

X Международное совещание

**ПРОБЛЕМЫ ПРИКЛАДНОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ И РАДИОМЕТРИИ  
ППСР-2007**

*Тезисы докладов*

Колонтаево, Россия  
2007 г.

## **ОРГКОМИТЕТ**

<i><b>В.Н. Даниленко - председатель</b></i>	ООО «ЛСРМ», п. Менделеево, Россия
<i><b>Е.И. Зайцев</b></i>	ЗАО НПЦ «Аспект», г. Дубна, Россия
<i><b>А.С. Казимиров</b></i>	НПП «АКП», г. Киев, Украина
<i><b>В.А. Кожемякин</b></i>	УП «Атомтех», г. Минск, Беларусь
<i><b>С.В. Кривашеев</b></i>	ООО «НТМ - Защита», г. Москва, Россия
<i><b>М.П. Мурашова</b></i>	ФГУП «АЭХК», г. Ангарск, Россия
<i><b>А.А. Семочкин</b></i>	ОАО «МСЗ», г. Электросталь, Россия
<i><b>А.Д. Соколов</b></i>	BSI Ltd., г. Рига, Латвия
<i><b>В.А. Тихомиров</b></i>	ГУП МосНПО «Радон», г. Москва, Россия
<i><b>И.Г. Толпекин</b></i>	НТЦ «Экспертцентр», п. Менделеево, Россия
<i><b>И.А. Харитонов</b></i>	ФГУП "ВНИИМ им. Д.И. Менделеева", г. Санкт-Петербург, Россия
<i><b>В.С. Хрунов</b></i>	ФГУП «ИФТП», г. Дубна, Россия
<i><b>А.В. Черненко</b></i>	ОАО «ТВЭЛ», г. Москва, Россия

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ИЗМЕРЕНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ В ПРОБАХ ПОЧВЫ С ПОМОЩЬЮ СПЕКТРОМЕТРА СЭБ-01-150 .....</b>	<b>6</b>
<i>Алешин Д.В., Малиновский С.В., Каширин И.А., Тихомиров В.А. ГУП МосНПО «Радон»</i>	
<b>К ВОПРОСУ О МЕТОДИКЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИНИМАЛЬНОЙ ИЗМЕРЯЕМОЙ АКТИВНОСТИ...7</b>	
<i>Андреев В.С., Викторов Л.В., Денисов Е.И., Петров В.Л., Шеин А.С. Уральский государственный технический университет – УПИ</i>	
<b>КОМПЛЕКСЫ СПЕЦИАЛЬНОГО РАДИАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ СЕРИИ «СОРАТНИК».....8</b>	
<i>В.С.Андреев, Л.В.Викторов, ***В.Г.Гребняк, ***В.И.Карпов, А.В.Кружалов, А.Л.Крымов, *Д.И.Кудашов, Г.А.Кунцевич, В.Л.Петров, В.А.Пустоваров, Д.В.Райков, * Ю.Р.Сафин, **В.В.Соколкин, А.С.Шеин, Б.В.Шульгин Уральский государственный технический университет – УПИ, *ФГУП «Завод точной механики», **357 ПЗ МО РФ, г.Екатеринбург, ***в/ч 31600, г.Москва</i>	
<b>МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ НОСИМЫЕ СПЕКТРОМЕТРЫ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ МКС-АТ6101 И МКС-АТ6102. ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ РЕШЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ЗАДАЧ РАДИАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ .....</b>	<b>9</b>
<i>Антонов В.И., Быстров Е.В., Гуринович В.А., Кожемякин В.А., Петров В.И., Тищенко С.Н., Шульгович Г.И. УП «АТОМТЕХ», г. Минск, Беларусь</i>	
<b>ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ РАДИАЦИОННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ .....</b>	<b>10</b>
<i>Бабенко В.В., Казимиров А.С. ООО «Научно-производственное предприятие "АТОМКОМПЛЕКСПРИЛАД", г. Киев, Украина</i>	
<b>МСС 3D - ПРОГРАММА ДЛЯ ИМИТАЦИОННОГО ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ И РЕГИСТРАЦИИ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ НА БАЗЕ РАЗВИТОГО ГРАФИЧЕСКОГО ИНТЕРФЕЙСА .....</b>	<b>11</b>
<i>Багаев К.А., Козловский С.С., Новиков И.Э ЦНИИ РТК, г. Санкт-Петербург</i>	
<b>ПРИМЕНЕНИЕ СПЕКТРОМЕТРА АЛЬФА-ИЗЛУЧЕНИЯ СЕА-2К ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАДИОНУКЛИДНОГО СОСТАВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАСТВОРОВ.....</b>	<b>12</b>
<i>Барков И.П., Газизов И.М., Хрунов В.С. ФГУП «ИФТП», г.Дубна, Россия Наумов В.Н., Киселева Е.С. ФГУП «ПО «Маяк», г.Озерск, Россия</i>	
<b>ИНТЕГРИРОВАННАЯ СРЕДА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГАММА-СПЕКТРОВ.....</b>	<b>13</b>
<i>Берлизов А.Н. ИЯИ, г. Киев, Украина Даниленко В.Н., Ковальский Е.А., Скубо Ю.В., Соловьева С.Л. ООО «ЛСРМ», п. Менделеево</i>	
<b>О ПРИМЕНЕНИИ ЭЛЕКТРОННОГО ЭМУЛЯТОРА СПЕКТРОМЕТРОВ ГАММА-1С/НВ И СКС-50М В ОБУЧЕНИИ.....</b>	<b>14</b>
<i>А.В.Борисенко, В.В.Темченко (ВФ РТА, г. Владивосток), В.А.Гайфутдинов, Ю.П. Назаров (СПбФ РТА, г. Санкт-Петербург), Н.Э.Кравченко, И.Н.Банных (ФТС России, г. Москва), В.Н.Даниленко, С.Л.Соловьева (ООО «ЛСРМ», п. Менделеево)</i>	
<b>ПРИМЕНЕНИЕ СЦИНТИЛЛЯЦИОННОГО ГАММА-СПЕКТРОМЕТРА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ТЕЧИ ИЗ 1-ГО ВО 2-Й КОНТУР АЭС С ВВЭР В СИСТЕМЕ SGLM 201 MGP INSTRUMENTS. МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ.....</b>	<b>15</b>
<i>Виженский С.А., Киселев А.В., Пономарев М.С. Компания «Ристек»- Представительство MGP Instruments в России</i>	
<b>ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СЕМЕЙСТВА «SPECTRALINE». КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА .....</b>	<b>16</b>
<i>Даниленко В.Н., Ковальский Е.А., Скубо Ю.В., Соловьева С.Л., Федоровский С.Ю., Юферов А.Ю. ООО «ЛСРМ», п. Менделеево</i>	
<b>СИСТЕМА РАДИАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, ВКЛЮЧАЮЩАЯ В СЕБЯ ВОЗДУШНЫЙ, НАЗЕМНЫЙ И ПОДВОДНЫЙ МОБИЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ РАДИАЦИОННОЙ РАЗВЕДКИ .....</b>	<b>17</b>
<i>Демченков В.П., Новиков И.Э. ЦНИИ РТК, г. Санкт-Петербург</i>	
<b>ГАММА-СПЕКТРОМЕТРЫ НА ОСНОВЕ СЖАТОГО КСЕНОНА, ИХ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ .....</b>	<b>18</b>
<i>В.В. Дмитренко, К.Ф. Власик, В.М. Грачев, А.Г. Духвалов, С.Е. Улин, З.М. Утешев, И.В. Чернышева</i>	

*Московский инженерно-физический институт (государственный университет)*

<b>ГАММА-РАДИОМЕТР РКГ-АТ1320 СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОГО ТИПА. КОНТРОЛЬ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ПО ISO 5725 .....</b>	<b>19</b>
<i>Довжук М.Н., Жуковский А.И., Кожмякин В.А., Шульгович Г.И. УП «АТОМТЕХ», г. Минск, Беларусь Макаревич В.И., РУП «БелГИИМ», г. Минск, Беларусь</i>	
<b>РАЗРАБОТКА ВЫСОКОТОЧНЫХ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ АКТИВНОСТИ В-ИЗЛУЧАЮЩИХ РАДИОНУКЛИДОВ ПО ИЗЛУЧЕНИЮ ЧЕРЕНКОВА.....</b>	<b>20</b>
<i>Ю. В. Дубасов, С. А. Пахомов, Я. С. Сеньшин НПО «Радиовый институт им. В.Г.Хлопина», С.-Петербург Ю. В. Кулишов, Ю. А. Дубовцев ФГУП «ПО «МАЯК», г. Озерск С. В. Сэлман ФГУП «ВНИИМ им. Д.И.Менделеева», С.-Петербург</i>	
<b>ГАММА-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМНОЙ АКТИВНОСТИ ДОЧЕРНИХ ПРОДУКТОВ РАСПАДА ТОРОНА В ВОЗДУХЕ .....</b>	<b>21</b>
<i>А.А. Екидин Институт промышленной экологии УрО РАН</i>	
<b>ЖС-СПЕКТРОМЕТРИЯ В СИСТЕМЕ РАДИОАНАЛИТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ГУП МОСНПО «РАДОН».....</b>	<b>22</b>
<i>Ермаков А.И., Каширин И.А., Малиновский С.В., Тихомиров В.А., Соболев А.И. ГУП Мос НПО «Радон»</i>	
<b>ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗМЕРЕНИЕ ГЛУБИНЫ ВЫГОРАНИЯ ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС .....</b>	<b>23</b>
<i>Зайцев В.Н. Лаборатория ядерных материалов и гарантий отдела ядерной безопасности, Чернобыльская АЭС</i>	
<b>УСТРОЙСТВО ИДЕНТИФИКАЦИИ РАДИОНУКЛИДОВ ПРЕГРАДА-01А.....</b>	<b>24</b>
<i>Иванов А.И., Пугачев А.Н., Савушкин А.Г., Мазный Н.Г., Усманов Р.Р., Хвастунов М.М. ЗАО НПЦ «Аспект», г. Дубна</i>	
<b>УСТРОЙСТВА ДЕТЕКТИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ КРИСТАЛЛОВ БРОМИДА ЛАНТАНА ЛЕГИРОВАННЫХ ЦЕРИЕМ LAVR<sub>3</sub>(СЕ).....</b>	<b>25</b>
<i>Иванов А.И., Пугачев А.Н., Савин В.М., Сидоров В.Т. ЗАО НПЦ «Аспект», г.Дубна</i>	
<b>КОНТРОЛЬ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЯДЕРНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА .....</b>	<b>26</b>
<i>Казимиров А.С., Казимирова Г.Ф., Мартынюк Л.Б., Черный Е.В. ООО Научно-производственное предприятие «АТОМКОМПЛЕКСПРИЛАД», г. Киев, Украина</i>	
<b>МЕТОДИЧЕСКОЕ И ПРИБОРНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ. ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА АЭС УКРАИНЫ.....</b>	<b>27</b>
<i>Казимиров А.С., Исаев А.Г. ООО Научно-производственное предприятие «АТОМКОМПЛЕКСПРИЛАД», г. Киев, Украина</i>	
<b>РАЗРАБОТКА НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РАДИОМЕТРИЧЕСКИХ ДЕТЕКТОРОВ НА ОСНОВЕ ZNS (AG) .....</b>	<b>28</b>
<i>Кожмякин В.А., Оболонский Д.И., Соболев А.С., Шульгович Г.И. УП «АТОМТЕХ», г. Минск, Беларусь Аншаков О.М., Соколов В.Г., Уголев И.И. УО «Белорусский государственный университет», г. Минск, Беларусь</i>	
<b>ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА РАДИОИЗОТОПНОГО ТОЛЩИНОМЕРА.....</b>	<b>29</b>
<i>Лизунов Е.М., Мазный Н.Г., Петров Н.В., Сидоров В.Т. ЗАО НПЦ «Аспект», г. Дубна</i>	
<b>ПОДХОДЫ К ФОРМИРОВАНИЮ БИБЛИОТЕК МОДЕЛЬНЫХ СПЕКТРОВ ЖИДКОСЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ СПЕКТРОМЕТРОВ.....</b>	<b>30</b>
<i>Малиновский С.В., Каширин И.А., Ермаков А.И., Тихомиров В.А., Соболев А.И. ГУП Мос НПО «Радон»</i>	
<b>ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ЭМАНИРОВАНИЯ ПОЧВ И ГРУНТОВ .....</b>	<b>31</b>
<i>П.С. Микляев*, Т.Б. Петрова** *Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, ** МГУ им. М.В.Ломоносова</i>	
<b>О НОВОМ СПОСОБЕ ОБНАРУЖЕНИЯ И ИЗМЕРЕНИЯ ПОТОКОВ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ.....</b>	<b>32</b>
<i>Мосяж В.М.</i>	
<b>ИНТЕРАКТИВНЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ ПО РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ.....</b>	<b>33</b>
<i>Нозик М.Л. Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору</i>	

