач, основанных на спектрометрических методах измерения активности:

- **гамма-спектрометрический анализ с использованием полупроводниковых и сцинтилляционных детекторов**

- бета-спектрометрия - прямое определение стронция-90 и других бета излучающих нуклидов.

- альфа-спектрометрия.

Пакет реализует методики, согласованные с Госстандартом России. Он осуществляет управление наиболее распространенными анализаторами и анализаторными платами и может быть адаптирован для управления другими анализаторами при наличии протокола обмена.

Кроме базового комплекса пакет содержит некоторые программы и программные комплексы, решающие специальные задачи.

«LsrnCustoms»- идентификация и расчет активности гамма-источников в защитных контейнерах. Программа предназначена для измерения активности гамма-излучающих источников с помощью спектрометров гамма-излучения непосредственно в контейнерах. Параметры контейнеров заданы в базе данных, которая содержит информацию практически обо всех типовых контейнерах. Это позволяет рассчитать поглощение гамма-излучения в стенках контейнера. Разработан мощный алгоритм идентификации, позволяющий работать с большой библиотекой радионуклидов (до 100 нуклидов!) даже с использованием сцинтилляционных спектрометров.

«Нуклид-Мастер»- информация о параметрах радиоактивного распада большинства известных радионуклидов (более 3000 с учетом метастабильных состояний) и формирование пользовательских библиотек. Позволяет просматривать цепочки распада, схемы переходов, моделировать гамма- и альфа-спектры с учетом всей цепочки распада и т.п.

Готовится пакет **«LCRM-2001»**, в котором будут реализованы новые более совершенные способы обработки информации с использованием новейших компьютерных технологий.

Измерение мощности дозы гамма-спектрометрическим методом.

*Даниленко В.Н., Пугачев А.Н., Савин В.М., Савушкин А.Г., Федоровский С.Ю.
ООО «ЛСРМ», НПЦ «Аспект»*

Сущность метода состоит в получении истинного спектра гамма-излучения в месте расположения детектора из его аппаратурного спектра, с последующим пересчетом его в мощность дозы. Определение энергетического спектра производится известным способом с использованием матрицы чувствительности спектрометра. Одним из достоинств метода является возможность получения дозового вклада от энергии гамма-излучения. Это позволяет без труда перейти от экспозиционной к амбиентной дозе, а также оценить вклад в дозу отдельных радионуклидов.

Одна из основных погрешностей метода связана с дискретностью энергетических интервалов. Для уменьшения этой погрешности необходимо получить матрицу чувствительности для большого числа энергетических интервалов, что требует такого же числа образцовых источников монохроматического гамма-излучения в заданных интервалах. Нами разработана оригинальная методика, позволяющая использовать для построения матрицы чувствительности т.н. многореперные источники гамма-излучения. Использование этой методики позволило получить достаточно подробную матрицу чувствительности в диапазоне 50-3000 кэВ для Na(I)-детекторов, входящих в состав таких приборов, как МКС-А02, Гамма-1СНВ1. Испытания, проведенные на рабочем эталоне мощности дозы, показали, что методика обеспечивает выполнение измерений МЭД с основной относительной погрешностью не более 20 %.

Практические измерения с использованием МКС-А02 и Гамма-1СНВ1 показали, что на околофоновых уровнях дозы они дают систематическое занижение величины дозы ~0.03-0.05 мкЗв/час по сравнению с традиционными дозиметрами на основе газоразрядных счетчиков. Для выяснения причин такого расхождения были проведены сравнительные измерения мощности дозы с помощью трех дозиметров МКС-А02, БДГ, РКСБ. Мощность дозы варьировалась путем изменения расстояния источник-детектор.

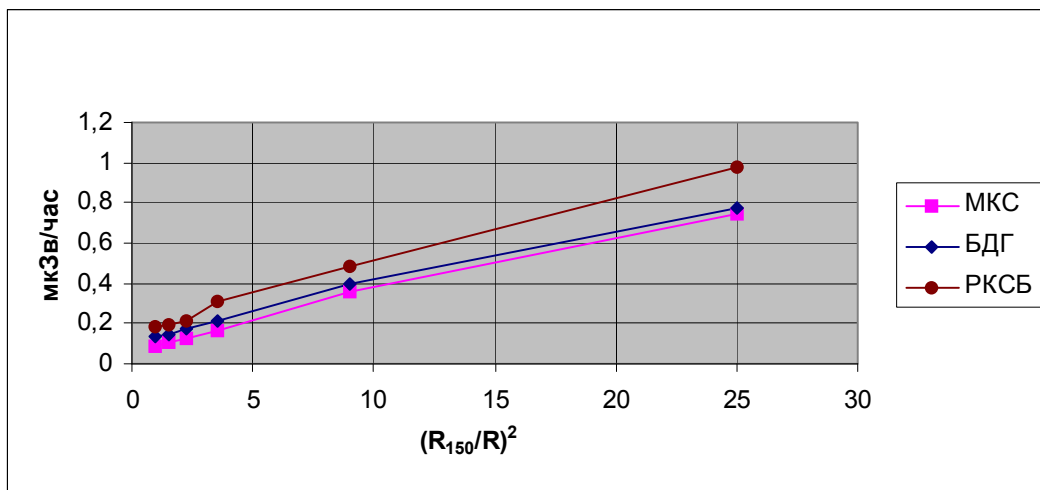


График демонстрирует линейность показаний дозиметров вблизи фоновых значений и систематическое превышение показаний дозиметров на основе газоразрядных счетчиков.

Для подтверждения правильности измерения МЭД с помощью МКС-А02 при фоновых значениях был проведен еще один эксперимент. МКС-А02 был помещен в свинцовый колодец, в котором значение МЭД согласно показаниям МКС составляло величину 0.025 мкЗв/час. Увеличение дозы моделировалось с помощью гамма-источников (^{241}Am , ^{137}Cs , ^{60}Co) известной активности, помещаемых на определенном расстоянии от детектора, что позволило рассчитать МЭД в месте расположения детектора. Показания МКС совпали с расчетными значениями МЭД в пределах 15%.

Хотя проведенные эксперименты на наш взгляд достаточно убедительны, официальное признание правильности измерений МЭД гамма-спектрометрическим методом тормозится из-за отсутствия метрологического обеспечения в области околофоновых значений МЭД.

Совместная обработка всех информативных участков спектра.

*Даниленко В., Ковальский Е., Федоровский С., Юферов А.
ООО «ЛСРМ»*

Одним из распространенных методов обработки спектральной информации является аппроксимация спектра модельной функцией, которая представляется в виде суммы пиков и некоей т.н. фоновой подставки под ними, которая, как правило, описывается полиномом. Это естественным образом приводит к разбиению спектра на информативные участки, ограниченные по длине, так как на слишком больших участках трудно описать поведение фоновой подставки полиномом невысокой степени. При традиционном подходе χ^2 -функционал составляется для каждого участка отдельно и минимизация проводится последовательно для каждого участка.

При последовательном обсчете информативных участков возникают следующие проблемы.

1. 1. Фоновые подставки рассчитываются только по своему участку спектра, никак не связаны с другими участками спектра, отсюда сильная зависимость от концевых эффектов участка (длина, чистота на концах и т.п.).

2. 2. Возникают трудности, связанные с корректным учетом соотношений интенсивностей линий одного радионуклида, если линии находятся в разных информативных участках спектра.

