

GammaLab

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ



А.Н.Берлизов ²⁾, В.Н.Даниленко ¹⁾, Е.А. Ковальский ¹⁾, Ю.В. Скубо ¹⁾

¹⁾ ООО «ЛСРМ», Россия п. Менделеево Московской обл.

²⁾ Институт ядерных исследований НАН Украины, г.Киев



**LABORATORY
of spectrometry
and radiometry**

<http://www.lsrn.ru>

mail: lsrm@lsrm.ru

Phone: +7 495 660-16-14

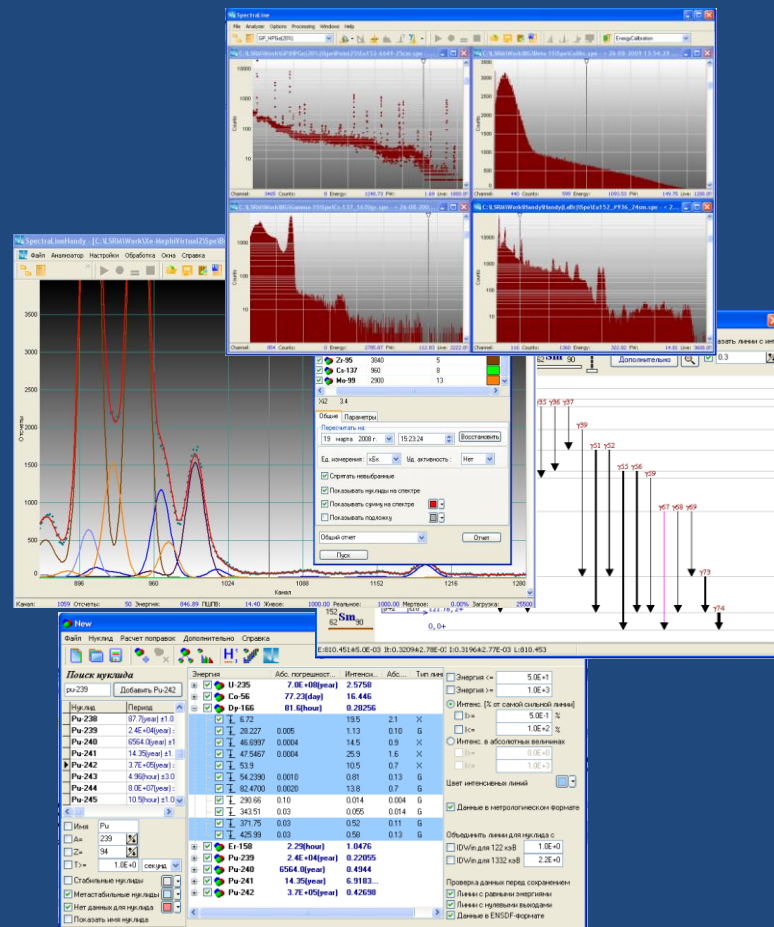
Located in Moscow, Russia



**LABORATORY
of spectrometry
and radiometry**

Программное, методическое и метрологическое обеспечение измерений ионизирующих излучений

- Программные комплексы для полупроводниковых и сцинтилляционных спектрометров α -, β -, γ -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

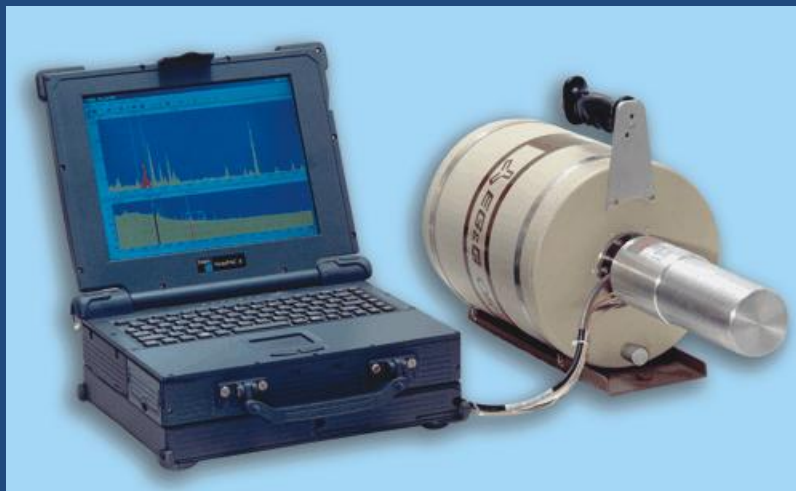


Вторая линия защиты.

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

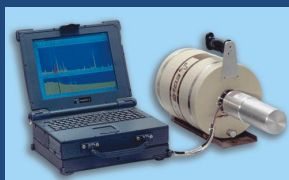
- Аппаратура
- Методическое и программное обеспечение
- Квалификация оператора

СКС-50М

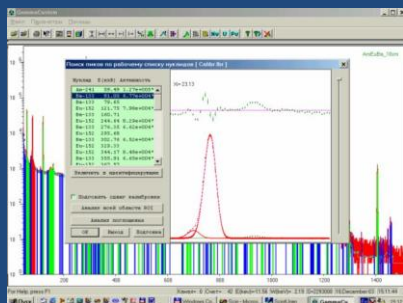


Гамма1С/НВ1





GammaCustom (CKC-50M)



LsrmCustoms

Спектр. Анализатор. Настройка. Обработка. Справка

Контекст меню: ТРАКТ

Время: 590
Реальное: 439.00
Минус: 414.86
Масштаб: 5.5%
Зарядка: 9423

Контроль v3.0

Параметры контейнера

Материал	Толщина [см]	Энергия	Областение	Плотность
Воздух	0	4	3.4251639 E-13	4.3 E1
Уран	3	35	3.1759274 E-13	4.4 E1
Свинец	23	2	2.4029274 E-13	4.4 E1
Слабый металл	0.5	25	1.4301672 E-13	4.6 E1
Дерево	19	2	4.2900770 E-14	4.9 E1
Сталь	1	1.75	1.4364119 E-14	5.1 E1
		1.5	3.0231910 E-15	5.5 E1
		1.25	2.0757919 E-16	6.2 E1
		1	1.1584417 E-18	7.5 E1
		0.9	4.6371109 E-20	8.3 E1
		0.8	7.2474744 E-22	9.3 E1
		0.7	2.1917220 E-24	1.1 E2
		0.6	1.7192913 E-28	1.3 E2
		0.55	3.1781366 E-31	1.5 E2
		0.5	5.2929124 E-35	1.7 E2
		0.45	3.3602323 E-40	2.0 E2
		0.4	8.2387050 E-48	2.4 E2
		0.35	2.6429570 E-59	3.1 E2
		0.3	6.6317916 E-79	4.2 E2
		0.25	0.0000000 E00	6.2 E2
		0.2	0.0000000 E00	1.0 E3
		0.175	0.0000000 E00	1.4 E3
		0.15	0.0000000 E00	2.1 E3
		0.125	0.0000000 E00	3.2 E3
		0.1	0.0000000 E00	4.7 E3