<b>АНАЛИЗ СООТНОШЕНИЯ ОБЪЕМНОЙ АКТИВНОСТИ <math>^{7}\text{Be}</math> И <math>^{212}\text{Pb}</math> В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ .....</b>	<b>34</b>
<i>Т.Б. Петрова*, П.С. Микляев**</i>	
<i>*МГУ им. М.В.Ломоносова, **Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН</i>	
<b>ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМЫЙ МОДУЛЬ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ (ORTEC -INTERCHANGEABLE DETECTOR MODULE IDM) КУЛЬМИНАЦИЯ ОЧГ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ И ИДЕНТИФИКАЦИИ ГАММА-ИЗЛУЧАЮЩИХ РАДИОНУКЛИДОВ .....</b>	<b>35</b>
<i>Пономаренко А.В.</i>	
<i>Pribori Oy</i>	
<b>THERMO FISHER SCIENTIFIC: ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ДЕТЕКЦИИ РАДИАЦИИ, ДОЗИМЕТРИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ И МОНИТОРИНГА.....</b>	<b>37</b>
<i>Прокопенко А. Ю., Снегирев Б. В.</i>	
<i>ООО «КОНВЕЛС», г. Москва</i>	
<b>РАДИАЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ В РАЙОНЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ РОВЕНСКОЙ АЭС.....</b>	<b>38</b>
<i>Романенко А.Н.</i>	
<i>Ровенская АЭС, г. Кузнецовск</i>	
<b>ОПЫТ ГАММА-СЪЕМКИ И СОЗДАНИЯ КАРТЫ-СХЕМЫ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МЭД ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ Г. АНГАРСКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АВТОМОБИЛЬНОГО ГАММА-СПЕКТРОМЕТРА «АВТО-ГАММА 2ХС».....</b>	<b>39</b>
<i>О.В.Садовская, В.В.Синицкий, Б.П.Черняго, Э.А.Минаев</i>	
<i>ФГУП «Иркутский специализированный комбинат радиационной безопасности «Радон»</i>	
<b>ЦИФРОВЫЕ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССОРЫ РАЗРАБОТКИ НПЦ «АСПЕКТ».....</b>	<b>40</b>
<i>Салион А.Г., Сидоров В.Т.</i>	
<i>ЗАО НПЦ «Аспект», г. Дубна</i>	
<b>ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ МИГРАЦИИ И АККУМУЛЯЦИИ <math>\text{Cs-137}</math> В ГОРОДСКИХ ЛАНДШАФТАХ .....</b>	<b>41</b>
<i>Селезнев А.А., Ярмошенко И.В., Екидин А.А.</i>	
<i>Институт промышленной экологии УрО РАН</i>	
<b>ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ГАДОЛИНИЯ В ТКАНЕЭКВИВАЛЕНТНОМ МАТЕРИАЛЕ МЕТОДОМ РФА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НЕЙТРОННО-ЗАХВАТНОЙ ТЕРАПИИ.....</b>	<b>42</b>
<i>А.С.Серебряков, И.И.Малых, А.П.Мороз, В.И.Кудряшов, В.Ю.Торопов</i>	
<i>ЗАО «Комита», г. Санкт-Петербург</i>	
<b>ДЕТЕКТОРНЫЕ ЛИНЕЙКИ НА ОСНОВЕ <math>\text{CDZnTe}</math> ДЕТЕКТОРОВ ДЛЯ ТОМОГРАФИЧЕСКИХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ СБОРОК ОТРАБОТАННЫХ ТВЭЛОВ В БАССЕЙНАХ ВЫДЕРЖКИ АЭС .....</b>	<b>43</b>
<i>А. Соколов, В. Кондратьев</i>	
<i>Bruker Baltic Ltd, Riga, Latvia</i>	
<b>АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА РАДИОНУКЛИДНОГО КОНТРОЛЯ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ ПЕРВОГО КОНТУРА ОХЛАЖДЕНИЯ АЭС .....</b>	<b>44</b>
<i>А. Соколов, В. Кузьменко, А. Пчелинцев Bruker Baltic Ltd, Riga, Latvia</i>	
<i>Г. Кацей, Д. Мелета, Г. Михайлов, Д. Черных, П. Семин, А. Нагорный ИЦ „RADICO”, Обнинск, Россия</i>	
<i>В. Плетнев, К. Гедиминскас, С.Бормотов Ignalina Nuclear Power Plant, Visaginas, Lithuania</i>	
<b>ПЕРЕНОСНОЙ НРГЕ СПЕКТРОМЕТР ДЛЯ ПОЛЕВОГО ПРИМЕНЕНИЯ .....</b>	<b>45</b>
<i>Соколов А., Пчелинцев А., Лупилов А. Bruker Baltic, Riga, Latvia</i>	
<i>Горев А.В., Пугачев А.Н., Сидоров В.Т. ЗАО НПЦ «Аспект», г. Дубна</i>	
<i>Даниленко В.Н., Ковальский Е.И. Федоровский С.Ю. ООО «LSRM», Менделеево МО</i>	
<b>МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ ОБЪЕМНОЙ АКТИВНОСТИ РАДОНА-222... ..</b>	<b>46</b>
<i>С. В. Сэпман</i>	
<i>ФГУП «ВНИИМ им. Д.И.Менделеева», С.-Петербург, Россия</i>	
<b>ОЦЕНКА ОСНОВНЫХ СИСТЕМАТИЧЕСКИХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ СУММАРНОЙ УДЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ АЛЬФА-ИЗЛУЧАЮЩИХ РАДИОНУКЛИДОВ В ПРОБАХ ГРУНТОВ, ПОЧВ, ИЛОВ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ.....</b>	<b>47</b>
<i>Шипунов А.И., Бабаев А.С., Карасев В.Т., Ионова И.М., Ольхова М.Б.</i>	
<i>ЗАО «Центр исследования и контроля воды», Санкт-Петербург, Россия</i>	
<b>ОЦЕНКА И СТАНДАРТИЗАЦИЯ ХАРАКТЕРИСТИК РАСПАДА И ИЗЛУЧЕНИЙ РАДИОНУКЛИДОВ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ.....</b>	<b>48</b>
<i>В.П. Чечев</i>	
<i>Радиевский институт им. В.Г. Хлопина, Санкт-Петербург, Россия</i>	

## **ИЗМЕРЕНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ В ПРОБАХ ПОЧВЫ С ПОМОЩЬЮ СПЕКТРОМЕТРА СЭБ-01-150**

*Алешин Д.В., Малиновский С.В., Каширин И.А., Тихомиров В.А.  
ГУП МосНПО «Радон»*

Представлены результаты комплексных исследований характеристик бета спектрометра СЭБ-01-150 производства украинской фирмы «Атом Комплекс Прибор». Совместное использования спектрометра и программы «RadSpectraDec» для расшифровки спектров, измеренных на приборе СЭБ, расширяет возможности определения активности радионуклидов. Приведены примеры расшифровки спектров проб почвы, донных отложений с разделением нескольких радионуклидов со значительным градиентом активности. Приведены минимальные значения активности, определяемые с помощью программы «RadSpectraDec». Обсуждаются недостатки прибора.

Предложен способ измерения активности техногенных радионуклидов в пробах почвы с помощью спектрометра СЭБ-01-150 и других бета- спектрометров на основе пластикового сцинтиллятора.

## **К ВОПРОСУ О МЕТОДИКЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИНИМАЛЬНОЙ ИЗМЕРЯЕМОЙ АКТИВНОСТИ**

*Андреев В.С., Викторов Л.В., Денисов Е.И., Петров В.Л., Шеин А.С.  
Уральский государственный технический университет – УПИ*

В известных методиках определения минимальной измеряемой активности (**МИА**) в гамма-спектрометрии за основу берется погрешность измерения активности радионуклида [1]. Однако таковые методики весьма трудоемки, требуют как большого количества измерений спектров эталонных источников, так и скрупулезной аналитической работы.

Авторами предлагается достаточно простая и удобная для спектрометристов-практиков методика определения **МИА**, основанная на использовании выводов из теории обнаружения, давно и успешно применяющейся не только в различных задачах радиотехники и радиолокации, но и при обработке результатов физических измерений.

Для применения предлагаемой методики достаточно провести обработку лишь двух гамма-спектров: а) фона; б) контрольного источника с известной активностью определяемого радионуклида, равной  $Q_c$ . Спектры измеряются в течение одинакового времени, равного «номинальному» значению  $t_n$ . (Для простоты здесь описывается случай обнаружения сигнала только по одному фотопику в спектре гамма-излучения).

Сначала обрабатывается спектр от контрольного источника; находится площадь фотопика в спектре  $S_c$ . Далее при помощи формул, выведенных в [2] и упрощенных до «рабочего вида», вычисляется площадь фотопика, соответствующего минимальному обнаруживаемому сигналу

$$S_{min} = 1,41 \cdot q_0 \cdot \sqrt{S_f}, \text{ импульсов,}$$

где  $S_f$  – суммарный счет фоновых импульсов (в спектре фона) на интервале, соответствующем обнаруживаемому фотопику.

Искомое значение **МИА**( $t_n$ ) для номинального времени измерения спектров  $t_n$  вычисляется из элементарных пропорций по формуле

$$\text{МИА}(t_n) = Q_c \cdot S_{min} / S_c, \text{ Бк.}$$

Расчет значения **МИА** для иных значений времени измерения  $t_1$  выполняется по известной формуле перехода  $\hat{MIA}(t_1) = \hat{MIA}(t_n) \cdot \sqrt{t_n/t_1}$ .

Если обнаружение сигнала осуществляется не по одному, а по нескольким фотопикам, то приведенные формулы для определения **МИА** незначительно усложняются.

### **Литература**

1. Григорьев Е.И., Степанов Э.К., Фоминых В.И., Харитонов И.А., Ярына В.П. Минимальная измеряемая активность. Понятие и использование в радиометрии. АНРИ, 1995, вып. 3/4, с. 52-58.
2. Способ обнаружения слабых потоков ионизирующих излучений. //Викторов Л.В., Кружалов А.В., Шеин А.С., Шульгин Б.В., Шульгин Д.Б. Патент РФ № 2140660. от 27.10.1999.

## **КОМПЛЕКСЫ СПЕЦИАЛЬНОГО РАДИАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ СЕРИИ «СОРАТНИК»**

*В.С.Андреев, Л.В.Викторов, \*\*\*В.Г.Гребняк, \*\*\*В.И.Карпов, А.В.Кружалов, А.Л.Крымов,  
\*Д.И.Кудашов, Г.А.Кунцевич, В.Л.Петров, В.А.Пустоваров, Д.В.Райков, \* Ю.Р.Сафин,  
\*\*В.В.Соколкин, А.С.Шеин, Б.В.Шульгин*

*Уральский государственный технический университет – УПИ,*

*\*ФГУП «Завод точной механики»,*

*\*\*357 ПЗ МО РФ, г.Екатеринбург,*

*\*\*\*в/ч 31600, г.Москва*

По заказу Минобороны РФ на Урале силами ФГУП «ЗТМ» и УГТУ-УПИ разработаны, изготовлены и прошли Государственные испытания комплексы специального радиационного контроля серии «Соратник» (модели 01 - автомобильный, 03 - вертолетный и 04 - корабельный).

Комплексы предназначены для решения широкого круга задач радиационного контроля, главными из которых являются задачи обнаружения и поиска нерегламентированных (неучтенных) источников радиации, размещенных как на неподвижных, так и на движущихся объектах. Кроме того, комплексы обеспечивают: возможность определения местоположения источника, обнаруженного на протяжённом объекте, либо на некоторой трассе; решение задач идентификации и оценки активности обнаруженных нуклидов по спектрам гамма-излучения; проведение радиационного мониторинга заданной территории (трассы) с привязкой обнаруженных радиационных аномалий к электронной карте по спутниковой навигационной системе.

Важнейшей особенностью комплексов «Соратник» является высокая обнаружительная способность, достигаемая, во-первых, применением детекторов, отличающихся повышенной эффективностью регистрации (суммарная эффективность – до 0,45 м<sup>2</sup> по нейтронному каналу и до 2,2 м<sup>2</sup> по счетному гамма-каналу), и, во-вторых, применением оригинальных алгоритмов обнаружения. Основная техническая характеристика комплекса «Соратник» при решении задачи обнаружения источников – минимальная обнаруживаемая плотность потока нейтронов (гамма-квантов) – составляет не более:

- 3,7 нейтр./(м<sup>2</sup>·с) по нейтронному каналу;
- 220 гамма-квант/(м<sup>2</sup>·с) по счётному гамма-каналу для источника <sup>137</sup>Cs;
- 450 гамма-квант/(м<sup>2</sup>·с) по спектрометрическому гамма-каналу для источника <sup>137</sup>Cs.



## **МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ НОСИМЫЕ СПЕКТРОМЕТРЫ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ МКС-АТ6101 И МКС-АТ6102. ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ РЕШЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ЗАДАЧ РАДИАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ**

*Антонов В.И., Быстров Е.В., Гуринович В.А., Кожемякин В.А.,  
Петров В.И., Тищенко С.Н., Шульгович Г.И.  
УП «АТОМТЕХ», г. Минск, Беларусь*

В докладе представлены многофункциональные носимые спектрометры гамма-излучения МКС-АТ6101 и МКС-АТ6102, разработанные в УП «АТОМТЕХ». Основное их назначение - измерение и обработка спектров гамма-излучения, поиск, локализация и идентификация естественных, промышленных, медицинских радионуклидных источников и ядерных материалов, определение активности радионуклидов без пробоотбора, измерение мощности амбиентной дозы гамма излучения, измерение плотности потока альфа-, бета-излучения и нейтронного излучения с возможностью привязки на местности. Спектрометры имеют интуитивно понятный интерфейс, могут хранить 300/400 спектров и имеют возможность подключаться к персональному компьютеру для передачи измеренных спектров и дальнейшей их обработки с помощью разработанного программного обеспечения. Состав спектрометров МКС-АТ6101 предусматривает: блок обработки информации, внешние интеллектуальные блоки детектирования гамма-, альфа- и бета- и нейтронного излучения. Спектрометр МКС-АТ6102 представляет собой моноблок с гамма или гамма-нейтронным каналами. В зависимости от модификации спектрометры МКС-АТ6101 и МКС-АТ6102 могут применяться для мониторинга окружающей среды, контроля радиоактивных отходов, контроля за перемещением радиоактивных и ядерных материалов, в геологоразведке, научных исследованиях, скрытном сканировании помещений и площадей, поиске ядерных террористов и других областях.

## **ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ РАДИАЦИОННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

**Бабенко В.В.**, Казимиров А.С.

*ООО "Научно-производственное предприятие "АТОМКОМПЛЕКСПРИЛАД",  
г. Киев, Украина*

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

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

Приборы внесены в Государственные реестры средств измерительной техники Украины, России и Республики Беларусь.

## **МСС 3D - ПРОГРАММА ДЛЯ ИМИТАЦИОННОГО ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ И РЕГИСТРАЦИИ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ НА БАЗЕ РАЗВИТОГО ГРАФИЧЕСКОГО ИНТЕРФЕЙСА**

*Багаев К.А., Козловский С.С., Новиков И.Э  
ЦНИИ РТК, г. Санкт-Петербург*

В последние годы существенно возрос уровень метрологических требований к аппаратуре, детектирующей излучения разной природы. В ряде случаев экспериментальные методы калибровки таких установок не могут в полной мере удовлетворить эти потребности в виду недоступности нужных источников ионизирующих излучений или их опасности для здоровья людей.