Реализованный нами подход, свободный от вышеперечисленных недостатков, заключается в следующем

а) обрабатывается весь спектр сразу, а именно χ^2 -функционал представляется в виде суммы соответствующих вкладов от всех информативных участков ;

б) для идентифицированных нуклидов в качестве параметра подгонки принимается не площадь линии, а активность радионуклида;

в) Фоновые полиномы на границах информативных участков сшиваются при условии равенства значений и первых производных.

Это позволяет естественным образом учесть соотношение интенсивностей линий, принадлежащих одному радионуклиду. Результаты подгонки не столь чувствительны к выбору границ информативных участков, как при традиционном подходе.

Контроль ^{241}Am при высоком уровне помех от сопутствующих радионуклидов с помощью альфа-гамма радиометра РК-АГ-02М

*В.Д. Рыжиков, Г.М. Онищенко, Е.Н. Пирогов, В.Г. Спасов
НТЦ радиационного приборостроения концерна "Институт монокристаллов"
НАН Украины, Украина, 61001, Харьков, просп. Ленина, 60*

Избирательный α - γ радиометр РК-АГ-02М [1-4] со сцинтиблоком на основе сцинтиллятора GSO ($\varnothing 45 \times 5$ мм) измеряет активность ^{241}Am в пробах различных сред без их концентрирования и применения радиохимической обработки при высоком уровне (до $\sim 1/10^3$) помех от сопутствующих радионуклидов (^{137}Cs). МДА для полевого варианта прибора составляет 0,7 Бк/пробу, а для лабораторного — 0,25 Бк/пробу. Свойства GSO — негигроскопичность, высокая плотность и эффективность регистрации, отсутствие пиков вылета в рабочем участке рентгеновского диапазона [5, 6] позволяют существенно повысить чувствительность радиометров, толщиномеров рентгеновского диапазона по сравнению со сцинтиллятором NaI(Tl). Метод окон (устранения помехи 33 кэВ от $^{137}\text{Cs}+^{137\text{m}}\text{Ba}$) в сочетании с отсутствием пиков вылета в рабочем участке позволил существенно повысить чувствительность прибора в условиях помех от ^{137}Cs по сравнению с традиционными сцинтилляционными спектрометрами на основе NaI(Tl), использующих накопление дифференциального спектра с помощью АЦП и обработку его в режиме off-line.

Высокая воспроизводимость результатов измерений при длительных экспозициях достигнута применением аналоговой системы стабилизации коэффициента усиления спектрометрического тракта. Прибор прошел метрологическую аттестацию, Государственные испытания и испытания в Чернобыльской Зоне. Выпущена и находится в эксплуатации его опытная партия.

Результаты измерений ^{241}Am в пробах с помощью радиометра-спектрометра РК-АГ-02М в Чернобыльской зоне отчуждения показали, что полная погрешность, обусловленная наличием в пробах изотопов $^{154,155}\text{Eu}$, ^{134}Cs , как правило, не превышает 10 ... 25 %. Результаты измерений подтверждают пригодность радиометра для целей экспрессных измерений загрязненности грунтовых проб в Чернобыльской зоне отчуждения изотопом ^{241}Am при высоком содержании сопутствующих в пробе радионуклидов типа $^{154,155}\text{Eu}$, $^{134,137}\text{Cs}$.

1. Бондарьков М.Д., Желтоножский В.А., Пирогов Е.Н. и др. // ПТЭ, 1997, № 4, С. 121.
2. Бондарьков М.Д., Бурачас С.Ф., Желтоножский В.А. и др. // Тез. докл. Междунар. совещ. "Ядерная спектроскопия и структура атомного ядра" (Дубна, 20-23 апреля 1993 г.) С.-Пб.: Изд-во ИЯФ, 1993. С. 357.
3. Бондарьков М.Д., Желтоножский В.А. Пирогов Е.Н. и др. // ПТЭ, 1996, № 3. С. 83.
4. Бурачас С.Ф., Пирогов Е.Н., Рыжиков В.Д. и др. // Патент Украины № 25484, "Промислова власність", 1998, № 6-П, С. 3.1.287.
5. Рыжиков В.Д., Онищенко Г.М., Пирогов Е.Н. и др. // ПТЭ, 2001, № 3, С. 85.
6. Рыжиков В.Д., Спасов В.Г., Пирогов Е.Н. и др. // Тез. докл. LI Совещ. по ядерной спектроскоп. и структ. атомн. ядра. (Саров, 3-8 сентября 2001 г.), С. 231.

Измерение суммарной активности смеси β -излучающих радионуклидов неизвестного состава. МЕТОД «ДВУХ ФИЛЬТРОВ»

*Шипунов А.И. *, Тележко В.М., Бабаев А.С.,
“Центр исследования и контроля воды”, Россия, Санкт-Петербург,
Сэлман С.В., ФГУП «ВНИИМ им. Д.И.Менделеева, Россия, Санкт-Петербург*

Нами разработан метод “абсолютных” измерений суммарной активности смеси β -излучающих радионуклидов неизвестного состава в счетных образцах с поверхностной плотностью от 0 до 260 мг/см². Отличием от традиционных методов определения суммарной активности β -излучающих радионуклидов является применение в процессе измерений двух фильтров с различной поверхностной плотностью и учете влияния на величину эффективности регистрации β -частиц их поглощения и многократного рассеяния в счетном образце, отражения от подложки, на которой находится счетный образец, поглощения в слое воздуха и входном окне β -счетчика.

Процедура измерения включает в себя измерение скорости счета импульсов со счетным образцом без фильтра и два измерения скоростей счета импульсов со счетным образцом и алюминиевыми фильтрами разной толщины.

Активность смеси β -излучающих радионуклидов в счетном образце вычисляют как частное от деления скорости счета импульсов от счетного образца без фильтра на эффективность регистрации β -частиц.

Метод апробирован в лаборатории Радиохимических методов анализа «Центра исследования и контроля воды» и положен в основу проекта ГОСТ.

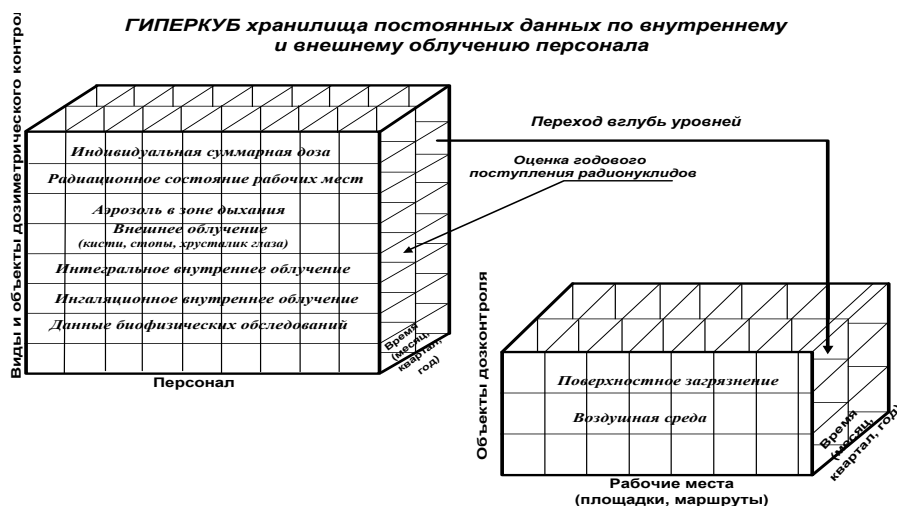
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ХРАНИЛИЩ ДАННЫХ В СИСТЕМА ДОЗИМЕТРИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

