

# GammaLab

## ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ



А.Н.Берлизов <sup>2)</sup>, В.Н.Даниленко <sup>1)</sup>, Е.А. Ковальский <sup>1)</sup>, Ю.В. Скубо <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> ООО «ЛСРМ», Россия п. Менделеево Московской обл.

<sup>2)</sup> Институт ядерных исследований НАН Украины, г.Киев



**LABORATORY  
of spectrometry  
and radiometry**

<http://www.lsrn.ru>

mail: [lsrm@lsrm.ru](mailto:lsrm@lsrm.ru)

Phone: +7 495 660-16-14

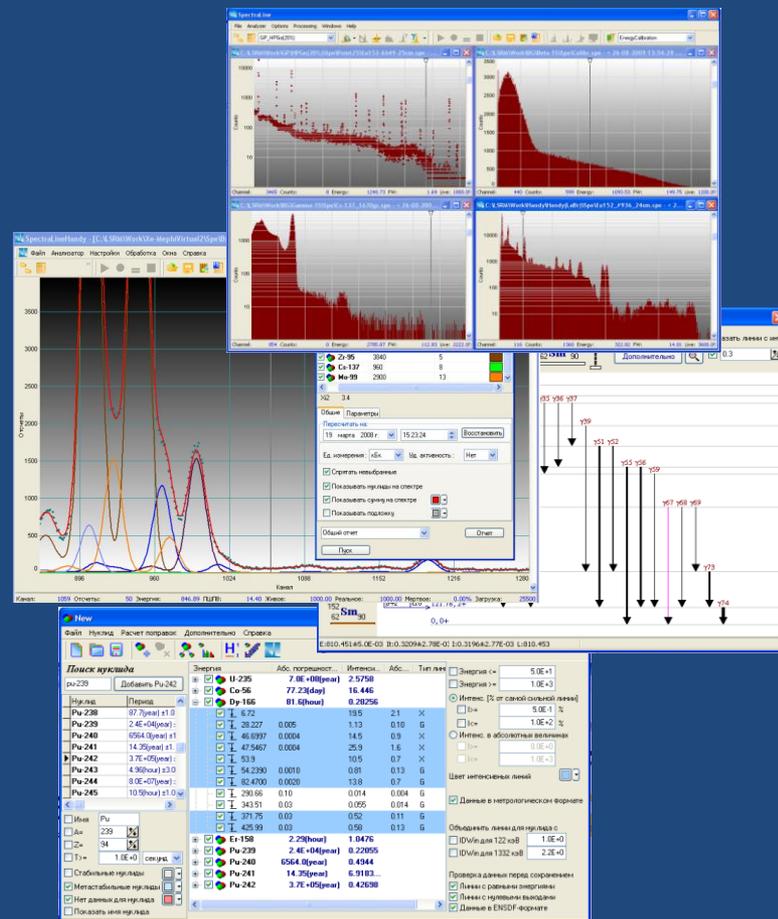
Located in Moscow, Russia



**LABORATORY  
of spectrometry  
and radiometry**

## Программное, методическое и метрологическое обеспечение измерений ионизирующих излучений

- Программные комплексы для полупроводниковых и сцинтилляционных спектрометров  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -излучения:
  - сертификационные измерения
  - обнаружение и идентификация делящихся и радиоактивных материалов
  - радиационный мониторинг
- Оригинальные методики выполнения измерений
- Базы данных по параметрам радиоактивного распада
- Оригинальные алгоритмы и методы расчёта характеристик ионизирующих излучений

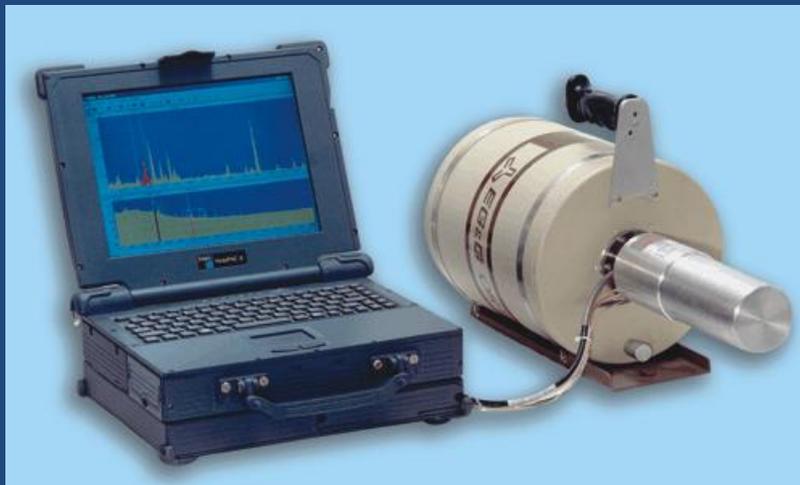


**Вторая линия защиты.**

**Контроль за нелегальным  
перемещением ядерных  
и радиоактивных материалов.**

- Аппаратура
- Методическое и программное обеспечение
- Квалификация оператора

СКС-50М

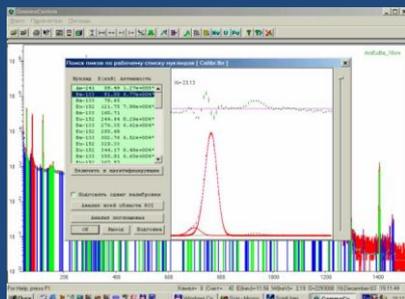


Гамма1С/НВ1

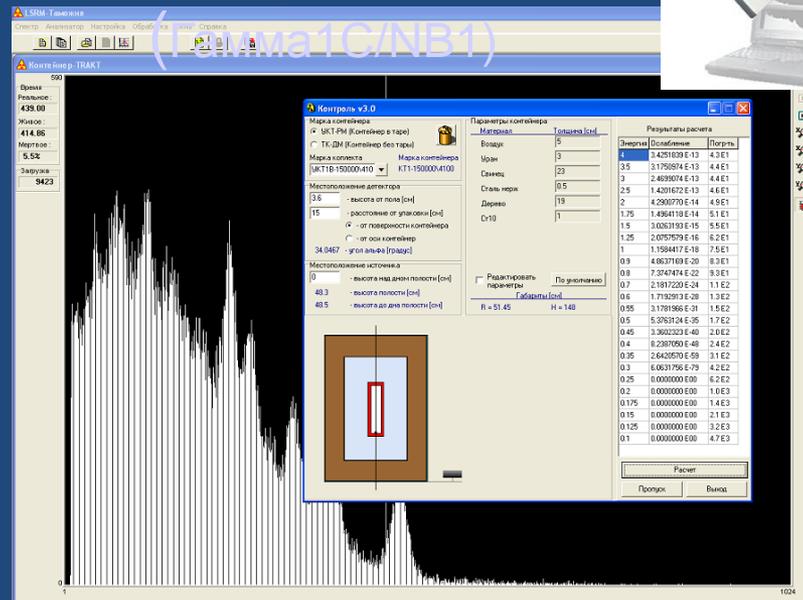




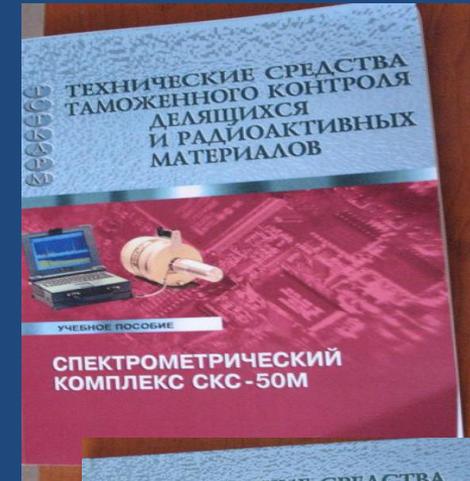
## GammaCustom (CKC-50M)



## LsrmCustoms



- Курсы повышения квалификации при РТА по обучению работе на спектрометрах
- Издание учебных пособий



# Выработка навыков применения спектрометров в процессе таможенного контроля ДРМ

Создание лаборатории, оснащенной  
измерительным оборудованием и  
объектами таможенного контроля

# Обоснование невозможности создания реального полигона для обучения

- ❑ Высокая стоимость используемых приборов -  
СКС-50М~50 000 \$USA
- ❑ Невозможность создания в лабораторных  
условиях реальных условий таможенного  
контроля – большое количество разнообразных  
образцов