Для решения этих задач нами разработана программа трехмерного моделирования процессов переноса и регистрации ионизирующих излучений с удобным пользовательским интерфейсом - МСС 3D. Программа позволяет решать задачи определения эффективности регистрации гамма квантов и электронов твердотельными и газовыми детекторами в диапазоне энергий от 1 кэВ до 10 МэВ, а также получать функцию отклика детектора в виде спектра поглощенной в детекторе энергии. Программа обеспечена интерактивной справочной системой и средствами информационной защиты.

Было проведено сравнение экспериментальных и расчетных спектров для различных сцинтилляционных и полупроводниковых детекторов в условиях различной геометрии облучения (точечные и объемные источники) в диапазоне энергий источников гамма-излучения от 50 до 2500 кэВ. Полученные данные свидетельствуют о совпадении расчетных и экспериментальных данных с точностью до нескольких процентов.

Главной особенностью разработанного программного продукта является сочетание точности результатов с простотой эксплуатации и широкой доступностью для решения практических задач. Его применение позволяет существенно расширить круг специалистов, способных активно использовать программу моделирования для исследования систем радиационного мониторинга и получения значимых для их проектирования результатов. Для работы с программой требуется минимальный уровень навыков работы с компьютером, вся работа сводится главным образом к выбору пунктов меню и заполнению таблиц, выводимых на экран компьютера, результаты этих операций непосредственно отображаются на экране.

Применение разработанного программного продукта даст возможность оптимизировать и улучшить параметры самых разнообразных устройств детектирования излучений, применяемых в ядерной промышленности и системах радиационного мониторинга окружающей среды.

## **ПРИМЕНЕНИЕ СПЕТРОМЕТРА АЛЬФА-ИЗЛУЧЕНИЯ СЕА-2К ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАДИОНУКЛИДНОГО СОСТАВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАСТВОРОВ**

*Барков И.П., Газизов И.М., Хрунов В.С.*

*ФГУП «ИФТП», г.Дубна, Россия*

*Наумов В.Н., Киселева Е.С.*

*ФГУП «ПО «Маяк», г.Озерск, Россия*

В аналитическом контроле технологических процессов на радиохимических производствах широко используются методы альфа-спектрометрии. Методики таких измерений достаточно трудоемки, так как связаны со специальной подготовкой тонкослойных проб, например, методом электролитического осаждения и последующим измерением энергетических спектров в вакуумной камере спектрометра.

Для спектрометрии альфа-излучения радионуклидов, находящихся в азотнокислых растворах, в ИФТП разработан и изготавливается спектрометр СЕА-2К, который успешно применяется в ФГУП «Маяк».

Основные технические характеристики спектрометра СЕА-2К:

- энергетическое разрешение по альфа-частицам с энергией 5,15 МэВ – менее 40 кэВ;
- чувствительность регистрации альфа-излучения при уровне дискриминации 1,0 МэВ – не менее  $5 \cdot 10^{-4} \text{ Бк}^{-1} \cdot \text{см}^3 \cdot \text{с}^{-1}$ ;
- остаточный фон после отмывки детектора двухнормальным водным раствором азотной кислоты – менее  $0,03 \text{ с}^{-1}$ .

В докладе приведены результаты сравнительных измерений определения содержания примесей плутония в реальных технологических растворах методом прямой альфа-спектрометрии на спектрометре СЕА-2К по методике, разработанной в «ПО «Маяк», и методом измерения «сухих» проб. Показано, что применение метода альфа-спектрометрии непосредственно в растворах снижает трудоемкость выполнения анализов и обеспечивает уменьшение погрешности измерений приблизительно в два раза.

## **ИНТЕГРИРОВАННАЯ СРЕДА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГАММА-СПЕКТРОВ**

*Берлизов А.Н.*

*ИЯИ, г. Киев,*

*Даниленко В.Н., Ковальский Е.А., Скубо Ю.В., Соловьева С.Л.*

*ООО «ЛСРМ», п. Менделеево*

В докладе представлена интегрированная программно-информационная среда для моделирования в реальном времени аппаратурных гамма-спектров коллимированных и неколлимированных полупроводниковых и сцинтилляционных детекторов при измерениях широкого набора источников излучения с произвольным радионуклидным составом. Ее компонентами являются:

- оцененные ядерные данные ENSDF (Evaluated Nuclear Structure Data Files),
- база данных по сечениям взаимодействия  $\gamma$  - излучения с веществом на основе XMuDat,
- модули генерации  $\gamma$  - спектров,
- алгоритмы наложения аппаратурных эффектов,
- программы накопления и обработки спектрометрических данных,
- трехмерная графика (OpenGL).

Используемые при создании архитектурные принципы позволяют говорить о ней как об открытой комплексной системе:

- Информация по распадам радионуклидов представлена в виде базы в MSAccess и может быть обновлена или заменена.
- Правила сопряжения модулей в составе комплекса детально специфицированы. Описаны форматы
- баз данных для моделей детекторов, анализаторов, коллиматоров, излучающих образцов, рассчитанных функций и матриц отклика, квазифизических спектров, шаблонов аппаратурных спектров,
- служебных и MMF файлов для хранения и передачи параметров конфигураций измерения и смоделированных спектров.
- Спектрометрические данные передаются в окно анализатора программ обработки в соответствии с открытым протоколом, реализованным средствами операционной системы.
- Рабочее место спектрометриста представлено в виде трехмерного графического макета, имитирующего действия по перемещению детектора и источников на рабочем столе. Реализованный в виде отдельного модуля, он использует открытый протокол передачи данных расчетному узлу для моделирования спектра в реальном времени.

## **О ПРИМЕНЕНИИ ЭЛЕКТРОННОГО ЭМУЛЯТОРА СПЕКТРОМЕТРОВ ГАММА-1С/NB И СКС-50М В ОБУЧЕНИИ**

*А.В.Борисенко, В.В.Темченко (ВФ РТА, г. Владивосток), В.А.Гайфутдинов, Ю.П. Назаров (СПбФ РТА, г. Санкт-Петербург), Н.Э.Кравченко, И.Н.Банных (ФТС России, г. Москва), В.Н.Даниленко, С.Л.Соловьева (ООО «ЛСРМ», п. Менделеево)*

При подготовке специалистов для работы со сложной и дорогостоящей аппаратурой радиационного контроля неизменно встает вопрос как ее сделать более совершенной, особенно когда речь идет о массовом потоке обучаемых.

Созданный для нужд таможенных органов электронный эмулятор гамма-спектрометров Гамма-1С/NB и СКС-50М, является одним из эффективных инструментов решения проблем подготовки специалистов, как в учебных классах, так и при проведения тренингов в местах применения указанных спектрометров.

Эмулятор состоит из пакета программ, позволяющих полностью имитировать: подготовку указанных приборов к измерениям; набор и обработку спектров; определение по ним физических характеристик источников ионизирующего излучения (идентификация, активность, степень обогащения урана, изотопный состав плутония и др.) как открытых, так и, что особенно важно, в защитных контейнерах.

Работа эмулятора возможна в двух режимах: администратора и оператора. Первый позволяет формировать пакет учебных заданий, а второй используя эти задания последовательно проводить обучение работе на приборе.

С точки зрения обучения принципиальным является возможность: гибкого формирования учебных заданий; использования базы данных спектров экспериментально полученных с помощью спектрометров и рассчитанных с использованием пакета программ эмулятора; использования базы данных контейнеров и возможность самостоятельного ее пополнения; наблюдать вид спектра различных радионуклидов и изменение его в зависимости от рассеяния и поглощения в материалах, окружающих источник излучения, а также в зависимости от типа детектора (сцинтилляционного или полупроводникового) и ряд других возможностей.

Это позволяет: проводить как индивидуальное обучение, так и целой группы в сетевом режиме и с использованием средств видеоотображения; избавиться от необходимости иметь реальные источники ионизирующего излучения, в т.ч. «экзотические» (высокообогащенный уран и плутоний); формировать лабораторные работы и задания к ним, включающие набор инструкций, видеоролик, файлы с исходными данными и т.п.; моделировать работу спектрометра при использовании детекторов с различными характеристиками (эффективность регистрации, разрешение и т.д.) позволяющие его использовать в случае модернизации прибора или при изучении, например, темы «Характеристики детекторов».

В целом, возможности созданного эмулятора получились значительно шире нежели тех, которые планировались в момент формирования технического задания, а использование эмулятора в процессе подготовки должностных лиц таможенных органов во Владивостокском и С.-Петербургском филиалах Российской таможенной академии и непосредственно на местах их работы со спектрометрами Гамма-1С/NB и СКС-50М в таможне показало его высокую эффективность и существенно облегчило процесс обучения.

**ПРИМЕНЕНИЕ СЦИНТИЛЛЯЦИОННОГО ГАММА-СПЕКТРОМЕТРА  
ДЛЯ КОНТРОЛЯ ТЕЧИ ИЗ 1-ГО ВО 2-Й КОНТУР АЭС С ВВЭР В  
СИСТЕМЕ SGLM 201 MGP INSTRUMENTS.  
МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ**

*Виженский С.А., Киселев А.В., Пономарев М.С.  
Компания «Ристек»- Представительство MGP Instruments в России*

В период 2004-2006 гг. фирма MGP Instruments (Франция) в рамках проекта TACIS поставила на российские атомные станции с ВВЭР (Балаковская, Калининская, Кольская, Нововоронежская АЭС) систему контроля течи теплоносителя в парогенераторе из 1-го во 2-й контур.

Измерительный канал монитора протечки основан на измерении объемной активности азота  $^{16}\text{N}$  во втором контуре с использованием сцинтилляционного гамма-спектрометра NaI.

В докладе описана структура системы SGLM 201, алгоритм расчета скорости течи и особенности, связанные с практическим применением системы на российских АЭС.

По результатам успешных испытаний, проведенных ВНИИМ им. Д.И. Менделеева спектрометр внесен в Государственный реестр средств измерений РФ.

## **ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СЕМЕЙСТВА «SPECTRALINE». КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА**

*Даниленко В.Н., Ковальский Е.А., Скубо Ю.В., Соловьева С.Л.,  
Федоровский С.Ю., Юферов А.Ю.  
ООО «ЛСРМ», п. Менделеево*

Программное обеспечение семейства «SpectraLine» обеспечивает решение подавляющего большинства задач, основанных на спектromетрических методах анализа. В состав семейства входят приложения, основанные на общей программной платформе и отличающиеся типом решаемых задач. Семейство состоит из следующих приложений:

**SpectraLine** – базовое приложение для всего семейства. Имеет все возможности для организации спектromетрических измерений. Обеспечивает гибкое подключение модулей связи со спектromетрическим оборудованием. Позволяет производить обработку линейчатых спектров традиционными методами. Обработка включает процедуры калибровки и нахождение параметров пиков.

**SpectraLineGP (Gamma Precision)** – развитие базового приложения для проведения прецизионной обработки гамма-спектров. Обработка включает процедуры калибровки, нахождение параметров пиков, идентификацию радионуклидов, расчет активностей и учет поправок на истинное суммирование для последующей коррекции интенсивности гамма-излучений. Расчет активности может производиться несколькими способами.

**SpectraLineADA (Alpha Decay Analysis)** – развитие базового приложения для расчета активности альфа-спектров. Расчет активности построен на параметрическом представлении линий альфа-спектра.

**SpectraLineBG (Beta-Gamma)** – развитие базового приложения для расчета активности методом эталонных спектров. Позволяет производить расчет активности бета-спектров.

Все приложения семейства «SpectraLine» позволяют сохранять измеренные спектры и результаты обработки во встроенную базу данных. Интерфейс базы данных дает возможность производить групповые операции над спектрами (усреднение, проверка сходимости).

Для программного обеспечения семейства «SpectraLine» определены протоколы передачи спектromетрических данных в окно анализатора, с помощью которых можно организовать передачу данных в приложения из произвольного спектromетрического оборудования пользователя в режиме реального времени.

Открытый интерфейс, положенный в основу построения программного обеспечения, дает возможность производить тонкую настройку приложений для решения нестандартных спектromетрических задач.



## **СИСТЕМА РАДИАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, ВКЛЮЧАЮЩАЯ В СЕБЯ ВОЗДУШНЫЙ, НАЗЕМНЫЙ И ПОДВОДНЫЙ МОБИЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ РАДИАЦИОННОЙ РАЗВЕДКИ**

*Демченков В.П., Новиков И.Э.  
ЦНИИ РТК, г. Санкт-Петербург*

Опыт применения техники ЦНИИ РТК во время ликвидации аварии на Чернобыльской АЭС показывает, что придание средствам противодействия радиационного загрязнения новых технических качеств требует нескольких лет целенаправленной работы. ЦНИИ РТК предлагает создание унифицированной системы на базе разработанных аппаратурно-программных комплексов радиационного мониторинга для защиты города или региона от угрозы радиационного терроризма. Значительная часть этой аппаратуры применялась при ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС и была впоследствии существенно доработана на основании полученного опыта действий в экстремальных условиях.

Автоматизированная система контроля радиационной обстановки (АСКРО) предназначена для проведения контроля радиационной обстановки территории (региональная) или потенциально опасного объекта (объектовая). Предлагаемая система включает в себя стационарные посты и мобильные средства радиационного контроля, в том числе воздушный, наземный и подводный мобильные комплексы радиационной разведки, носимые и возимые средства радиационного контроля, пункт сбора и обработки информации и региональный измерительный центр. Главной особенностью и преимуществом данного проекта является то, что он основывается на применении в качестве основной компоненты мобильных комплексов радиационной разведки с улучшенными обнаружительными характеристиками блоков детектирования на базе дешевых кристаллических сцинтилляторов большого объема и газоразрядных детекторов. Данный подход ориентирован на специфику российских условий по контрасту со спецификой европейских экологических АСКРО, основу которых составляют стационарные посты на базе дорогостоящих полупроводниковых детекторов.

