

EffMaker – эффективность регистрации гамма-излучения объектов сложной формы

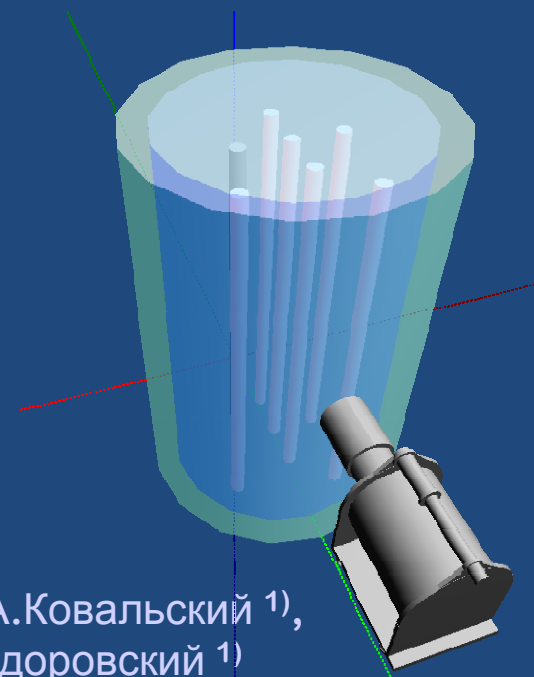
¹⁾Берлизов А.Н. Даниленко В.Н., Дёмина Н.С., Ковальский Е.А.,
²⁾Кувыкин И.В., Скубо Ю.В., Суворов Д.А., Федоровский С.Ю.
ООО «ЛСРМ», п. Менделеево, ¹⁾ ИЯИ, г. Киев, ²⁾ ФГУП
«ВНИИФТРИ»

Программное обеспечение семейства «SpectraLine-2010» новые возможности спектрометрического анализа

Даниленко В.Н., Ковальский Е.А., Скубо Ю.В., Суворов Д.А.,
Федоровский С.Ю., Юферов А.Ю.

EffMaker

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕГИСТРАЦИИ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ ОБЪЕКТОВ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ



А.Н.Берлизов ²⁾, В.Н.Даниленко ¹⁾, Н.С.Демина ¹⁾, Е.А.Ковальский ¹⁾,
И.В.Кувыкин ³⁾, Ю.В.Скубо ¹⁾, Д.А.Суворов ¹⁾, С.Ю.Федоровский ¹⁾

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

²⁾ Институт ядерных исследований НАН Украины, г.Киев

³⁾ ФГУП «ВНИИФТРИ», Россия п. Менделеево Московской области

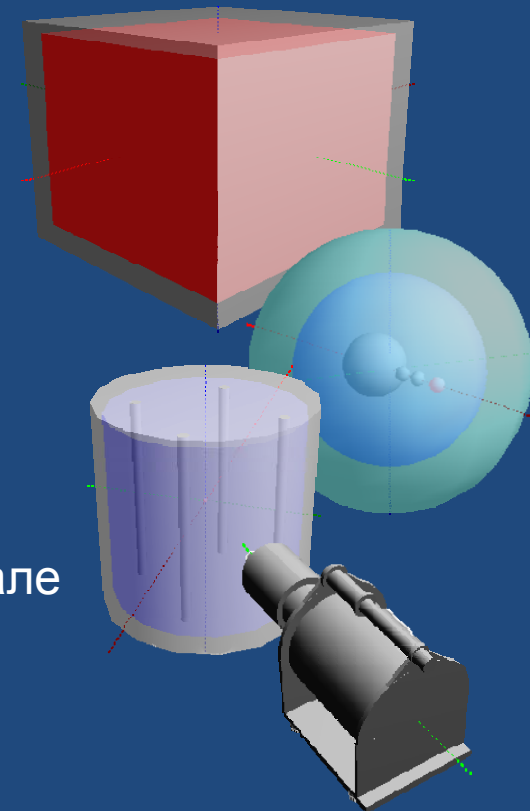


**LABORATORY
of spectrometry
and radiometry**

<http://www.lsrn.ru>
mail: lsrn@lsrn.ru
Phone: +7 495 660-16-14
Located in Moscow, Russia

Программное обеспечение EffMaker

- ✓ Расчет эффективности регистрации методом Монте-Карло
- ✓ Моделирование спектрометров на основе сцинтилляционных и полупроводниковых детекторов с коллиматорами разных типов
- ✓ Моделирование сложных многослойных объектов с произвольным распределением активности
- ✓ Произвольный состав материалов объекта
- ✓ Расчеты на произвольной энергетической шкале
- ✓ Сохранение объектов моделирования и результатов расчетов в базах данных



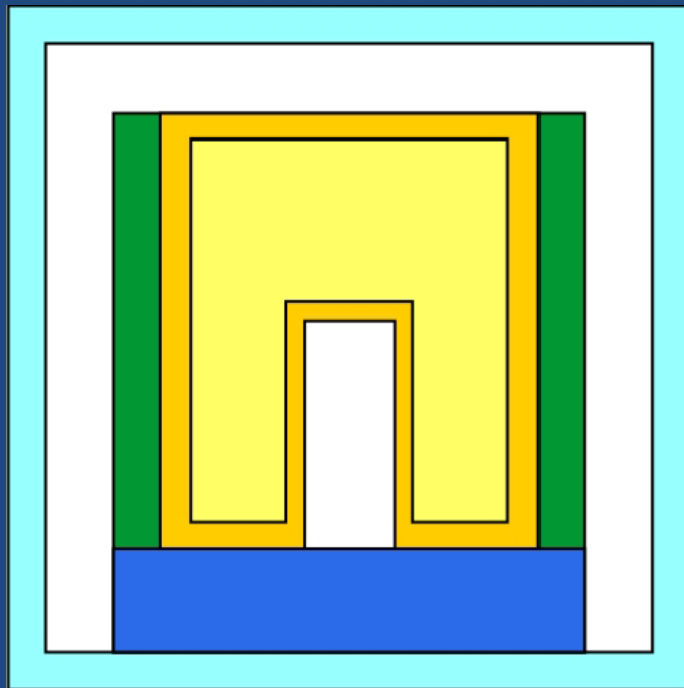
Область применения

- ✓ Для измерения транспортных контейнеров, упаковок с радиоактивными и другими отходами
- ✓ Для анализа влияния распределения радионуклидов в образце на результаты измерения активности
- ✓ При разработке и тестировании программного и методического обеспечения



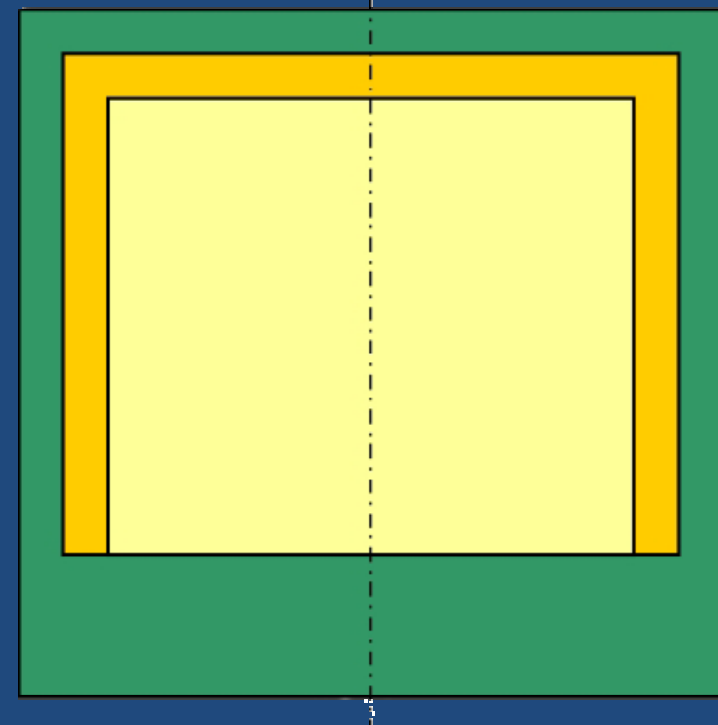
Область моделирования. Спектрометры

Коаксиальный HPGe-детектор



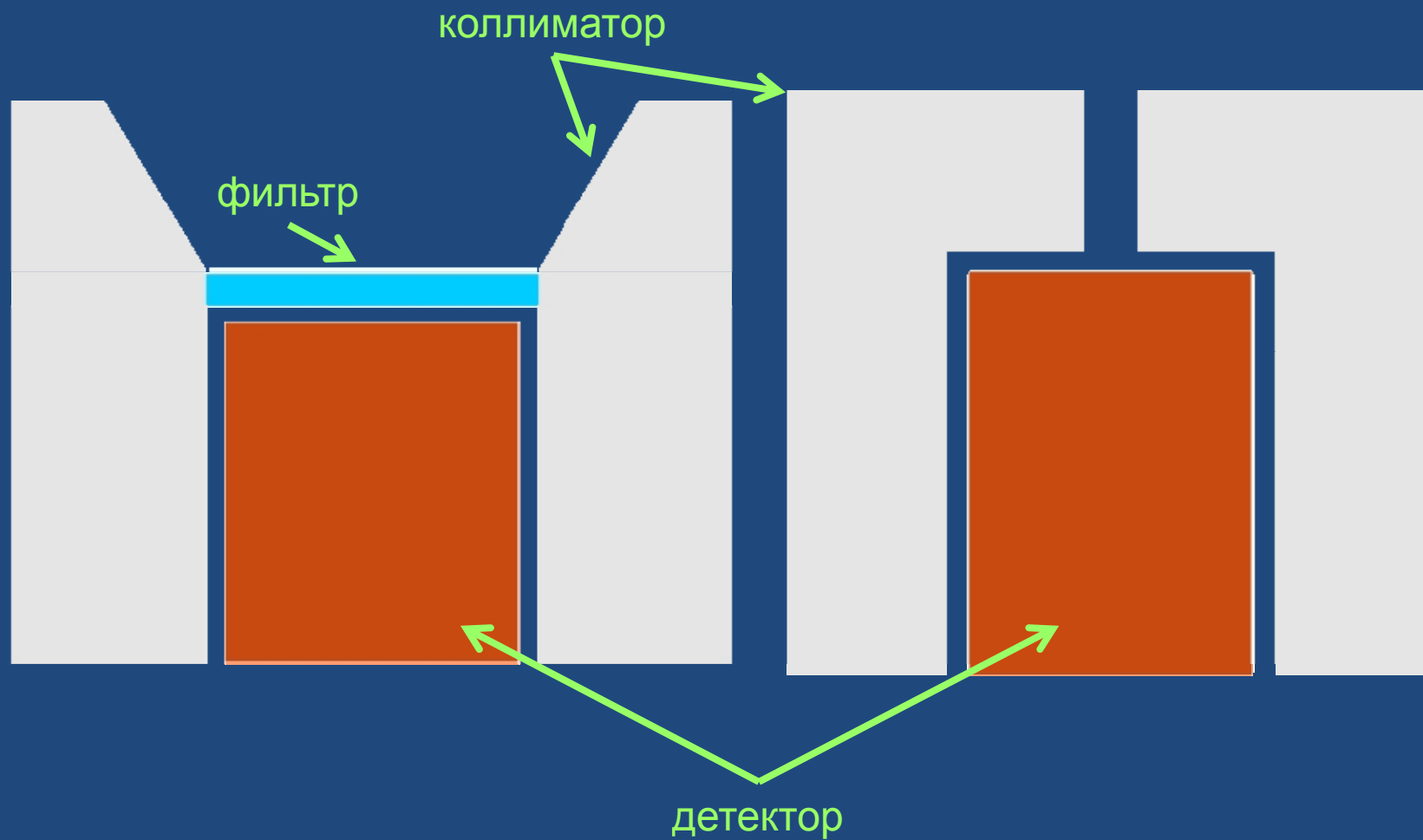
- Стакан
- Держатель
- Неактивный слой
- Чувствительный слой
- Подставка
- Вакуум