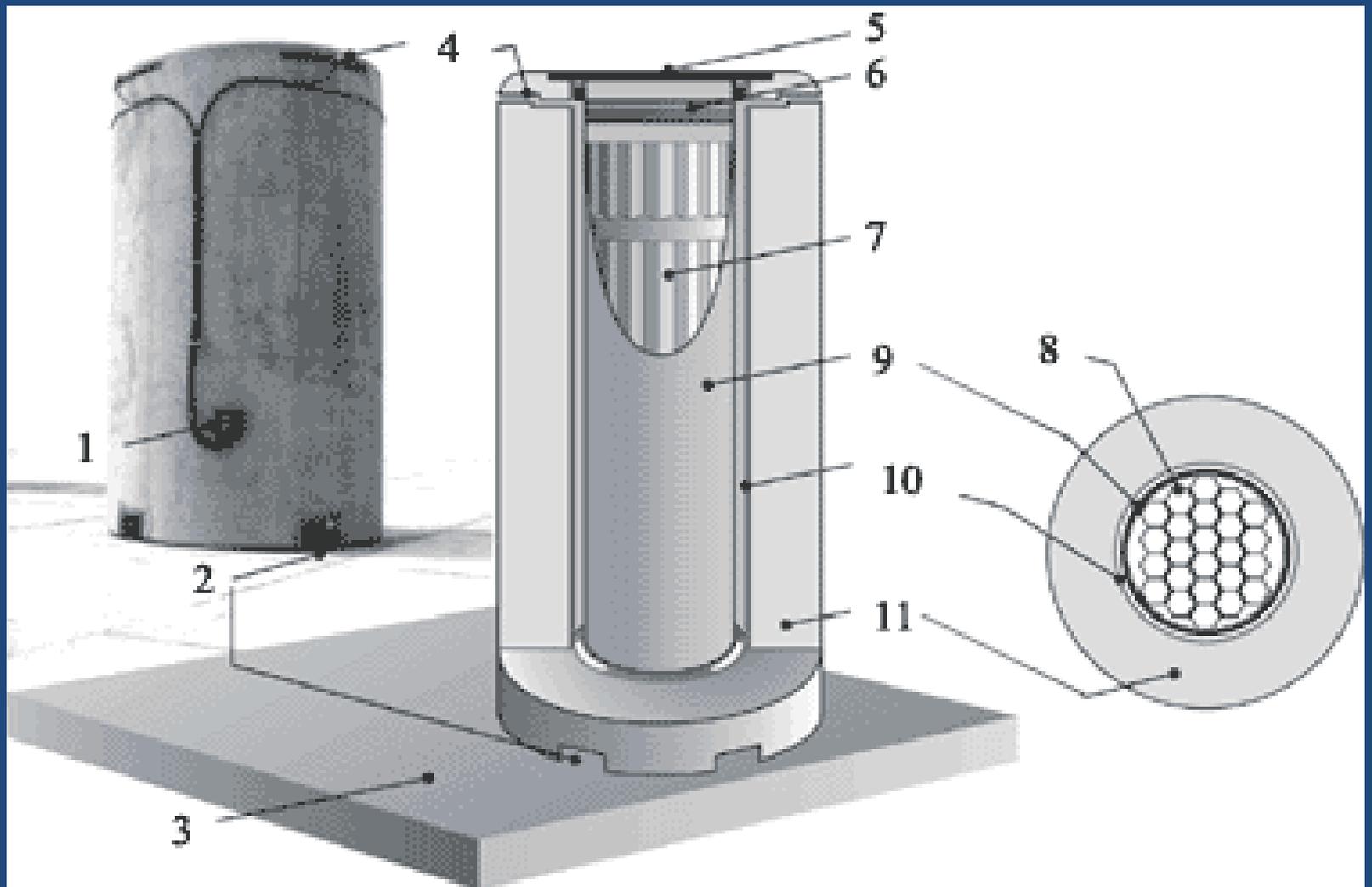
# Объекты таможенного контроля



# Объекты таможенного контроля



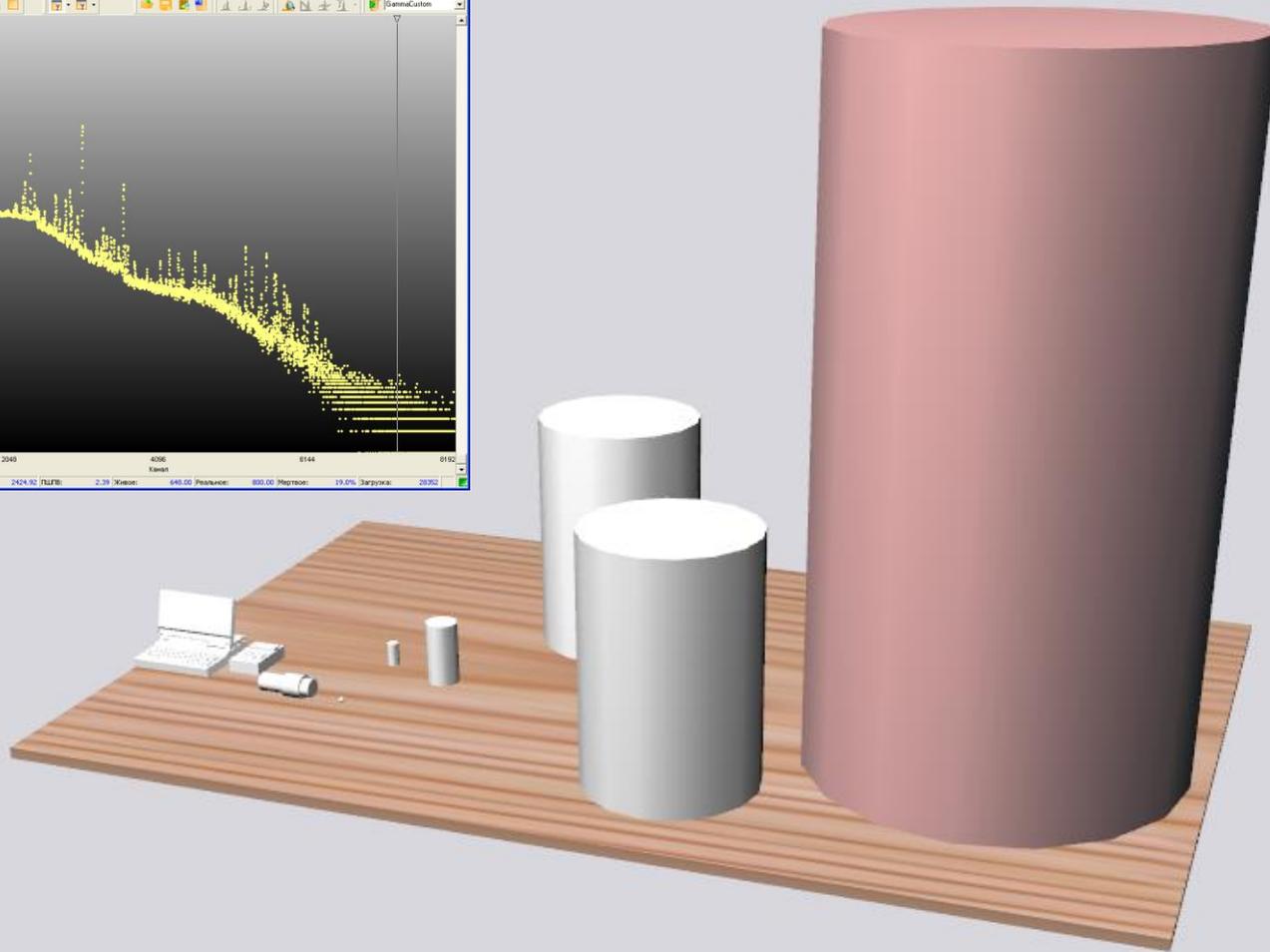
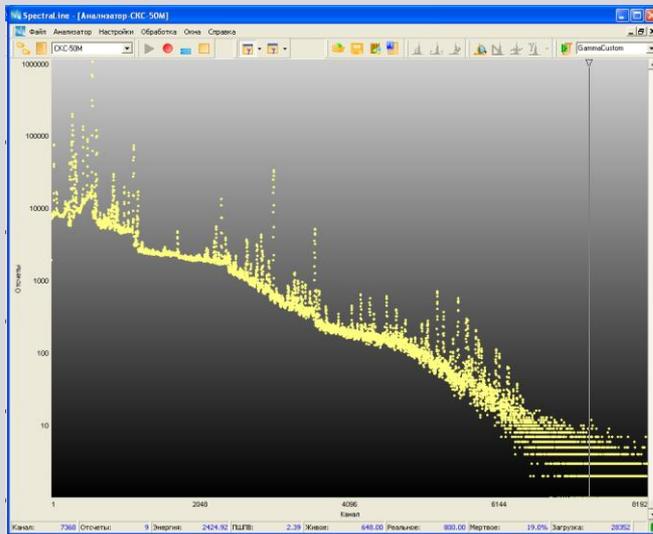
# Объекты таможенного контроля



# Разработка электронного тренажера-эмулятора для отработки практических вопросов применения спектрометров СКС-50М и Гамма-1С/НВ1

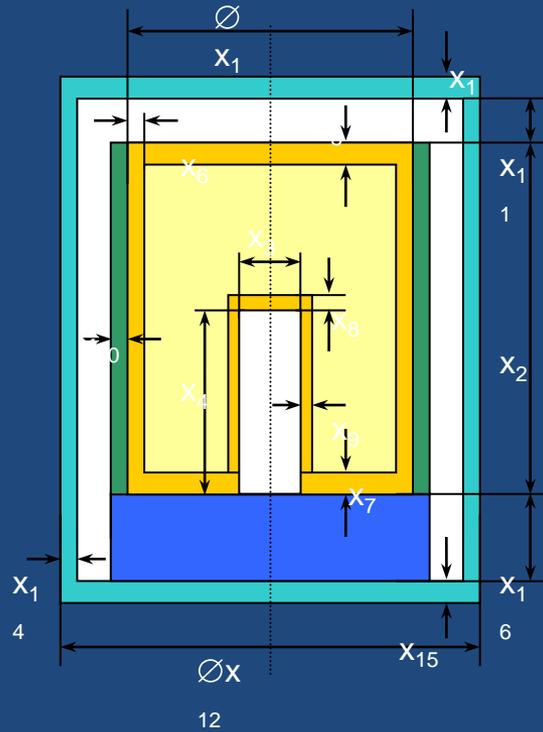


# Виртуальная гамма-лаборатория



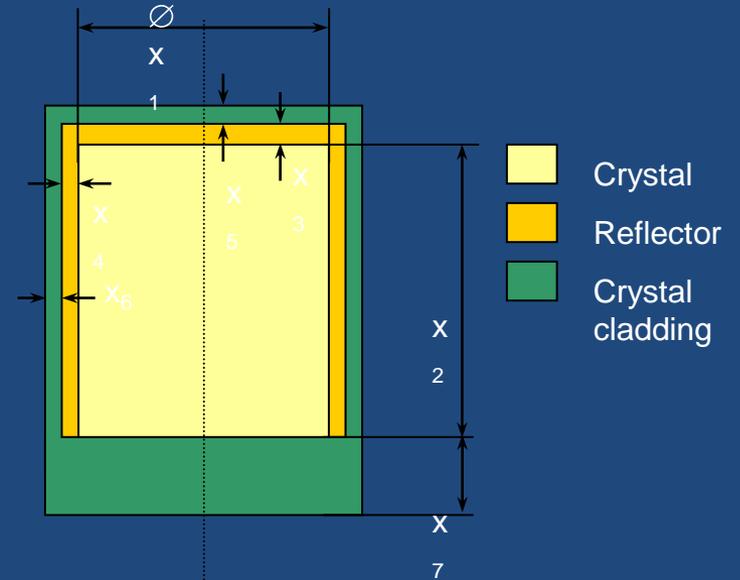
- Моделирование спектров от заданных образцов заданного радионуклидного состава
- Эмуляция спектров в реальном времени в зависимости от взаимного расположения источников и детектора
- Передача спектров в штатную программу спектрометра