*В.В.Бабенко, М.И.Бабенко, А.С.Казимиров
НПП "АтомКомплексПрибор"Украина.Киев*

Современные концептуальные положения по определению эффективной дозы, принятие новых норм НРБУ-97, новые требования безопасной работы и гарантированного не превышения пределов дозы (ПД) диктуют необходимость постоянного контроля дозового давления на персонал и комплексного подхода при анализе и расчётах полученных доз внутреннего и внешнего облучения; анализе, прогнозировании и планировании дозовых нагрузок и адекватном управлении облучаемостью персонала;

Исходными данными для решения выше перечисленных задач является информация, содержащаяся в разнообразных локальных оперативных системах дозиметрического контроля персонала и рабочих мест (СУБД-источниках), представляющих собой реляционные СУБД, настроенных, прежде всего на оперативную обработку коротких и частых транзакций:

Альтернативой непосредственному использованию разнородных источников данных для анализа и расчетов является организация **Хранилища Данных** и применение **OLAP** - технологии для проведения анализа данных и принятия решения. **Хранилище** оснащено средствами транспортировки, хранения и обслуживания данных, проведения быстрого поиска и интерактивной аналитической обработки. Основные компоненты Хранилища данных представлены на рисунке. **OLAP**-технологии - это системы интерактивной аналитической обработки данных Хранилища. Они предоставляют удобные быстродействующие средства доступа, просмотра и анализа информации по всем аспектам. При этом на всех этапах процесса - направление поиска, формирование запроса или параметры анализа - определяет непосредственно конечный пользователь в интерактивном



режиме.

В результате Пользователь получает естественную, интуитивно понятную модель данных, организованную в виде *многомерной базы данных-- гиперкубов*. *Гиперкуб*, в свою очередь, состоит из первичных элементов - *кубов*. Осями многомерной системы координат служат *Измерения и Факты*.

Методические особенности экспрессной пробоподготовки для определения стронция-90 методом бета-спектрометрии

А.М.Семенютин

Украинский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной радиологии

Современные бета-спектрометры измеряют активность стронция-90 в подготовленной пробе за относительно короткое время (несколько тысяч секунд) с величиной минимально измеряемой активности (МИА) 0.3-0.5 Бк. При объеме измерительного препарата пробы порядка 10 мл большинство проб объектов окружающей среды и сельскохозяйственной продукции необходимо концентрировать. Существующие классические методы концентрирования проб (выпаривание, усушка, сжигание, озоление и др.) длятся от нескольких часов до нескольких суток, поэтому экспрессность определения не обеспечивается. Кроме того, бета-спектрометрический метод, в основе которого лежит обязательный анализ бета-спектра стронция-90+иттрия-90, находящихся в радиоактивном равновесии ограничивает экспрессность необходимостью накопления иттрия-90 в течение не менее 14 суток. Реализованный в бета-спектрометре типа СЕБ-01-АКП метод, позволяет определять активность стронция-90 по его собственному бета-спектру и не требует равновесия между стронцием-90 и иттрием-90. Этот метод позволяет также определять при анализе бета-спектра активности цезия-137 и калия-40 с необходимыми метрологическими показателями. В этом случае, для реализации возможностей бета-спектрометра, требуются экспрессные методы подготовки проб.

В работе опробованы две методики подготовки проб молока, длительность которых составляет несколько часов, что обеспечивает экспрессность определения. Одна из них рассчитана на подготовку проб для измерения на бета-спектрометре типа СЕБ-01-70 и основана на вытеснении концентрированной азотной или соляной кислотой щелочноземельных и других элементов из белково-липидных мицелл молока в сыворотку, с последующим осаждением оксалатов стронция и кальция, фильтрацией раствора и перенесением осадка в измерительную кювету. При этом, из 1л исходной пробы получают 3-4 грамма осадка, коэффициент выхода стронция составляет 0.8. Другая методика предназначена для подготовки проб молока для измерения на бета-спектрометре типа СЕБ-01-150. Эта методика основана на разделении молока на белково-жировую часть и сыворотку путем створаживания при добавлении хлористого кальция. При этом стронций остается в творожной массе (с коэффициентом 0.75-0.85). Творожная масса освобождается от влаги путем прессования и сушки и переносится в измерительную кювету. Для каждой методики в бета-спектрометр вносятся свои калибровочные коэффициенты.

Для экспрессной подготовки проб других органических объектов окружающей среды одним из перспективных вариантов может быть минерализация в специальных микроволновых печах.

Методика определения ^{137}Cs и ^{90}Sr в поверхностных, грунтовых и сточных водах.

Цыганков¹. Н.Я. Бабенко² В.В.

Украинский центр радиационной медицины¹. НПП «АтомКомплексПрилад»²

В связи с низким содержанием ^{137}Cs и ^{90}Sr в воде их определение невозможно без предварительного концентрирования. Наиболее целесообразно использовать для этого ионообменные технологии, нашедшие широкое применение в водоподготовке.

Нами разработана и опробована методика определения ^{137}Cs и ^{90}Sr в поверхностных, грунтовых и сточных водах с помощью бета – спектрометра основанная на применении сильнокислого катионита для очистки от природной активности и концент-рировании ^{137}Cs и ^{90}Sr . Процесс очистки от радионуклидов природной активности, основан на подщелачивании воды во время ее протока через катионит. Подщелачивание происходит за счет ионов NH_4 , генерируемых катионитом находящимся NH_4 –форме. В результате подщелачивания все металлы, кроме щелочных и щелочноземельных гидролизуются и образуют аквакомплексы, не поглощаемые катионитом. Это относится и к ^{90}Sr , отсутствие которого регистрирует бета – спектрометр, что может косвенно свидетельствовать об эффективности очистки от природной активности. Контроль за химическим выходом является неотъемлемым требованием к любой радиохимической методике. Сочетание ионообменного способа выделения и концентрирования радионуклидов в воде с использованием для измерения бета – спектрометрии позволяет косвенным методом осуществлять контроль за химическим выходом метода. Суть такого подхода основана на сопоставлении коэффициентов селективности, выражающих меру относительного сродства различных ионов к данному ионообменнику. Бета - спектрометр СЭБ –01 определяет сразу три радионуклида ^{137}Cs , ^{90}Sr и ^{40}K . В основном определению в поверхностных, грунтовых и сточных водах подлежат первые два радионуклида техногенного происхождения. Содержание природного радионуклида ^{40}K в поверхностных и грунтовых водах для большинства регионов страны носит постоянный характер и определяется интервалом от 0.04 –0.4 Бк л⁻¹. Столь небольшие концентрации в воде позволяют использовать этот радионуклид в качестве индикатора химического выхода при определении ^{137}Cs и ^{90}Sr . Влияние имеющегося в воде ^{40}K устраняется внесением заведомого многократного избытка этого радионуклида, превышающего максимальный природный уровень в десятки раз. Для измерения активности с точностью не менее 10 % достаточно внести в анализируемую пробу воды 1 г соли KCl , что эквивалентно 16.5 Бк активности ^{40}K .