Результаты расчета

Расчет

Пропуск Выход



- 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

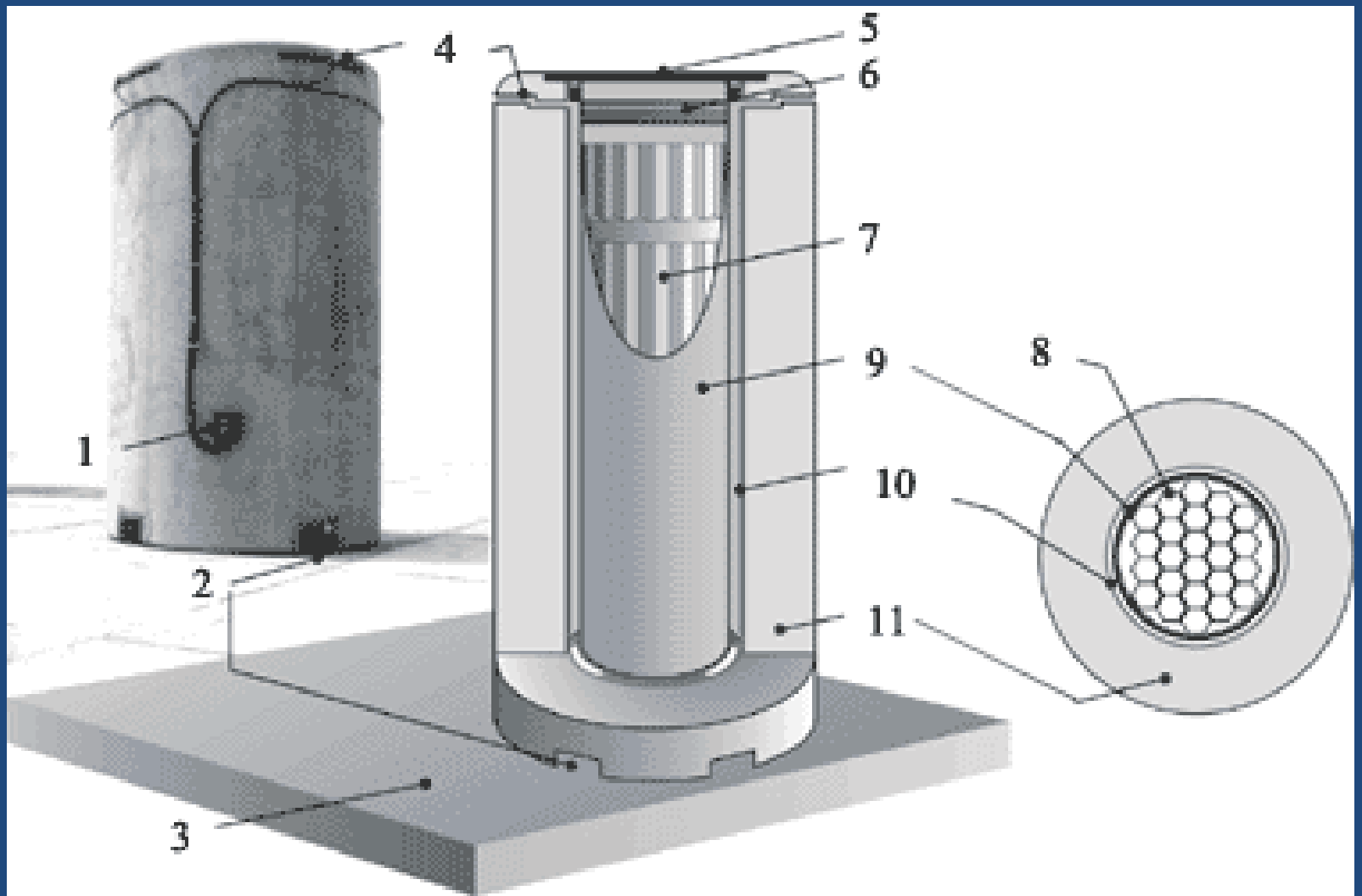
Объекты таможенного контроля



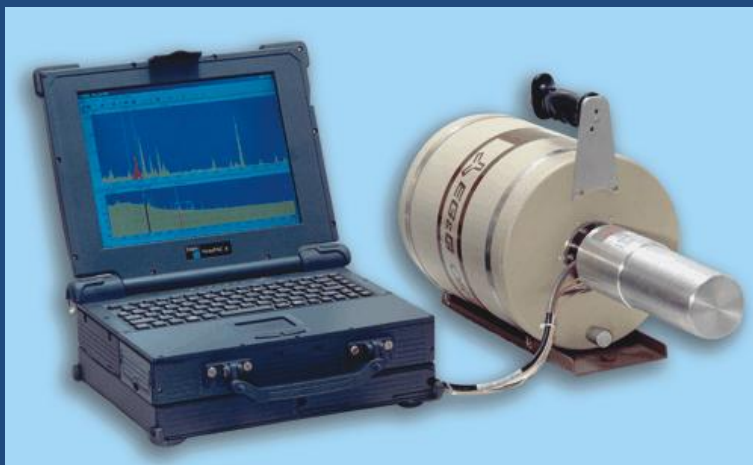
Объекты таможенного контроля



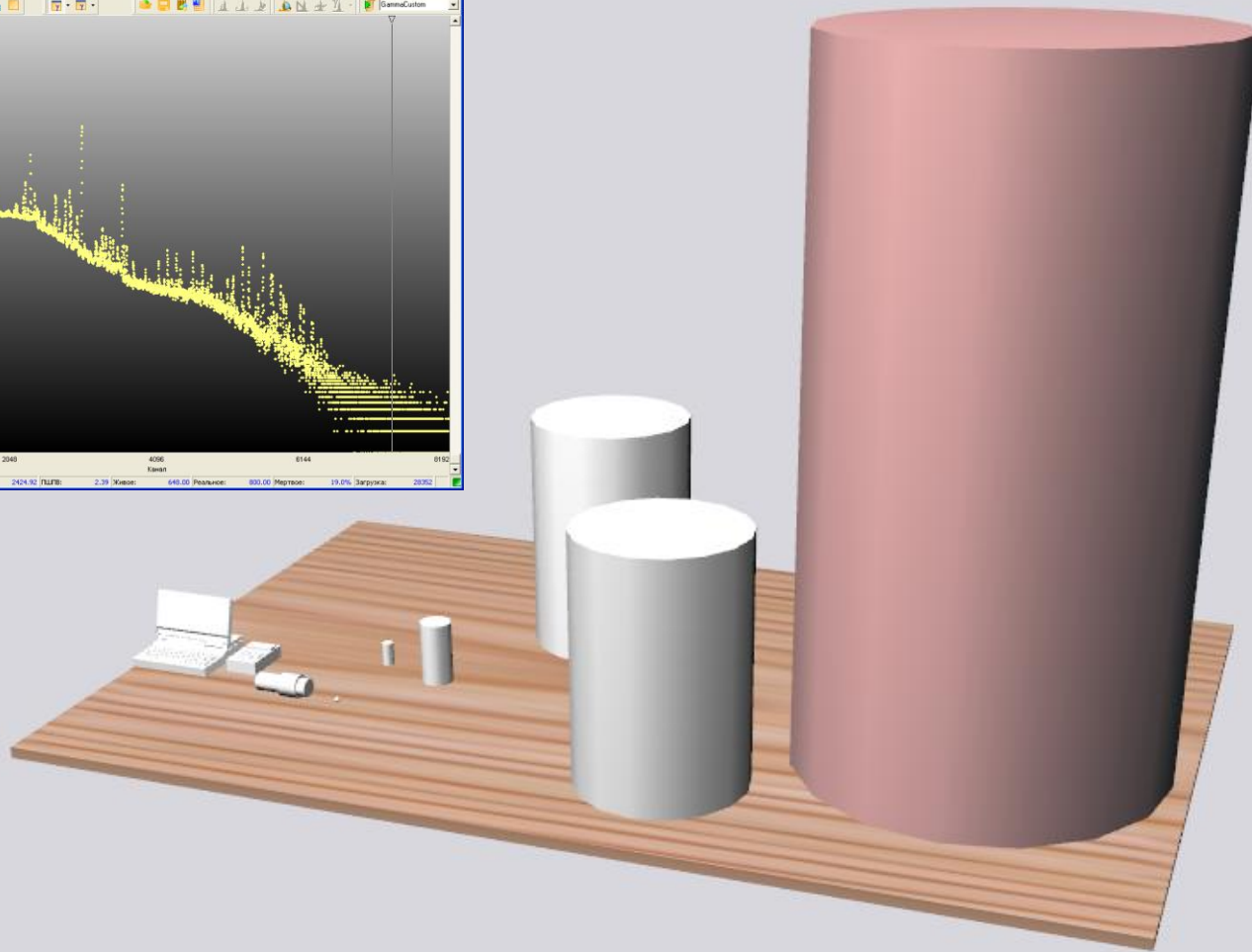
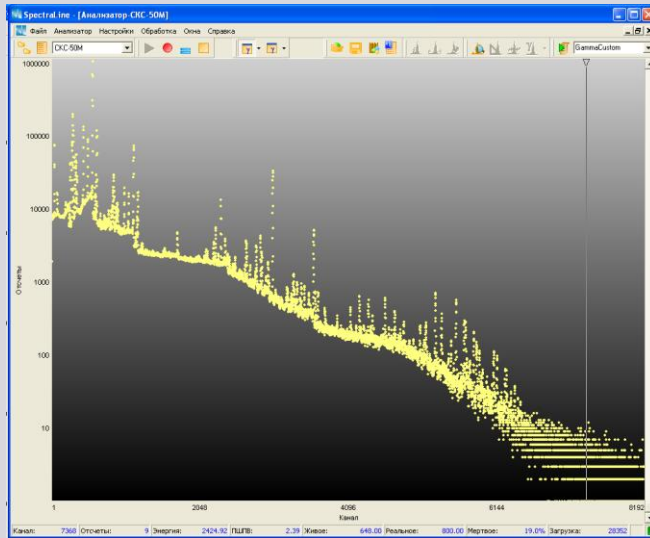
Объекты таможенного контроля