Особая роль в предотвращении радиационного терроризма и несанкционированного перемещения радиоактивных материалов отводится стационарным и мобильным средствам радиационного контроля, использующим развитые методы спектрометрического дистанционного радиационного мониторинга. Эти методы базируются на идее использования различия спектрометрической информации от полезного сигнала и фона за счет максимального использования априорной информацией об источнике ионизирующего излучения и окружающей среде.

## **ГАММА-СПЕКТРОМЕТРЫ НА ОСНОВЕ СЖАТОГО КСЕНОНА, ИХ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ**

*В.В. Дмитренко, К.Ф. Власик, В.М. Грачев, А.Г. Духвалов,  
С.Е. Улин, З.М. Утешев, И.В. Чернышева  
Московский инженерно-физический институт  
(государственный университет)*

Гамма-спектрометры на основе сжатого ксенона, впервые разработанные в МИФИ более двадцати лет назад, обладают высоким энергетическим разрешением, а по массе рабочего вещества могут значительно превышать полупроводниковые детекторы. Это позволяет успешно их использовать как для научных, так и для прикладных целей.

Детектирующим элементом ксенонового гамма-спектрометра является работающая в импульсном режиме цилиндрическая ионизационная камера с экранирующей сеткой. Такой прибор обладает следующими спектрометрическими и эксплуатационными характеристиками:

- рабочий энергетический диапазон составляет (50 – 5000) кэВ (зависит от объема детектора);
- энергетическое разрешение составляет 2% - для энергии 662 кэВ ( $^{137}\text{Cs}$ ) и 1.5% для энергии 1170 кэВ ( $^{60}\text{Co}$ );
- высокой линейностью в рабочем энергетическом диапазоне (50–5000 кэВ);
- степень активации нейтронами в 20 раз меньше по сравнению со сцинтилляционными детекторами на основе NaI;
- не требуется использование жидкого азота или каких-либо дополнительных систем охлаждения. Диапазон рабочих температур ксеноновых детекторов - 10-200 °С;
- возможность создания гамма-спектрометров с рабочим объемом от 0,2 до 10 литров (0.1– 5 кг ксенона) для различных условий применения;
- отсутствие зависимости энергетического разрешения от объема рабочего вещества (ксенона);
- ресурс работы более десяти лет;
- значительно более низкая стоимость по сравнению с полупроводниковыми спектрометрами.

В докладе приводятся примеры успешного использования ксеноновых гамма-спектрометров для космических исследований, контроля за выбросами газообразных радионуклидов, работающими ядерными реакторами, за перемещением радиоактивных и делящихся материалов и т.п.

## **ГАММА-РАДИОМЕТР РКГ-АТ1320 СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОГО ТИПА. КОНТРОЛЬ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ПО ISO 5725**

*Довжук М.Н., Жуковский А.И., Кожемякин В.А., Шульгович Г.И.  
УП «АТОМТЕХ», г. Минск, Республика Беларусь  
Макаревич В.И., РУП «БелГИМ», г. Минск, Республика Беларусь*

В настоящее время для обеспечения безопасной жизнедеятельности человека актуальность радиоэкологического мониторинга объектов окружающей среды и постоянного контроля качества продукции не вызывает сомнения. Использование инструментальных средств измерения содержания радионуклидов решает указанные задачи с необходимой точностью.

Сцинтилляционный гамма-радиометр РКГ-АТ1320 спектрометрического типа, разработанный и выпускаемый УП «АТОМТЕХ», предназначен для оперативного контроля содержания гамма-излучающих радионуклидов, таких как  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  и др. в воде, продуктах питания, сельскохозяйственном сырье и кормах, промышленном сырье, строительных материалах, продукции лесного хозяйства, а также других объектах окружающей среды.

Согласно требований ISO 17025 [1] аккредитованные испытательные лаборатории (центры) должны осуществлять периодический контроль точности получаемых результатов измерений. В связи с этим УП «АТОМТЕХ» при содействии РУП «Белорусский государственный институт метрологии» была разработана методика выполнения измерений (МВИ) содержания гамма-излучающих радионуклидов на РКГ-АТ1320, отвечающая требованиям Международного стандарта ISO 5725 [2] и требованиям Межгосударственного стандарта ГОСТ 8.010-99. Стандартизированная МВИ на РКГ-АТ1320 устанавливает совокупность правил и процедур выполнения измерений содержания радионуклидов и контроля точности получаемых результатов измерения [3]. Показатели точности для МВИ: пределы повторяемости, пределы воспроизводимости и значения критической разности были установлены при аттестации МВИ из экспериментов, организованных и подвергнутых анализу в соответствии с ISO 5725.

### ***Литература***

1. ISO/IEC 17025: 1999. General requirements for the competence of testing and calibration laboratories.
2. ISO 5725. Accuracy (trueness and precision) of measurement methods. Part 1 – Part 6. First edition, ISO, 1994-1998.
3. МВИ.МН 1823-2007. «Методика выполнения измерений объемной и удельной активности гамма-излучающих радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$  в воде, продуктах питания, сельскохозяйственном сырье и кормах, промышленном сырье, продукции лесного хозяйства, других объектах окружающей среды, удельной эффективной активности естественных радионуклидов в строительных материалах, а также удельной активности  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  в почве на гамма-радиометрах спектрометрического типа РКГ-АТ1320», г. Минск, 2007.

## **РАЗРАБОТКА ВЫСОКОТОЧНЫХ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ АКТИВНОСТИ В-ИЗЛУЧАЮЩИХ РАДИОНУКЛИДОВ ПО ИЗЛУЧЕНИЮ ЧЕРЕНКОВА**

*Ю. В. Дубасов, С. А. Пахомов, Я. С. Сеньшин  
НПО «Радиевый институт им. В.Г.Хлопина», С.-Петербург, Россия*

*Ю. В. Кулишов, Ю. А. Дубовцев  
ФГУП «ПО «МАЯК», г. Озерск, Россия*

*С. В. Сэпман  
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И.Менделеева», С.-Петербург, Россия*

При проведении радиометрических измерений водных проб различного происхождения: питьевой воды, природных, сбросных и технологических вод, широкое распространение получил метод непосредственного измерения активности высокоэнергетичных  $\beta$ -излучающих радионуклидов, растворенных (или инкорпорированных в виде взвеси) в воде, по их Черенковскому излучению. Этот метод наиболее экономичен, и, в тоже время, обеспечивает высокую чувствительность измерений при регистрации таких радионуклидов, как  $^{90}\text{Sr}$ . В последние годы востребованность метода во всем мире возрастает. Однако точность получаемых результатов не всегда удовлетворительна, т.к. эффективность регистрации зависит от прозрачности раствора, уменьшение которой приводит к поглощению (тушению) фотонов Черенковского излучения.

В докладе представлены результаты проведенных авторами исследований, направленных на обеспечение возможности учитывать влияние эффекта тушения на величину эффективности регистрации при проведении Черенковских измерений на жидкостном сцинтилляционном радиометре Бета-2. Был исследован метод тройных-двойных отношений, как основа для параметризации уменьшения эффективности регистрации при увеличении тушения. Было разработано специальное устройство – т.н. «калибратор многократного применения», облегчающее и повышающее точность калибровки. С использованием данного калибратора была разработана и аттестована методика выполнения измерений активности  $^{90}\text{Sr}$  с учетом тушения для проведения измерений на серийных жидкостных сцинтилляционных установках, используемых в лабораторной практике при проведении рутинных измерений.

Полученные наработки позволяют надеяться на возможность применение т.н «абсолютного» метода измерения активности по Черенковскому излучению. В настоящее время разработка этого метода продолжается.

## **ГАММА-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМНОЙ АКТИВНОСТИ ДОЧЕРНИХ ПРОДУКТОВ РАСПАДА ТОРОНА В ВОЗДУХЕ**

*А.А. Екидин*

*Институт промышленной экологии УрО РАН*

Многолетние исследования на территории базы хранения монацита показали, что атмосфера помещений торийсодержащего материала характеризуется экстремально высокими уровнями объемной активности (ОА) торона (до 10 000 Бк/м<sup>3</sup>) и эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) торона (до 800 Бк/м<sup>3</sup>). Высокие уровни ЭРОА торона на рабочем месте требуют корректного учета дозовой нагрузки от данного радиационного фактора.

В настоящее время для связи экспозиции по дочерним продуктам распада (ДПР) торона с эффективной дозой используются коэффициенты, рекомендованные в Докладах НКДАР ООН –  $32 \div 40 \text{ нЗв}/(\text{Бк} \cdot \text{ч} \cdot \text{м}^{-3})$ , которые соответствуют соединениям **типа Б** при ингаляционном поступлении. Выполненные исследования кинетики растворения радиоактивного <sup>212</sup>Pb в имитаторе биологических жидкостей (растворе Рингера) показали, что доля быстрослабительной компоненты в общей активности реальных аэрозолей не превышает 30%. Полученные параметры процесса растворения позволили рассчитать коэффициент дозового перехода (КДП) от экспозиции по ДПР торона к эффективной дозе ( $80\text{-}260 \text{ нЗв}/(\text{Бк} \cdot \text{м}^{-3} \cdot \text{ч})$ ), который в 2-7 раз превышает значения, рекомендованные НКДАР ООН и используемые в отечественной практике нормирования облучения от природных источников ионизирующего излучения.

На величину КДП большое влияние оказывает сдвиг равновесия между ДПР торона. Широко используемые аспирационные методы определения ЭРОА торона на основе результатов измерения суммарной альфа-активности фильтров не позволяют определить значения ОА отдельных ДПР торона в аэрозольной смеси воздуха рабочей зоны. Кроме того, данные методики не отличаются оперативностью, результат можно получить не ранее чем через 5 часов после отбора пробы на фильтр. Определение значений ОА отдельных ДПР торона в воздухе было выполнено в помещениях хранения монацита. Для этого, в течении часа выполнялся отбор аэрозолей на фильтр АФА-РСР-20, с расходов воздуха 30 л/мин. Измерение активности фильтра на гамма-спектрометре МКС-АТ1315, в течении 30-40 мин (через 1,4-2 мин после окончания отбора пробы) позволяет определить ОА <sup>212</sup>Pb и <sup>212</sup>Bi в исследуемом воздухе. Полученные значения ОА двух ДПР торона позволяют рассчитать ОА всех ДПР, сдвиг равновесия между ними и определить ЭРОА торона.

## **ЖС-СПЕКТРОМЕТРИЯ В СИСТЕМЕ РАДИОАНАЛИТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ГУП МОСНПО «РАДОН»**

*Ермаков А.И., Каширин И.А., Малиновский С.В., Тихомиров В.А., Соболев А.И.  
ГУП Мос НПО «Радон»*

В настоящее время в ГУП МосНПО «Радон» все более возрастают объемы радиоаналитических работ, призванных обеспечить решение таких задач, как совершенствование технологии обращения с РАО, контроль состояния хранилищ и отвержденных матриц, проведение широкомасштабного радиационного мониторинга производственного комплекса (НПК), окружающих его территорий и населенных пунктов, радиационно-экологического мониторинга г. Москвы. В большинстве случаев необходимо оперативное предоставление исчерпывающей информации о состоянии исследуемых объектов.

Благодаря созданию полноценных ЖС-спектрометров на базе использования современных счетчиков и новых алгоритмов обработки непрерывных спектров, реализованных в программе RadSpectraDec, жидкосцинтилляционная спектрометрия теперь может использоваться в качестве самостоятельного метода оценки радиационных характеристик различных проб. Данный метод сочетает возможности распознавания отдельных компонентов радионуклидного состава пробы по аналитическому сигналу и расчета их количественных характеристик и дает ряд преимуществ по сравнению со стандартными подходами.

В соответствии с федеральными нормативными документами, для решения большинства прикладных задач необходимо иметь методическую базу, позволяющую оперативно анализировать радионуклидный состав водных объектов или жидких технологических сред при содержании компонентов на уровне 0.1 - 100 Бк/л, для твердых образцов эти уровни соответствуют 100 -  $1 \cdot 10^5$  Бк/кг. Внедрение нового алгоритма расшифровки непрерывных спектров позволило с помощью метода жидкосцинтилляционной спектрометрии получать значения активностей радионуклидов непосредственно после измерений (также как в гамма-спектрометрии) или, по крайней мере, надежно определять не превышение каких-либо контрольных уровней на определенные радионуклиды, что зачастую является главной задачей радиационного мониторинга.

В докладе подробно рассматриваются практические аспекты исследований с помощью метода экспрессного ЖС-спектрометрического анализа различных технологических проб, а также проб природных объектов, таких как: аэрозольные фильтры, ЖРО, дебалансные воды, воды из наблюдательных скважин, водные среды, контактирующие с отвержденными стекло- и битумными матрицами, почвы на территории НПК, пробы воздушных аэрозолей, выпадений, растительности. Обсуждаются особенности пробоподготовки счетных образцов.

Полученный в ГУП МосНПО «Радон» опыт использования ЖС-спектрометрии показывает, что введение данного метода в схему исследований радионуклидного состава проб позволяет значительно ускорить получение результатов, оптимизировать, а иногда исключить процедуры радиохимических выделений и существенным образом сократить трудозатраты. В сложных случаях возможность расшифровки ЖС-спектров обеспечивает принятие решения о видах дальнейших исследований методами альфа-спектрометрии высокого разрешения или бета-спектрометрии с предварительными радиохимическими выделениями. При этом оценивается также активность радиоизотопных индикаторов.

Таким образом, жидкосцинтилляционная спектрометрия является наиболее оптимальным методом для проведения массовых скрининговых исследований, как с точки зрения производительности, так и определения радиационных параметров объектов.

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗМЕРЕНИЕ ГЛУБИНЫ ВЫГОРАНИЯ ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС**

*Зайцев В.Н.*

*Лаборатория ядерных материалов и гарантий отдела ядерной безопасности,  
Чернобыльская АЭС*

1. Краткое описание ядерного топлива ЧАЭС:  
конструктивные особенности ТВС РБМК-1000;  
диапазоны обогащения, глубины выгорания и времени выдержки топлива ЧАЭС;  
условия эксплуатации и хранения ядерного топлива на ЧАЭС;
2. Методика, примененная при измерении глубины выгорания.
3. Аппаратурный и приборный парк, используемый при измерении.
4. Технология проведения измерений.
5. Анализ и обобщение результатов, полученных при измерении глубины выгорания топлива ЧАЭС.