## Коаксиальный HPGe- детектор



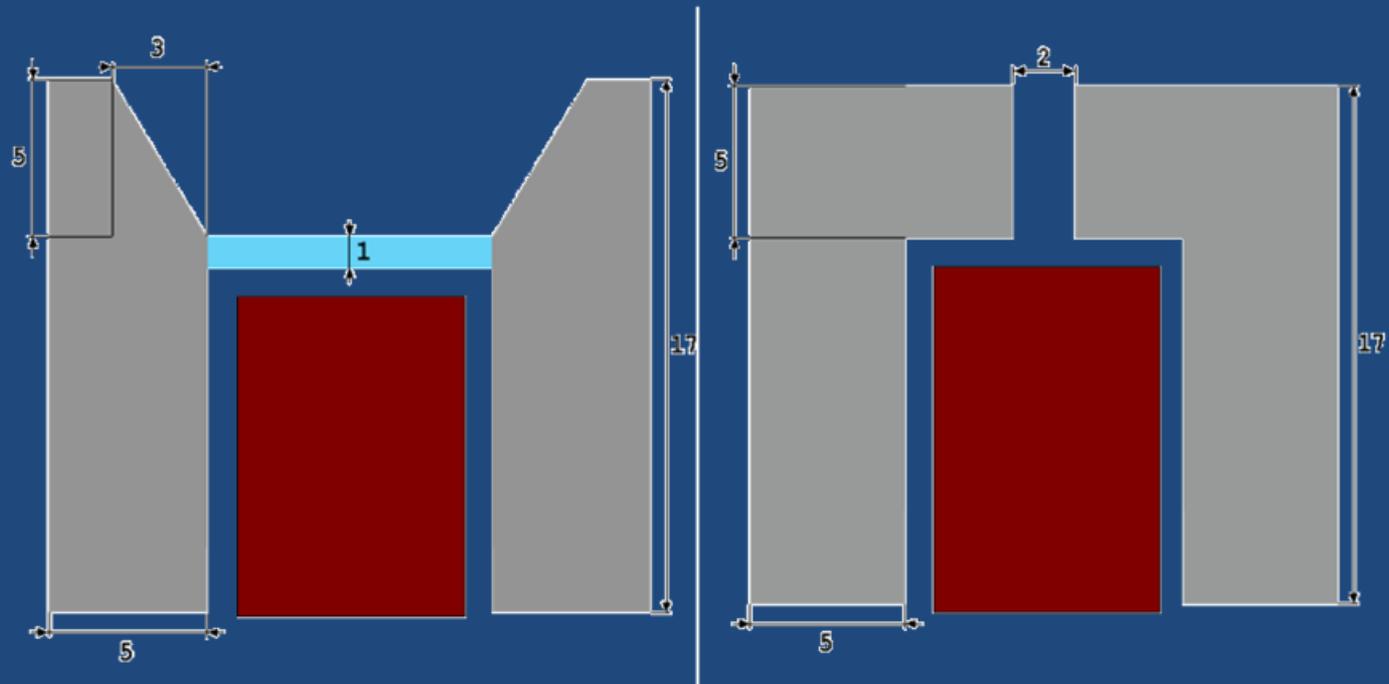
- Detector cap
- Crystal cladding
- Crystal
- inactive layer
- Crystal active
- volume
- Mounting
- Vacuum

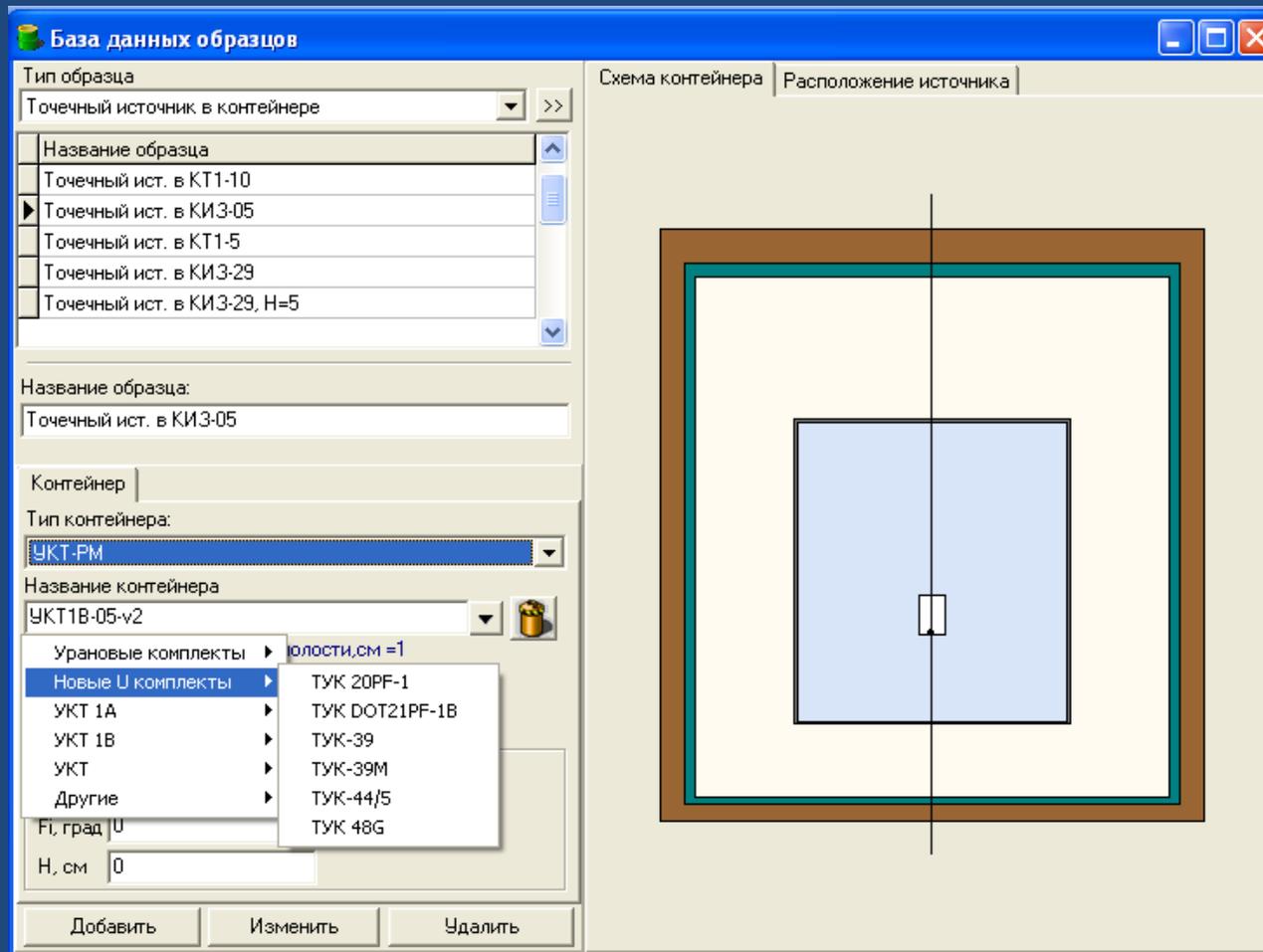
## Сцинтилляционный NaI-детектор



- Crystal
- Reflector
- Crystal cladding

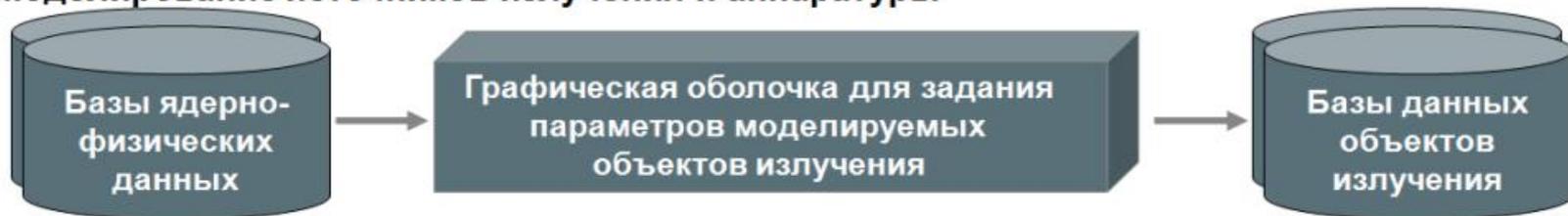
# Область моделирования - коллиматоры



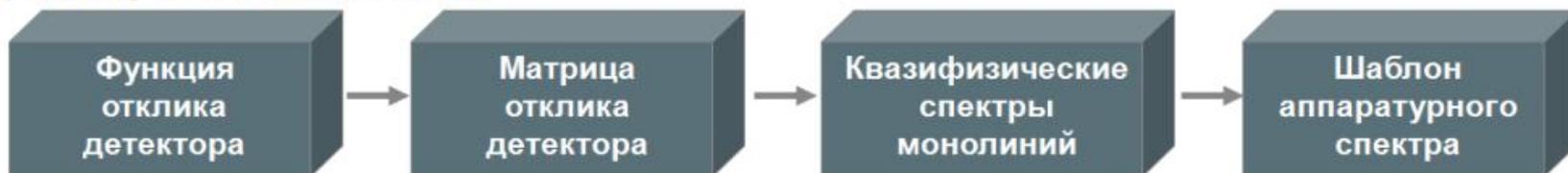


# Структура комплекса

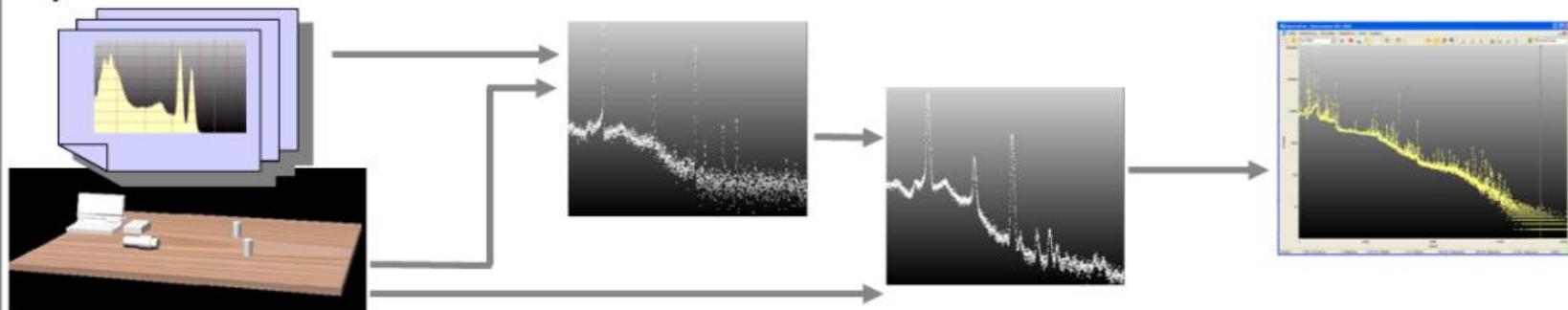
## Моделирование источников излучения и аппаратуры