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



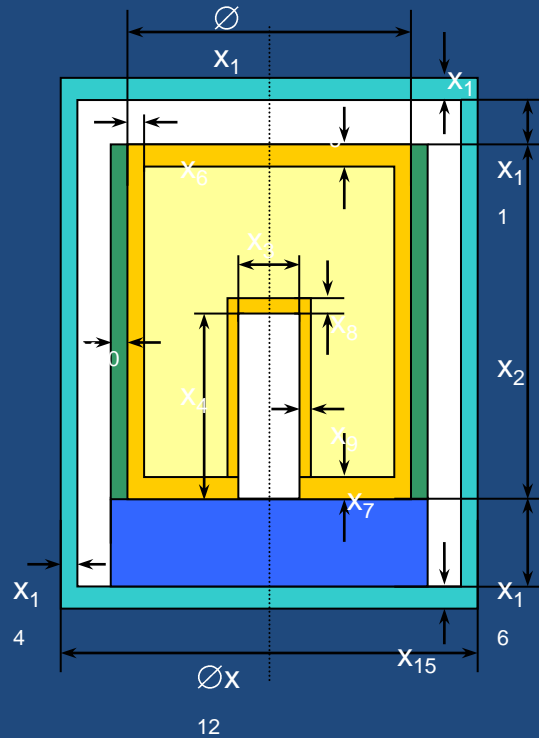
Виртуальная гамма-лаборатория



- 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

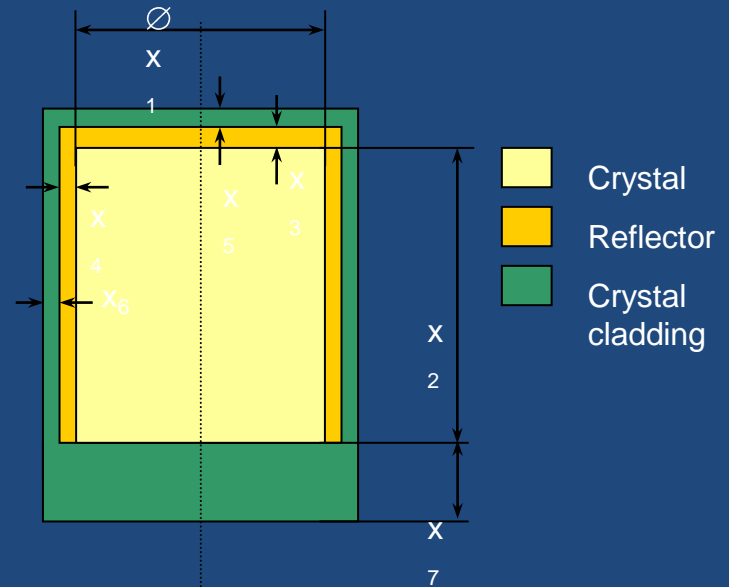
Область моделирования- детекторы

Коаксиальный HPGe- детектор



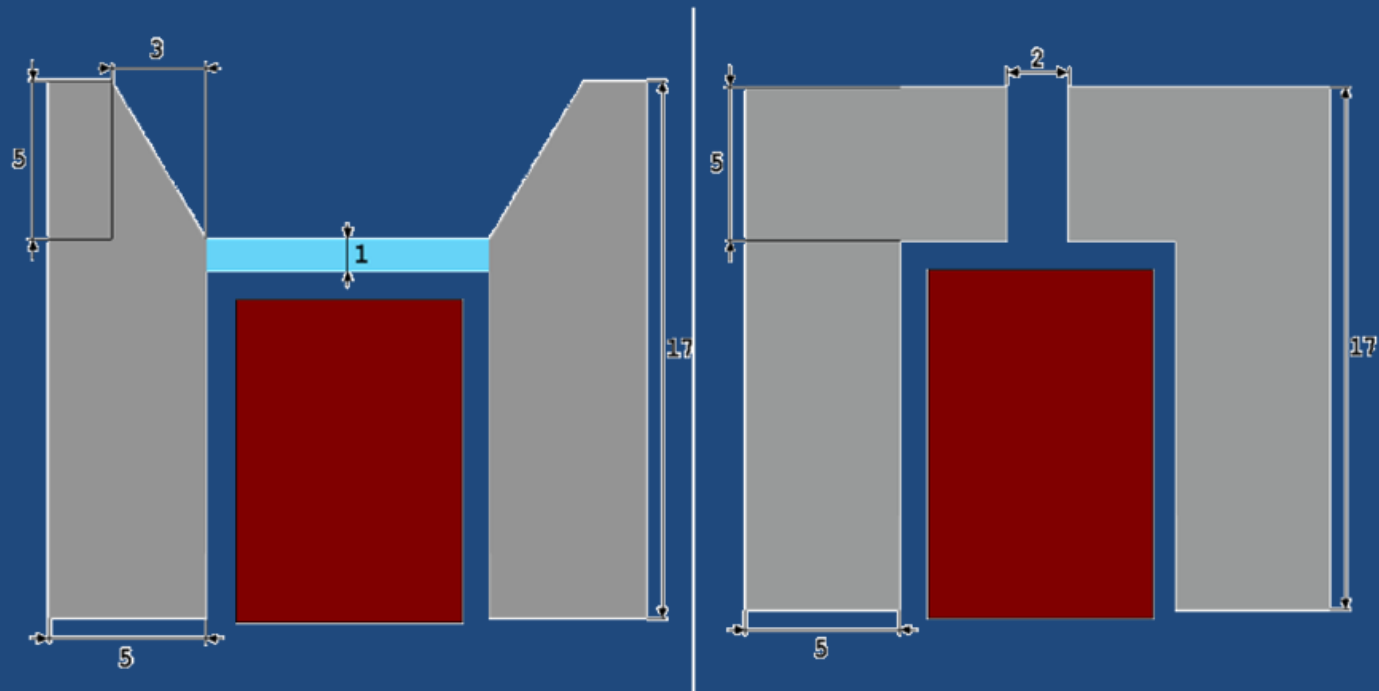
- Detector cap
- Crystal cladding
- Crystal reflector
- inactive layer
- Crystal active
- volume Crystal
- Mounting
- Vacuum