Коэффициент селективности K для сильнокислых катионитов уступает Cs , но более значительно он уступает в селективности щелочноземельным элементам, в частности Ca и Sr . Поэтому в процессе поглощения всех трех радионуклидов на колонке заполненной катионитом будет также происходить их разделение, как по длине колонки, так и по очередности появления в фильтрате после насыщения колонки. Роль вытесняющего иона в этом случае выполняет ион Ca^{++} , определяющий на 80 и более % жесткость воды. Первым из колонки начнет вымываться ^{40}K . Почти одновременно с ним начнет вымываться ^{137}Cs . После вымывания 90 % ^{40}K с колонки начнет вымываться Ca вместе со ^{90}Sr . Таким образом, 100 % фиксация ^{40}K будет свидетельствовать о 100 % химическом выходе ^{137}Cs и Sr^{90} . Такой же подход в определении химического выхода реализован и использовании бета – спектрометра СЭБ –01 для контроля подземных вод, в частности для контроля за содержанием в них ^{40}K . Здесь в качестве индикатора химического выхода использовался доступный радионуклид ^{137}Cs . Определенное количество этого радионуклида, например, 10

Бк вносилось в пробу воды и после концентрирования радионуклидов на катионите их активность измерялась на бета –спектрометре. В случае уменьшения активности ^{137}Cs на смоле пробу переделывали, уменьшив ее объем.

О метрологии в нетрадиционной бета-спектрометрии

Бабенко В.В., Казимиров А.С., Рудык А.Ф.
НПП - "Атом Комплекс Прибор"

Предлагается метод экспериментального поиска реальных пределов обнаружения и измерения на основе моделирования спектров эталонных мононуклидов и смеси нуклидов с заданными соотношениями их активностей. Располагая эталонными моноисточниками и манипулируя временами измерения t_s и t_f , можно смоделировать спектры излучения источников практически с любой заданной активностью, а также спектры наборов радионуклидов с заданными соотношениями их активностей.

Для практического поиска реальных МДА и МИА используется выражение для статистической погрешности одноразовых измерений

$${}^{0,95} \delta_c X = \frac{2 \sqrt{\sigma_x^2}}{X} 100 [\%],$$

где X – рассчитанная активность j -го нуклида (вектор решения системы уравнений);

σ_x^2 – дисперсия величины X (диагональный элемент ковариационной матрицы погрешностей решения).

Для характеристики формы конкретных бета – спектров и измерительного комплекса в целом (спектрометр вместе с эталонными источниками в конкретных геометриях измерения) предлагается ввести понятия спектральных коэффициентов ζ_{ij} и спектральных долей ψ_{ij} радионуклидов:

$$\zeta_{ij} = \frac{\varepsilon_{ij}}{\varepsilon_j}, \quad \zeta_{i\Sigma} = \frac{\varepsilon_{i\Sigma}}{\varepsilon_{\Sigma}}, \quad \psi_{ij} = \frac{\varepsilon_{ij}}{\varepsilon_{i\Sigma}},$$

где ε_{ij} – чувствительность спектрометра в i -м энергетическом интервале(ЭИ) для j – го радионуклида;

$\varepsilon_j = \sum_i \varepsilon_{ij}$ – суммарная чувствительность в диапазоне регистрации для j – го нуклида;

$\varepsilon_{i\Sigma}$ – чувствительность спектрометра в i -м ЭИ для j – го радионуклида в смеси равновесных нуклидов (например, ${}^{90}\text{Sr} + {}^{90}\text{Y}$);

$\varepsilon_{\Sigma} = \sum_i \varepsilon_{i\Sigma}$ – суммарная чувствительность в диапазоне регистрации для j – го радионуклида в смеси равновесных нуклидов.

На основе спектральных коэффициентов и долей нами разработан метод упрощенной калибровки спектрометра по чувствительности для измерения активности неравновесного ${}^{90}\text{Sr}$.

Предлагаемые нетрадиционные методы решения метрологических задач позволяют упростить и удешевить метрологию прикладной бета - спектрометрии.

ОЦЕНКИ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ПРИ ИЗМЕРЕНИЯХ РАДИОАКТИВНОСТИ

*В.В.Бабенко, А.С.Казимиров, А.Ф.Рудык
НПП «Атом Комплекс Прилад»*

Анализ данных об уровнях радиоактивного загрязнения контролируемых объектов в Украине, требования новых нормативных документов (НРБУ 97, ДР-97) и возможности наличных средств измерений показывают, что в подавляющем количестве измеряемых проб удельные активности будут существенно ниже допустимых уровней, а сами измерения будут проводиться в условиях дефицита чувствительности. Современные требования к точности и надежности вынуждают более строго подходить к количественной интерпретации результатов, полученных в условиях дефицита чувствительности, который неизбежен при измерении малых активностей.

В связи с этим повышается актуальность установления надежных пределов обнаружения и измерения активностей, а также закрепления их метрологического статуса. Это в первую очередь касается приборов и методов бета-спектрометрии, а также установок с низким и практически постоянным фоном.

В настоящей работе предлагается краткий обзор литературы, анализ используемых в радиометрии и прикладной спектрометрии критериев и способов оценки чувствительности при измерениях малых активностей, а также оригинальная методика экспериментального поиска реальных пределов обнаружения и измерения.

При интерпретации результатов наблюдений возможны два традиционных подхода: детерминистский и статистический. Допустимость того или иного подхода зависит от конкретных особенностей задачи. Статистический подход более реалистичен, особенно в случаях, если на уровне низкого фона измеряется активность, сопоставимая с фоном.

Минимально измеряемую активность (МИА), как правило, рассчитывают из аналитического выражения для статистической погрешности измерений:

$$A_{МИА} = \frac{p \left\{ p + \sqrt{p^2 + 4t\delta^2 [n_{\phi} + tD(n_{\phi})]} \right\}}{2t\delta^2 \varepsilon},$$

где p – квантили распределения погрешностей для заданной доверительной вероятности;

t – время измерения;

δ – доверительная относительная статистическая погрешность;

$D(n_{\phi})$ – дисперсия скорости счета фона;

ε – чувствительность (эффективность) измерительного прибора.

Полученный с помощью методов проверки статистических гипотез порог обнаружения полезного сигнала (для случая спектрометрии с высоким разрешением) имеет вид:

$$\rho^* = (K_{1-\alpha} + K_{1-\beta}) \sqrt{\frac{\rho_{\phi}}{t} \left(1 + \frac{b}{2l} \right)} + \frac{1}{4t} (K_{1-\alpha} + K_{1-\beta})^2 \left(1 + \frac{b}{2l} \right),$$

где $K_{1-\alpha}$, $K_{1-\beta}$ – квантили стандартного нормального распределения;

t – время измерения;

b – длина интересующей части спектра в зоне пика полного поглощения (каналы);

l - длина областей вблизи пика полного поглощения, используемых для определения фона (каналы);

ρ_{ϕ} – математическое ожидание скорости счета фона в пике полного поглощения;

α, β - вероятности ошибки первого и второго рода соответственно.

Предлагаемый метод экспериментального поиска реальных МИА основан на моделировании спектров смеси радионуклидов с заданными соотношениями их активностей. Он позволяет быстро и надежно определять пределы обнаружения и измерения активности на бета-спектрометрах типа СЕБ-01ХХ с пакетом программ АК1, что в свою очередь облегчает оптимизировать процесс анализа.

Об одной ошибке в интерпретации результатов серии измерений

А.О. Грубич

Институт ядерных проблем Белгосуниверситета

Несколько лет назад была опубликована нехарактерная для «Успехов физических наук» статья [1], в которой сообщалось о результатах более чем сорокалетних наблюдений необычного поведения флуктуаций в различных макроскопических системах - от биохимических до физических - и делались выводы о том, что наблюдаемые закономерности «являются проявлением фундаментальных физических свойств нашего мира» и «свидетельствуют о весьма общей космофизической (космогонической) причине феномена». Фактически авторы сообщили о наблюдении ряда феноменов, имеющих якобы место в экспериментальных исследованиях распределений случайных величин. Основные результаты получены при проведении многочисленных измерений числа импульсов, регистрируемых за равные интервалы времени при радиоактивном распаде. Например, авторами были проведены 15000 измерений числа импульсов от источника плутония-239, неподвижно укрепленного на полупроводниковом детекторе. Время каждого измерения равнялось 6 с, а наблюдаемое среднее значение интенсивности счета - 15 имп/с.