Сцинтилляционный NaI-детектор

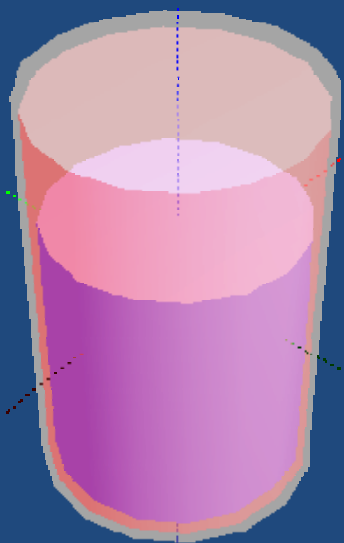


- Кристалл
- Отражатель
- Упаковка

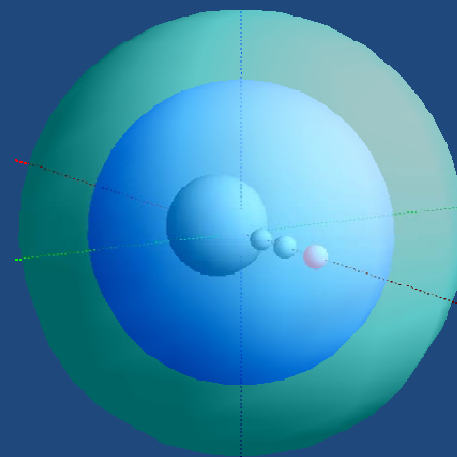
Типы коллиматоров



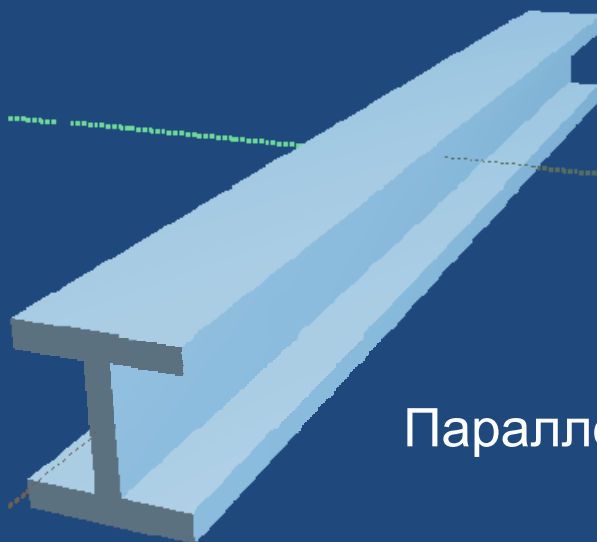
Область моделирования. Источники



Цилиндр

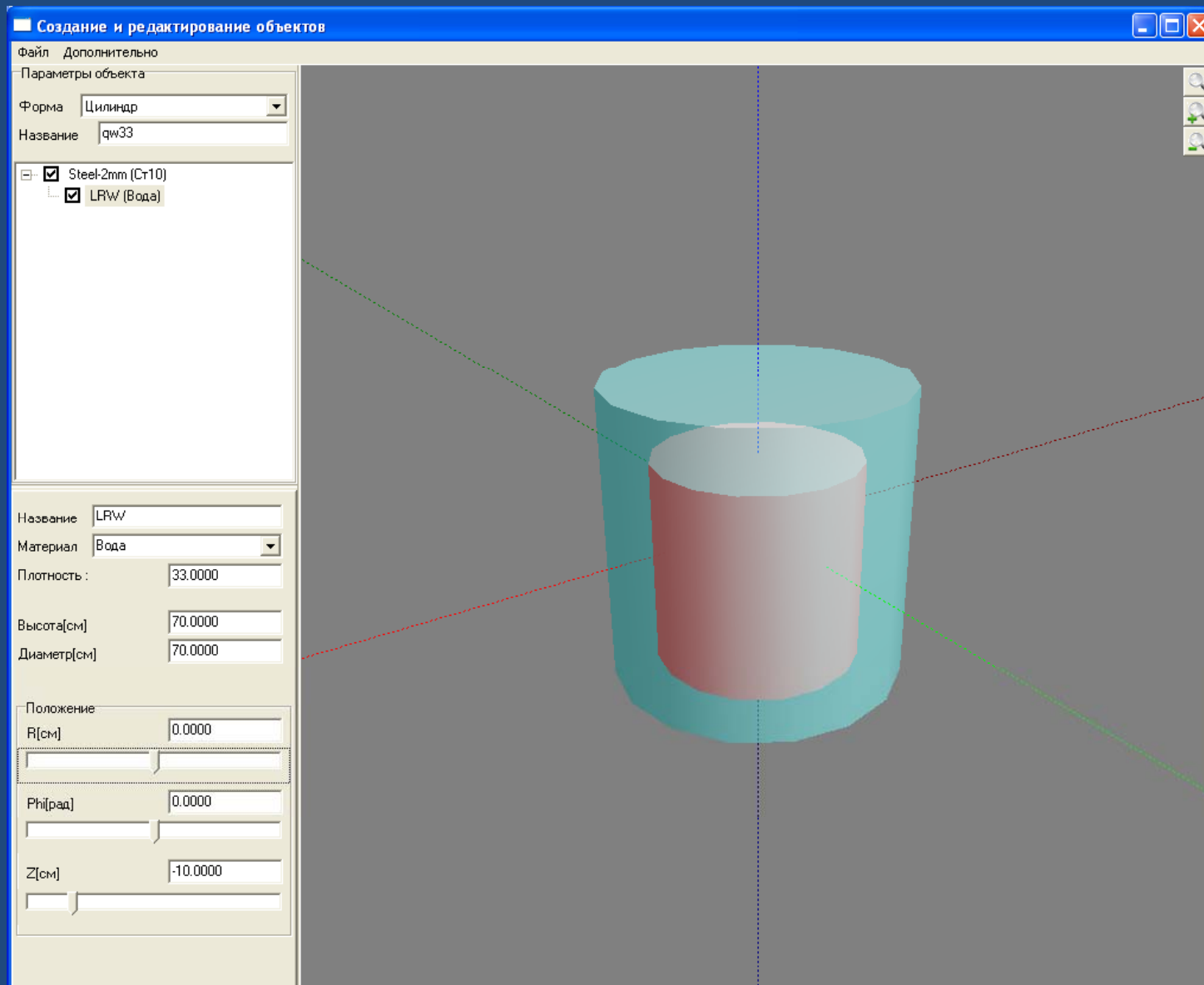


Сфера

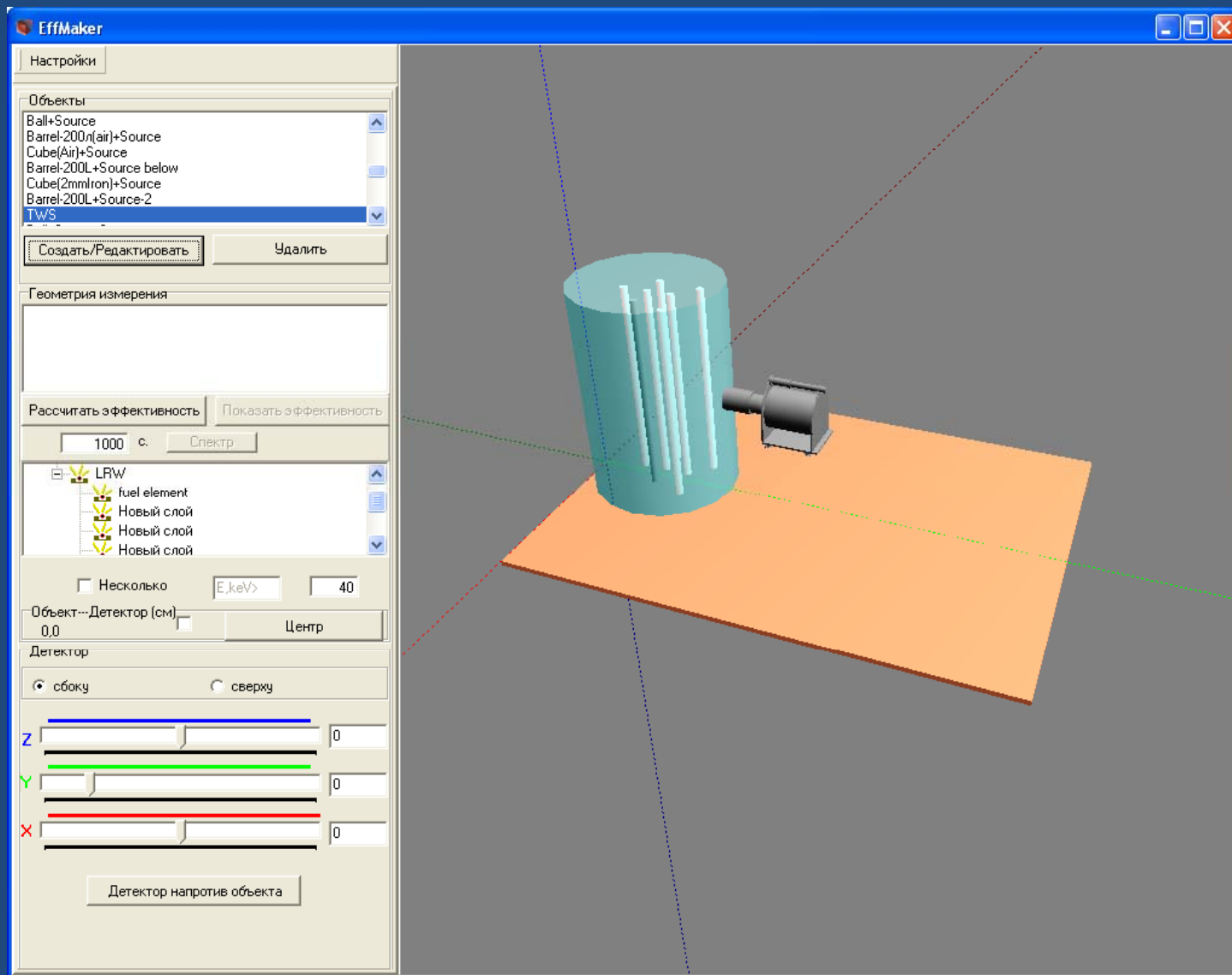


Параллелепипед

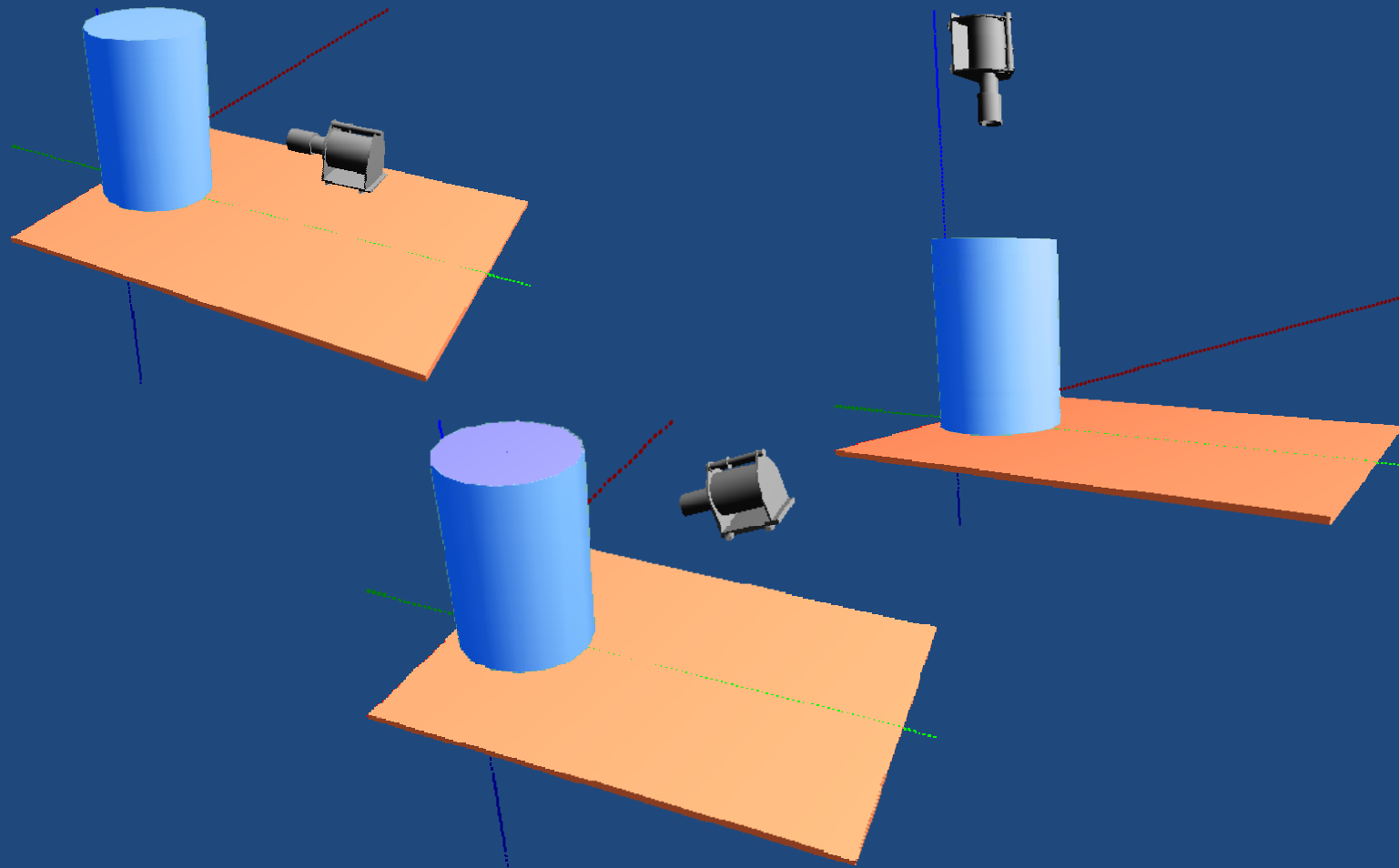
Область моделирования. Источники