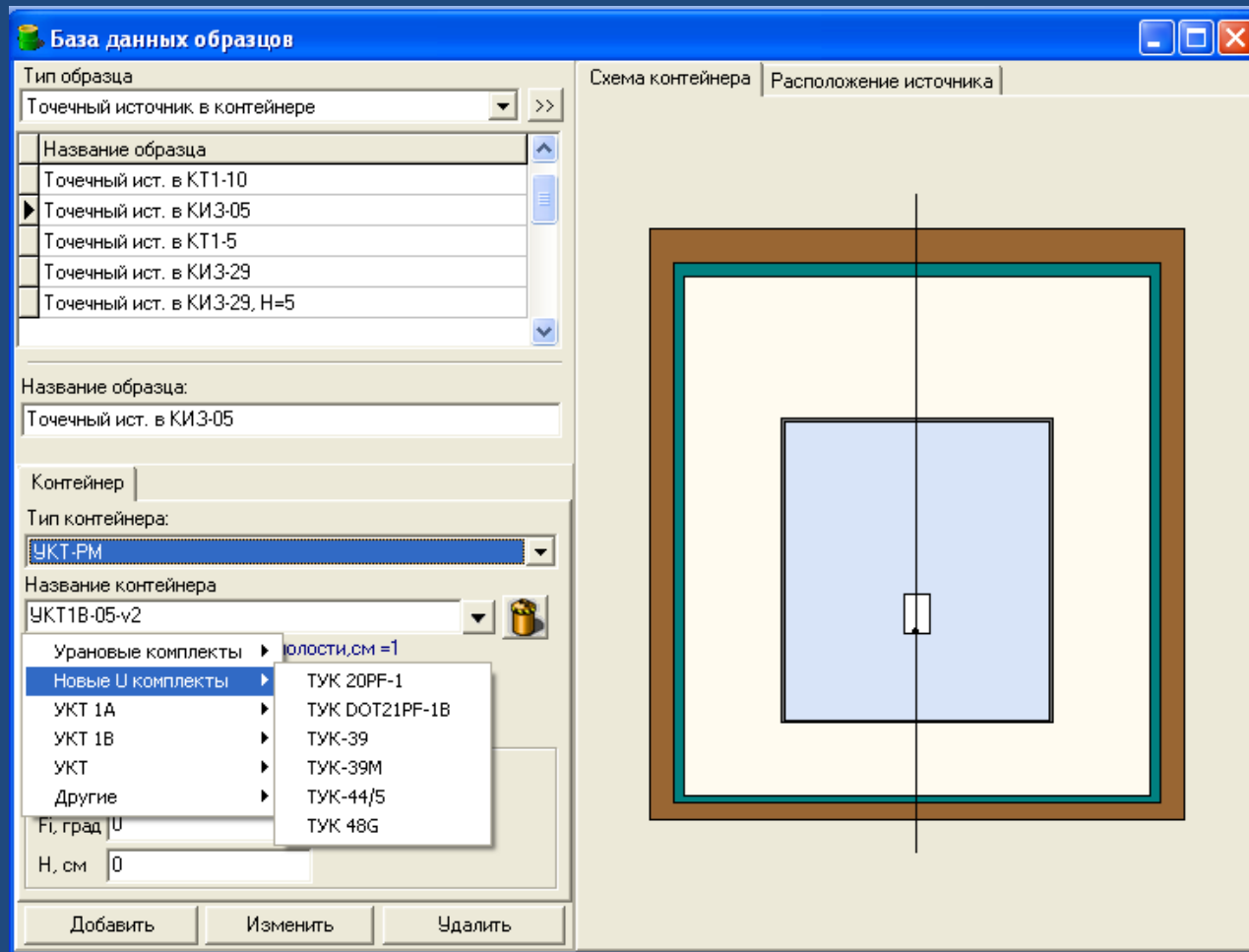
Сцинтилляционный NaI-детектор



- Crystal
- Reflector
- Crystal cladding

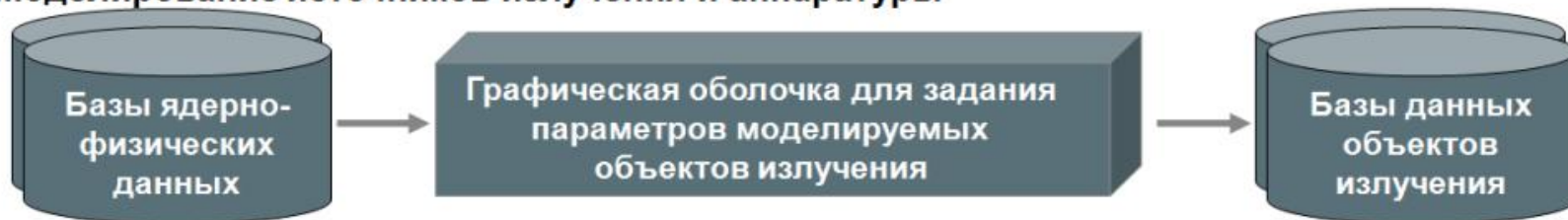
Область моделирования -коллиматоры



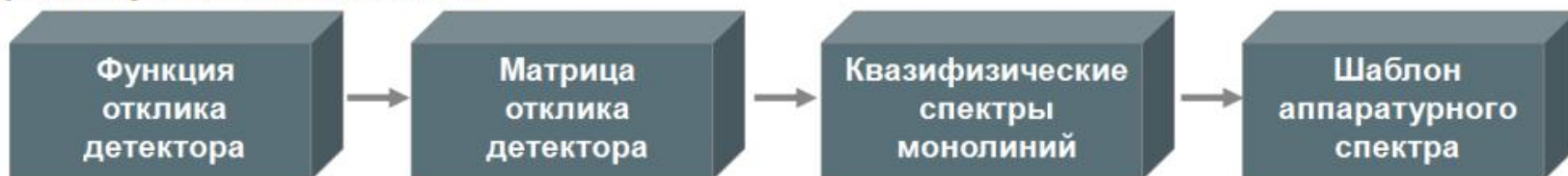


Структура комплекса

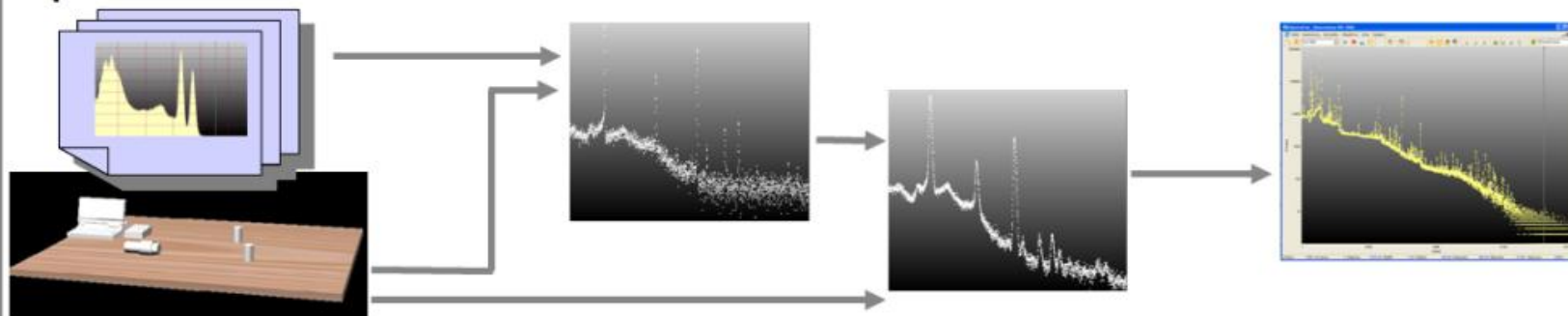
Моделирование источников излучения и аппаратуры



Получение шаблонов аппаратных спектров для источников с произвольным радионуклидным составом

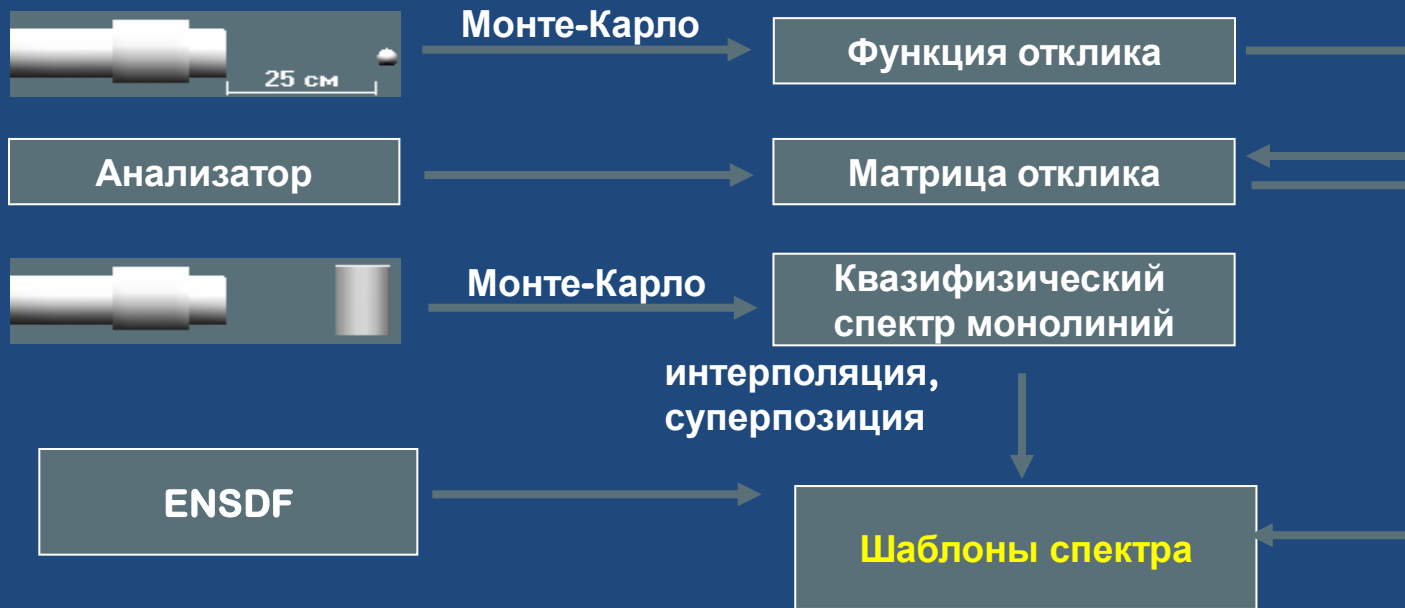


Эмуляция и отображение спектров в реальном времени, подключение внешних программ обработки