## **УСТРОЙСТВО ИДЕНТИФИКАЦИИ РАДИОНУКЛИДОВ ПРЕГРАДА-01А**

*Иванов А.И., Пугачев А.Н., Савушкин А.Г., Мазный Н.Г., Усманов Р.Р., Хвастунов М.М.  
ЗАО НПЦ «Аспект», г. Дубна*

### **1. Состояние разработки**

Разработка выполнялась в рамках ОКР по заказу ФТС России. Выполнены следующие работы:

- Разработана конструкторская документация на устройство;
- Изготовлен и испытан опытный образец устройства;
- Проведена опытно-оперативная эксплуатация устройства на объекте ФТС России.

### **2. Назначение устройства**

УСТРОЙСТВО предназначено для проведения идентификации диагностических и терапевтических радиофармпрепаратов, радиоактивных веществ и ядерных материалов. УСТРОЙСТВО планируется использовать совместно с радиационными мониторами «Янтарь» в рамках решения задач таможенного контроля.

### **3. Состав**

УСТРОЙСТВО состоит из:

- Модуля идентификации УДСЦ-Г. Модуль совмещает функции детектора и АЦП.
- Контроллера модуля идентификации. Предназначен для обработки информации от УДСЦ-Г и обеспечения локальной индикации результатов измерений.
- Блока коммутации. Предназначен для подключения УСТРОЙСТВА к радиационным мониторам «Янтарь».

Для компенсации нестабильностей, присущих сцинтилляционным детекторам, (зависимости световых выходов кристалла от температуры, коэффициента усиления ФЭУ от загрузки, старения ФЭУ и др.), УДСЦ-Г содержит систему стабилизации спектра, работу которой обеспечивают светодиод, датчик температуры кристалла и соответствующее ПО процессора. На этапе отладки УДСЦ-Г в энергонезависимую память процессора заносится таблица температурной зависимости положения репера.

### **4. Испытания**

Испытания на возможность идентификации РФП были проведены в г. Обнинск, клиника №2 МРНЦ РАМН.

Испытания на возможность идентификации РВ и ЯМ были проведены в НПЦ «Аспект».

### **5. Развитие**

Возможна модернизация УСТРОЙСТВА для решения задач идентификации радионуклидов в транспортных средствах и контейнерах.



## **УСТРОЙСТВА ДЕТЕКТИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ КРИСТАЛЛОВ БРОМИДА ЛАНТАНА ЛЕГИРОВАННЫХ ЦЕРИЕМ $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$**

*Иванов А.И., Пугачев А.Н., Савин В.М., Сидоров В.Т.  
ЗАО НПЦ «Аспект», г.Дубна*

С 2007 года ЗАО НПЦ «Аспект» приступил к выпуску устройств и блоков детектирования с использованием сцинтилляционных кристаллов бромида лантана  $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$ .

$\text{LaBr}_3(\text{Ce})$  – это новый сцинтилляционный материал, обладающий более высоким энергетическим разрешением и коротким временем высвечивания, чем традиционные кристаллы  $\text{NaI}(\text{Tl})$ , что привлекает к ним большой интерес.

На данный момент на базе кристалла  $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$  размером ( $\varnothing 25 \times 25$ ) мм разработано и запущено в производство «Устройство детектирования сцинтилляционное (гамма-спектрометр) УДС-Г-В380-25x25-USB». Данные устройства детектирования обладают уникальными свойствами для класса сцинтилляционных детекторов:

- Энергетическое разрешение для энергии гамма-излучения 662 кэВ составляет 2,9 % (19 кэВ). Для кристалла  $\text{NaI}(\text{Tl})$  аналогичного размера при тех же условиях, разрешение составляет более 6 % (более 40 кэВ);
- более высокая эффективность регистрации чем у детектора с аналогичными размерами кристалла  $\text{NaI}(\text{Tl})$ .
- высокая температурная стабильность характеристики преобразования, обеспечиваемая уникально низким температурным коэффициентом световыхода сцинтилляционного материала и реализованной в устройстве системе температурной стабилизации усилительного тракта.

Приведенные преимущества устройств детектирования, позволяют качественно улучшить потребительские свойства приборов на их основе. В частности:

- устройства детектирования на основе  $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$  позволят уверенно анализировать образцы с более сложными спектрами гамма-излучателей. Высокое разрешение напрямую ведет к улучшению качества идентификации радионуклидов в исследуемых образцах;
- значения минимально измеряемой активности, за идентичные интервалы времени, уменьшаются и как следствие уменьшаются времена измерения образцов для достижения требуемого результата;
- высокая температурная стабильность устройств детектирования позволяет эффективно применять их при тяжелых температурных воздействиях внешней среды.

Использование устройств детектирования на основе кристаллов  $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$ , позволит качественно улучшить парк приборов сцинтилляционной гамма-спектрометрии нашего производства как лабораторного, так и полевого применения.

НПЦ «Аспект» в настоящее время готов к выпуску блоков и устройств детектирования на основе сцинтиллятора  $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$  с размерами ( $\varnothing 25 \times 25$ ) мм и ( $\varnothing 38 \times 38$ ) мм и другими типоразмерами, выпускаемыми производителями данных кристаллов.

## **КОНТРОЛЬ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЯДЕРНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА**

*Казимиров А.С., Казимирова Г.Ф., Мартынюк Л.Б., Черный Е.В.  
ООО Научно-производственное предприятие «АТОМКОМПЛЕКСПРИЛАД»,  
г. Киев, Украина*

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

- спектрометрический комплекс непрерывного контроля активности реперных радионуклидов теплоносителя основного (первого) контура ядерного реактора ВВЭР-1000 СТПК-01;

- программно-технический комплекс (ПТК) определения протечки в парогенераторах по активности  $^{16}\text{N}$  в остром паре „Азот-16-ПГ”.

Показаны отличия применения приборов марки «АКП», благодаря широкому ряду методик измерений и пробоподготовки для различных систем радиационного контроля и мониторинга объектов ядерной энергетики. Новые разработки научно-производственного предприятия «АТОМКОМПЛЕКСПРИЛАД» позволяют решать ряд проблем в области радиационной безопасности, задач охраны окружающей среды и здоровья человека.

За цикл разработок, проведенных НПП «АТОМКОМПЛЕКСПРИЛАД» совместно с институтами НАН Украины, и по результатам внедрения данной аппаратуры, была присуждена Государственная премия Украины в области науки и техники за 2006 г. за работу «Разработка приборов и систем контроля, организация их промышленного производства и внедрение новых технологий радиационной безопасности».

## **МЕТОДИЧЕСКОЕ И ПРИБОРНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ. ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА АЭС УКРАИНЫ**

*Казимиров А.С., Исаев А.Г.*

*ООО Научно-производственное предприятие «АТОМКОМПЛЕКСПРИЛАД»,  
г. Киев, Украина*

Представлен анализ методов и гамма-измерительных систем, применяемых для определения характеристик радиоактивных отходов. Методы основаны на анализе спектров энергий гамма-излучения от протяженных источников и применимы для полупроводниковых и сцинтилляционных детекторов. Показано, что эффективность регистрирующей системы может быть определена экспериментальным и расчетным путями. Приводится опыт успешной эксплуатации в течении нескольких лет на всех АЭС Украины выпускаемого серийно спектрометра СЕГ-001м «АКП-С»-ТРО для определения активности и радиоизотопного состава ТРО первой и второй групп без проведения пробоотбора.

## **РАЗРАБОТКА НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РАДИОМЕТРИЧЕСКИХ ДЕТЕКТОРОВ НА ОСНОВЕ ZnS (Ag)**

*Кожмякин В.А., Оболонский Д.И., Соболев А.С., Шульгович Г.И.*

*УП «АТОМТЕХ», г. Минск, Беларусь*

*Аншаков О.М., Соколов В.Г., Уголев И.И.*

*УО «Белорусский государственный университет», г. Минск, Беларусь*

В радиометрии альфа-излучения издавна находят применение сцинтилляционные детекторы на основе соединения ZnS (Ag), которое обладает по сравнению с другими люминофорами повышенной конверсионной эффективностью. В настоящее время детекторы из сульфида цинка не поступают в продажу, а изготавливаются с целью их использования непосредственно для собственного производства сцинтиллометров и приборов радиационного контроля.

Целью настоящей работы является:

- разработка новой технологии изготовления альфа- и альфа-бета- («фосвич») детекторов;
- внедрение разработанных детекторов в измерительную практику;
- серийное освоение детекторов.

Ранее широко применялся седиментационный метод (метод гравиметрического осаждения), который является неудобным и длительным. Разработанная нами технология нанесения ZnS (Ag) уменьшает время изготовления детектора, обеспечивает более качественный оптический контакт слоя люминофора и подложки, однородность и прочность сцинтилляционного покрытия, позволяет варьировать материалы и размеры подложки. Это позволило нам изготовить опытную партию сцинтиллометров с подложками из полиметилметакрилата (альфа-детекторы), а также с подложками из активированных полистирола и поливинилтолуола (альфа-бета-детекторы).

Изготовленные опытные образцы детекторов диаметром 62 мм и толщиной подложки 1 мм имели различную поверхностную плотность и гранулометрический состав (использовали стандартный светосостав ФС-4). Суспензия, состоящая из светосостава ФС-4, наполнителя и растворителя, наносится на подложку, после чего, подвергается специальной обработке. Состав компонентов обеспечивает необходимую поверхностную плотность люминофора 5-10 мг/см<sup>2</sup>.

Для исследования радиометрических и спектрометрических свойств образцов использовалась экспериментальная установка с фотоприемным узлом на базе фотоумножителя ФЭУ-183 и встроенного АЦП на 512 каналов на линии с ПЭВМ, соединенного посредством интерфейсного адаптера USB. Исследование более чем 50 экспериментальных образцов детекторов показали, что, варьируя технологические параметры подготовки и нанесения сцинтиллирующего покрытия, можно получать детекторы необходимого качества.

Подходящие для практики значения эффективности регистрации альфа-излучения и амплитудного разрешения детекторов получены для партии образцов с поверхностной плотностью  $(8 \pm 1)$  мг/см<sup>2</sup>. Радиометрические параметры (эффективность регистрации и амплитудное разрешение) образцов не хуже, чем у зарубежных аналогов.

В настоящее время выполняются работы по изготовлению и исследованию нескольких вариантов детекторов с последующей оптимизацией режимов методики нанесения люминофора на сцинтиллирующие пластмассы различной природы. Результаты испытаний показывают, что детекторы, изготовленные по предложенной нами технологии, соответствуют требованиям, предъявляемым к изделиям, применяемым в радиометрической аппаратуре.

## **ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА РАДИОИЗОТОПНОГО ТОЛЩИНОМЕРА**

*Лизунов Е.М., Мазный Н.Г., Петров Н.В., Сидоров В.Т.  
ЗАО НПЦ «Аспект», г. Дубна*

В 2007 г. в НПЦ «Аспект» был создан комплекс технических средств для радиоизотопного толщиномера, используемого в трубопрокатном цехе Северского трубного завода. Работа толщиномера основана на счете гамма-квантов, испускаемых радиоизотопным источником и прошедших через стенки измеряемой трубы. Точность измерения толщины прокатываемой трубы должна составлять не более 0,5% (1СКО). Для обеспечения заданной точности измерений, при толщине стенки трубы от 5 до 50мм, устройство детектирования гамма-излучения должно иметь максимальную скорость счета не менее 3 000 000 имп/сек. Был выбран детектор на основе органического сцинтиллятора, что позволило значительно увеличить предельную скорость счета по сравнению с ранее используемым детектором на основе кристалла NaI. Для улучшения линейности счетной характеристики детектора при больших нагрузках применена система стабилизации. Принцип стабилизации основан на поддержании заданного соотношения скоростей счета в амплитудных окнах. Созданное устройство детектирования содержит в одном пылевлагозащищенном корпусе (IP-64) все функциональные узлы: усилители, компараторы, схему стабилизации, высоковольтный преобразователь напряжения, микроконтроллер, интерфейс RS-485 и др.

В состав комплекса входят так же блок индикации толщиномера, устройство связи и питания.

Блок индикации позволяет отображать текущие расчетные значения толщины трубы (двойная или одинарная стенка), температуры в корпусе устройства детектирования, результаты самодиагностики системы, значения установленных параметров. Кроме того, блок обеспечивает обмен данными с внешним компьютером прокатного стана, прием внешних управляющих сигналов, выполнение калибровки комплекса.

Опытная эксплуатация комплекса показала его возможность обеспечить заданные метрологические характеристики в условиях трубопрокатного производства.

## **ПОДХОДЫ К ФОРМИРОВАНИЮ БИБЛИОТЕК МОДЕЛЬНЫХ СПЕКТРОВ ЖИДКОСЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ СПЕКТРОМЕТРОВ**

*Малиновский С.В., Каширин И.А., Ермаков А.И., Тихомиров В.А., Соболев А.И.  
ГУП Мос НПО «Радон»*

Основной проблемой широкого распространения полноценной жидкосцинтилляционной спектromетрии, позволяющей определять изотопный состав сложных проб, является сложность и трудоёмкость подготовки библиотек модельных спектров отдельных радионуклидов, необходимых для обработки спектров. В частности, ввиду сложности изготовления приборов с идентичными параметрами, каждый из них в настоящее время требует создания собственной библиотеки, которую нельзя использовать на других спектromетрах.

На основе большого опыта проведения жидкосцинтилляционных спектromетрических измерений предлагается изложение разработанных подходов, используемых на всех стадиях создания таких библиотек от подготовки калибровочных образцов для измерений до математической коррекции измеренных спектров и ввода их в библиотеку.

Предложены методы, позволяющие проводить адаптацию библиотеки, измеренной на одном приборе к использованию на других приборах.