## Получение шаблонов аппаратных спектров для источников с произвольным радионуклидным составом

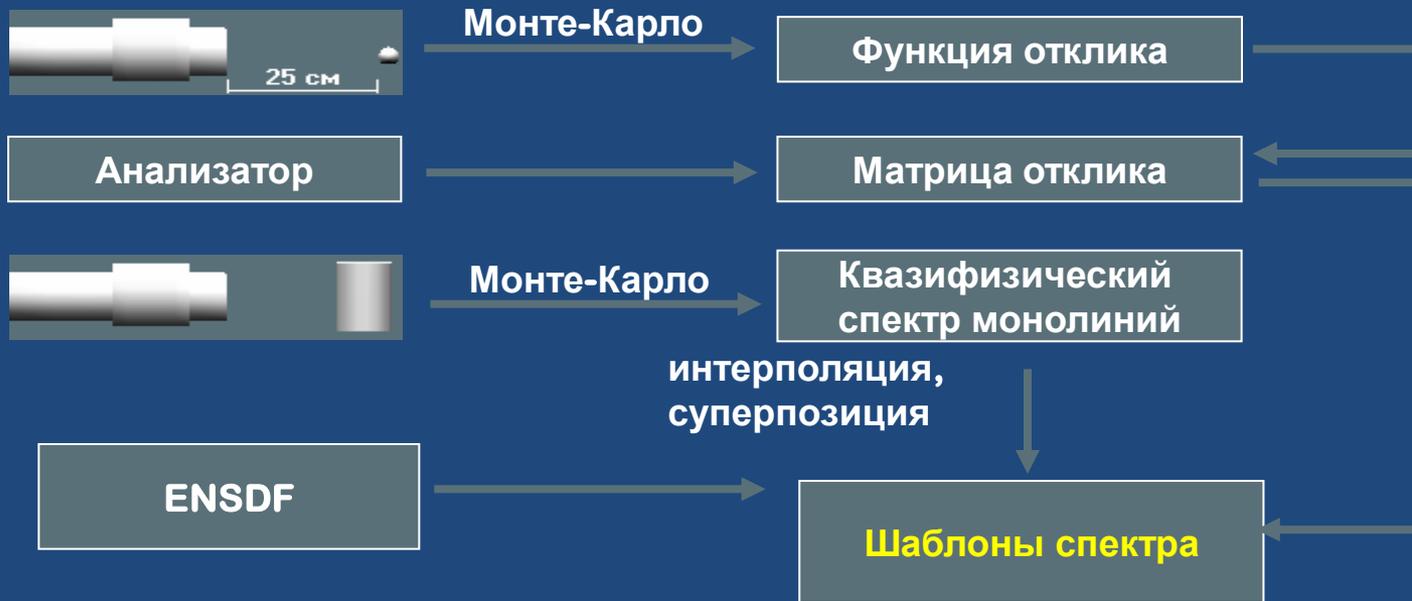


## Эмуляция и отображение спектров в реальном времени, подключение внешних программ обработки



- Метод Монте-Карло – аналог **MCNP** (a general Monte Carlo N-particle transport code)
- Библиотека оцененных ядерных данных по структуре ядра **ENSDF** (Evaluated Nuclear Structure Data File)