- 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

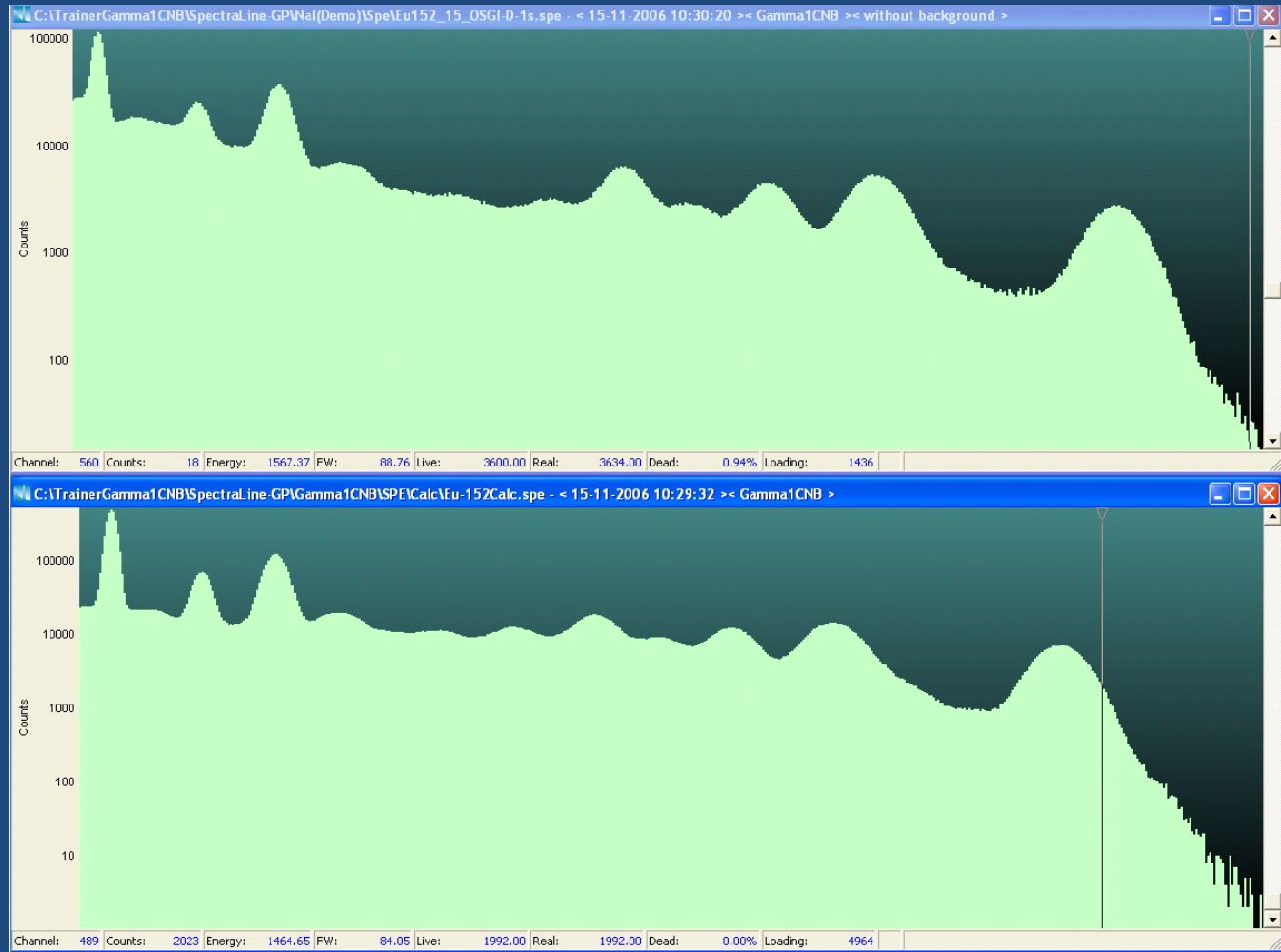


Ориентации детектора относительно направления на источник

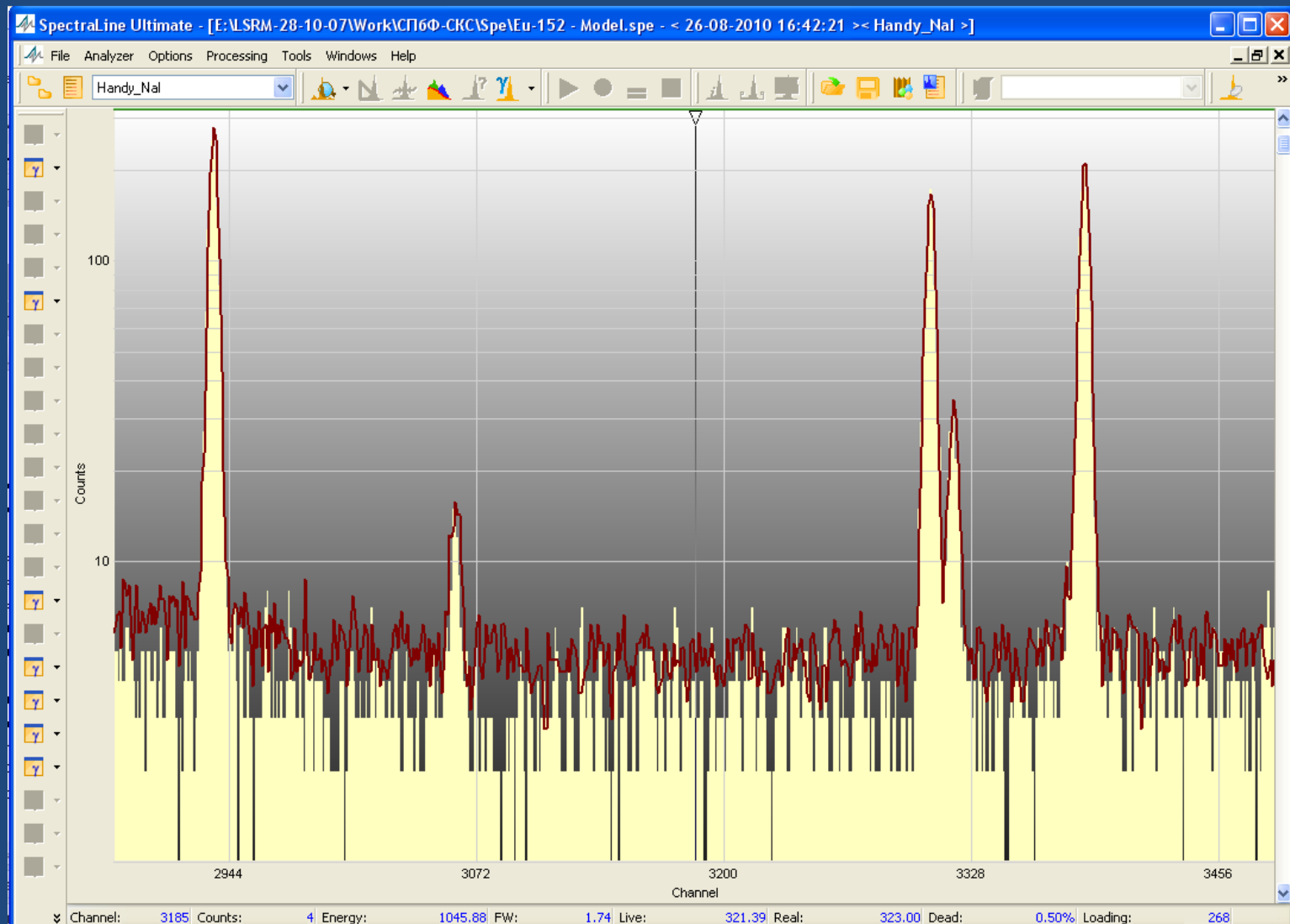


Eu-152

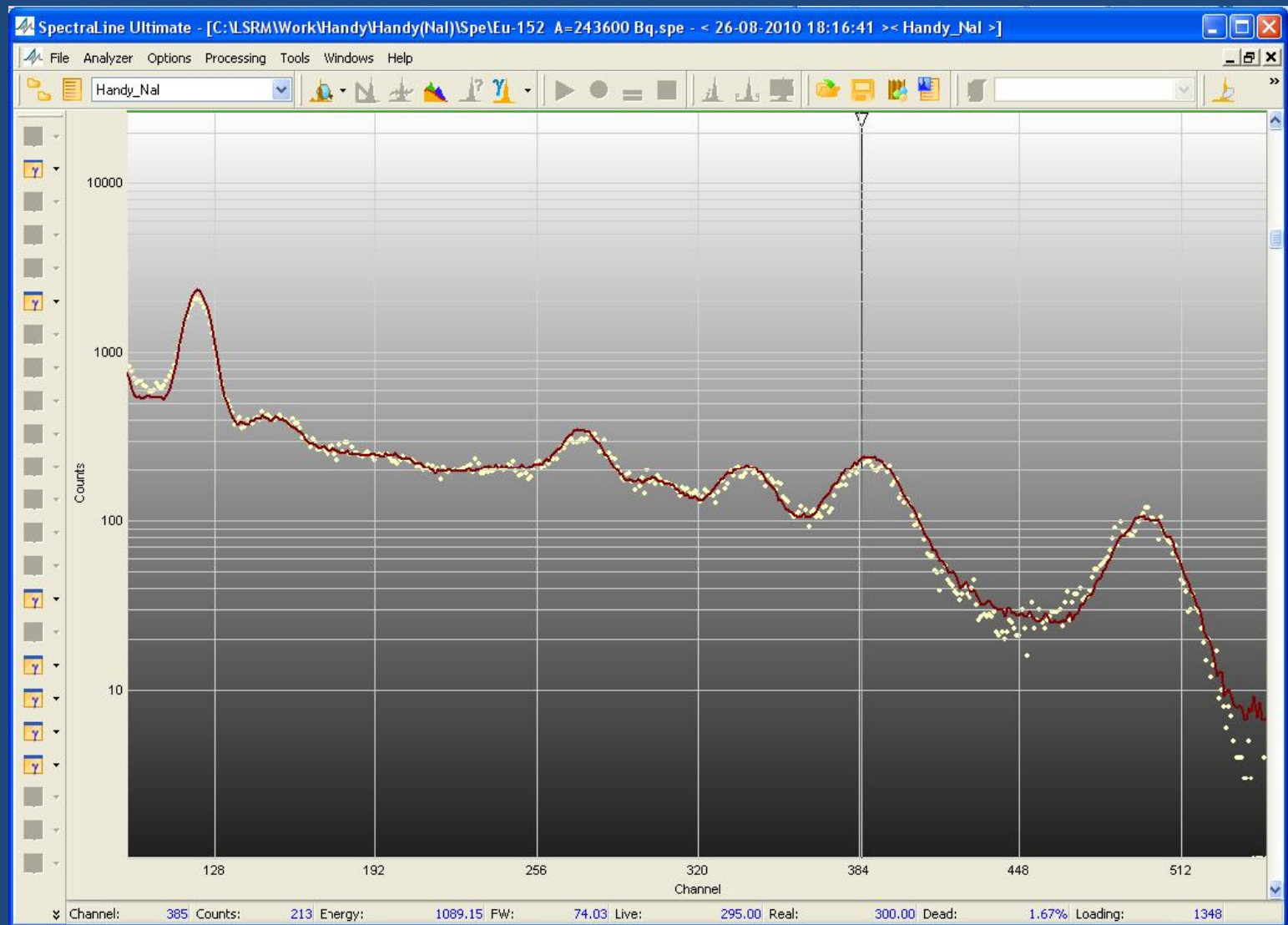
Модельный
и
реальный
спектры



Моделирование спектров - верификация



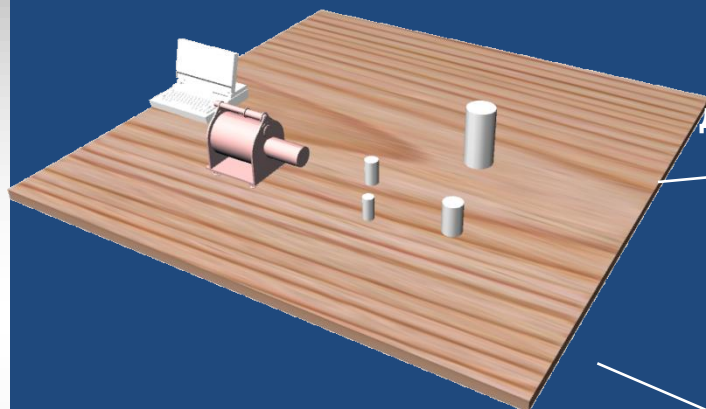
Моделирование спектров - верификация



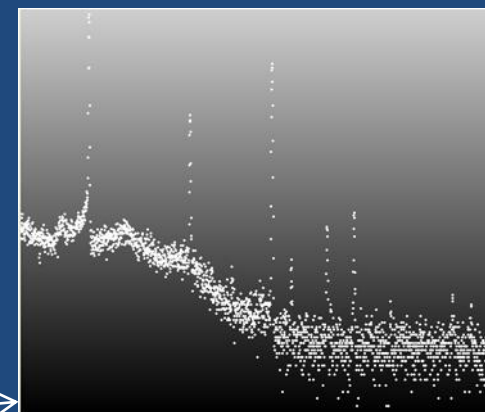
Моделирование спектров в реальном времени