Показаны перспективы разработки методов создания библиотек жидкосцинтилляционных спектromетров, использующих справочные данные по радиоактивному распаду при минимальном наборе практических измерений.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ЭМАНИРОВАНИЯ ПОЧВ И ГРУНТОВ**

*П.С. Микляев\*, Т.Б. Петрова\*\**

*\*Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, \*\* МГУ им. М.В.Ломоносова*

Предлагается новый метод определения коэффициентов эманации грунтов и почв по радону. Метод основан на измерении скорости эксхалляции радона из образцов грунта. Как было установлено ранее, в образцах грунта малого объема (до 1 литра), свободный радон, выделяющийся в поры грунта за счет эманации, не удерживается в порах грунтовой влагой, не сорбируется на поверхности грунтовых частиц и полностью покидает поровое пространство образца. При отсутствии надежной герметизации образцов, радон не накапливается в них. То есть, количество свободного радона, образующегося в порах образца единичного объема в единицу времени  $a_0$  (интенсивность эманации) равно количеству радона, выделяющегося с поверхности образца единичного объема в единицу времени  $q^*$ .

Интенсивность эманации  $a_0$  равна (Бк/см<sup>3</sup>с):

$$a_0 = K_{эм} * A_{Ra} * \lambda_{Rn} * \rho$$

где  $K_{эм}$  – коэффициент эманации грунтов по радону;  $A_{Ra}$  – удельная активность радия (Бк/г);  $\lambda_{Rn}$  – постоянная распада радона (1/с),  $\rho$  – плотность грунта (г/см<sup>3</sup>).

Если  $q^* = a_0$ , то коэффициент эманации будет равен

$$K_{эм} = \frac{q^*}{A_{Ra} * \lambda_{Rn} * \rho}$$

Величину  $q^*$  можно определить, например, методом сорбции радона на активированном угле с применением комплекса измерительного «Камера» (время экспонирования составляет 10 часов).

Проведенные нами эксперименты показывают удовлетворительную сходимость полученных результатов со значениями  $K_{эм}$ , определенных гамма-спектрометрическим методом. Достоинством метода является простота и оперативность проведения измерений, однако, судя по полученным на данный момент результатам, метод применим только к средам с относительно высоким содержанием радия и значением коэффициента эманации.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 07-05-01011.

## **О НОВОМ СПОСОБЕ ОБНАРУЖЕНИЯ И ИЗМЕРЕНИЯ ПОТОКОВ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ**

*Мосяж В.М.*

Предлагаемый способ обнаружения и измерения потоков ионизирующих излучений (ИИ) основан на совместной регистрации их соразмерных фрагментов сборкой из  $n$  ( $n > 2$ ) соответствующих трактов в режиме укороченной экспозиции относительно ныне практикуемой с цифровым преобразованием<sup>1</sup> получаемых таким образом последовательностей счета в реальном масштабе времени.

Это обеспечивает улучшение возможностей обнаружения искомых сигналов в типичных фоновых условиях в 4 и более раз по сравнению с одиночными трактами на основе детекторов ИИ с эквивалентным объемом чувствительной области. Значимо снижается частота ложных срабатываний относительно уровня, присущего статистическим критериям, в том числе критерию Неймана-Пирсона, уменьшаются риски пропуска даже весьма кратковременных сигналов, обеспечивается при прочих равных условиях серьезное повышение точности измерения интенсивности потоков ИИ.

Отмеченные преимущества способа подтверждаются результатами его неоднократного применения к сериям данных, полученным посредством газоразрядных счетчиков типа СИ-41Г и СИ-42БГ<sup>2</sup>, сцинтилляционных детекторов типа  ${}^6\text{LiI}(\text{Eu})$ <sup>3</sup>, сцинтилляционного полистирола<sup>4</sup>, а также генераторов пуассоновских потоков событий<sup>5</sup> в диапазоне интенсивности счета (0.0001, 10000) имп/с.

### *Литература*

<sup>1</sup> <http://www.dsp-book.narod.ru>

<sup>2</sup> Сертификат об утверждении типа измерений RU.C.38.001.A № 13929

<sup>3</sup> Прибор для поиска, локализации и идентификации слабых источников гамма-нейтронного излучения «Сигма-н». КСАР1У.05-03. ФГУП НТЦ «Ядерно-физические исследования», ФГУП КЦ «Атомбезопасность»

<sup>4</sup> Транспортные радиационные мониторы гамма-нейтронного излучения «Рубеж». КСАР1У.041. ФГУП НТЦ «Ядерно-физические исследования», ФГУП КЦ «Атомбезопасность»

<sup>5</sup> Р.Н.Вадзинский, Справочник по вероятностным распределениям, СПб, «Наука», 2001, с.45



## **ИНТЕРАКТИВНЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ ПО РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

*Нозик М.Л.*

*Федеральная служба по экологическому, технологическому и  
атомному надзору*

1. Правовые аспекты радиационной безопасности.
  2. Нормативные документы Ростехнадзора в радиометрии и спектрометрии.
  3. Учебная литература и интерактивные базы данных по радиационной безопасности, созданные при Учебно-методическом центре экспертизы и сертификации.
    - "Администратор радиационной безопасности";
    - "Дозиметрист (Радиометрист)";
    - "Радиоизотопные приборы";
    - "Электронный справочник по радиационной безопасности";
    - "Радиобиолог";
    - "Портативный комплекс радиационной информации и оценки радиационной обстановки";
    - "Обеспечение радиационной безопасности в топливно-энергетическом комплексе";
    - "Источники излучений генерирующие. Лицензирование, эксплуатация, обеспечение радиационной безопасности";а также учебные пособия.
- Подробнее можно ознакомиться на компьютерном сайте [www.zivert.ru](http://www.zivert.ru), созданном Учебно-методическим центром экспертизы и сертификации в 2002 году для информационной поддержки специалистов в области радиационной безопасности.
4. Информация о сайте [www.zivert.ru](http://www.zivert.ru)

## **АНАЛИЗ СООТНОШЕНИЯ ОБЪЕМНОЙ АКТИВНОСТИ $^7\text{Be}$ И $^{212}\text{Pb}$ В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ**

*Т.Б. Петрова\*, П.С. Микляев\*\*,*

*\*МГУ им. М.В.Ломоносова, \*\*Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН*

Анализ соотношения  $^7\text{Be}$  и  $^{212}\text{Pb}$  в приземном слое атмосферы позволяет выявить природу колебаний объемной активности  $^7\text{Be}$ . В отличие от космогенного  $^7\text{Be}$ , свинец-212, входящий в ряд распада тория, поступает в атмосферу за счет эксхалляции торона из горных пород и почв, где захватывается атмосферными аэрозолями и перемещается вместе с ними. Сопоставление временного хода концентраций космогенного  $^7\text{Be}$  и «земного»  $^{212}\text{Pb}$  в приземной атмосфере позволяет выделить в течение года три периода, характеризующихся различным соотношением этих радионуклидов.

В летне-осенний период (с июня по начало декабря) наблюдается тесная корреляция между содержанием в воздухе  $^7\text{Be}$  и  $^{212}\text{Pb}$ . Концентрации этих радионуклидов постепенно снижаются. Причем, наблюдается тесная обратная корреляция между активностью  $^7\text{Be}$  и скоростью ветра. Вымывание аэрозолей дождями также приводит к снижению концентраций  $^7\text{Be}$  и  $^{212}\text{Pb}$ . То есть, в этот период поведение  $^7\text{Be}$  определяется исключительно поведением аэрозолей в приземном слое атмосферы.

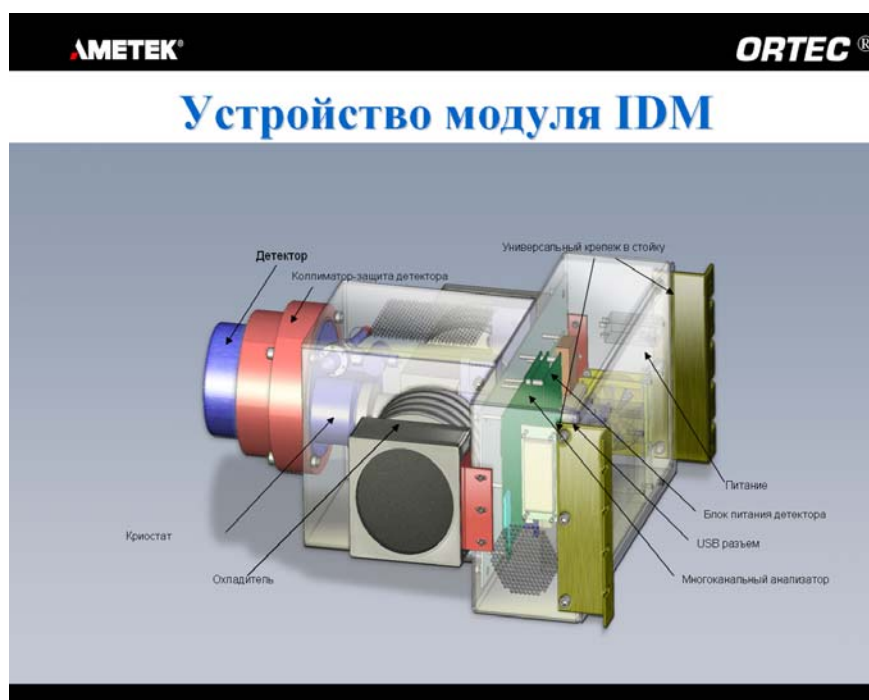
Зимой (с момента установления снежного покрова) наблюдаются минимальные концентрации как  $^7\text{Be}$ , так и  $^{212}\text{Pb}$ , их колебания незначительны, однако, какой-либо корреляции между содержанием в воздухе свинца и бериллия не выявлено. При этом наблюдается высокая корреляция ( $r = 0,99$ ) между среднезимними значениями объемной активности  $^7\text{Be}$  в приземном слое атмосферы и среднегодовыми значениями потока галактических космических лучей (В другие периоды года связи между потоком ГКЛ и концентрацией  $^7\text{Be}$  в приземной атмосфере не выявляется).

В весенний период регистрируются наибольшие различия в поведении  $^7\text{Be}$  и  $^{212}\text{Pb}$ . С конца февраля наблюдается постоянный рост концентрации  $^7\text{Be}$  в атмосфере, продолжающийся до конца мая, независимо от колебаний метеофакторов. В тоже время содержание  $^{212}\text{Pb}$  остается на уровне, характерном для зимнего периода, до схода снежного покрова, т.е. до конца апреля, после чего резко (на два-три порядка) возрастает, а к концу мая, после установления травяного покрова, вновь несколько снижается. Таким образом, увеличение концентрации  $^7\text{Be}$  весной не связано с состоянием приземного слоя атмосферы, а определяется, скорее всего, поступлением воздушных масс из стратосферы.

## **ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМЫЙ МОДУЛЬ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ (ORTEC -INTERCHANGEABLE DETECTOR MODULE IDM) КУЛЬМИНАЦИЯ ОЧГ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ И ИДЕНТИФИКАЦИИ ГАММА-ИЗЛУЧАЮЩИХ РАДИОНУКЛИДОВ**

*Пономаренко А.В.  
Pribori Oy*

Фирмой АМТЕК (торговая марка Ortec) впервые в мире разработан интегрированный необслуживаемый модуль IDM гамма-спектрометра на основе 50% ОЧГ детектора без жидкого азота, с электроохладителем на основе цикла Стирлинга и встроенным анализатором, аналогичным DSPEC PRO. Прибор предназначен для передвижных лабораторий, спектрометрического контроля на АЭС, включая необслуживаемые гермозоны, для монтажа в стойки и порталные мониторы, в том числе работающие вне помещений, для установки на автомобили, самолеты, вертолеты.



### **Особенности**

- Полностью интегрированный инструмент на основе ОЧГ детектора
- Моментальная установка в 19” стандартную стойку
- Установка требует только физической установки, кабеля питания и компьютера с USB 2.0
- Большой 85 мм x 30 мм ОЧГ кристалл (около 50 % относительной эффективности)
- Высокая надежность холодильника на основе цикла Стирлинга
- Холодильник высокой производительности обеспечивает повышенную охлаждающую способность для экстремальных условий окружающей среды и обеспечивает быстрое охлаждение ОЧГ до рабочей температуры
- Цифровая обработка сигнала, анализатор - интегрированный аналог Dspec PRO
- Усиленный криостат, разработанный для длительного периода эксплуатации
- ОЧГ детектор может быть подвергнут термоциклу в любое время, даже при частичном нагреве

- Непрерывный сбор данных, коррекция на мертвое время, LIST-режим
- Низкое энергопотребление
- Низкочастотный фильтр (LFR) улучшает спектральное разрешение в условиях внешних шумов и вибраций, в том числе при установке на транспортные средства
- "Горячая замена" IDM модулей при необходимости
- Является компонентом для системных интеграторов и таможенной системы разработки ORTEC
- IDM построен по той же самой технологии ОЧГ детекторов, как используется в DETECTIVE
- Несколько сотен Detectiv-ов были проданы с 2004 года с общим количеством отказов к настоящему времени менее 0.5 %
- Повышенная герметизация детектора
- Полностью соответствует стандарту ANSI N42.38
- Размер:
  - Глубина - 47.31 см от фронта детектора до задней крышки (48.58 см, включая выступающие скобы крепления)
  - Ширина - 45.55 см (48.26 см, включая скобы крепления )
  - Высота - 22.86 см
  - Вес: 22.68 кг без защиты-коллиматора детектора
  - 27.22 кг с защитой-коллиматором детектора
- Питание: универсальное 110/220 В частотой 50/60 Гц
- Рабочая температура - диапазон: -20°C до +50°C
- Относительная влажность: 100 %, без конденсации.
- Время первичного охлаждения зависит от окружающей температуры, но типично меньше <5 часов
- Разрешение не хуже 1,27 кэВ на 60 кэВ и не хуже 2 кэВ на 1,33МэВ
- Уверенно обнаруживает источник 1 мкКю при перемещении со скоростью 5 км/ч в поле зрения детектора на расстояниях от 100 до 225 м.