# Расчет шаблонов спектра

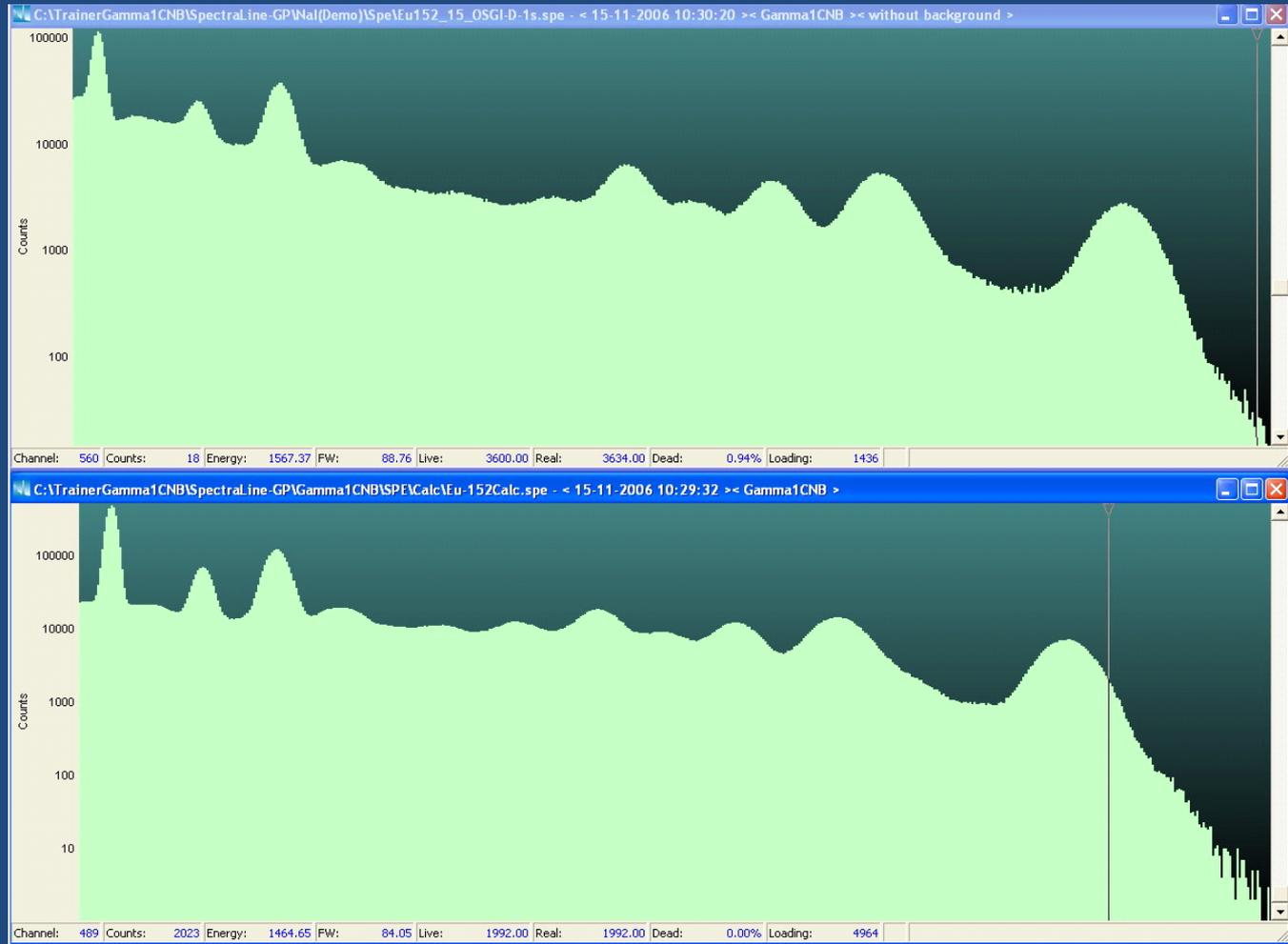


Ориентации детектора относительно направления на источник

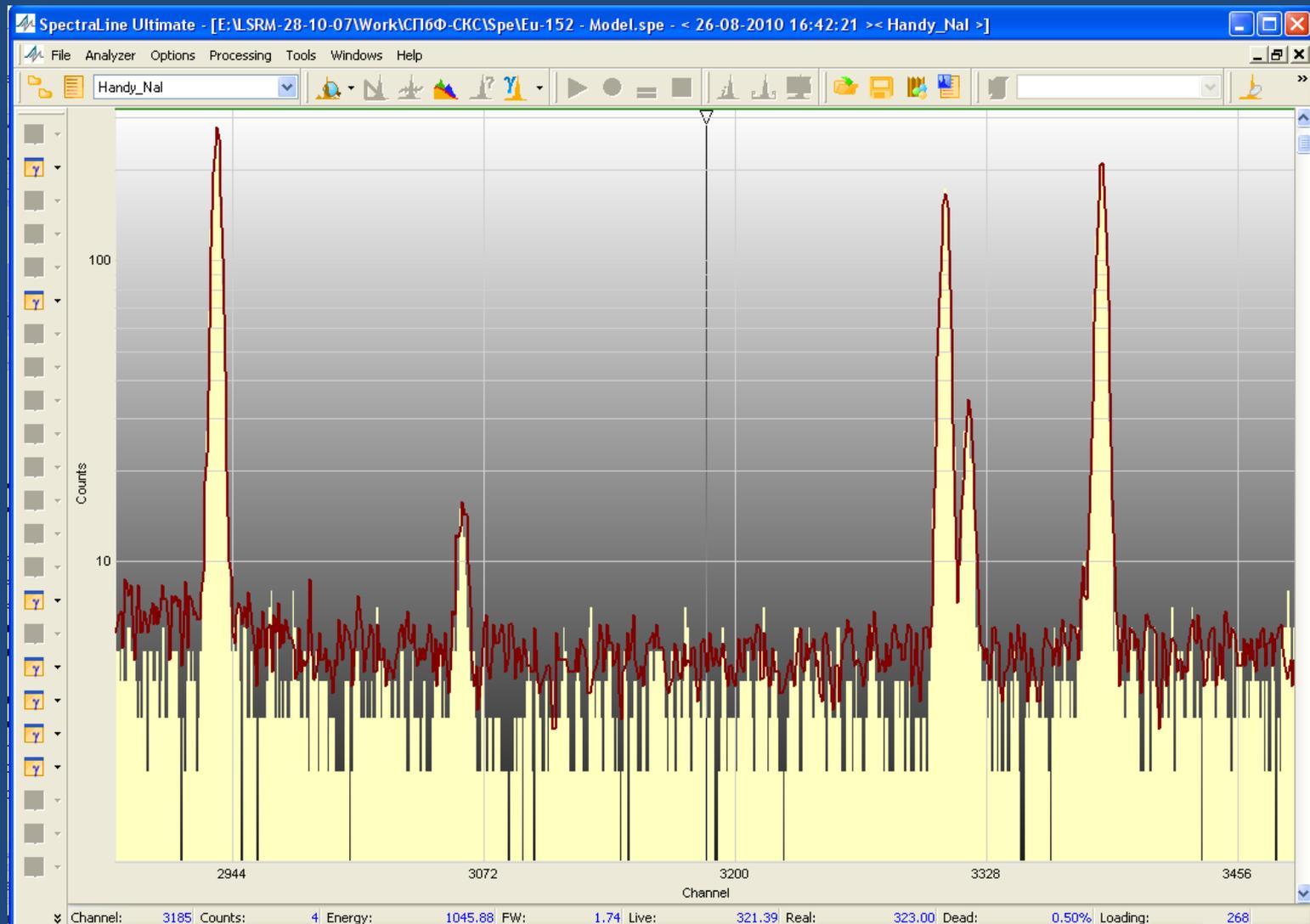


## Eu-152

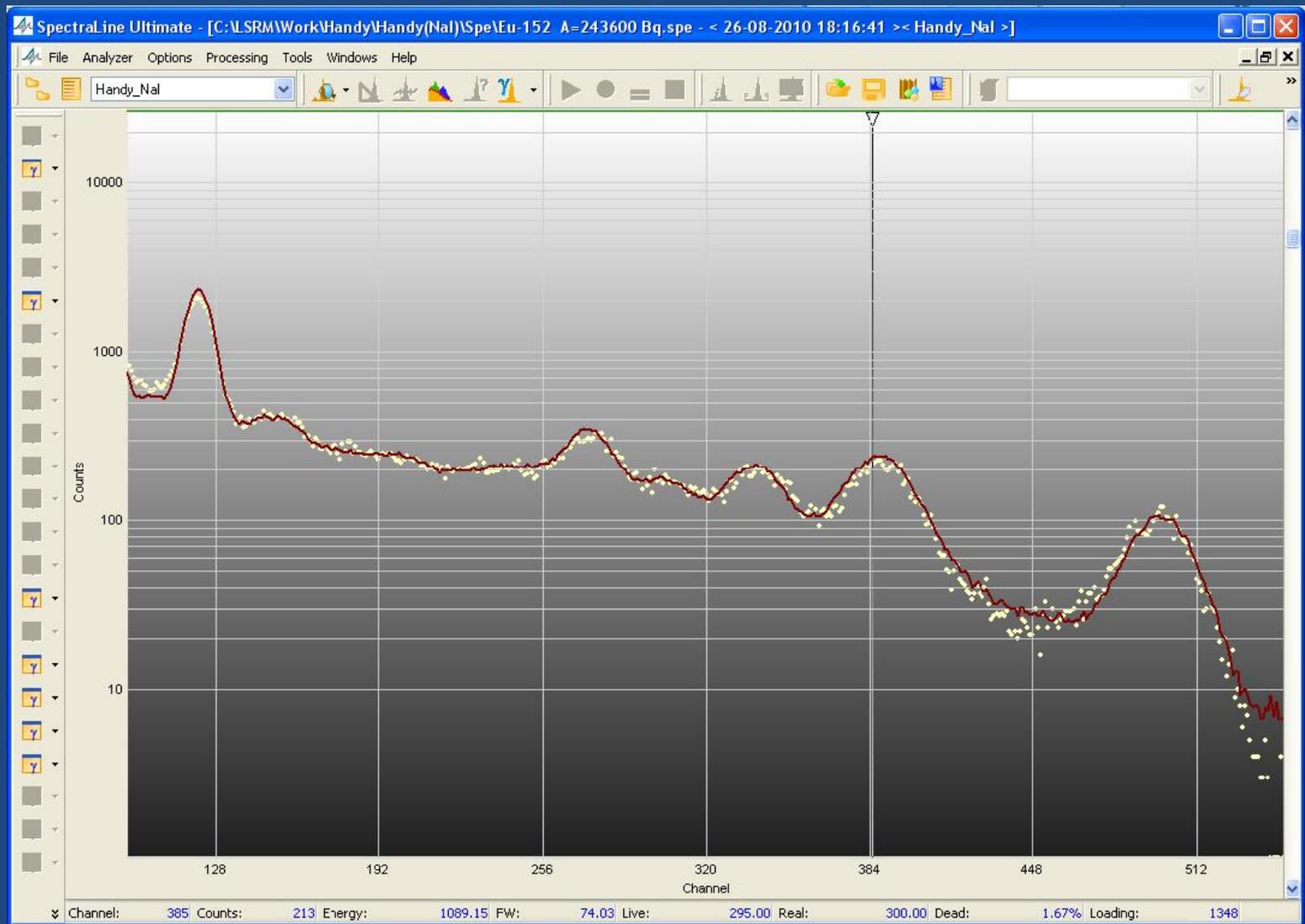
Модельный  
и  
реальный  
спектры



# Моделирование спектров - верификация



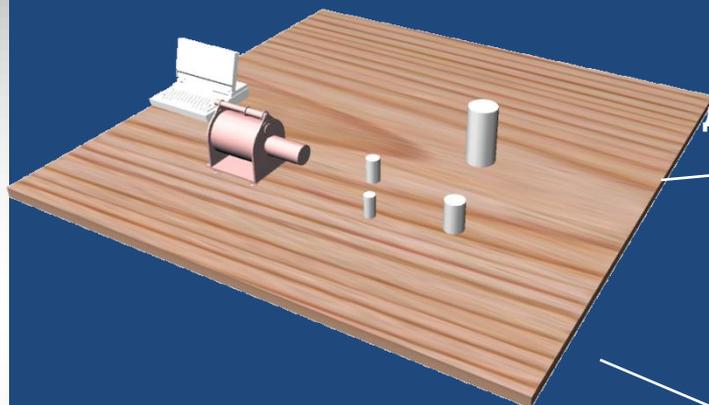
# Моделирование спектров - верификация



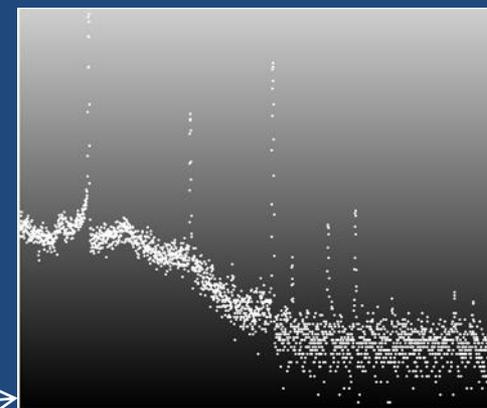
# Моделирование спектров в реальном времени

Шаблоны спектра

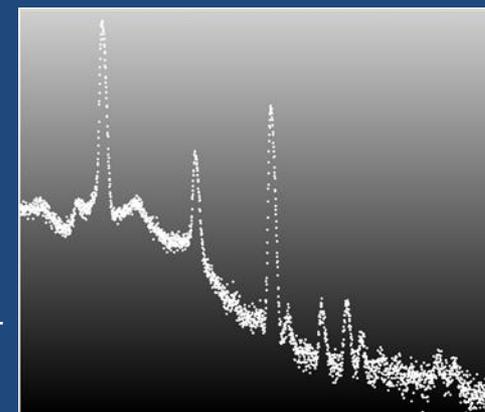
быстрое моделирование



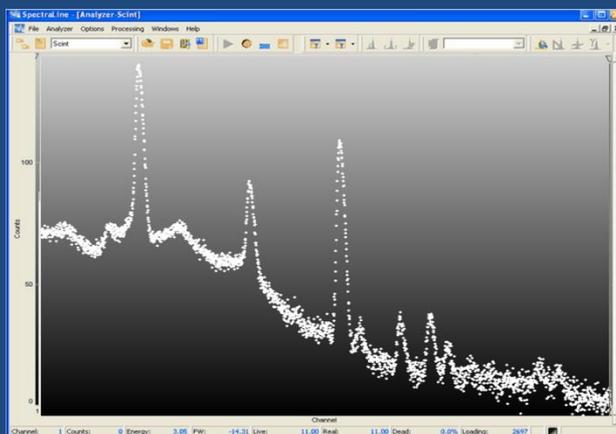
координаты  
детектора и источника



Аппаратурные  
эффекты



состояние  
спектрометра



Передача спектра в  
штатную программу  
спектрометра

- Разработка программы обучения
- Оснащение измерительной аппаратурой
- Установка программного обеспечения
- Оснащение калибровочными источниками и измеряемыми образцами

# Формирование заданий и лабораторных работ

Задания: подготовка и выполнение : C:\LSRM\Trainer\WorkMaster\Гамма-1С.tsk

Файл Видео Приложения Дополнительно

Подготовка Гамма-1С к измерениям

- Подключение аппаратуры
- Калибровка по энергии**
- Измерение фона
- Калибровка по эффективности
- Демонстрация

Определение изотопного состава и активности источников без защитных контейнеров

Контроль активности радиоизотопных источников в контейнерах

- Am-241 1Ки в КТ1-5 и в КИЗ-29
- Co-60, Cs-137, Sn-113 в КТ1-10
- Eu-152 1мКи в КТ1-10 и Co-57 0.1 Ки в КТ1-10