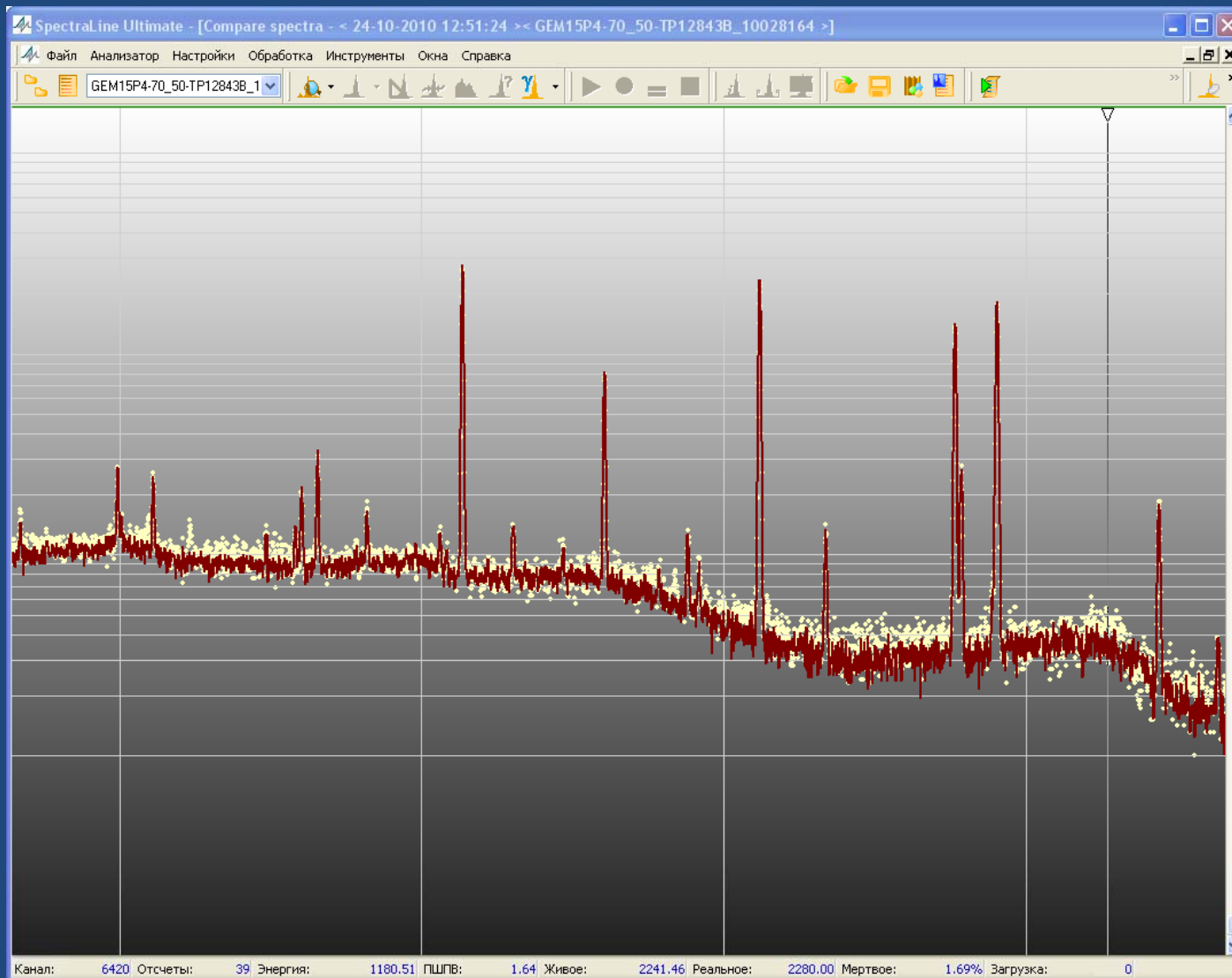
Интерфейс



Область моделирования. Взаимное расположение детектора и источника

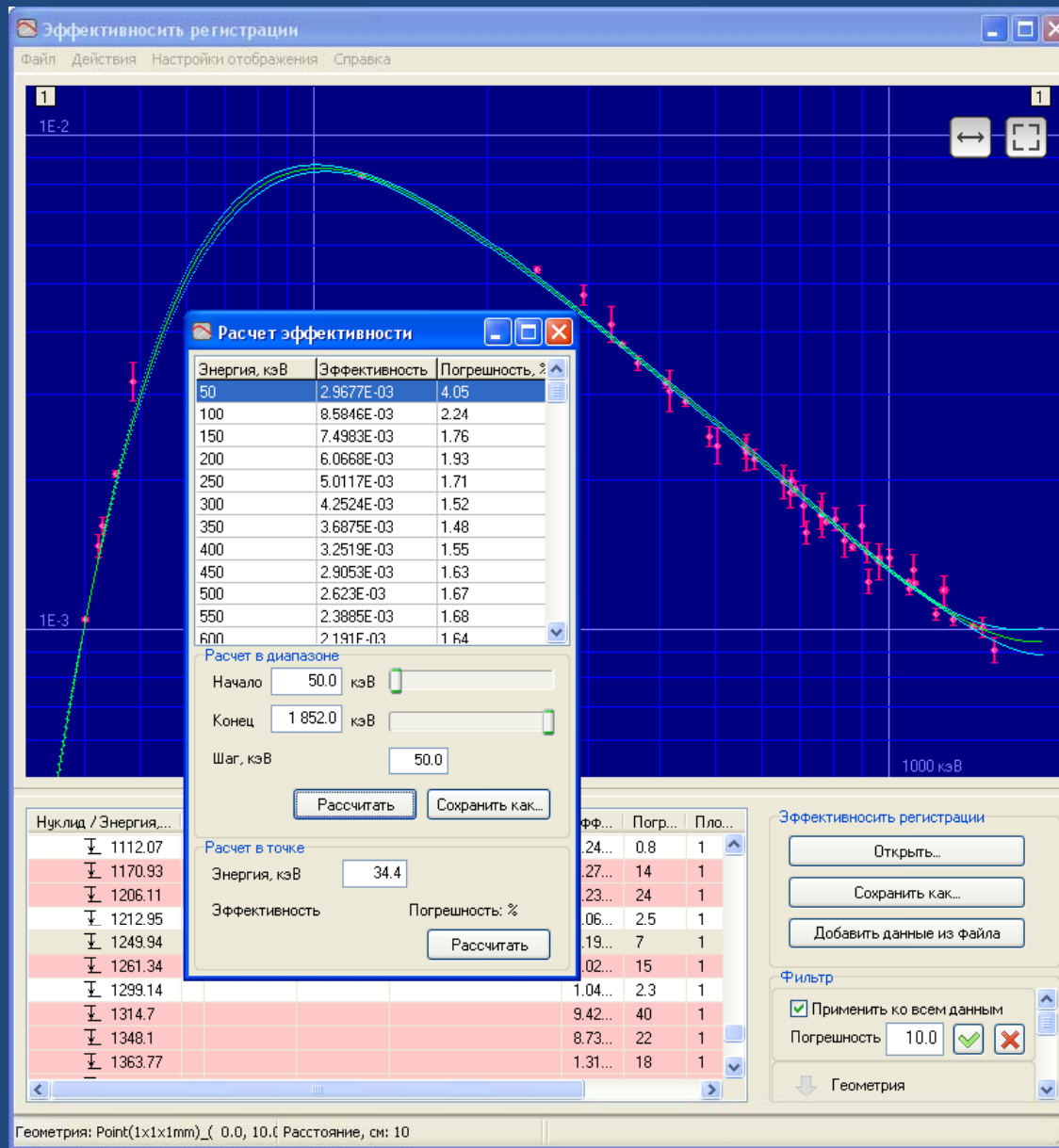


Представление результатов



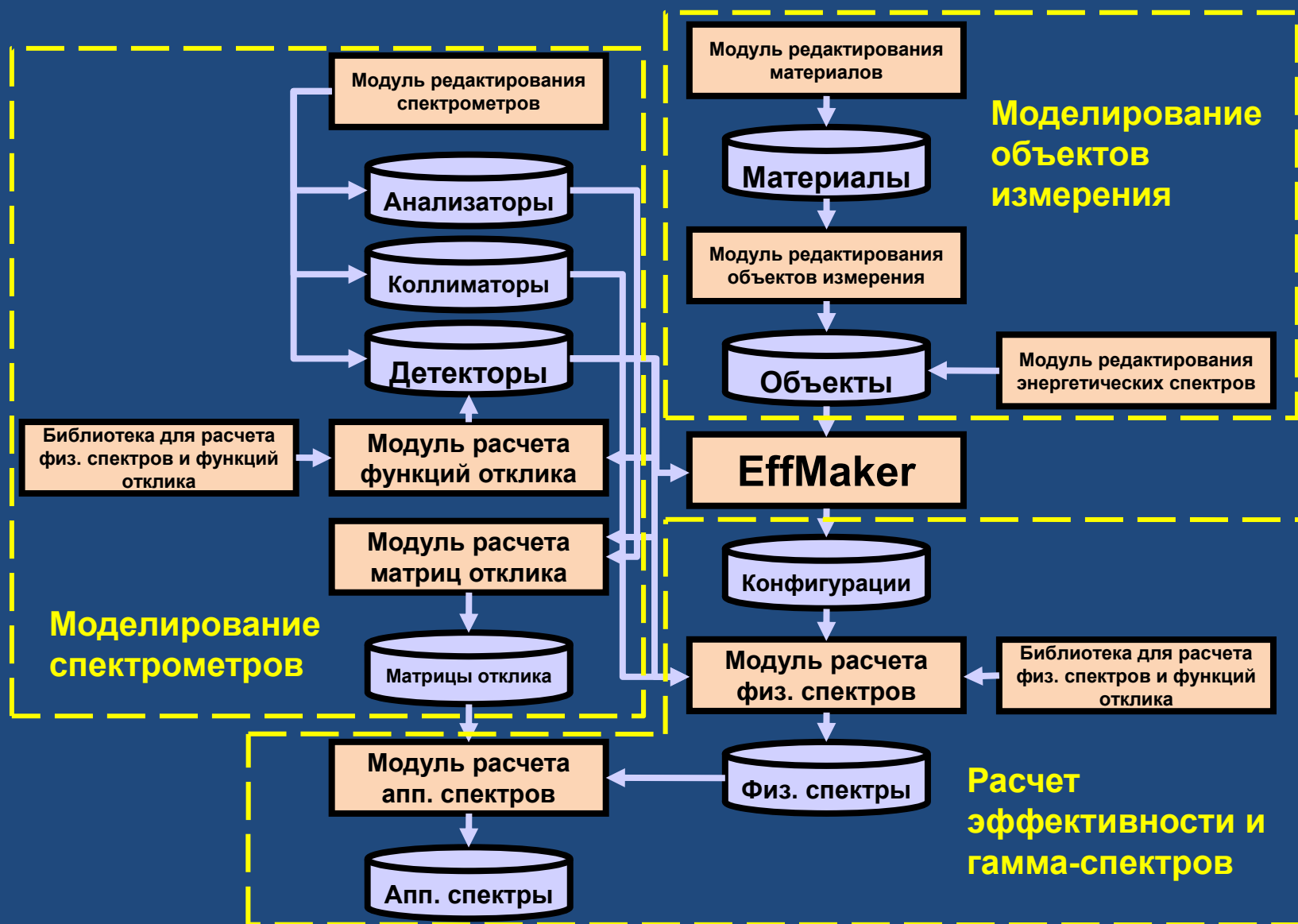
Сравнение экспериментального и модельного спектров Eu-152 от HPGe-детектора с использованием SpectraLine

Представление результатов

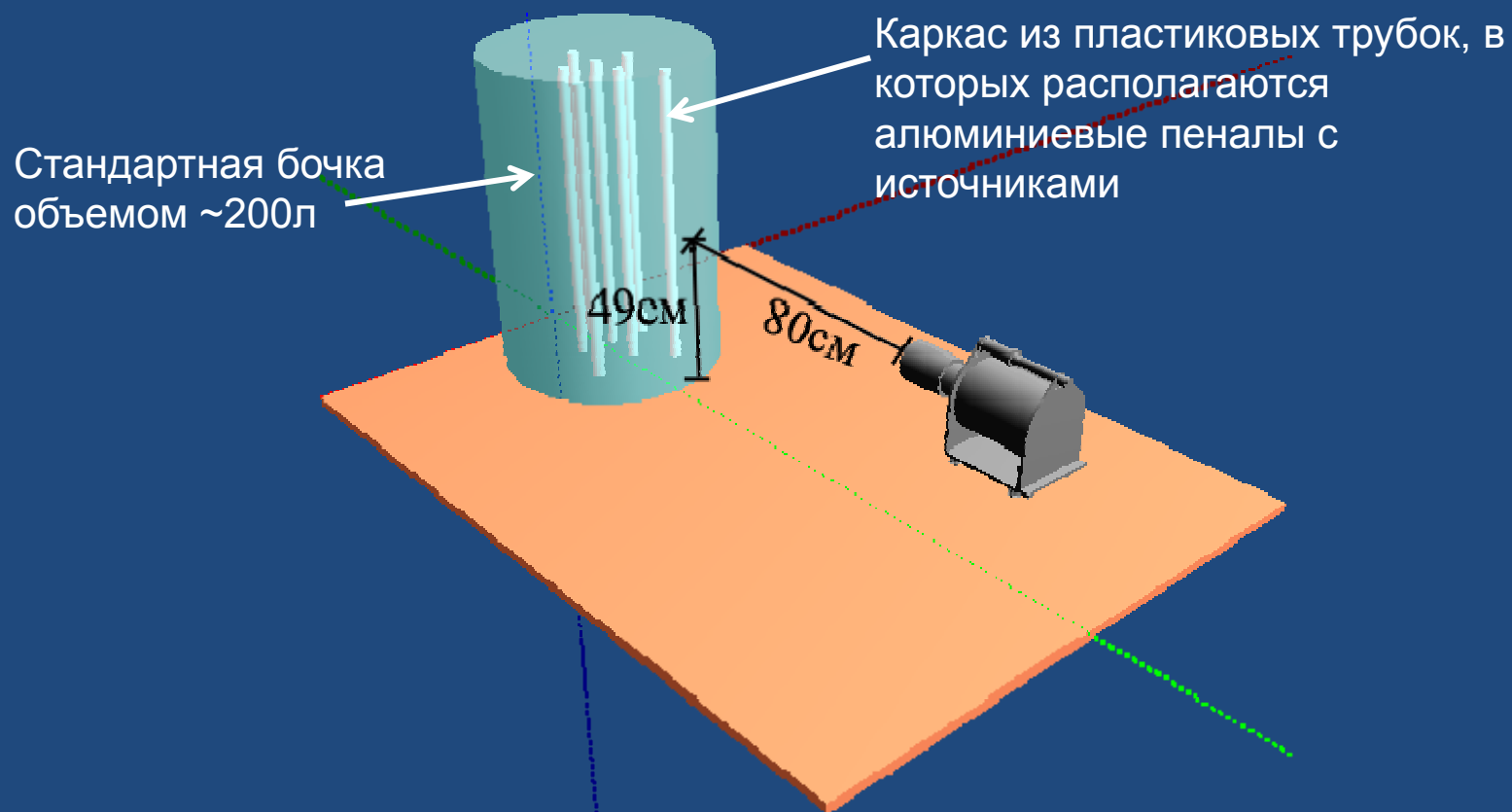


Расчитанные кривые
эффективности и их
аппроксимация

Структура программного комплекса



Верификация



Бочка ВНИИМ. Взаимное расположение
бочки и детектора

Верификация

Отклонения рассчитанных активностей от образцовых (в %)

Конфигурация (детектор справа)	Наполнитель	Источник		
		Ba-133	Co-60	Cs-137
	Воздух	3,4	-3,0	0,6
	Дерево	6,4	0,6	3,9
	Пластик	7,4	-1,9	3,0
	Воздух	5,2	-2,9	0,6
	Дерево	6,2	-1,8	2,5
	Пластик	-0,8	-5,8	-4,0

Верификация

Отклонения рассчитанных активностей от образцовых (в %)