Шаблоны спектра

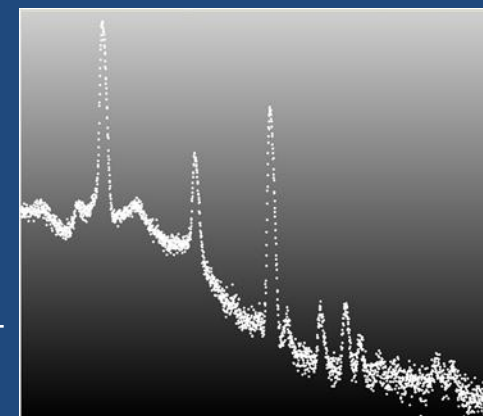
быстрое моделирование



координаты
детектора и источника

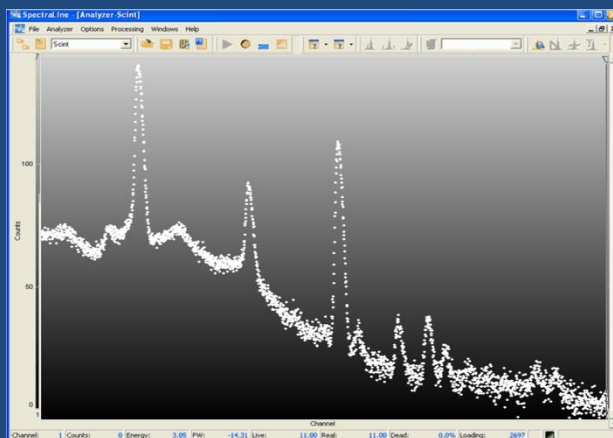


Аппаратурные
эффекты



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

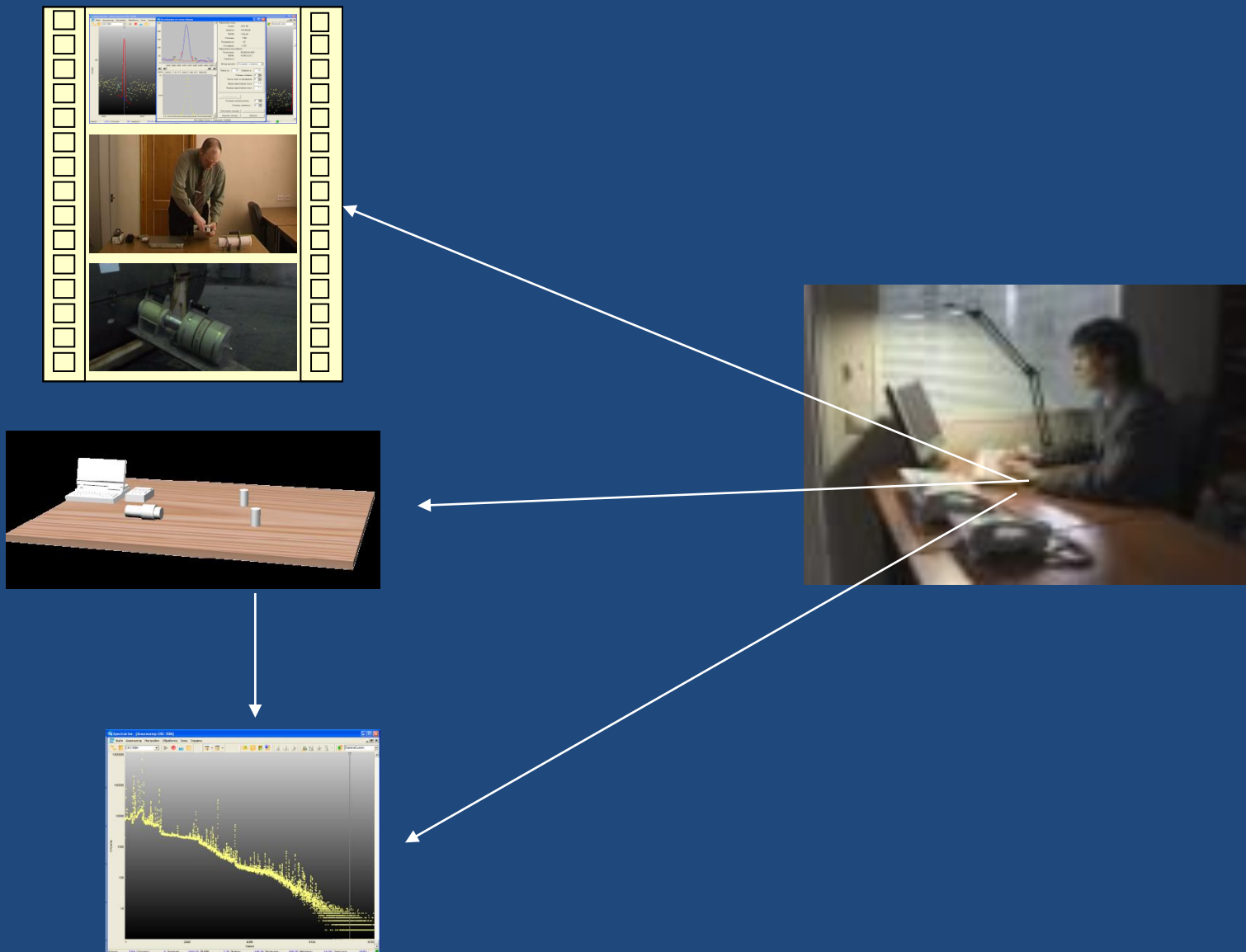
Контроль степени обогащения урана

Контроль ядерных материалов

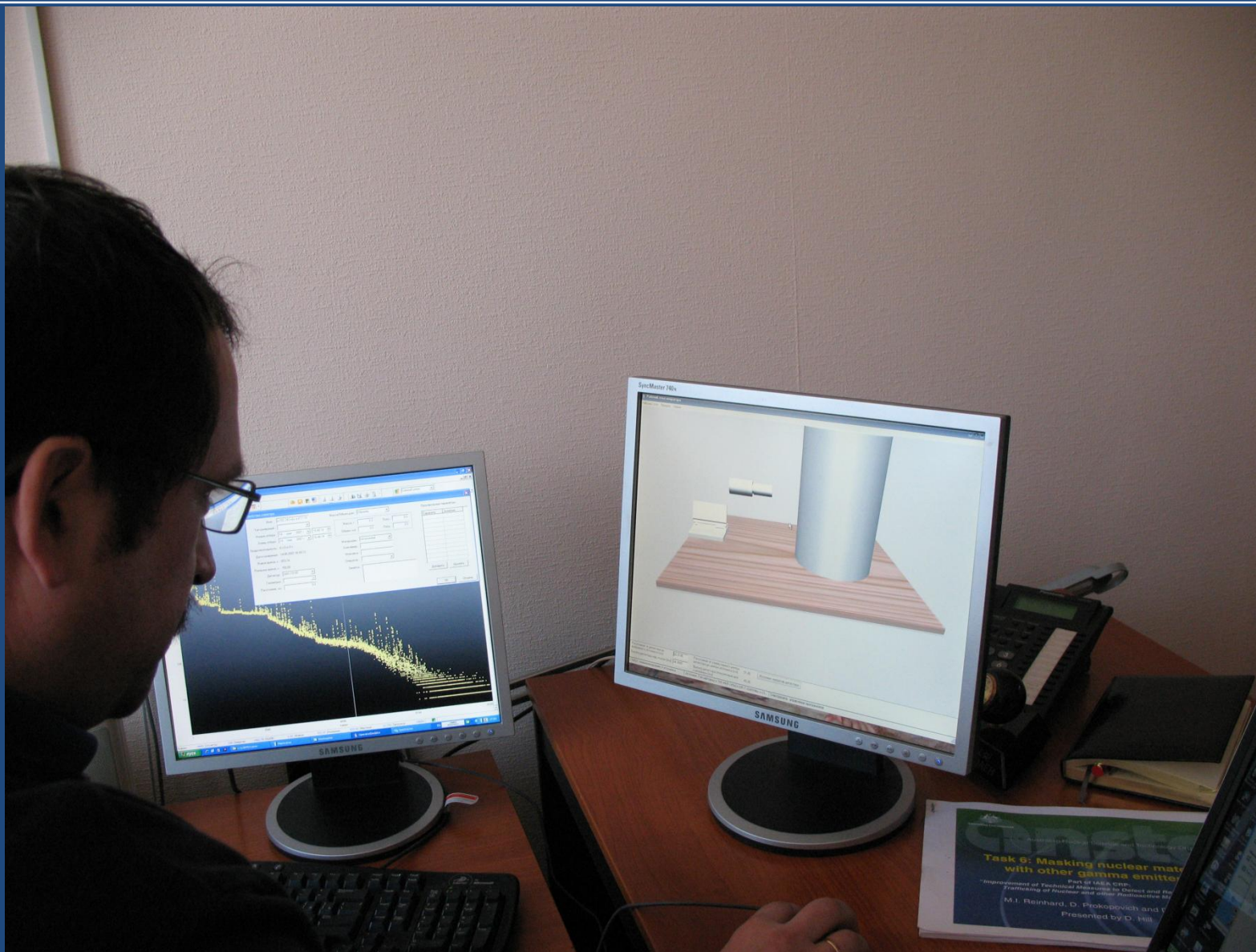
Задание "Калибровка по энергии"