Выводы к которым пришли авторы [1] в результате почти полувекового исследования характеристик выборочных распределений (ВР) случайных величин, полученных в разнообразных экспериментах с макроскопическими системами (в измерении интенсивности счета радиоактивного препарата макроскопическими объектами являются счетный образец, детектор ионизирующего излучения и все применяемые электронные устройства) поистине замечательны:

1. Наблюдаемые отклонения ВР от теоретической функции распределения для бесконечной выборки не являются следствиями статистики, а отражают некоторые не замеченные до сих пор феномены в характере флуктуаций в макроскопических процессах.

2. Наблюдаются корреляции между ВР, полученными по результатам измерений на одной и той же установке через 24 часа, 27 суток и около 365 суток, - феномен «временной корреляции ВР».

3. Наблюдаются не нашедшие объяснения корреляции между ВР, полученными при проведении синхронных (одновременных) испытаний на разных экспериментальных установках (например, Пушино – Индийский океан). Причем наблюдаемые корреляции в синхронных экспериментах не зависят как от расстояния между установками, так и от объекта исследования, т.е. от природы наблюдаемой случайной величины, - феномен «синхронной корреляции ВР».

В докладе на основе экспериментальных данных нескольких серий измерений счетного образца стронция-90 показана одна из ошибок авторов [1], связанная с неправильной интерпретацией результатов измерений.

Литература

1. Шноль С.Э., Коломбет В.А., Пожарский Э.В. и др. О реализации дискретных состояний в ходе флуктуаций в макроскопических процессах. УФН, 1998. Том 168, № 10. С. 1129-1140.

Применение методов жидкостинтилляционной спектрометрии и перспективы их развития

Ермаков А.И., Малиновский С.В., Каширин И.А., Тихомиров В.А., Соболев А.И.

Проанализирован мировой опыт и современное состояние различных аспектов применения жидкостинтилляционных методов. Рассматриваются подходы, используемые при мониторинге окружающей среды, контроле технологии на радиационно-опасных объектах, исследованиях в области медицинской радиологии.

Показаны новые возможности метода при использовании современного программного обеспечения RadSpectraDec, разработанного в МосНПО«Радон», для «скрининга» различных объектов, т.е. идентификации присутствующих радионуклидов при анализе сложного спектра, а также при определении отдельных радионуклидов, таких как ^{89}Sr , ^{90}Sr , ^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{241}Pu , ^{210}Pb , ^{55}Fe , ^{63}Ni , и альфа-излучателей после соответствующих радиохимических выделений.

Работоспособность метода подтверждена анализом смесей с неизвестным радионуклидным составом, предоставленных независимыми экспертами, а также материалов с неизвестным содержанием радионуклидов в ходе выполнения профессиональных тестов для лабораторий, организованных МАГАТЭ.

Жидкостная сцинтилляционная спектрометрия. Аппаратура и современное математическое обеспечение.

*Малиновский С.В., Ермаков А.И., Каширин И.А., Тихомиров В.А., Соболев А.И.,
(МосНПО «Радон»)
Дорин А.Б. (Green Star)*

Представлен сравнительный анализ современных жидкостных сцинтилляционных счётчиков с точки зрения использования их как спектрометров, способных идентифицировать радионуклидный состав проб по их α -спектрам. Исследована применимость в качестве спектрометров ЖСС Quantilus (Wallac), TriCarb (Canberra), Triathler (Hidex) и отечественного прибора УДБТ-01 (Green Star).

Показаны проблемы, возникающие при математической обработке спектров и предлагаемые способы их решения.

Представлено разработанное программное обеспечение “RadSpectraDec”, позволяющее использовать жидкосцинтилляционные счётчики в качестве полноценных α -спектрометров. Приведены примеры обработки спектров контрольных и реальных проб, измеренные на различных ЖСС.

Особенности измерения объемной активности почвенного радона.

Кривашеев С.В. (ООО «НТМ-Защита»)

Доклад базируется на международном опыте измерений газа радона (^{220}Rn и ^{222}Rn) по результатам последних симпозиумов «Защита от радона».

По данным Американского Агентства по защите Окружающей Среды, вклад радона и его дочерних продуктов распада (ДПР) в общую дозу облучения человека составляет более 50%. Предполагается, что 20% всех случаев заболевания раком бронхов вызвано действием радона и его ДПР.

Основными источниками радона являются почва и строительные материалы. Радон может накапливаться в жилых домах, школах, офисах и других зданиях, а также в горных выработках. Радон свободно проникает сквозь слои почвы, попадает в здания и сооружения через трещины и отверстия в полу и основаниях стен. Источниками радона искусственного происхождения являются рудники, комбинаты по переработке полиметаллических руд, хранилища радиоактивных отходов.

^{222}Rn можно обнаружить везде, поскольку это очень подвижный газообразный радионуклид, и его «родительские» радионуклиды ^{238}U и ^{226}Ra присутствуют повсеместно в земной коре.

Измерения почвенного радона, как и плотности потока радона с поверхности почвы, позволяют построить карты «радонового потенциала» в том числе для предполагаемых участков строительства. С помощью коэффициентов пересчета «горная порода-содержание радона внутри помещений» по картам оценивают радоновую опасность внутри существующих и строящихся зданий и определяют их архитектуру. При определенном методологическом подходе эти данные позволяют прогнозировать землетрясения в сейсмоопасных районах.

Концентрация радона в почве зависит от метеорологических параметров таких, как атмосферное давление, количество осадков, температура почвы и скорость ветра. Считается, что при увеличении атмосферного давления концентрация радона в почве снижается, тогда как увеличение температуры приводит к возрастанию потока радона из почвы. Кроме этих параметров большое значение имеет геологическая структура местности, место и сезон измерения, характеристики почвы и период образования горного массива.

Многие доклады посвящены объединенным подходам к оценкам концентрации радона в почве, например, объединению геостатистического и эмпирического метода. Причем в качестве оценки «радонового потенциала» используется метод гамма-спектрометрии ДПР с размещением аппаратуры на летательном аппарате.

Источниками погрешностей при составлении карт для оценки риска, обусловленного высоким содержанием радона в помещении, являются непонимание специфики измерений в каждом конкретном случае, что приводит к неправильной интерпретации полученных данных.