Конфигурация (детектор справа)	Наполнитель	Источник		
		Ba-133	Co-60	Cs-137
	Воздух	13,8	4,1	8,5
	Дерево	16,5	7,6	13,6
	Пластик	4,9	-2,4	0,2
	Воздух	5,2	-2,0	-0,3
	Дерево	0,2	-7,0	-1,7
	Пластик	-0,7	-5,9	-1,2

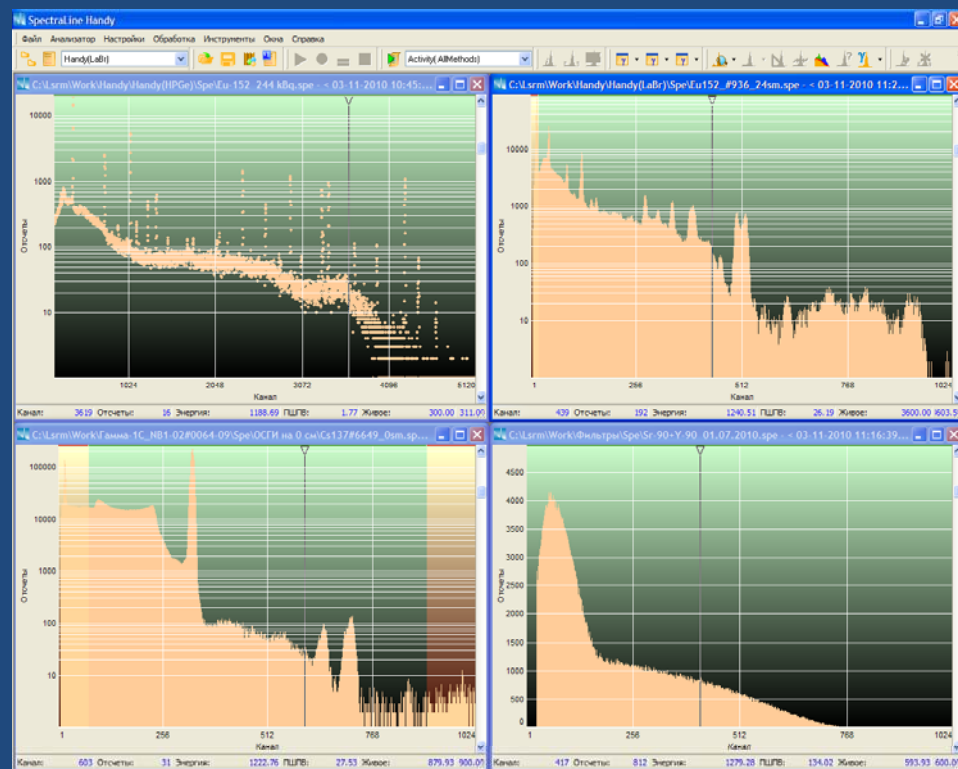
Верификация

Отклонения рассчитанных активностей от образцовых (в %)

Конфигурация (детектор справа)	Наполнитель	Источник		
		Ba-133	Co-60	Cs-137
	Воздух	8,9	-0,7	3,3
	Дерево	9,8	-0,7	3,3
	Пластик	-4,3	-8,0	-5,5

Программное обеспечение семейства «SpectraLine-2010» НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Даниленко В.Н., Ковальский Е.А., Скубо Ю.В., Суворов Д.А.,
Федоровский С.Ю., Юферов А.Ю.



Программное обеспечение семейства SpectraLine

- Спектрометрический анализ источников γ -излучения с использованием HPGe, NaI, LaBr(CI), TeCd спектрометров
- Идентификация и расчет активности источников в контейнерах
- Определение степени обогащения урана
- Изотопный анализ плутониевых образцов
- Спектрометрический анализ источников α - и β -излучения
- Идентификация спектров сложного радионуклидного состава

Новые возможности

- Новые алгоритмы обработки спектров
- Новая процедура выполнения калибровки по эффективности регистрации
- Операции над спектрами: сравнение, сложение, вычитание.
- Расширенные возможности сценариев обработки
- Сопряжение с новыми устройствами, поддержка новых форматов спектров
- Новые функции пользовательского интерфейса
- Обмен информацией между программами

Универсальность

Управление спектрометрическими устройствами большинства известных производителей спектрометрической аппаратуры

- НПЦ «Аспект» (в том числе цифровыми устройствами)
- BSI, XIA
- Ortec
- Canberra
- Экспертцентр, Доза, Амплитуда

Поддержка форматов спектров большинства пользователей и производителей спектрометрической аппаратуры

- | | |
|---------------------------------|--------------|
| ▪ НПЦ «Аспект» | *.spc |
| ▪ Ortec | *.chn, *.spc |
| ▪ Canberra | *.cnf |
| ▪ BSI, XIA | *.mca |
| ▪ МАГАТЭ | *.wsp, *.asc |
| ▪ Экспертцентр, Доза, Амплитуда | *.spc |
| ▪ Green Star | *.sps |

Калибровка по эффективности. Efficiency

Новый модуль для проведения калибровки по эффективности регистрации

Эффективность регистрации

Файл Действия Настройки отображения Справка

Открыть паспорт... C:\LSRM\Work\Handy\Handy\HPGe\Data\

Источник / Нуклид	Геометр...	Дата / П...	Комплект
Eu-152	OSGI	22.01.2007	OSGI NwF
Co-60	OSGI	22.01.2007	-
Ba-133	OSGI	22.01.2007	-
Am-241	OSGI	01.11.2006	OSGI NwF1
Ti-44	OSGI	01.11.2006	-
Th-228	OSGI	01.11.2006	-

Нуклид / Энергия, кэВ	Геометрия	Материал	Детектор	Эффективно...	Погрешность	Площа...	Погреш...	Интенсивно...
Eu-152 (Eu-152)	Point-15cm		GMX-15185					
Th-228 (Th-228)	Point-15cm		GMX-15185					
Ba-133 (Ba-133)	Point-15cm		GMX-15185					
53.161				8.1315E-04	8	4391	260	2.21
160.614				3.0529E-03	26	4789	290	0.64
223.313				2.1246E-03	29	2305	230	0.44
276.402				1.9168E-03	5	33535	1100	7.16
302.852				1.7395E-03	4	78209	2400	18.4
356.014				1.4816E-03	4	224809	7000	62.1
383.852				1.381E-03	4	30100	900	8.92
Am-241 (Am-241)	Point-15cm		GMX-15185					
Co-60 (Co-60)	Point-15cm		GMX-15185					
Ti-44 (Ti-44)	Point-15cm		GMX-15185					

Эффективность регистрации

Открыть...

Сохранить как...

Добавить данные из файла

Фильтр

Применить ко всем данным

Погрешность 15.0

Геометрия

Материал

Детектор

Удалить неотмеченные

Показать скрытые

Геометрия: Point-15cm Расстояние, см: 15 C:\LsrM\Work\Handy\Handy\HPGe\Data\GMX-15185_Point-15.efr

Калибровка по эффективности. Фильтры

Возможность выбора для расчета нуклидов или отдельных энергетических линий

Нуклид / Энергия, кэВ	Геометрия	Материал	Детектор	Эффектив...	Погрешность	Площадь	Погрешность	Интенс
<input checked="" type="checkbox"/> Eu-152 (Eu-1...)	Point-15cm	Эпоксидка	GMX-15185					
<input checked="" type="checkbox"/> Th-228 (Th-2...)	Point-15cm	Эпоксидка	GMX-15185					
<input checked="" type="checkbox"/> Ba-133 (Ba-1...)	Point-15cm		GMX-15185					
<input checked="" type="checkbox"/> 53.161				8.1315E-04	8	4391	260	2.21
<input checked="" type="checkbox"/> 160.614				3.0529E-03	26	4789	290	0.64
<input checked="" type="checkbox"/> 223.313				2.1246E-03	29	2305	230	0.44
<input checked="" type="checkbox"/> 276.402				1.9168E-03	5	33535	1100	7.16
<input checked="" type="checkbox"/> 302.852				1.7395E-03	4	78209	2400	18.4
<input checked="" type="checkbox"/> 356.014				1.4016E-03	4	224009	7000	62.1
<input checked="" type="checkbox"/> 383.852				1.381E-03	4	30100	900	8.92
<input checked="" type="checkbox"/> Am-241 (Am...)	Point-15cm	Сталь нерж	GMX-15185					
<input checked="" type="checkbox"/> 59.541				1.0464E-03	3	36199	400	35.9
<input type="checkbox"/> Co-60 (Co-60)	Point-15cm	Сталь нерж	GMX-15185					
<input type="checkbox"/> 1173.237				5.156E-04	3	30442	400	99.9
<input type="checkbox"/> 1332.502				4.6076E-04	3	27231	400	100
<input checked="" type="checkbox"/> Tl-44 (Tl-44)	Point-15cm		GMX-15185					

Фильтрация расчетных данных по геометрии, материалу, детектору, погрешности расчета