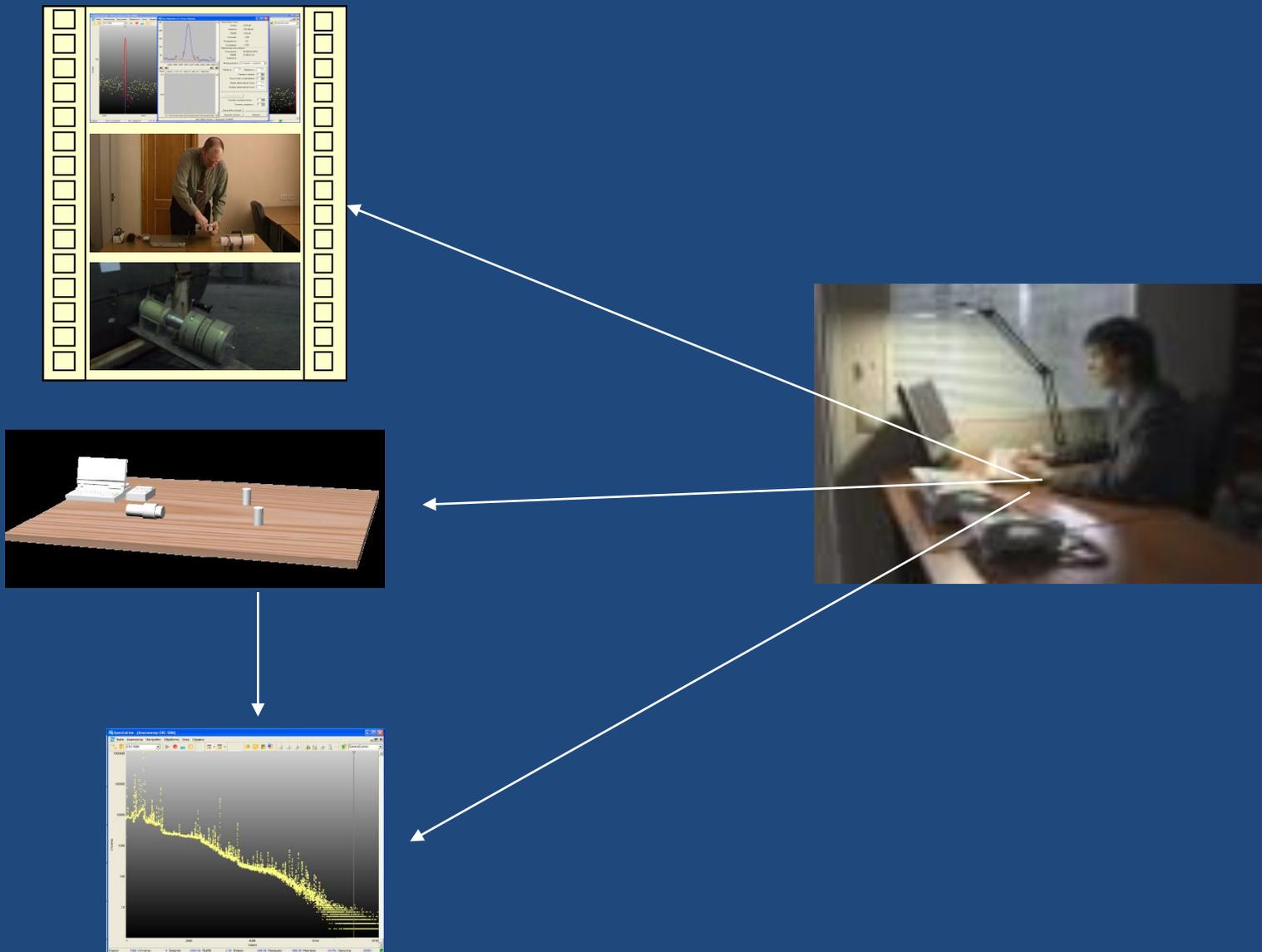
Контроль степени обогащения урана

Контроль ядерных материалов

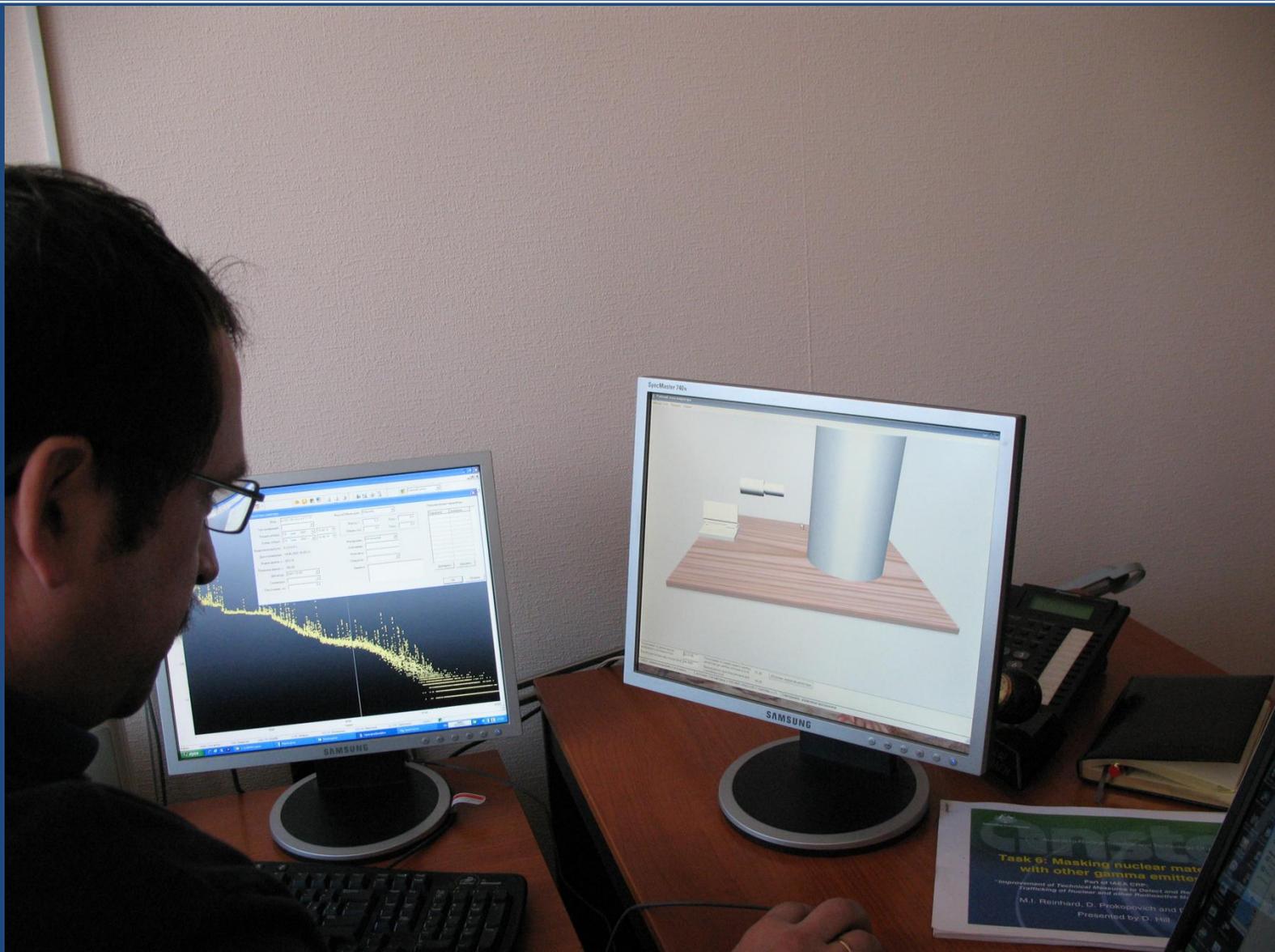
Задание "Калибровка по энергии"

- Параметры спектрометра
  - Детектор : Гамма1С(34x47)
  - Анализатор : АИ-1К,3 МэВ, Gamma1С
  - Коллиматор : Без коллиматора
- Видеофайл
  - Гамма-1С калибровка по энергии.avi
- Комментарий:
  - Калибровка по энергии
- Источники
  - Eu ОСГИ-100кБк
    - Eu-152 : 1Е05 Бк
  - Th-232 (50 лет) точечный
    - Th-232 : 1Е05 Бк
- Фоновые источники
  - Фон (200л бочка -вода)
    - Ra-226 : 1Е07 Бк
    - Th-232 : 1Е07 Бк
    - K-40 : 5Е08 Бк

# Тренажер - Режим оператора



# Тренажер - Режим оператора



# Электронный тренажер эмулятор гамма-спектрометров для выработки практических навыков у офицеров ТКДРМ

Задания: подготовка и выполнение : C:\VLSRM\Trainer\WorkMaster\CKC-50M.tsk

Файл Видео Приложения Дополнительно

- Подготовка CKC-50M к работе
  - Заливка азота. Подключение аппаратуры. Включение спектрометра.
  - Калибровка по энергии
  - Калибровка по разрешению и нелинейности
  - Измерение фона
- Измерение гамма-спектров
  - Получение спектра Co-57 от открытого источника и источника в контейнере
  - Получение спектра от равновесного Th-232 (возраст 50 лет) и неравновесного (возраст 1 год)
- Определение изотопного состава и активности источников без защитных контейнеров
  - Определение активности Th-232 (A:1 кБк)
  - Определение активности Cs-137+Co-60 (A:20 МБк)
- Контроль активности радиоизотопных источников в контейнерах
  - Контроль активности декларированного Ir-192 (A:1Ки) в КИЗ-0.5
  - Определение активности неизвестного источника в неизвестном контейнере (Eu-152 A:10 МБк в КТ1-35)
  - Определение активности Eu-152 (A:100 кБк) в КТ1-5, КТ1-10, КТ1-20, КИЗ-29**
  - Контроль активности Co-60 (A:1МБк) в КТ1-10
  - Контроль активности Am-241 (A:1 Ки) в КТ1-10
- Контроль степени обогащения урана
  - Гексафторид урана в ТУК-48G (калибровка по степени обогащения)
  - Гексафторид урана в ТУК-48G
  - Гексафторид урана в ТУК-30 (Калибровка по степени обогащения)
  - Гексафторид урана в ТУК-30
- Определение изотопного состава плутония
  - Определение изотопного состава по области 120-210 кэВ
  - Определение изотопного состава по области 630-670 кэВ