«ВРЕМЕННОЙ ОТБОР С ПРИМЕНЕНИЕМ БЫСТРЫХ СОВПАДЕНИЙ ПРИ КОМПЕНСАЦИИ ФОНА ПРИРОДНЫХ АЛЬФА ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ В УСТРОЙСТВАХ КОНТРОЛЯ ТЕХНОГЕННОГО АЛЬФА - ЗАГРЯЗНЕНИЯ АЭРОЗОЛЕЙ»

В.Н. Домников¹, Л.С. Салтыков¹, Л.И. Слюсаренко¹, С.В. Шевченко²

¹ *Институт ядерных исследований НАНУ*

² *ГСП «Техноцентр» МЧС Украины*

Временной отбор с применением бета – альфа «псевдосовпадений» используется во многих мониторах текущих значений загрязнения воздуха трансурановых элементов (см., например, мониторы FNT 1600 ABRD Monitor, фирмы Canberra Industries, LB 150 фирмы ORTEC) с целью компенсации вариаций природного фона. В методе используется известная априорная информация о параметрах радиоактивного распада как фоновых ($^{212,214}\text{Bi}$; $^{212,214}\text{Po}$), так и техногенных альфа – излучающих радионуклидов. Последовательный бета-альфа распад $\text{Bi} \rightarrow \text{Po} \rightarrow \text{Pb}$ как “ториевой”, так и “урановой” цепочек распада происходит относительно быстро (более 95% $^{214}\text{Bi} \rightarrow ^{210}\text{Pb}$ и практически 100% $^{212}\text{Bi} \rightarrow ^{208}\text{Pb}$ за время 700- 800 мкс), в то время как распад основных ТУЭ не сопровождается испусканием сопутствующей бета – частицы. Таким образом, при отборе случаев последовательной регистрации бета и альфа частиц в интервале 700 – 800 мкс (отбор с применением «псевдосовпадений») с большой степенью вероятности производится регистрация части фоновых альфа распадов. Полученный при этом условии «чистый» фоновый альфа - спектр используется при дальнейшей обработке данных суммарного (фон + сигнал) спектра альфа –частиц, накопленного при условии отсутствия псевдосовпадений. Метод «псевдосовпадений» однако не позволяет разделить вклад в фон отдельных ($^{214}\text{Bi} \rightarrow ^{210}\text{Pb}$ и $^{212}\text{Bi} \rightarrow ^{208}\text{Pb}$) фоновых составляющих. Соответственно, вариации соотношения продуктов распада ^{220}Rn и ^{222}Rn приводят при измерениях к дополнительной погрешности результатов.

Применение дополнительного отбора на быстрых совпадениях дает возможность разделить вклад обеих цепочек распада, в т.ч. оценить вклад в фон альфа – частиц распада ^{212}Bi имеющих энергию практически в области энергий ТУЭ. В работе дано статистическое описание метода и рассмотрены варианты его приборной реализации.

Опыт использования спектрометра ORTEC с детектором ОЧГ в ЦГСЭН в Алтайском крае.

*Борисов В.П., Канаков Б.Н., Салдан И.П.
Центр госсанэпиднадзора в Алтайском крае.*

Полупроводниковые детекторы гамма-излучения используются в практике работы отделов радиационной гигиены центров госсанэпиднадзора как правило в составе лабораторных спектрометров. В ЦГСЭН в Алтайском крае эксплуатируется мобильный гамма-спектрометр на основе детектора из особоочистого германия фирмы ORTEC, который может применяться как в качестве лабораторного так и для прямых (*in situ*) гамма-спектрометрических измерений на местности.

Метод прямых гамма-спектрометрических измерений может использоваться для качественной и количественной оценки плотности загрязнения местности техногенными радионуклидами, удельной активности природных радионуклидов в грунте, вклада различных радионуклидов в значение мощности дозы гамма-излучения на местности. Мы имеем опыт проведения таких измерений, в частности, проводились измерения на некоторых участках уникальных ленточных боров в Алтайском крае.

Количественная оценка плотности загрязнения радионуклидами (или удельной активности) по результатам прямых измерений может проводиться при помощи дополнительного программного обеспечения фирмы-производителя (если оно имеется) или с использованием обобщенных параметров детектора [1]. На точность результатов существенно влияет качество имеющейся информации о распределении радионуклидов в почве по глубине.

Выражаем благодарность Бутурлину В.И. (Pribory Oy) за технические консультации по использованию гамма-спектрометра.

1. 1. Стандарт МЭК: IEC 61275 “*In situ* photon spectrometry system using a germanium detector” (1997)

Контроль газоаэрозольных радиоактивных выбросов в ГНЦ НИИАР.

Ельцин В.Ф., Крайнов Е.В., Усольцев В.Ю.
ГНЦ РФ НИИАР,
433510, г. Димитровград-10, Ульяновская область, Россия
тел/факс: (84235) 6-55-42, E-mail: uvu@niiar.ru

Государственный научный центр НИИАР представляет собой комплекс реакторных установок, горячих материаловедческих камер, установок переработки ядерного топлива и других технологических объектов, связанных с использованием радиоактивных веществ. Выбросы радиоактивных веществ в атмосферу при работе такого объекта неизбежны. Поэтому для снижения радиоактивных выбросов необходимо обеспечить измерение содержания радиоактивных веществ непосредственно в выбрасываемый через вентиляционную трубу института газоаэрозольной смеси.

В институте действует система контроля активности радиоактивных газоаэрозольных выбросов, включающая отбор и доставку представительных проб выброса к средствам измерений (рис. 1) и информационно-измерительную систему, объединяющую измерительные рабочие станции (аппаратно-программные измерительные комплексы), рабочие места специалистов (начальники служб РБ, начальники объектов, аналитики, администратор базы данных выбросов).

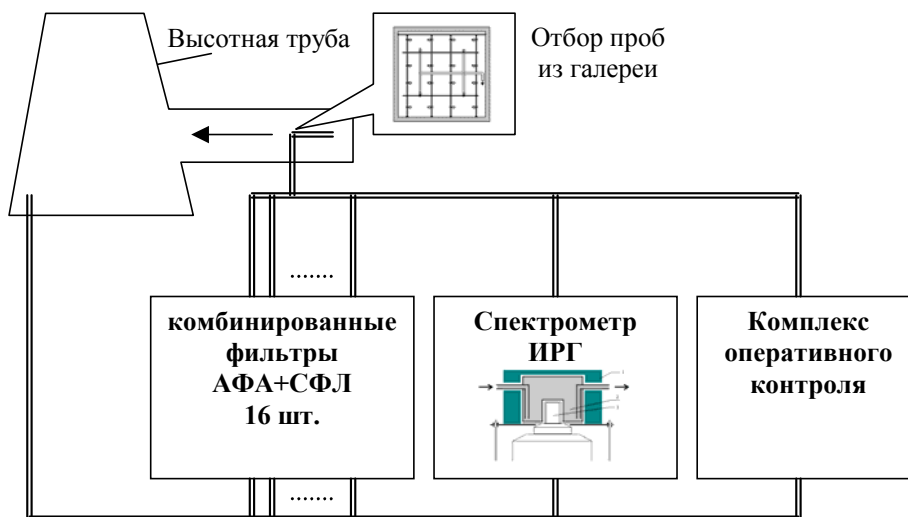


Рис. 1. Схема контроля радиоактивных газоаэрозольных выбросов ГНЦ НИИАР.

Активность аэрозолей и йода, осевших на комбинированные фильтры, измеряют ежедневно гамма-спектрометрическим методом в лабораторных условиях с использованием полупроводникового детектора. Комбинированные фильтры состоят их двух: фильтров: АФА-РСП-20 (АФА-РМП-20) с фильтрующим элементом типа ЛФС-2 и СФЛ-2И-50 типа СФЛ (сорбционно-фильтрующая йодная лента).

Активность бета и альфа-излучателей определяют радиохимическим методом в накопленных за месяц фильтрах.

Для определения активности ИРГ в выбросах используется «проточный» гамма-спектрометр. Он состоит из детектора из ОЧГ, помещенного в проточную измерительную

емкость. Вокруг емкости имеется свинцовая защита специальной конфигурации. Спектрометр работает в режиме непрерывного отбора пробы и квазинепрерывном режиме измерений (экспозиция - 1 час) под управлением специализированного программного обеспечения, обеспечивающего постоянный контроль нуклидного состава и активности газовых выбросов в автоматическом режиме. Результаты контроля хранятся в базе данных и являются доступными всем, имеющим право доступа к этим данным. В настоящее время заканчивается отработка методики выполнения измерения активности аэрозолей с помощью такого же спектрометра, только проба воздуха прокачивается не через измерительную емкость, а через комбинированный фильтр, который 1 раз в сутки меняют и измеряют в лабораторных условиях. Таким образом получают результаты измерений 1 раз в час.