Фильтр

Применить ко всем данным

Погрешность

↑ Геометрия

Point-15cm

↑ Материал

Эпоксидка

not essential

Сталь нерж

↑ Детектор

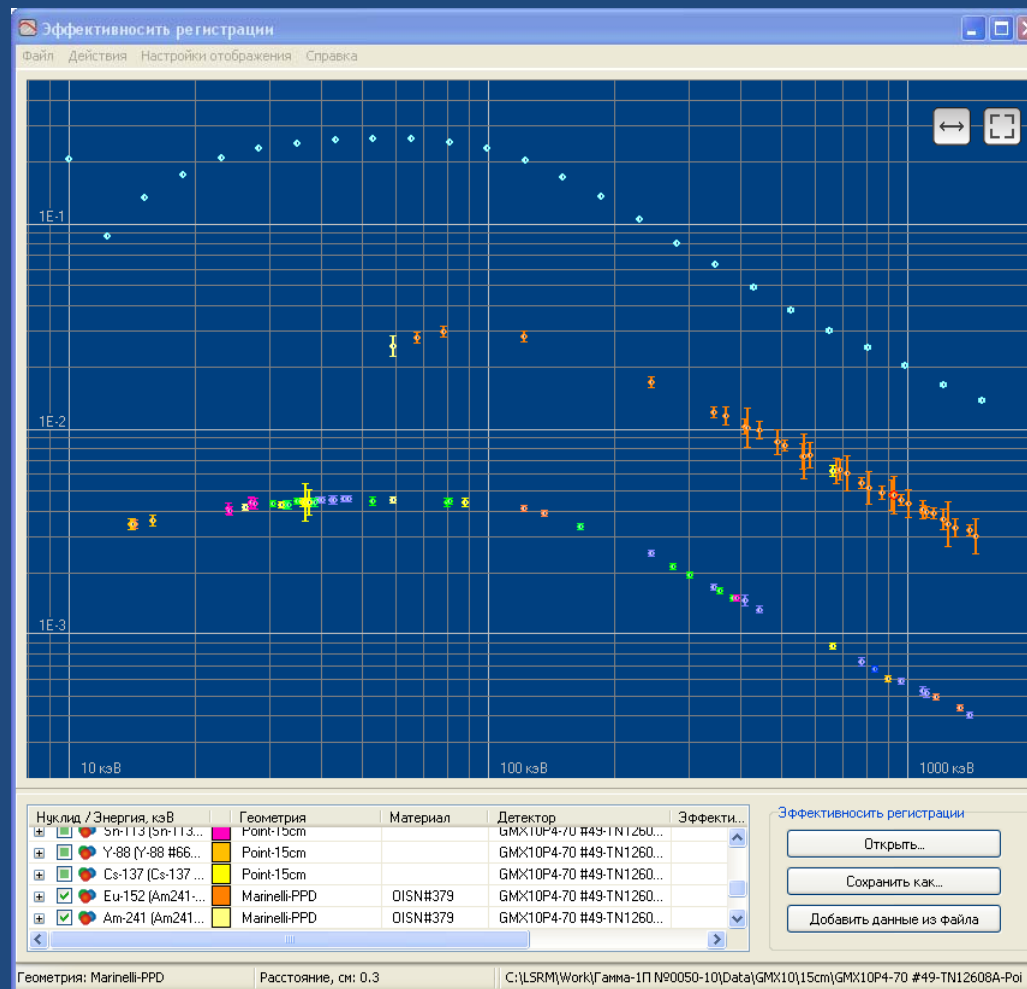
GMX-15185

Удалить неотмеченные

Скрыть

Калибровка по эффективности. Сравнение

Сравнение зависимостей эффективности регистрации



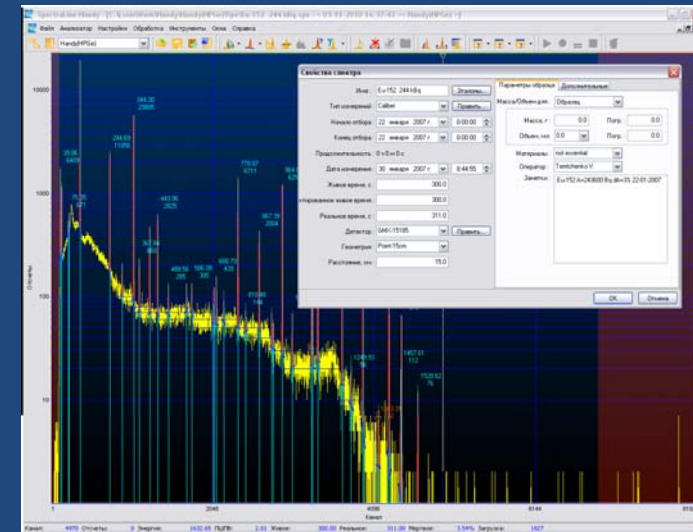
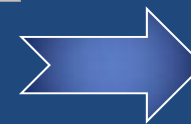
Калибровка по эффективности. Аппроксимация

- Изменение параметров аппроксимирующей кривой «на лету»
- Корректный расчет коридора ошибок
- Дополнительные функции визуализации:
 - настройка цветовой схемы отображения точек
 - возможность масштабирования



Калибровка по эффективности. Интеграция

Применение рассчитанной эффективности к выбранному спектру

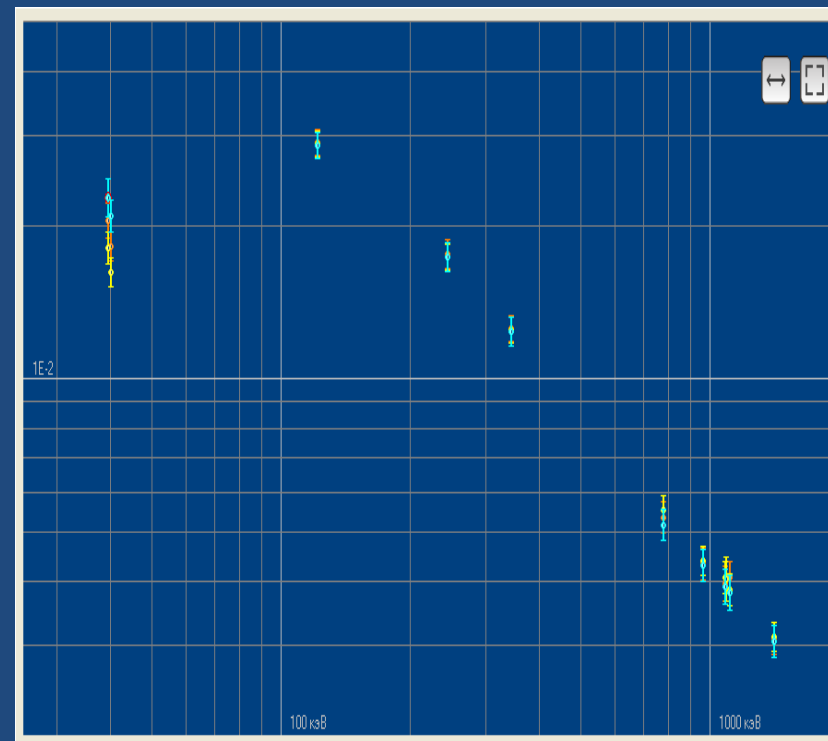
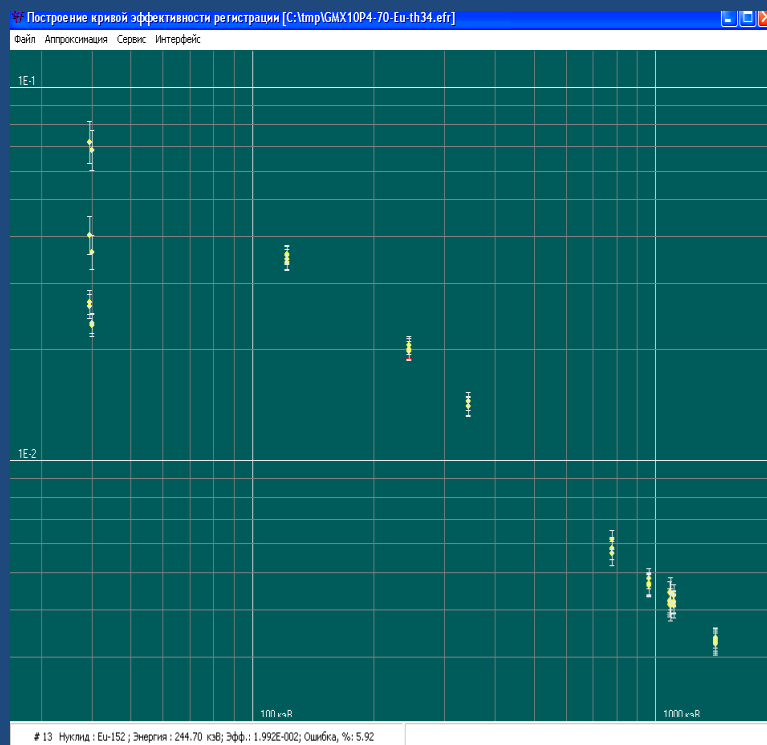


Коррекция на разность в плотности

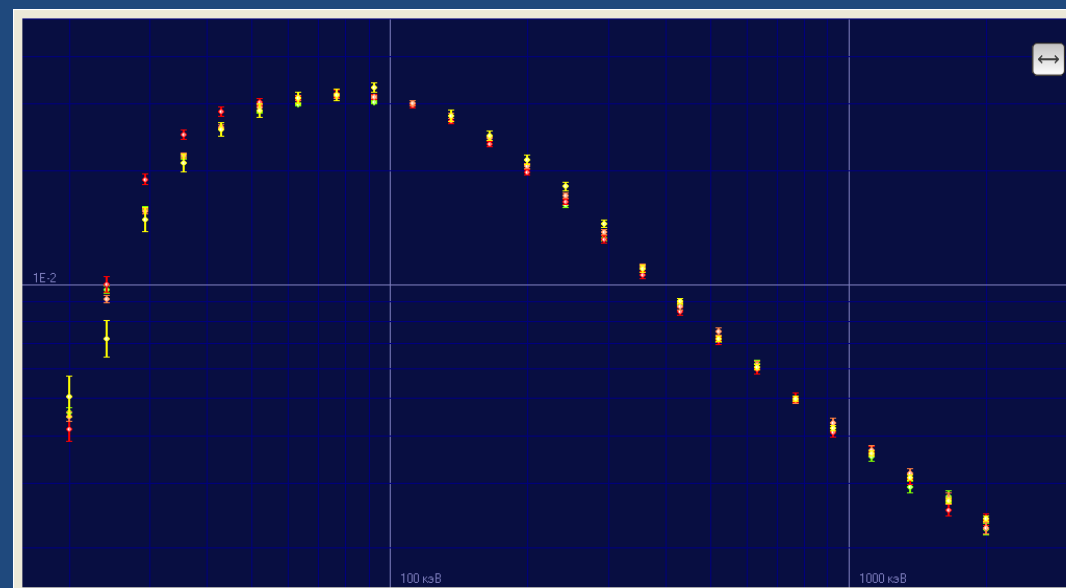
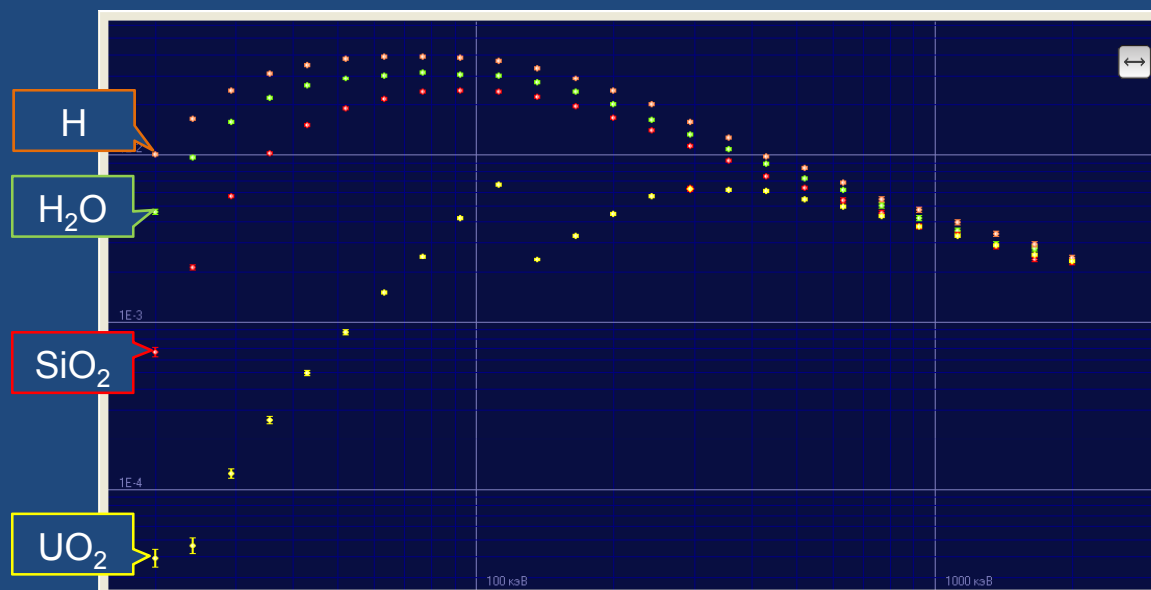
Улучшенная коррекция на разность в плотности материалов пробы и калибровочного образца.