## **THERMO FISHER SCIENTIFIC: ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ДЕТЕКЦИИ РАДИАЦИИ, ДОЗИМЕТРИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ И МОНИТОРИНГА**

*Прокопенко А. Ю., Снегирев Б. В.  
ООО «КОНВЕЛС», г. Москва*

Американская корпорация Thermo Fisher Scientific – мировой лидер в производстве аналитических приборов. Основные сегменты – это Научный (различное лабораторное оборудование) и сегмент Измерений и Контроля (всевозможные производственные процессы и полевые применения). В том числе компания Thermo предлагает широкую линейку оборудования для радиационного и дозиметрического контроля, объединяя в себе в этом направлении около десятка крупнейших производителей с мировым именем, таких как Harshaw, Siemens и других. Сюда входят дозиметрические системы, специальные системы мониторинга окружающей среды, приборы спектроскопии, системы обнаружения загрязнения – мониторы для персонала, для транспорта, конвейерные, для кранов, для отходов, системы обнаружения незаконно хранимых или транспортируемых материалов.

Выявим наиболее примечательные и новейшие разработки:

### **EPD Mk2 и N2**

Активные персональные дозиметры, которые могут работать как самостоятельно, так и в системе. Регистрируют гамма, бета, рентгеновское и нейтронное излучение. Прибор оборудован дисплеем и различными настраиваемыми алармами для Hp(10) и Hp(0.07), работает от батареи типа АА (стандартной батареи хватает приблизительно на 4 месяца).

- **Harshaw TLD**

Пассивные дозиметры, объединенные в системы со считывателем: от простых (для обслуживания небольшого штата больницы) до сложных (для обслуживания нескольких тысяч сотрудников АЭС). Например, модель Harshaw 6600 с автоматическим считывателем и внутренним калибратором, на основе которой несколько лет находятся в эксплуатации системы дозиметрического контроля Кольской и Ленинградской АЭС.

- **FH40G**

Компактный детектор, оснащенный дисплеем с возможностью использования также широкого набора внешних детекторов для разных типов излучений в различных условиях проведения измерений. В приборе могут быть установлены тревожные значения для мощности дозы и суммарной дозы. Данные сохраняются и могут быть как считаны с дисплея, так и переданы в компьютер.

- **Interceptor**

Прибор нового поколения, сочетающий в себе качества персонального детектора радиации и возможности идентификатора изотопов. Это наладонное устройство способно быстро обнаружить источник излучения и затем выявить, какой именно изотоп его создает. Чувствительность как к гамма излучению, так и к нейтронам. Прибор незаменим для различных служб безопасности, контроля, инспекции объектов.

Компания Thermo на основе богатого опыта, хорошо опробованных технологий и методов, применяя инновационные технологии, продолжает создавать новые актуальные решения, позволяющие работать с высокой точностью, максимальной практичностью и безопасностью.

## **РАДИАЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ В РАЙОНЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ РОВЕНСКОЙ АЭС**

*Романенко А.Н.*

*Ровенская АЭС, г. Кузнецовск*

Радиационный мониторинг в районе расположения Ровенской АЭС осуществляют лаборатория внешнего радиационного контроля (ЛВРК) и лаборатория автоматизированной системы контроля радиационной обстановки (ЛАСКРО) цеха радиационной безопасности.

ЛВРК создана в 1978 году, за два года до пуска первого блока и проводит контроль радиационного воздействия Ровенской АЭС на население 30-ти километровой зоны и окружающую среду в соответствии с «Регламентом радиационного контроля Ровенской АЭС», согласованным с Министерством здравоохранения Украины и Государственным комитетом ядерного регулирования Украины.

Лаборатория оснащена тремя гамма спектрометрами фирмы ORTEC на основе детекторов из ОЧГ с относительной эффективностью 130%, двумя полевыми гамма спектрометрами с относительной эффективностью детекторов 40%. Радиометрические измерения проводятся на двух четырехканальных  $\alpha/\beta$  радиометрах MPC-9604 фирмы Protean Instrument Corporation. Измерение трития проводятся на двух радиометрах Triathler фирмы Hidex. В сентябре 2007 года планируется поставка жидкостинцилляционного спектрометра Tri-Carb 3170TR/SL фирмы Packard.

С января 1993 года в ЛВРК функционирует информационно-измерительный комплекс «АТОМ», который обеспечивает информационную поддержку проводимых работ. Базы данных комплекса обеспечивают хранение информации об отборе проб, выполнение регламента радиационного контроля, информацию о радиохимической подготовке проб, радиометрических и спектрометрических измерениях.

В феврале 2007 года успешно введена в промышленную эксплуатацию автоматизированная система контроля радиационной обстановки (АСКРО) РАЭС.

АСКРО представляет комплекс автоматизированных постов контроля радиационной обстановки, из которых 16 размещены на территории промплощадки Ровенской АЭС и 13 – в санитарно-защитной зоне и зоне наблюдения РАЭС.

Постами контроля выполняется измерение газо-аэрозольных выбросов через все вентиляционные трубы энергоблоков Ровенской АЭС; жидких сбросов РАЭС; мощности дозы, концентрации йода и аэрозолей на промплощадке РАЭС, а также мощности дозы и объемной активности йода и аэрозолей в населенных пунктах зоны расположения РАЭС. К числу отличий от использующихся методов контроля относится измерение ИРГ по гамма-излучению и измерение трития в выбросах энергоблоков.

Через систему АСУТП II уровня «Спрут» информация системы АСКРО с в режиме реального времени доступна всем пользователям Ровенской АЭС, а также передается в Государственный комитет ядерного регулирования, НАЭК «Энергоатом», областную администрацию и областные управления по чрезвычайным ситуациям и экологии.

Для оценки дозовых нагрузок на население зоны наблюдения институтом радиационной защиты АТН Украины разработаны программные комплексы расчета доз от аварийных (SOARS) и штатных (RNPP\_Doses) выбросов и сбросов Ровенской АЭС. Методики расчетов, реализованные в программных комплексах SOARS и RNPP\_Doses, согласованы Министерством здравоохранения Украины.

## **ОПЫТ ГАММА-СЪЕМКИ И СОЗДАНИЯ КАРТЫ-СХЕМЫ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МЭД ГАММА- ИЗЛУЧЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ Г. АНГАРСКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АВТОМОБИЛЬНОГО ГАММА-СПЕКТРОМЕТРА «АВТО-ГАММА 2ХС»**

*О.В.Садовская, В.В.Синицкий, Б.П.Черняго, Э.А.Минаев*  
*ФГУП «Иркутский специализированный комбинат радиационной безопасности «Радон»*

В 2005 году Иркутский спецкомбинат «Радон» выполнил работы по комплексному радиационному обследованию жилой зоны и территории перспективной застройки г.Ангарска, которые включали гамма-съёмку на площади 35,5 км<sup>2</sup> в масштабе 1:10000 . Эта задача решалась с использованием автомобильного спектрометра «Авто-гамма 2хС» с программным обеспечением LsrnCar, установленном на полноприводном автомобиле УАЗ-3303 (См. Тезисы докладов ППСР-2002).

Вследствие современной планировки города и плоского рельефа доступными для автомобильной съёмки оказалось 29,2 км<sup>2</sup>, т.е. 80% территории. Маршруты движения планировались на месте ежедневно. Дневной объём съёмки составил (0,4 - 0,6) км<sup>2</sup>.

Заезды осуществлялись по дорогам, внутриквартальным проездам, а там, где это было доступно и вне дорог. При обследовании каждого квартала или микрорайона начальная и конечная точки привязывались к карте. Время набора спектра на спектрометре устанавливалось равным 15 с. При таком времени набора статистическое отклонение измеренного значения МЭД в данной точке от его среднеквадратичного значения составляло не более 0,005 мкЗв/ч при доверительной вероятности 0,95. Скорость движения автомобиля во время съёмки составляла 6 - 10 км/ч. Средняя плотность измерений составила приблизительно 700 измерений на квадратный километр.

Ежедневно в контрольной точке спектрометр калибровался по энергии, одновременно проверялись калибровка по мощности дозы и значения геодезических координат. После рабочего дня на обратном пути также делались замеры на контрольной точке.

Утроенное значение среднеквадратичного отклонения координат контрольной точки за все время съёмки составило по долготе - 6,5 м, по широте - 10 м. Таким образом, статистическая погрешность определения координат положения автомобильного спектрометра не превышает 10 м. Это существенно меньше дистанции между двумя измерениями. Систематическая погрешность в определении положения спектрометра исключалась тем, что начальная и конечная точки маршрутов привязывались к карте.

Карты-схемы распределения МЭД по полученным данным строились при помощи ПО GoldenSoftware Surfer, которое представляет собой специализированный пакет программ, предназначенных для построения поверхности на основе имеющихся данных, а также сечений поверхности на определенном уровне – изолиний.

## **ЦИФРОВЫЕ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССОРЫ РАЗРАБОТКИ НПЦ «АСПЕКТ»**

*Салион А.Г., Сидоров В.Т.  
ЗАО НПЦ «Аспект», г. Дубна*

В современной спектрометрической аппаратуре остается все меньше аналоговых узлов за счет применения цифровой обработки сигналов (ЦОС). Элементная база, необходимая для создания устройств с ЦОС развивается стремительно, т.к. такие узлы стали одними из основных в бытовой технике. Мобильные телефоны, карманные персональные компьютеры, фотоаппараты и т.п. – везде, где нужна обработка звука или изображения используется ЦОС.

Цифровая обработка сигнала заключается в том, что аналоговый сигнал «оцифровывается» с помощью высокоскоростного АЦП и дальнейшая обработка полученных кодов производится в цифровой форме (умножение и суммирование с применением весовых коэффициентов).

ЦОС позволяет реализовать функции фильтрации и получить в результате формы импульсов, трудно реализуемые аналоговой схмотехникой. Цифровая обработка сигнала осуществляется с помощью специальных процессоров (DSP – digital signal processor) или с использованием программируемых логических интегральных схем (ПЛИС).

В спектрометрической аппаратуре с применением цифровой обработки сигнала аналоговым остается только предусилитель и предварительный фильтр, а далее – ЦОС.

Основные преимущества спектрометрических устройств с ЦОС:

- Лучше температурная стабильность
- Более высокая загрузочная способность
- Более широкие возможности формирования импульсов
- Встроенные функции цифрового осциллографа
- Проще в настройке

В спектрометрах, разработанных в НПЦ «Аспект» также используется ЦОС. В настоящее время выпускаются сцинтилляционные устройства детектирования УДСЦ-Г со сцинтилляторами NaI(Tl) различных размеров и специализированное УДСЦ-Г для экспресс-идентификации источников излучения в составе портального радиационного монитора.

В докладе приведены конкретные результаты тестирования спектрометров в условиях реальной работы у потребителей (ФГУП «Производственное объединение «Маяк» и объект ФТС), которые подтверждают преимущества ЦОС.

В стадии разработки – портативный цифровой спектрометр СУ-07Ц для работы с ППД. Некоторые параметры спектрометра:

- Габариты 170x170x55 мм<sup>3</sup>
- Питание: от внутреннего аккумулятора или внешнее +5В
- Встроенный источник высокого напряжения до 5000В
- Встроенный источник питания предусилителя
- Разрешение накапливаемого спектра: до 16К каналов
- Встроенный диск для накопления до 100 спектров
- Режимы работы спектрометра: ААИ и МКС



## **ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ МИГРАЦИИ И АККУМУЛЯЦИИ Cs-137 В ГОРОДСКИХ ЛАНДШАФТАХ**

*Селезнев А.А., Ярмошенко И.В., Екидин А.А.  
Институт промышленной экологии УрО РАН*

Наземные экосистемы подвержены загрязнению техногенными радионуклидами, образовавшимися в результате атмосферных ядерных испытаний и аварий на радиационно-опасных объектах. В большинстве случаев такие радионуклиды не вносят значительного вклада в дозовые нагрузки населения, но привлекают повышенное внимание в обществе. Так, относительно невысокая, но ненулевая удельная активность (УА) Cs-137 (обычно менее 20 Бк/кг), измеренная в пробах грунта, отобранных на строительных площадках при радиационных обследованиях в г. Екатеринбурге, часто ставит в замешательство застройщиков. В то же время отсутствуют достоверные данные об уровнях загрязнения Cs-137 различных объектов городского ландшафта. Поэтому застройщики могут получить от специалистов консультации только общего, теоретического характера. Было предложено изучить пути поступления, миграции, накопления Cs-137 в городском ландшафте на примере г. Екатеринбурга. Объектом исследования были выбраны естественные ловушки радионуклидов – донные отложения луж, сточных канав, мелких водоемов, имеющих природное и техногенное происхождение и не нарушенных в течение достаточно долгого времени.

Исследование было начато летом 2007 года и предполагает выполнение следующих задач:

1. Оценка накопления Cs-137 в естественных ловушках.
2. Анализ архивных данных по глобальным выпадениям техногенных радионуклидов;
3. Разработка динамических моделей поступления, миграции, распределения техногенных радионуклидов в городской экосистеме.

По предварительным результатам измерения 25 проб с использованием гамма-спектрометрического метода значения УА Cs-137 варьируются в пределах 20-540 Бк/кг, среднее значение – 91 Бк/кг. Предварительные данные подтверждают предположение о повышенном накоплении Cs-137 в отдельных элементах городского ландшафта.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ГАДОЛИНИЯ В ТКАНЕЭКВИВАЛЕНТНОМ МАТЕРИАЛЕ МЕТОДОМ РФА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НЕЙТРОННО-ЗАХВАТНОЙ ТЕРАПИИ**

*А.С.Серебряков, И.И.Малых, А.П.Мороз, В.И.Кудряшов, В.Ю.Торопов  
ЗАО «Комита», г. Санкт-Петербург*

При проведении нейтронно-захватной терапии [1] злокачественная опухоль с помощью инъекций насыщается бором или гадолинием с целью создания интенсивного локального источника излучения после относительно кратковременного воздействия внешнего потока тепловых нейтронов.

Если имеет место насыщение гадолинием, то контрольное измерение концентрации этого элемента и конфигурацию его расположения в ткани организма можно выполнить, используя аппаратуру для рентген-флуоресцентного анализа.

На простейших фантомах, изготовленных из тканеэквивалентного материала и содержащих на определенной глубине пластиковую кювету с раствором гадолиния необходимой концентрации, экспериментально показано, что подобные контрольные измерения выполнимы. Для их реализации использовался анализатор X-Арт М производства ЗАО «Комита», обладающий высокоэффективным детектором для регистрации К-серии характеристического излучения гадолиния (42,8 и 48,9 кэВ).