Стационарный комплекс оперативного контроля выбросов предназначен для регистрации круглосуточно в автоматическом режиме суммарной активности радиоактивных газов, альфа-, бета-аэрозолей и паров йода-131 в выбросах института радиометрическим методом с помощью блоков и устройств детектирования БДГБ-02П, УДАС-03П, УДАС-02П комплекса «Орешник» и датчиков ФД-08 из состава применявшейся ранее стационарной системы УСИТ-1. Комплекс работает под управлением программного обеспечения и обеспечивает выполнение всех необходимых функций по измерению, отображению результатов и диагностике технических средств. Результаты контроля по каждой точке сохраняются в локальной базе данных на управляющем компьютере и на сервере баз данных единой системы КРБ НИИАР с периодичностью 1 раз в минуту. Эти данные также доступны специалистам в корпоративной вычислительной сети предприятия.

Методики пробоотбора, выполнения измерений активности в пробах(на фильтрах) и методики расчета активности выброса радиоактивных нуклидов в атмосферу аттестованы в установленном порядке. Центр радиационного контроля газоаэрозольных выбросов ГНЦ НИИАР аккредитован в системе Госстандарта РФ.

Информационная система контроля выбросов централизованной системы РК предприятия в НИИАР построена на основе двухзвенной архитектуры «клиент-сервер» с применением сервера баз данных. Программное обеспечение серверов и рабочих станций, состоящее из системного ПО и приложений, обеспечивает всю функциональность контроля и объединение всех источников и потребителей информации о выбросах в одну систему.

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ. Использование сканирующего гамма-спектрометра.

*Авторы: Андреев В.В., Заграй А.И.,
ГСП "Чернобыльская АЭС"*

Метод гамма-сканирования является одним из частных случаев применения коллимированных детекторов ионизирующего излучения, принцип действия которых основан на измерении излучения из некоего ограниченного стенками коллиматора телесного угла (рис 1.). При этом возможно, расположив детектор на некотором удалении от пространственного источника излучения, определить его границы и характеристики радиоактивного загрязнения.

Можно показать, что для равномерно загрязненной бесконечной поверхности, расположенной нормально к оси коллиматора, скорость счета импульсов излучения не зависит от расстояния и пропорциональна только поверхностной активности радионуклидов, т.е.

$$\frac{dN}{dt} \sim A_s$$

В силу этого обстоятельства, такой детектор может быть использован для дистанционного измерения радиоактивного поверхностного загрязнения помещений и оборудования.

При неравномерном загрязнении исследуемой поверхности скорость счета будет пропорциональна средней поверхностной активности нуклидов на той части поверхности, которая попадает в зону исследования детектора. Уменьшая угол раскрытия коллиматора, можно достичь более точного определения границ радиоактивного загрязнения (улучшить разрешающую способность). Однако, при этом ухудшается отношение сигнал/шум, т.е. увеличивается погрешность измерения поверхностной активности.

Конечно, на точность измерений влияет и наличие так называемой "серой зоны", излучение из которой попадает только в ограниченную часть детектора, а также то, что исследуемая поверхность не всегда является плоскостью, нормально расположенной к оси коллиматора.

Для того, чтобы определить точные границы зон загрязнения, обычно используют метод сканирования, который заключается в последовательном, с заданным шагом, перемещении зоны, просматриваемой детектором, по контролируемой поверхности.

На практике такой способ анализа характеристик излучения представляет большой интерес, т.к. позволяет сделать как качественную, так и количественную оценки геометрии исследуемого источника ионизирующего излучения. Разработкой приборов, использующие коллимированный детектор для гамма-сканирования, занимались как ведущие зарубежные фирмы, так и некоторые НИИ Украины и России. Например, Институт ядерных исследований им. Курчатова РАН успешно использовал в 90-х годах гамма-сканер собственной разработки на объекте "Укрытие".

В декабре 1998г. компания BNFL Instruments Ltd передала цеху РБ Чернобыльской АЭС установку **RADSCAN 700**, в которой коллимированный детектор сочетается с другими современными методами исследования, такими как лазерный дальномер и видеокамера. Это

позволило создать комплекс, который может не только оценить активность ИИИ, но и визуально определить его местонахождение и геометрию.

Прибор **RADSCAN 700** состоит из инспекционной головки, в которой находится коллимированный детектор на основе фотодиода, видеокамера и дальномер, и пульта управления на основе промышленной ПЭВМ на базе процессора Pentium (рис. 2).

Инспекционная головка (рис.3). может быть удалена от оператора на значительное расстояние (до 100 м), что позволяет снизить воздействие ионизирующего излучения на оператора. Специальное устройство позволяет дистанционно управлять движением инспекционной головки с пульта управления (рис.4) и направлять коллиматор детектора на интересующий объект. Контроль положения головки осуществляется телеметрически и визуально посредством видеокамеры. Процесс измерения фиксируется на видеомониторе и в цифровом виде на магнитном накопителе ПЭВМ.

Прибор позволяет с безопасного расстояния обнаружить источники гамма-излучения и просмотреть их характеристики в цветном изображении в реальном времени. Угол коллимации детектора может быть установлен в значениях 9°, 4° и 2°. Детектор на основе CsI(Tl) является спектрально чувствительным, а программа обработки измерений позволяет выделить в наблюдаемом спектре излучения до трех областей интереса, соответствующих различным радионуклидам. Полученные данные могут быть представлены в виде оверлея "горячих точек" на видеоизображение контролируемой области, а также в виде двумерных диаграмм программного обеспечения Excel.

Серьезным достоинством прибора является то, что персонал находится в зоне повышенного уровня гамма-излучения только в период операций по монтажу-демонтажу инспекционной головки (около 10 мин.). Это позволяет значительно снизить радиационный риск при обследовании "горячих зон". Снижает дозозатраты и то, что сведения о "горячих точках" могут быть получены сканером с безопасного расстояния (до 30 м), в том числе и от участков, доступ к которым затруднен, например, из-за высоты.

Результаты, полученные еще в период опытной эксплуатации и обучения персонала, показали перспективность применения гамма-сканера при осуществлении радиационного контроля на АЭС. Так, при обследовании центрального зала 1-го энергоблока, находящегося в режиме вывода из эксплуатации, было обнаружено локальное радиоактивное загрязнение крышки кабины РЗМ, не замеченное при традиционном обследовании. В период 1999-2000гг сканер успешно использовался для контроля радиационной обстановки и поиска источников гамма-излучения в центральном зале 3-го энергоблока (где, в частности было показано отсутствие "прострелов" на плато реактора в энергетическом режиме), а также в некоторых помещениях 1-го энергоблока, где производилось комплексное инженерное и радиационное обследование состояния оборудования и систем.

В качестве примера использования гамма-сканера для определения внутреннего загрязнения трубопроводов и оборудования можно привести снимки, полученные при сканировании оборудования контура многократной принудительной циркуляции теплоносителя. На рис. 5-6 показаны результаты обследования мультигидроциклона одного из главных циркуляционных насосов 1-го энергоблока. На фото видно, что максимальное загрязнение мультигидроциклона наблюдается в районе примыкания выпускного патрубка, где образуется застойная зона, в которой осаждаются радиоактивные продукты коррозии. Последующее обследование с помощью переносного дозиметра также подтвердило наличие этой точки, мощность дозы гамма-излучения от которой достигает 0,5 Р/час на расстоянии 0,1 м.