Преимущества нового алгоритма коррекции:

- Повышает точность расчета объемных образцов
- Особенно эффективен в случае большого самопоглощения гамма излучения



Коррекция на разность в плотности



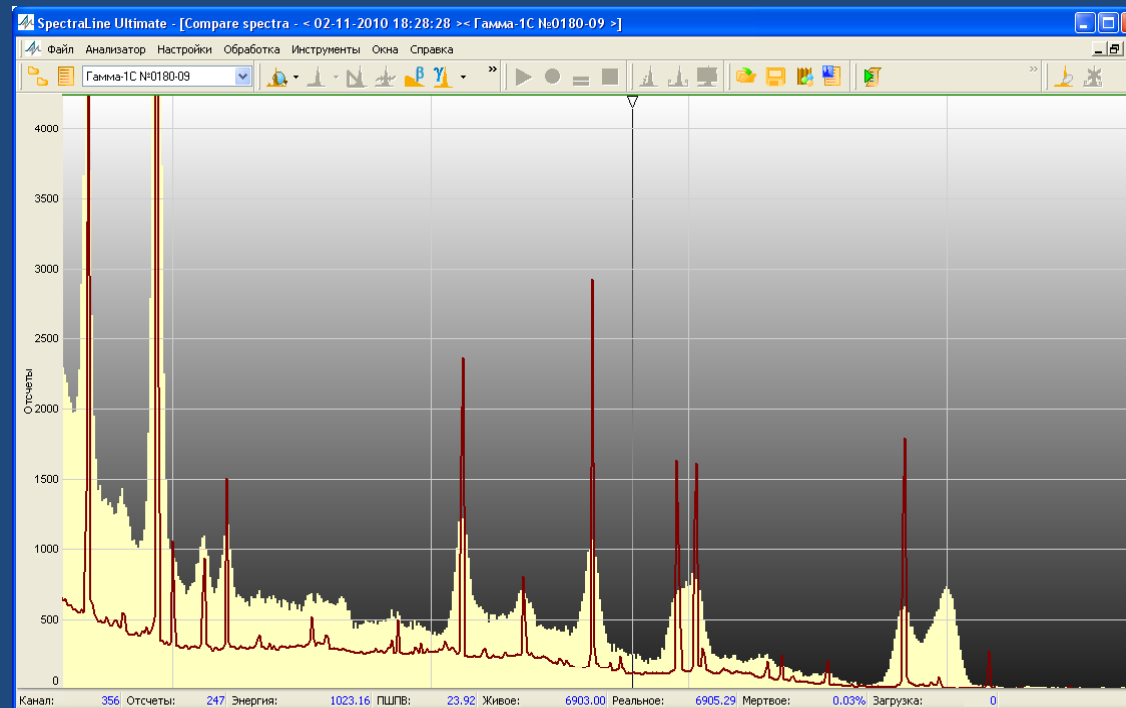
Операции над спектрами

Операции с двумя спектрами :

- Сравнение
- Сложение
- Вычитание

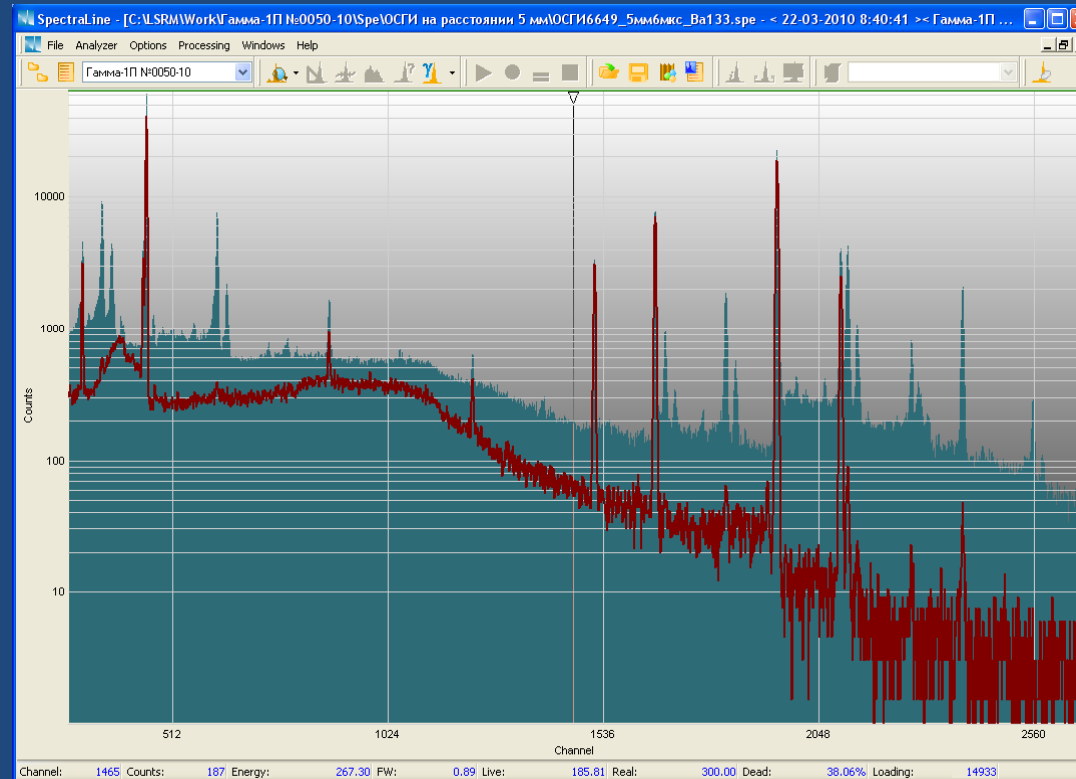
Учет параметров спектров при проведении операции:

- Коррекция на время набора спектра
- Коррекция калибровки по энергии



Операции над спектрами

Интерфейс визуального совмещения спектров при сравнении



Позволяет :

- Визуально сравнить два спектра путем наложения одного на другой
- Привести калибровку одного к калибровке другого путем совмещения точек

Анализ скрытых источников

Анализ объемных источников в защитных контейнерах с неизвестной толщиной слоев

Ввод начальных параметров:

- Геометрическая форма и размер контейнера
- Масса контейнера с источником
- Материал защитного слоя контейнера
- Материал источника

Анализ



Диапазоны изменения толщин слоев контейнера и источника



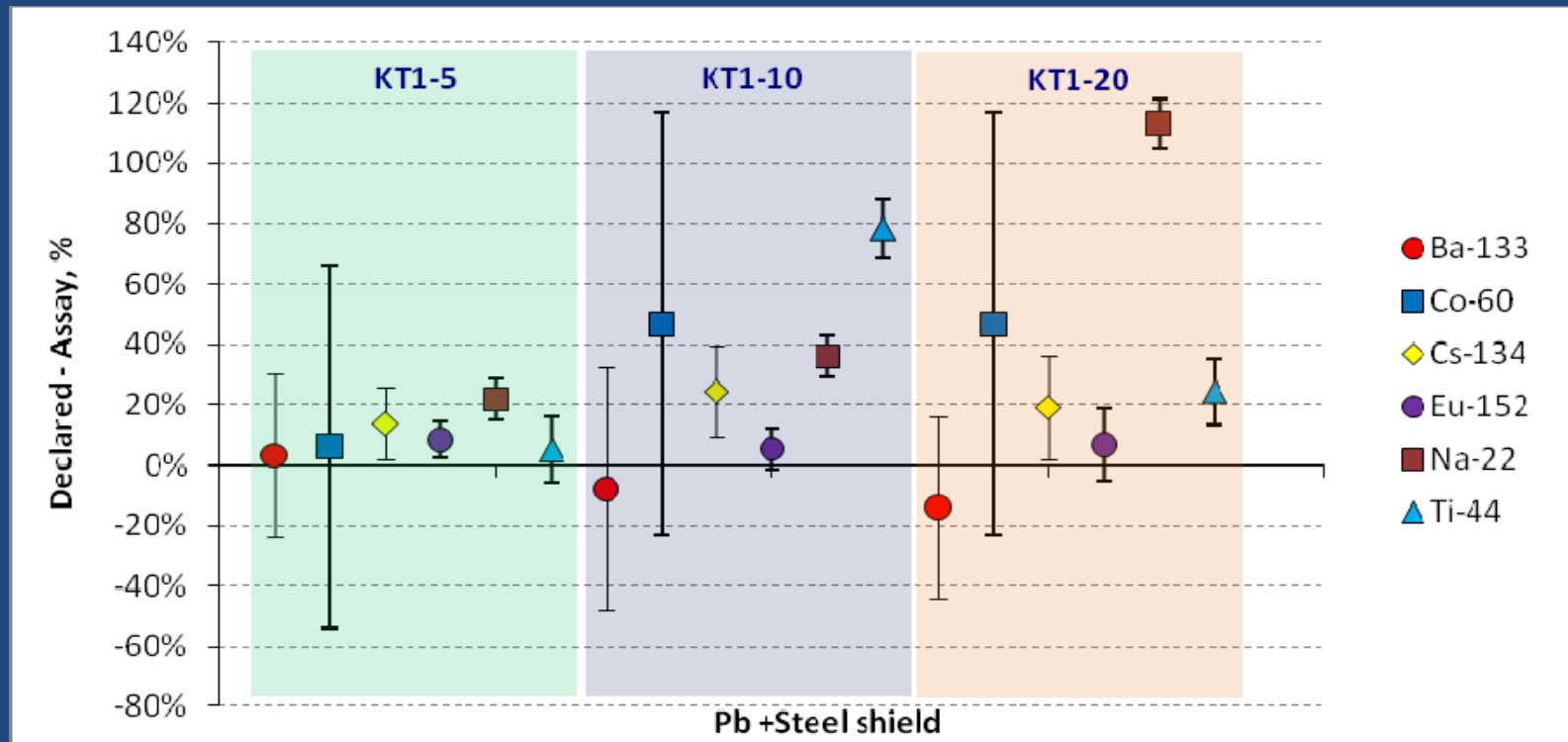
Оптимизация: вклад
неидентифицированных линий \rightarrow min