- 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:\LSRM\Trainer\WorkMaster\CKC-50M.tsk

Файл Видео Приложения Дополнительно

Left Pane (Tasks):

- 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

Right Pane (Task Details):

- Задание "Определение активности Eu-152 (A:100 кБк) в КТ1-5, КТ1-10, КТ1-20, КИЗ-29"
- Параметры спектрометра
 - Детектор : GEM-15185
 - Анализатор : АИ-8К, 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.

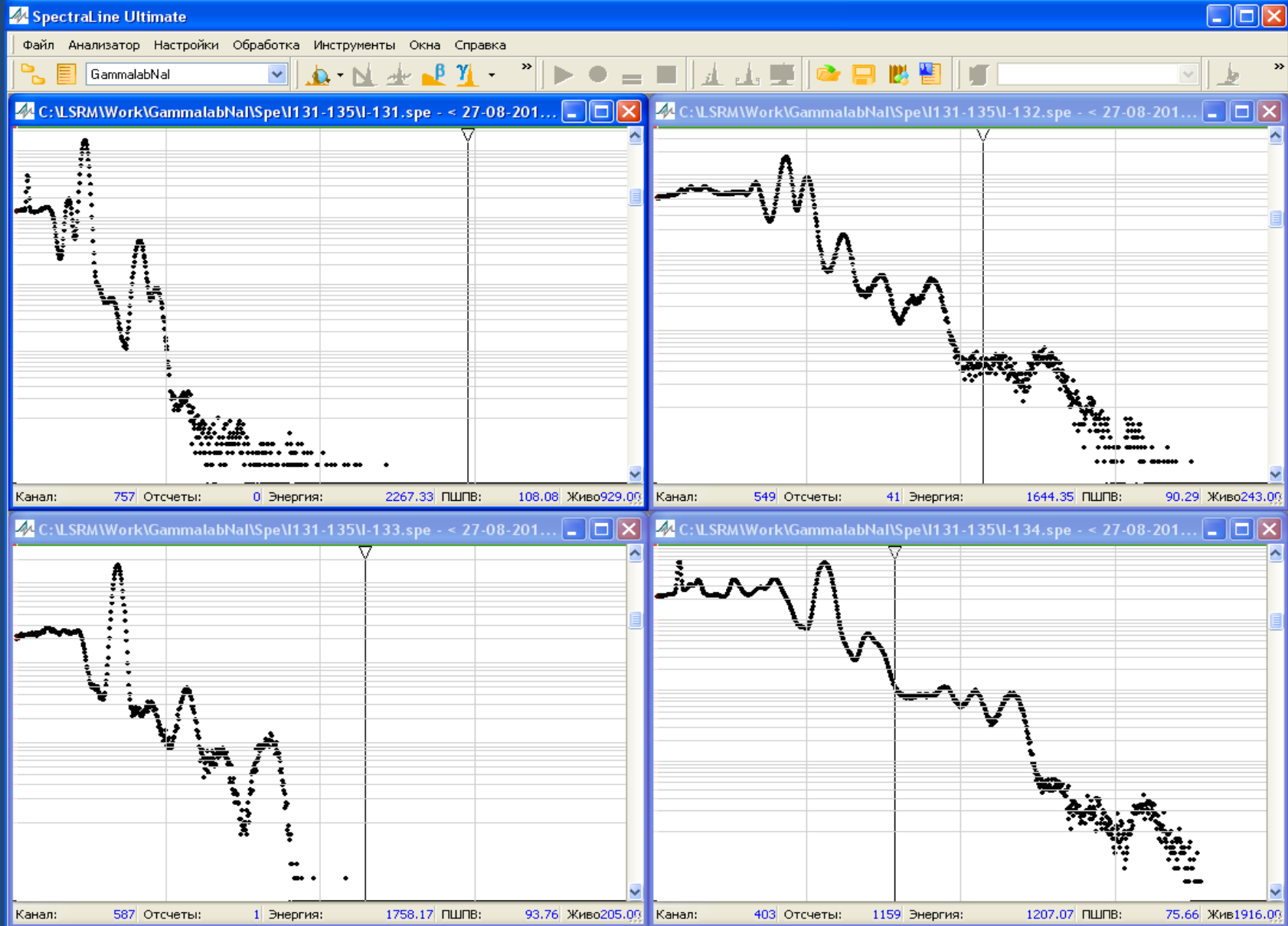
Электронный тренажер-эмулятор внедрен при проведении обучения должностных лиц таможенных органов, осуществляющих таможенный контроль делящихся и радиоактивных материалов в 2007/2008 уч.г.

Председатель комиссии: _____ Шевкунова В.П. Шевкунова

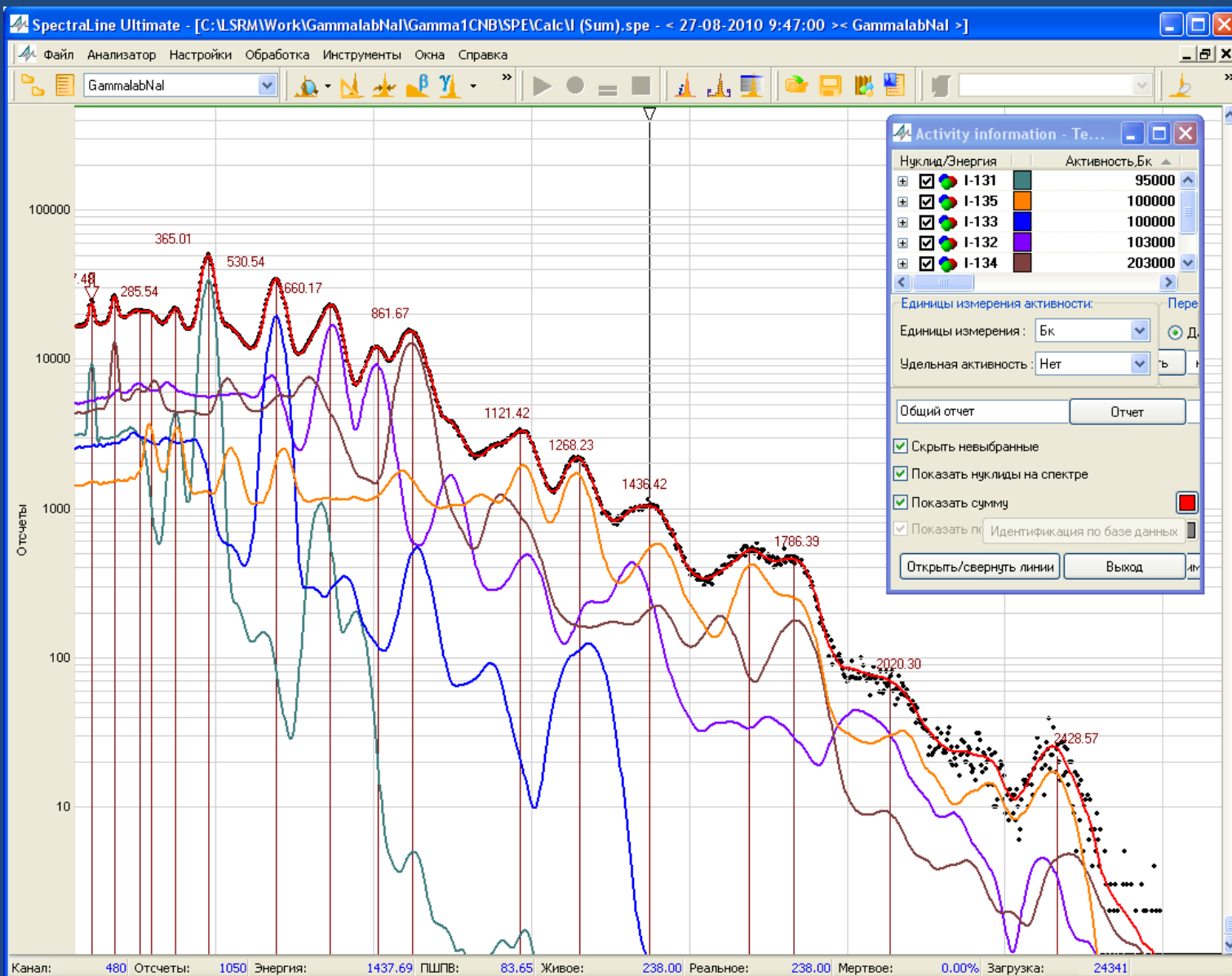
Члены комиссии: _____ Борисенко А.В. Борисенко
_____ Темченко В.В. Темченко