Задание "Определение активности Eu-152 (A:100 кБк) в КТ1-5, КТ1-10, КТ1-20, КИЗ-29"

Параметры спектрометра

- Детектор : GEM-15185
- Анализатор : AM-8K, 2.6 МэВ, GEM-15185
- Коллиматор : Без коллиматора

Видеофайл

(Видеоролика для задания "Определение активности Eu-152 (A:100 кБк) в КТ1-5, КТ1-10, КТ1-20, КИЗ-29")

Источники

- Eu-152 10 МБк в КТ1-10, H=4 /Eu-152 10 МБк в КТ1-10, H=4/
- Eu-152:1E07Бк, 26-08-2010 8:14:09
- Eu-152 10 МБк в КТ1-5, H=3 /Eu-152 10 МБк в КТ1-5, H=3/
- Eu-152:1E07Бк, 26-08-2010 8:15:43
- Eu-152 10 МБк в КТ1-20 H=4 /Eu-152 10 МБк в КТ1-20 H=4/
- Eu-152:1E07Бк, 26-08-2010 8:18:10
- Eu-152 10МБк в КИЗ-29, H=5 /Eu-152 10МБк в КИЗ-29, H=5/
- Eu-152:1E07Бк, 24-08-2010 14:47:08

Фоновые источники

- Фон СП6Ф (200л бочка -вода) /Фон СП6Ф (200л бочка -вода) 5метров от детект
- Ra-226:1E07Бк, 26-08-2009 10:54:26
- Th-232:1.3E07Бк, 26-08-1910 11:03:47
- K-40:2.5E08Бк, 26-08-2010 10:54:26

# Электронный тренажер эмулятор гамма-спектрометров для выработки практических навыков у офицеров ТКДРМ

- ❑ Подготовка спектрометра к работе (*Заливка азота. Подключение аппаратуры. Включение спектрометра*)
- ❑ Калибровка по энергии и разрешению
- ❑ Измерение фона
- ❑ Определение изотопного состава и активности источников без защитных контейнеров (*Получение спектра от равновесного  $Th-232$  (возраст 50 лет) и неравновесного (возраст 1 год...)*)
- ❑ Контроль активности радиоизотопных источников в контейнерах (*Получение спектра  $Co-57$  от открытого источника и источника в контейнере...)*)
- ❑ Контроль степени обогащения урана (*Гексафторид урана в ТУК-48G, ТУК-30 ...*)
- ❑ Определение изотопного состава плутония

УТВЕРЖДАЮ

Директор Владивостокского филиала  
Российской таможенной академии  
С.С. Горшенко

« 2008 г.



А К Т

о внедрении (использовании) Тренажера-эмулятора

Комиссия в составе:

председатель Шевкунова В.П. заместитель директора филиала по учебной работе,  
члены комиссии: Борисенко А.В., начальник Учебно-методического центра ТКДРМ  
филиала, Темченко В.В., ведущий научный сотрудник УМЦ ТКДРМ филиала  
составили настоящий акт о том, что Электронный тренажер-эмулятор используется в  
Российской таможенной академии с целью повышения эффективности подготовки  
должностных лиц таможенных органов при проведении таможенного оформления и  
таможенного контроля делящихся и радиоактивных материалов (ТКДРМ). С его помощью  
решаются задачи:

- совершенствования теоретического и практического обучения специалистов подразделений ТКДРМ работе со стандартным программным обеспечением спектрометров СКС-50М и Гамма-1С/НВ1, находящихся в эксплуатации в таможенных органах;
- выработки навыков применения спектрометров СКС-50М и Гамма-1С/НВ1 в процессе ТКДРМ, моделируя различные ситуации измерений с использованием Тренажера.

Использование тренажера-эмулятора позволяет:

- проводить обучение как индивидуальное, так и целой группы с использованием средств видеоотображения,
- избежать необходимости иметь реальные источники ионизирующего излучения,
- формировать разделы Тренажера и практические задания с набором инструкций, видеороликом, файлами с документацией на источник,
- моделировать работу спектрометра при использовании детекторов с различными характеристиками (эффективность регистрации, разрешение и т.д.), что позволяет применять комплекс при модернизации прибора или для изучения, например, темы «Характеристики детекторов».

Тренажер-эмулятор гамма-спектрометров Гамма-1С/НВ1 и СКС-50М является эффективным инструментом решения проблем подготовки специалистов, как в учебных классах, так и при проведении тренингов в местах применения указанных спектрометров. Использование эмулятора в процессе подготовки должностных лиц таможенных органов во Владивостокском филиале Российской таможенной академии показало его высокую эффективность и существенно облегчило процесс обучения.

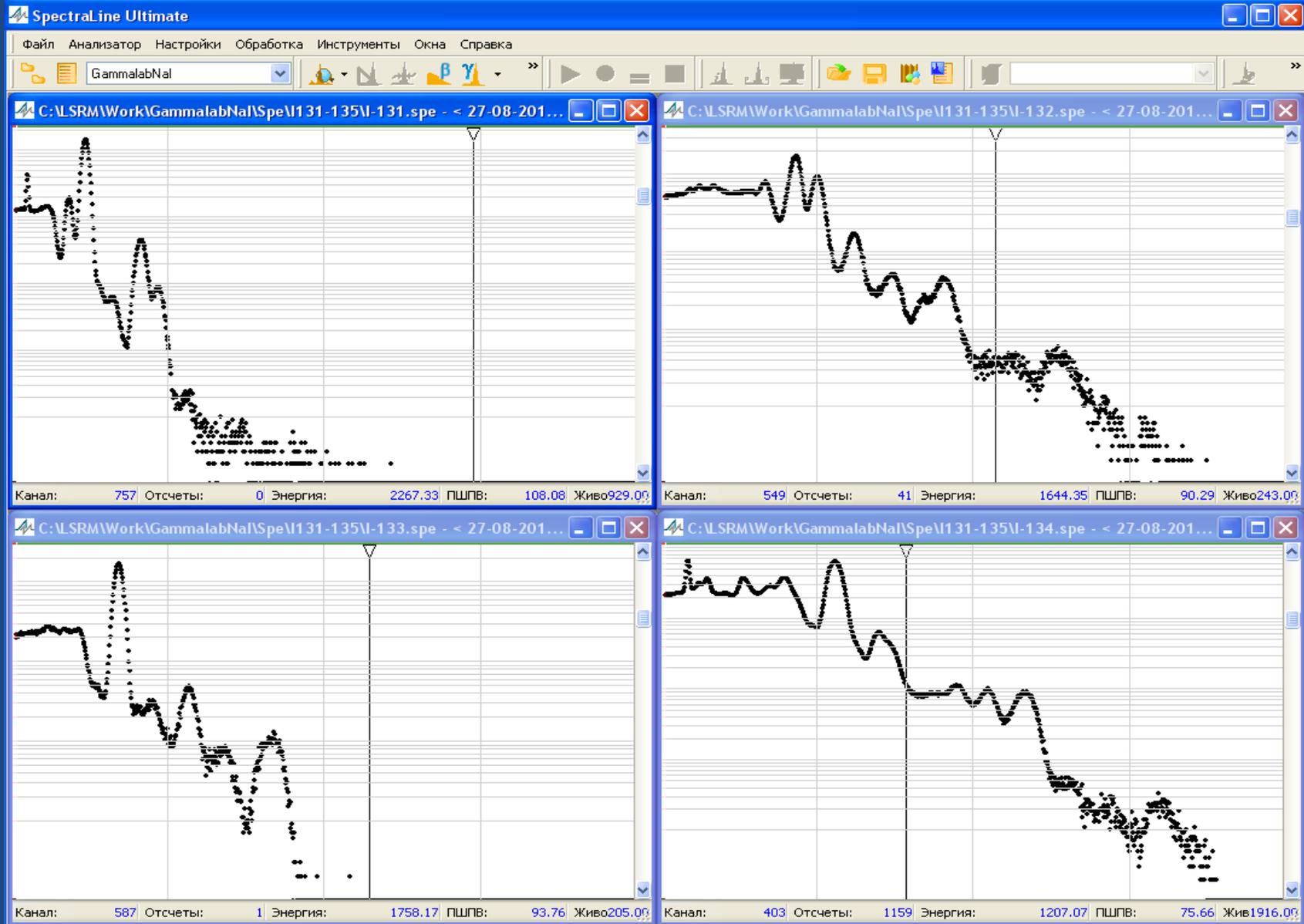
Электронный тренажер-эмулятор внедрен при проведении обучения должностных лиц таможенных органов, осуществляющих таможенный контроль делящихся и радиоактивных материалов в 2007/2008 уч.г.