Обсуждаются вопросы чувствительности данного подхода по концентрации и по глубине расположения первоначальной точки инъекции в ткани. Одновременно разработана модель объекта, учитывающая непрерывное падающее распределение концентрации гадолиния по радиусу от точки инъекции и позволяющая правильно рассчитать перенос фотонов в такой геометрии методом Монте-Карло.

### *Литература*

1. В.Ф.Хохлов, В.Н.Кулаков, И.Н.Шейно, А.А.Портнов, К.Н. Зайцев, В.И.Квасов, В.А. Савкин, В.Н.Митин, Н.Г.Козловская, В.В.Мещерикова, А.А. Вайнсон, .П.Ярмоненко. Нейтрон-захватная терапия тепловыми нейтронами на ядерном реакторе ИРТ МИФИ. Инженерная физика, № 4, 2001. с. 43-51.

## **ДЕТЕКТОРНЫЕ ЛИНЕЙКИ НА ОСНОВЕ CDZnTE ДЕТЕКТОРОВ ДЛЯ ТОМОГРАФИЧЕСКИХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ СБОРОК ОТРАБОТАННЫХ ТВЭЛОВ В БАССЕЙНАХ ВЫДЕРЖКИ АЭС**

*А. Соколов, В. Кондратьев  
Bruker Baltic Ltd  
Ganību dambis 26, Rīga LV-1005, Latvia*

Томографическая система имеет 2 детекторные линейки на основе CdZnTe детекторов со встроенной электроникой и многосщелевым коллиматором. Каждая линейка включает 104 детектора и блок электронной обработки. Выходной сигнал каждой линейки передается на линию передачи данных длиной до 20 метров через порт RS-232. Управление рабочим режимом линейки осуществляется тем же портом. Комплект устройства включает также программное обеспечение, которое осуществляет все необходимое управление и специальную программу тестирования устройства и отображения данных состояния системы. Программа одинакова для обеих линеек системы, различие только в корректирующих коэффициентах, которые записываются в каждой линейке индивидуально по результатам калибровки системы. Питание для каждой линейки производится от внешних источников напряжения  $\pm 12V$ ,  $+5V$ .

Коммутация каждой линейки с внешними устройствами производится двумя встроенными кабелями с разъемом DB-9 на конце. Один из кабелей - порт RS-232, другой – кабель питания.

Линейки не имеют своего управления, все необходимые предустановки осуществляются программным обеспечением (ПО) внешнего компьютера. ПО выполняет следующие функции – калибровку каждого канала по эффективности и энергетической привязки, установление коэффициентов для каждого детектора для обеспечения одинаковой чувствительности, визуализацию и управление режимами работы «Спектрометр» и «Радиометр». В режиме «Радиометр» обеспечивается линейность проходной характеристики вплоть до  $1 \times 10^6$  квантов в сек.

## **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА РАДИОНУКЛИДНОГО КОНТРОЛЯ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ ПЕРВОГО КОНТУРА ОХЛАЖДЕНИЯ АЭС**

*А. Соколов, В. Кузьменко, А. Пчелинцев  
Bruker Baltic Ltd, Riga, Latvia*

*Г. Кащей, Д. Мелета, Г. Михайлов, Д. Черных, П. Семин, А. Нагорный  
ИЦ „RADICO”, Обнинск, Россия*

*В. Плетнев, К. Гедиминскас, С.Бормотов  
Ignalina Nuclear Power Plant, Visaginas, Lithuania*

Автоматизированная спектрометрическая система на основе ОЧГ детектора 10% эффективности предназначена для технологического контроля удельной активности радионуклидов в теплоносителе первого контура охлаждения атомных электростанций. Измерительный узел (ИУ), который представляет собой U-образную стеклянную трубку, охватывающую крышку криостата детектора на уровне его центра, помещен вместе с детектором в свинцовую защиту для подавления фона внешней радиации. Подсоединение ИУ к технологическим системам производится электромагнитными клапанами, положение которых определяет рабочий режим системы. Для обеспечения постоянного прохождения потока теплоносителя обеспечена обводная линия, соединяющая входящий трубопровод с системой организованной протечки.

Разработан специальный алгоритм для проведения процедуры измерения, состоящей из циклической промывки ИУ водой, проведения измерений и вычитания текущего значения фона из измеренного значения активности теплоносителя. Алгоритм и программное обеспечение гарантируют высокую надежность результатов при измерении удельной активности теплоносителей при наличии поверхностного поглощения радионуклидов в ИУ.

Результаты эксплуатации подтверждают, что система способна эффективно регистрировать удельную активность радионуклидов в общем диапазоне активности в потоке теплоносителя до  $7.3 \times 10^6$  Бк/л ( $2 \times 10^{-5}$  К/л). Предел обнаружения для удельной активности радионуклида  $^{131}\text{I}$  -  $1.83 \times 10^3$  Бк/л ( $5 \times 10^{-8}$  К/л) при времени измерения 600 с.

Автоматизированная система доказала высокую надежность работы в условиях атомной электростанции и может применяться в других задачах технологического контроля активности радионуклидов в потоках различных жидкостей и газов в on-line режиме.

## **ПЕРЕНОСНОЙ HPGE СПЕКТРОМЕТР ДЛЯ ПОЛЕВОГО ПРИМЕНЕНИЯ**

*Соколов А., Пчелинцев А., Лупилов А.  
Bruker Baltic, Ganību dambis 26, P.O.Box 33, Rīga, LV-1005, Latvia  
Горев А.В., Пугачев А.Н., Сидоров В.Т.  
ЗАО НПЦ «Аспект», г. Дубна  
Даниленко В.Н., Ковальский Е.И. Федоровский С.Ю.  
ООО «LSRM», Менделеево МО*

Применение ОЧГ детекторов ограничивается, главным образом, лабораторными условиями. Однако, существуют и полевые применения, требующие очень высокого уровня портативности для спектрометрического оборудования высокого разрешения. Примерами являются радиоактивные измерения в окружающей среде, в ядерной промышленности, международные меры безопасности и экспертное определение параметров in-situ предмета, который вызывает тревогу на фиксированном, автоматическом радиационном портальном мониторе, но изотопная идентификация переносным идентификационным устройством на основе сцинтилляционного детектора не была успешной.

Разработанный малогабаритный ОЧГ блок детектирования с легким сосудом Дюара нашел применение в практике МАГАТЭ и Евроатома вместе с миниатюрным многоканальным анализатором МСА-166, оснащенный целым перечнем прикладных программ для решения конкретных задач.

В данной работе представлены результаты разработки переносного спектрометра в составе портативного ОЧГ детектора и спектрометрического устройства СУ-07Ц.

Основные возможности и характеристики спектрометрического устройства СУ-07Ц:

- Предназначен для работы с ППД
- Используется цифровая обработка сигнала
- Питание от внутреннего аккумулятора или внешнее +5В
- Встроенный программно-управляемый источник высокого напряжения (до 5000В)
- Встроенный источник питания предусилителя ППД
- Разрешение накапливаемого спектра: до 16К каналов
- Энергонезависимая память для хранения до 100 спектров
- Режимы работы спектрометра: ААИ и МКС
- Время автономной работы - до 8 часов
- Масса – 1.3 кг
- Габариты - 170x170x55 мм<sup>3</sup>
- Степень пылевлагозащиты - IP54 (с подключенными кабелями)

Программное обеспечение, входящее в состав спектрометра - SpectraLineHandy, позволяет производить идентификацию и расчет активности, как открытых источников, так и источников в защитных контейнерах, определять степень обогащения урана и изотопный состав плутониевых образцов

## **МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ ОБЪЕМНОЙ АКТИВНОСТИ РАДОНА-222**

*С. В. Сэпман*

*ФГУП «ВНИИМ им. Д.И.Менделеева», С.-Петербург, Россия*

Проблема радона является одной из центральных проблем радиационной безопасности населения. Поэтому обеспечение единства измерений в области радиометрии радона и аэрозолей его дочерних продуктов имеет первостепенное значение.

Основой метрологического обеспечения измерений объемной активности радона является создание радоновых камер различного объема с точно известным (эталонным) значением объемной активности радона. Для этого существуют два пути. Так как радон-222 является дочерним продуктом радия-226, то один из путей связан с созданием (высокоточных) прецизионных генераторов радона различных типов на основе естественного радионуклида радия-226, активность которого в генераторе определена с высокой точностью. В свою очередь измерение активности радия-226 связано с международной нормализованной системой эталонов единицы массы радия. Второй путь – непосредственное измерение объемной активности радона абсолютным методом

В докладе рассмотрены основные принципы абсолютных методов измерения активности радия-226 и радона-222, приведены описания конструкций основных типов генераторов радона и их метрологические характеристики, а также даны описания международных проектов по сличению объемной активности радона-222.

## **ОЦЕНКА ОСНОВНЫХ СИСТЕМАТИЧЕСКИХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ СУММАРНОЙ УДЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ АЛЬФА-ИЗЛУЧАЮЩИХ РАДИОНУКЛИДОВ В ПРОБАХ ГРУНТОВ, ПОЧВ, ИЛОВ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ**

*Шитунев А.И., Бабаев А.С., Карасев В.Т., Ионова И.М., Ольхова М.Б.  
ЗАО «Центр исследования и контроля воды», Санкт-Петербург, Россия*

Традиционно суммарную удельную активность  $\alpha$ -излучающих радионуклидов определяют путем сравнения измеренной скорости счета альфа-частиц от счетного образца, приготовленного из анализируемой пробы, со скоростью счета альфа-частиц от счетного образца сравнения, в который внесено известное количество одного или нескольких радионуклидов, например:  $^{241}\text{Am}$ , смеси изотопов  $^{239}\text{Pu}$  и  $^{241}\text{Pu}$ , или соли, содержащей изотопы урана, находящиеся в равновесии с дочерними продуктами распада.

По технике исполнения способ предельно прост, однако, в результате такого сравнения, определяется лишь активность известного радионуклида, обеспечивающего такую же скорость счета, а не действительная суммарная активность смеси радионуклидов. При таком способе измерения результат измерения, как правило, будет отличаться от действительной суммарной активности радионуклидов в измеряемом счетном образце и, неизбежно, будет содержать в себе некоторую систематическую погрешность, зачастую весьма значительную, вплоть до десятков процентов. Численное значение этой погрешности зависит от элементного состава веществ счетных образцов измеряемого и сравнения, от того, какой именно радионуклид (или смесь радионуклидов) вносится в счетный образец сравнения, от состава и активности каждого из радионуклидов в измеряемом счетном образце. Как правило, ни способ оценки, ни границы значений этой систематической погрешности, не оговариваются. Последнее приводит к большим проблемам надежного установления границ полной погрешности результата измерений, и как следствие, оказывается невозможным определение границ интервала, в котором находится действительное значение суммарной активности альфа-излучающих радионуклидов в счетном образце. В совокупности, указанные причины ставят под сомнение достоверность результатов измерений.

В работе выполнена оценка систематической составляющей погрешности результатов измерений суммарной активности альфа-излучающих радионуклидов, обусловленной вариациями элементного состава вещества счетного образца и вариациями радионуклидного состава, применительно к измерениям суммарной активности естественных альфа-излучающих радионуклидов в пробах различных типов грунтов. Приведены формулы для вычисления эффективности регистрации альфа-частиц в широком диапазоне поверхностных плотностей счетных образцов, как для отдельного радионуклида, так и для смеси альфа-излучающих радионуклидов.

## **ОЦЕНКА И СТАНДАРТИЗАЦИЯ ХАРАКТЕРИСТИК РАСПАДА И ИЗЛУЧЕНИЙ РАДИОНУКЛИДОВ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ**

*В.П. Чечев*

*Радиевый институт им. В.Г. Хлопина, Санкт-Петербург, Россия*

Цель этого доклада – дать информацию о состоянии дел в довольно специализированной области ядерной науки, имеющей, однако, непосредственное практическое применение.

Как известно, в настоящее время существует мощный и всеобъемлющий международный файл ENSDF (Evaluated Nuclear Structure Data File) по энергетическим состояниям всех известных ядер. Он поддерживается Брукхевенской Национальной Лабораторией (BNL, США) на основе работ международной сети оценщиков. Эта сеть объединяет примерно 20 центров ядерных данных, включая 2 российских центра - в ПИЯФ и Курчатовском институте. Оценки ENSDF выполняются по массовым цепочкам для заданных массовых чисел ядер.

Однако эти оценки не могут полностью удовлетворить специалистов-практиков. Недостатки ENSDF связаны с медленным обновлением файла и из-за этого неодинаковой достоверностью данных для радионуклидов, имеющих разные массовые числа, а также со сложностью формы представления информации. Но главное, что не удовлетворяет ядерных спектроскопистов, метрологов и практиков, это недостаточная обоснованность *погрешностей*, ориентация на последние или наиболее точные экспериментальные данные, редкое использование *статистических процедур* обработки данных и отсутствие оценённых данных по атомным излучениям.

В результате различные метрологические лаборатории стали использовать для широко применяемых радионуклидов собственные рекомендуемые данные. Тем самым возникла парадоксальная ситуация. Если раньше потребители ядерных данных сталкивались с многими экспериментальными данными для одной и той же характеристики, то теперь вдобавок они имеют дело ещё и с многими оценками, далеко не всегда согласующимися между собой!

Выход был найден в 1996 году с созданием международной кооперации Decay Data Evaluation Project (DDEP), которая решает задачу унификации оценённых значений характеристик распада радионуклидов, имеющих практическое применение. Эта кооперация, включающая представителей ряда ведущих метрологических лабораторий, объединяет как авторов выборочных оценок, так и оценщиков ENSDF. В настоящее время на сайте DDEP [http://www.nucleide.org/DDEP\\_WG/DDEPData.htm](http://www.nucleide.org/DDEP_WG/DDEPData.htm) и в трёх томах монографии, опубликованной Международным Бюро Мер и Весов (BIPM), содержатся результаты оценок DDEP для 125 радионуклидов, снабжённые подробными комментариями, таблицами экспериментальных данных и детальным обоснованием рекомендуемых значений. В России на основе этих результатов автором разработаны таблицы стандартных справочных данных по характеристикам распада радионуклидов, входящих в состав образцовых источников альфа-, гамма- и характеристического рентгеновского излучений.