Аналогичные застойные зоны с повышенным уровнем загрязнения внутренней поверхности наблюдались и на других участках контура (рис. 7-8).

Применение **RADSCAN 700** при сканировании загрязнения радиоизотопами хранилища твердых отходов (ХТО) дало возможность судить о характере заполнения хранилища радиоактивными отходами (рис. 9-12). Его применение оказалось удобным из-за способности сканера фиксировать источники излучения через какие-либо преграды (стены, перегородки, изоляцию и т.д.). Надо отметить, что интерпретация данных гамма-сканирования требует большой осторожности. Так, наблюдаемая "горячая точка" может быть следствием как дефекта защиты, так и результатом её поверхностного загрязнения.

Основываясь на опыте эксплуатации установки **RADSCAN 700** можно сделать вывод о следующих направлениях его дальнейшего использования на ЧАЭС и других предприятиях.

Вид работы	Решаемые задачи
Проведение обследования помещений и оборудования при подготовке к ремонту или демонтажу оборудования.	<ul style="list-style-type: none"> ○ ○ выявление источников ионизирующего излучения, вносящих основной вклад в облучение персонала. ○ ○ определения порядка проведения работ ○ ○ выбор необходимых мер по защите персонала ○ ○ оценка эффективности мероприятий по защите персонала ○ ○ подготовка материалов для инструктажа персонала по безопасному проведению работ.
Контроль состояния хранилищ и захоронений РАО	<ul style="list-style-type: none"> ○ ○ оценка распределения РАО и отдельных изотопов внутри хранилищ или захоронений; ○ ○ изучение процессов поведения РАО в процессе хранения; ○ ○ оценка эффективности защиты от излучения РАО.
Оценка состояния защиты от излучения на радиационно-опасных объектах.	<ul style="list-style-type: none"> ○ ○ выявление прострелов излучения через дефекты защиты; ○ ○ оценка однородности материала защиты.
Поиск утерянных источников ИИИ.	Обнаружение ИИИ в помещениях со сложным радиационным полем.

Достоинства и недостатки использования гамма-сканера по сравнению с традиционными методами радиационного контроля.

+	-
<ul style="list-style-type: none"> ● □ снижение дозозатрат персонала, производящего радиационный 	<ul style="list-style-type: none"> ● □ геометрические ограничения возможностей прибора;

<p>контроль;</p> <ul style="list-style-type: none"> • <input type="checkbox"/> возможность обследования удаленных частей оборудования и помещений; • <input type="checkbox"/> представление информации в графическом и визуальном виде; • <input type="checkbox"/> возможность определения спектрального состава излучения; • <input type="checkbox"/> возможность контроля отдельных нуклидов. 	<ul style="list-style-type: none"> • <input type="checkbox"/> длительность проведения обследования; • <input type="checkbox"/> сложность интерпретации измерений в единицах мощности дозы; • <input type="checkbox"/> необходимость дополнительных исследований для интерпретации результатов; • <input type="checkbox"/> необходимость проведения измерений с различных точек.
---	---

Следует отметить, что отсутствие специальных грузоподъемных механизмов для доставки тяжелых компонентов оборудования во многие помещения сдерживает широкое использование гамма-сканера на ЧАЭС, ведь вес инспекционной головки в сборе с устройством поворота - примерно 100 кг, а пульта оператора - около 70 кг.

На этапе вывода из эксплуатации энергоблока № 3 ЧАЭС, гамма-сканер может оказаться очень полезным для оценки радиоактивного загрязнения оборудования и распределения радионуклидов по отдельным основным и вспомогательным системам реактора.

В настоящее время специалистами BNFL совместно с нами производится модернизация гамма-сканера, предусматривающая оснащение прибора более мощной моделью дальномера и источником освещения, позволяющая улучшить как качественные характеристики прибора, так и облегчить подготовку помещений к проведению измерений.

Модернизация будет закончена к декабрю 2001г., после чего цех РБ готов возобновить работы по радиационному сканированию.

Мы думаем, что на других АЭС Украины приборы радиационного сканирования, подобные **RADSCAN**, могут быть полезны в первую очередь для проведения радиационного обследования помещений ограниченного пребывания персонала при подготовке энергоблоков к ремонту и при выводе энергоблоков из эксплуатации.

Использование гамма-сканирования позволит снизить дозы облучения персонала, производящего радиационный контроль, и получить документированные данные, необходимые для планирования работы и ограничения дозовых нагрузок ремонтного персонала.

Кроме того, этот метод может быть использован при проведении радиационного контроля объектов на территории промплощадок АЭС и обследовании мест временного захоронения и складирования радиоактивных отходов.

Анализ проведения гамма - спектрометрических исследований лабораториями отделов радиационной гигиены ЦГСЭН г. Москвы.

ЦГСЭН в г. Москве. Охрименко С.Е., Петрова Т.Б., Казаров В.Н.

Лабораторный контроль, проводимый специалистами Центров ГСЭН в г. Москве, определяется номенклатурой и нормируемыми уровнями содержания радионуклидов, что определяется нормативными документами и прежде всего НРБ-99, ОСПОРБ-99. Основные направления исследований следующие: пробы окружающей среды, пищевые продукты, строительные материалы, исследования рабочих мест методом мазков, древесина и изделия из дерева. Для проведения вышеперечисленных измерений лаборатории оснащены гамма - спектрометрами на основе сцинтилляционных детекторов и бета-спектрометрами с общей программой обработки «Спектр», «Прогресс».

Лаборатория городского центра является арбитражной и оснащена двумя гамма-спектрометрами (HPGD фирмы «Силена» и «Балтикинструмент») с разными программами обработки спектров для исключения случайных и систематических ошибок. Помимо «рутинных» измерений в городской центр поступают пробы с неизвестным радионуклидным составом (непредсказуемые пробы), доставляемые с мест локальных аварийных ситуаций.

Требования к гамма-спектрометрам лабораторных центров округов просты: 1. Стабильность работы аппаратуры и программы, что гарантирует хорошую повторяемость данных. 2. Невысокие погрешности измерения при рутинных измерениях. 3. Простота использования программы, так как исследования проводят штатные сотрудники, а не профильные специалисты. 4. Встроенная база данных.

В докладе представлен анализ стандартных ошибок, допускаемых в работе лабораторий. Основные ошибки возникают при пробоподготовке: взвешивание лёгких проб на торговых весах, нарушение геометрии. Кроме того, смешивание проб с разной активностью, без предварительного измерения каждой пробы и однократное измерение проблемных проб. При случайном сбое аппаратуры ошибка не выявляется.

В связи со значительным увеличением количества измерений в лабораториях округов, наиболее актуальным стал вопрос о систематизации измерений, т.е. необходимы программы с усовершенствованными базами данных измерений, в которых предусмотрена возможность не только делать необходимые выборки, но и проводить статистическую обработку данных. Необходимо увеличивать количество аттестуемых геометрий, а нижний предел обнаружения уменьшать.

Перспектива развития гамма-спектрометрических методов исследования в отделах радиологии ЦГСЭН - полупроводниковая спектрометрия. Однако, в настоящее время себестоимость аппаратуры и программного обеспечения настолько велика, что приобретение, замена блоков, ремонт и т.д. в госучреждениях практически невозможно.