Председатель комиссии: \_\_\_\_\_ Шевкунова В.П. Шевкунова

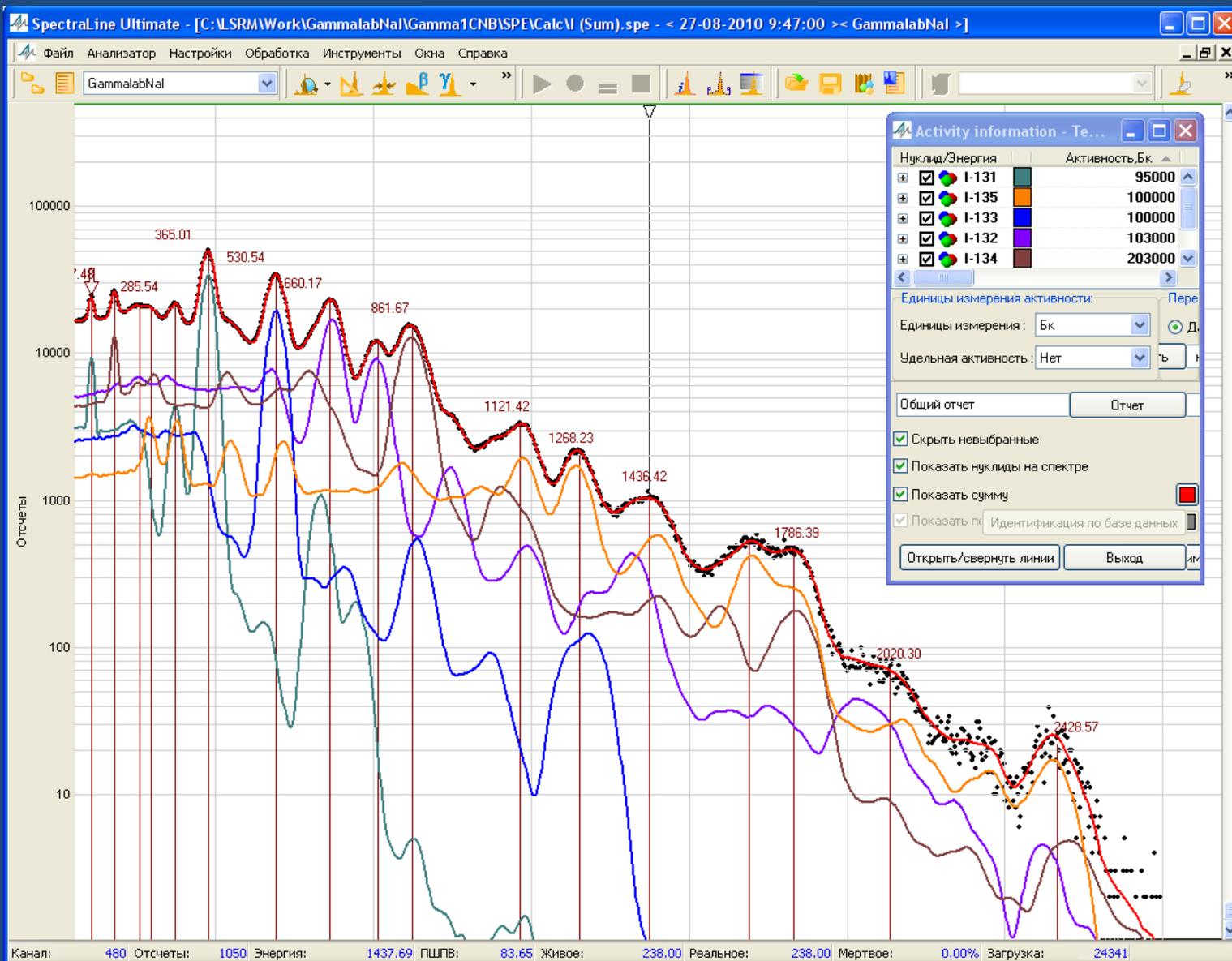
Члены комиссии: \_\_\_\_\_ Борисенко А.В. Борисенко  
\_\_\_\_\_ Темченко В.В. Темченко

- ❑ Калибровка аппаратуры
- ❑ Анализ целесообразности применения новых детектирующих устройств
- ❑ Разработка и тестирование программного обеспечения
- ❑ Разработка регламентов и методик выполнения измерений

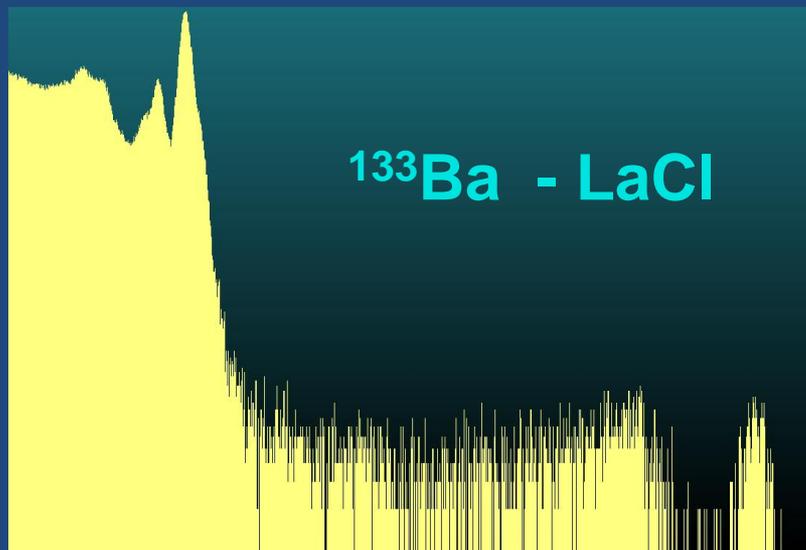
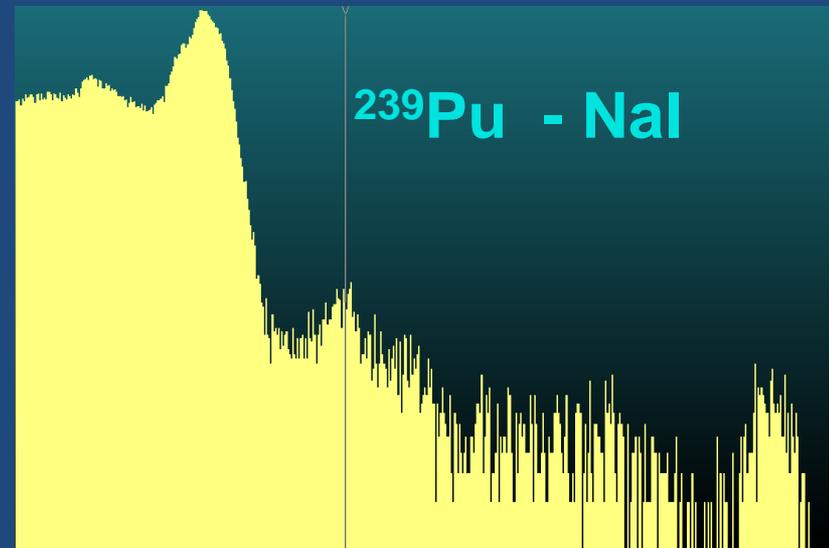
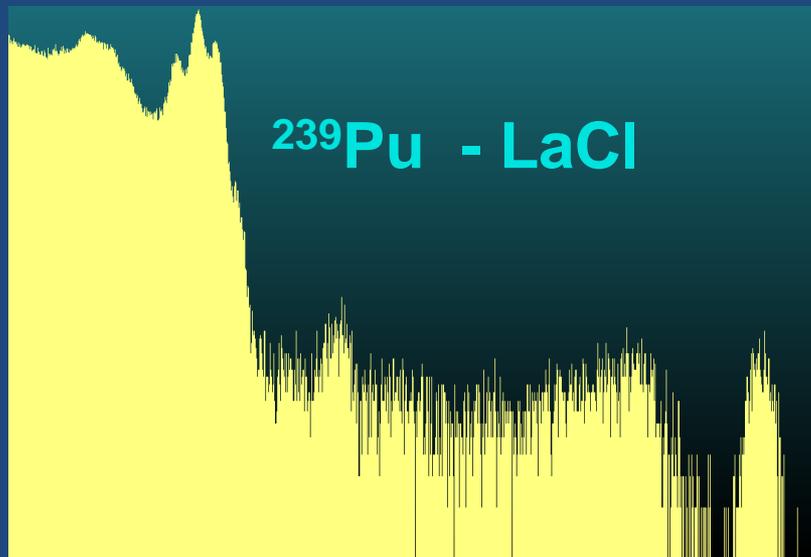
# Спектры изотопов йода



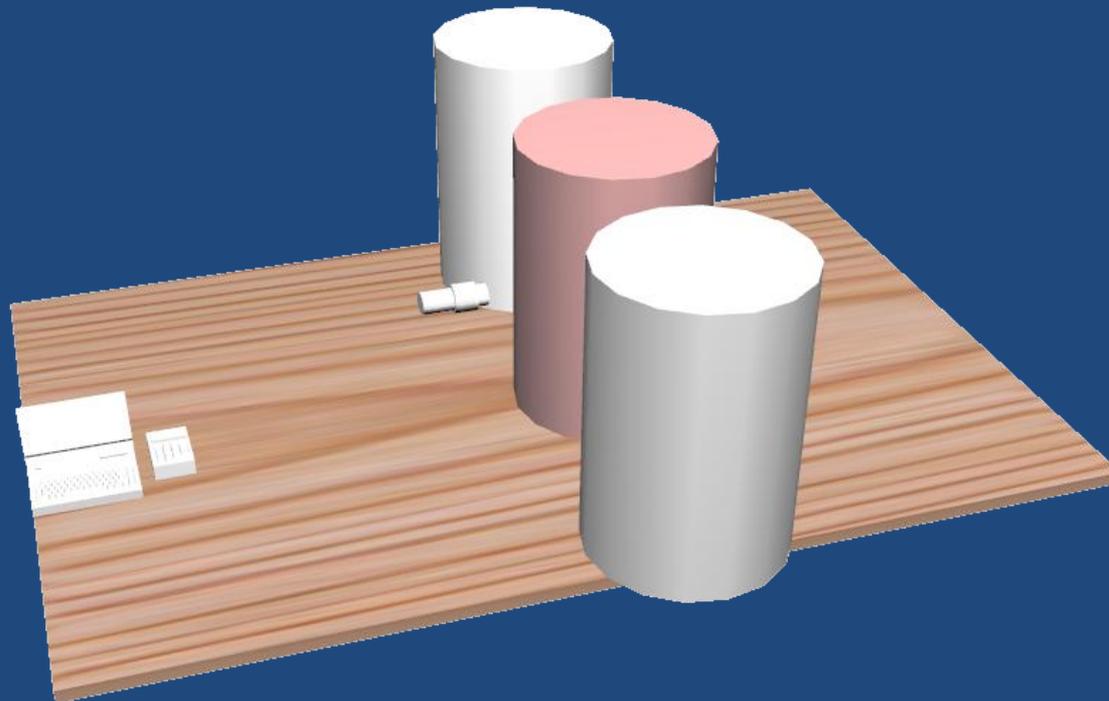
# Результаты обработки смеси изотопов йода



# Детектор $\text{LaCl}_3$ и маскирование $^{239}\text{Pu}$ $^{133}\text{Ba}$



# Влияние окружения на измерение степени обогачения урана



# EffMaker – комплекс для расчета эффективности и гамма-спектров объектов сложной формы