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

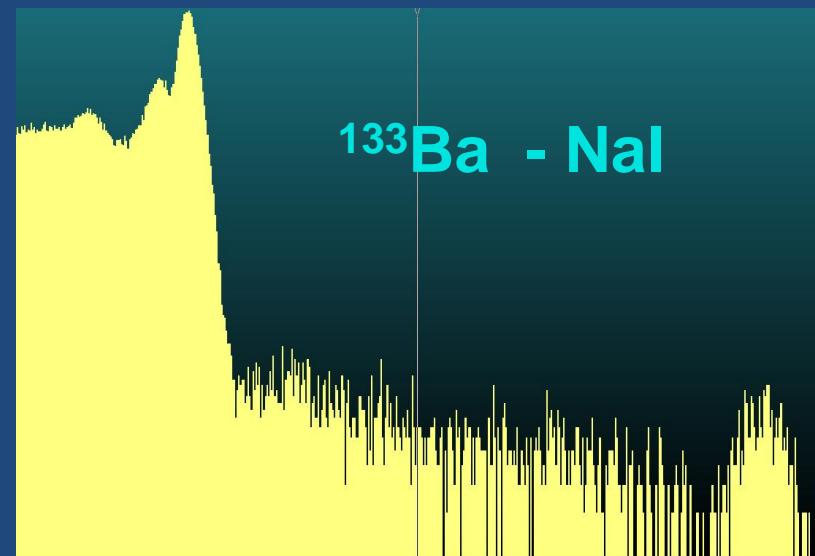
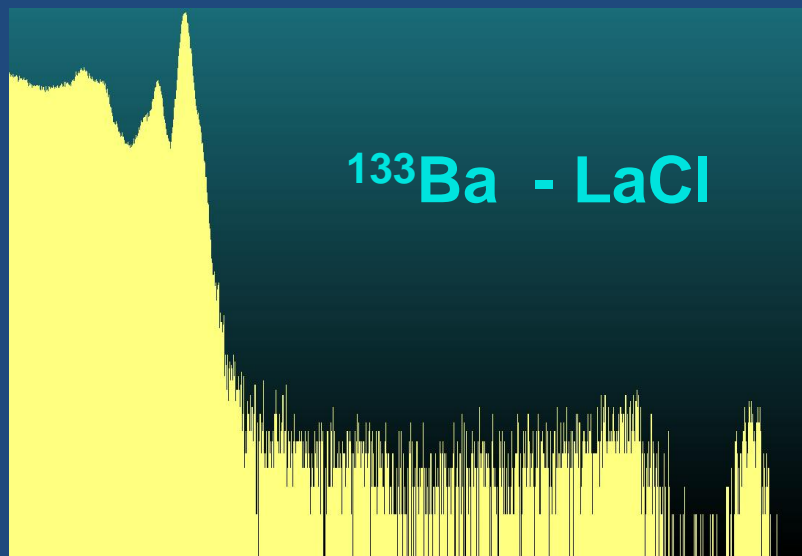
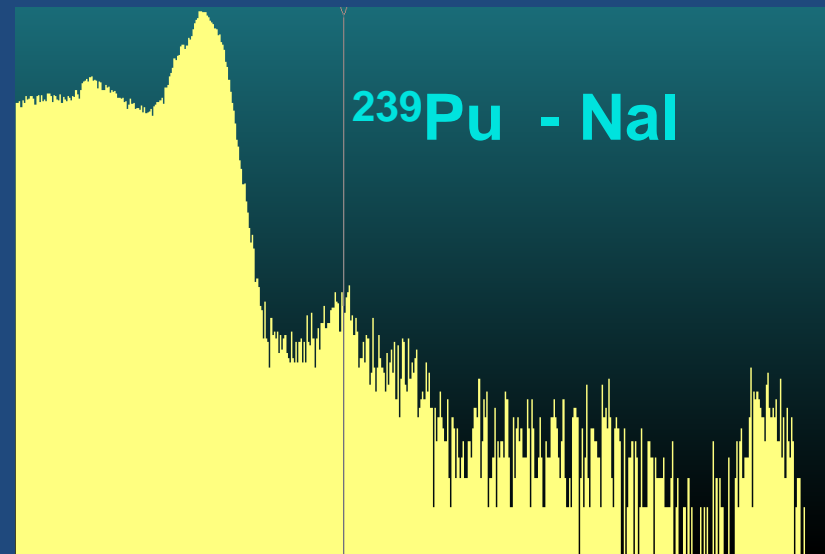
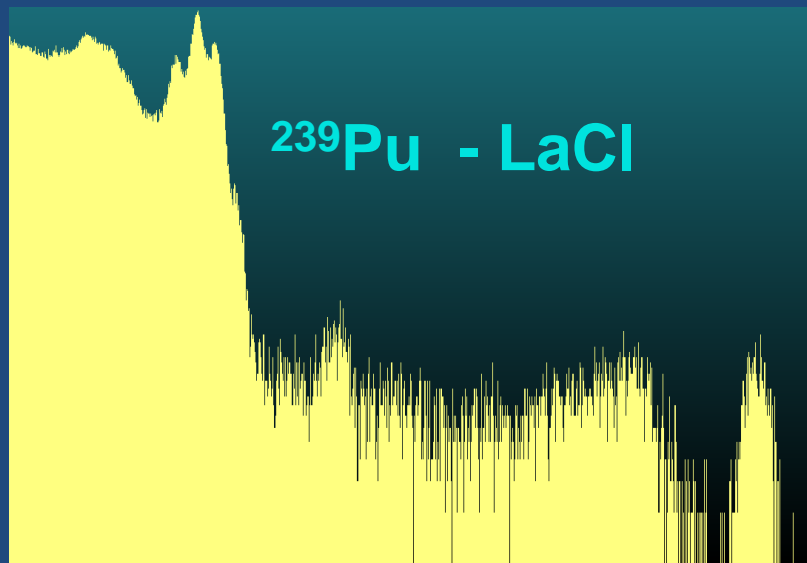
Спектры изотопов йода



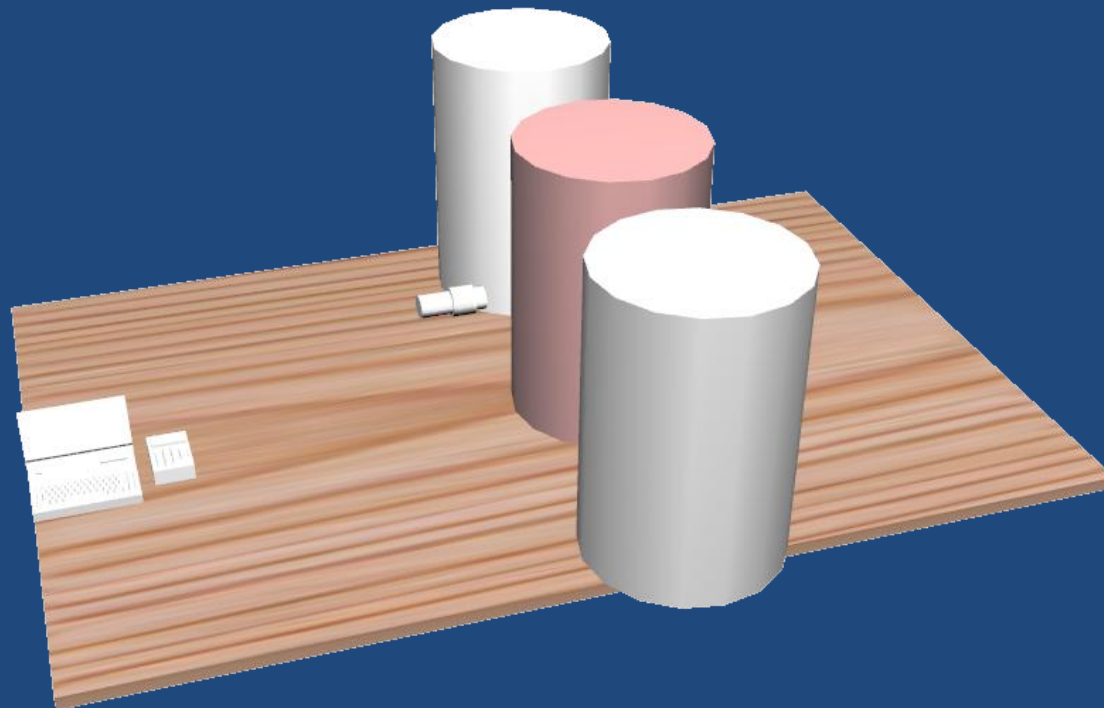
Результаты обработки смеси изотопов йода



Детектор LaCl_3 и маскирование ^{239}Pu ^{133}Ba



Влияние окружения на измерение степени обогачения урана



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