Уточнение толщины по
соотношению пиков в спектре

Сравнение паспортных и измеренных активностей

Сравнение паспортных и измеренных значений активности для СКС-50М для двухкомпонентной задачи – свинцовая и стальная защита



Обработка спектров $\text{LaBr}_3(\text{Cl}_3)$ детекторов

Особенности сцинтилляционных детекторов на основе кристаллов $\text{LaBr}_3(\text{Cl}_3)$:

- + Лучшее энергетическое разрешение по сравнению с NaI детекторами
- + Более высокая эффективность регистрации по сравнению с NaI детекторами
- Собственная радиоактивность природного лантана. Наличие линий спектра в области 1460 кэВ



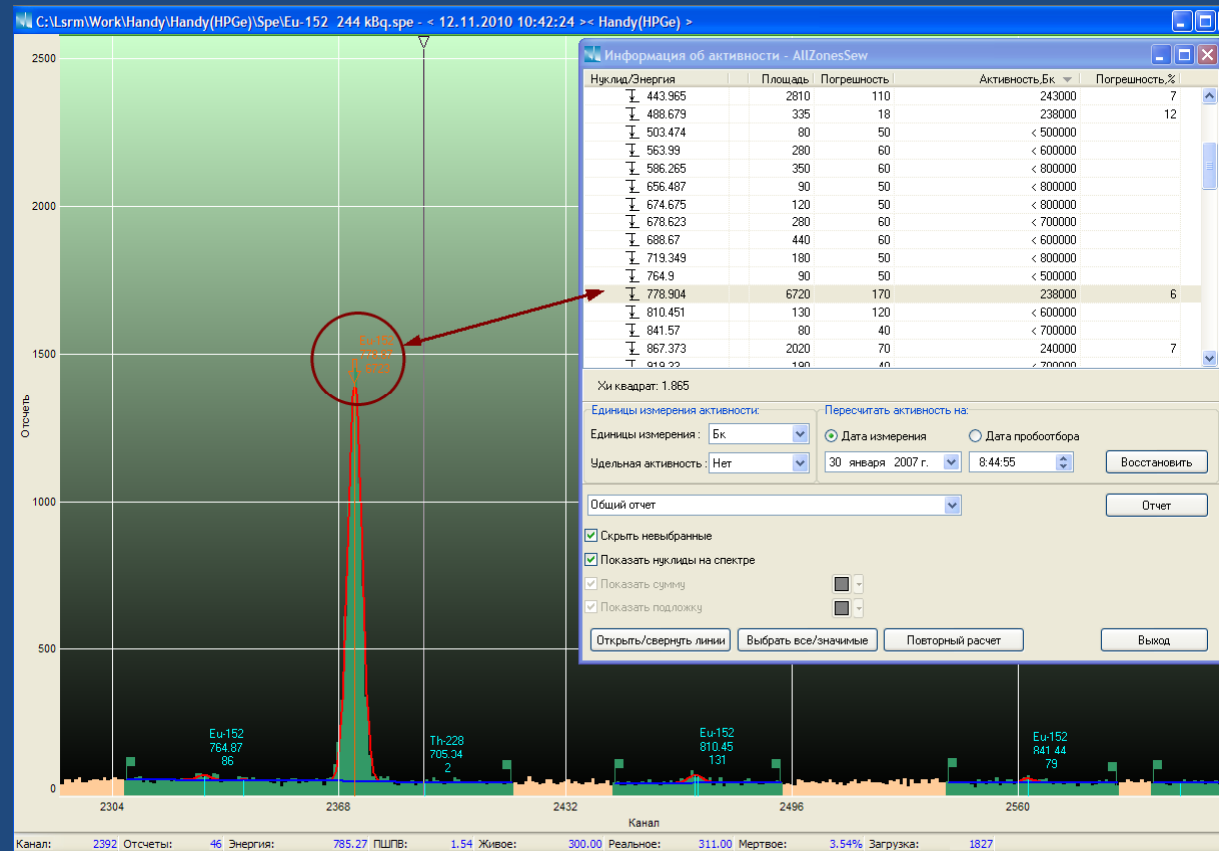
Динамическое вычитание собственного фона детектора во время набора спектра

Новые алгоритмы обработки информации

- Улучшена процедура расчета активности методом шаблонов (эталонных спектров) при наличии в образце радионуклидов, для которых шаблоны отсутствуют
- Добавлена возможность использования априорной информации об активности радионуклидов или их соотношениях
- Учет просчетов при высокой загрузке, в том числе и методом «генератора»
- Добавлены новые команды в язык сценариев обработки

Улучшения интерфейса

Новое окно результатов расчета активности.
Обеспечивает связь с окном спектра.



Улучшения интерфейса

Позволяет выбирать тип отображаемого значения (МДА, массовую концентрацию, дозовый вклад и т.д.).

Возможность выбора радионуклидов для расчета и запуск повторного расчета

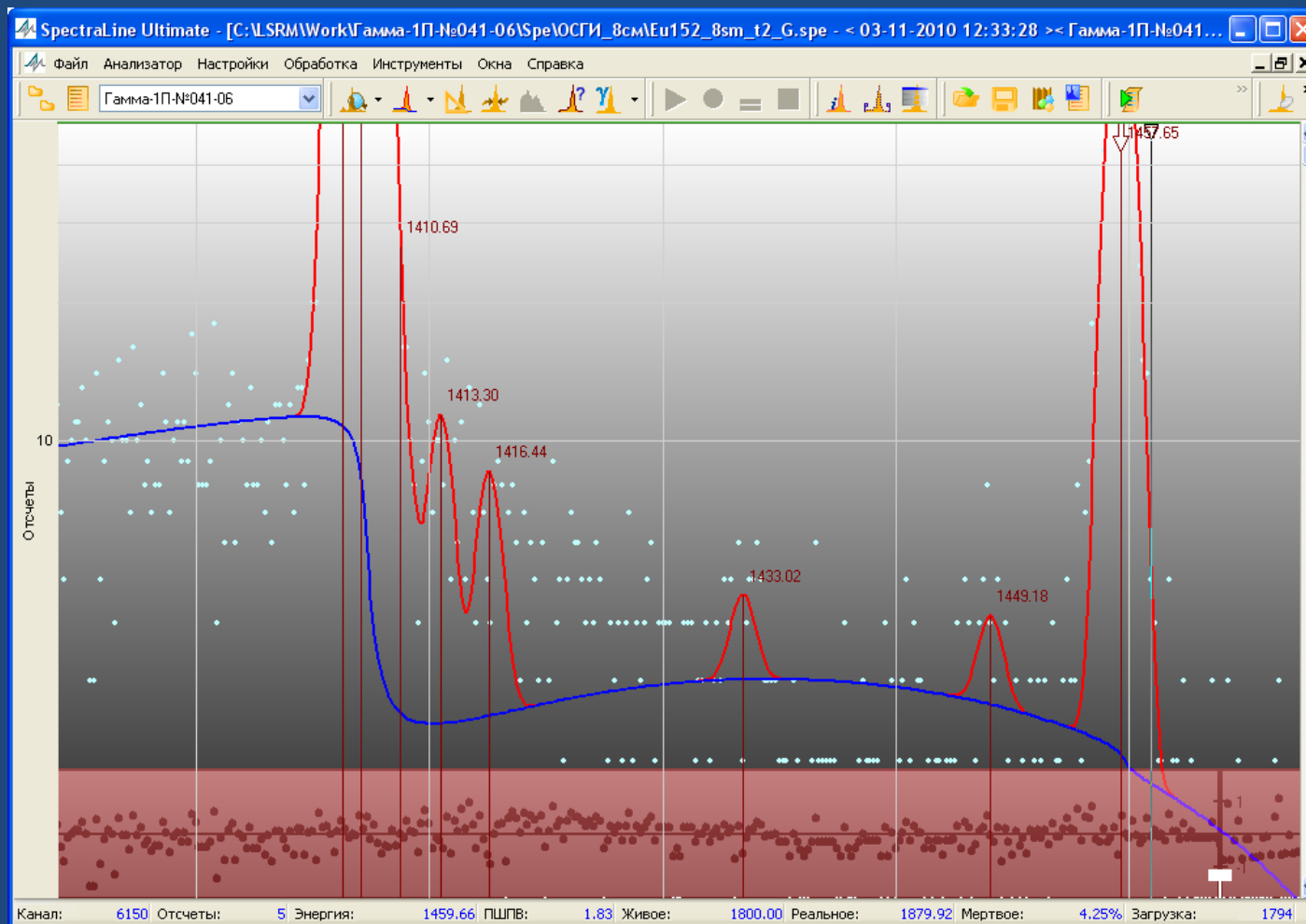
Информация об активности - allzonessew

Нуклид/Энергия	Площадь	Погрешнос...	Активность, %	Погрешност...	MDA, %	Дозовый...	Масс. доля, %	Погрешность...	Масс. концентрация, %
<input checked="" type="checkbox"/> Pu-241	200400	700	81.7	1.7	0.28	39.32	0.743	0.027	4.02E-008
<input checked="" type="checkbox"/> Am-241	102200	600	6.18	2.7	0.05	18.53	100	0	9.15E-008
<input checked="" type="checkbox"/> Pu-239	155400	400	5.32	1.3	0.017	37.72	80.2	2.4	4.34E-006
<input checked="" type="checkbox"/> Pu-240	5000	800	4.6	16	0.4	0.78	18.9	2.4	1.02E-006
↓ 160.308	5000	800	4.6	16	0.4	0.78	18.9	2.4	
<input checked="" type="checkbox"/> Pu-238	5230	130	2.20	2.7	0.14	0.783	0.121	0.005	6.53E-009
↓ 152.72	5200	130	2.20	2.7	0.14	0.777	0.121	0.005	
↓ 200.97	27.8	1.8	2.2	21	23	0.0055	0.121	0.026	
<input checked="" type="checkbox"/> Np-237	6100	90	0.0000550	1.9	1.30E-006	1.900	100	0	3.89E-009
<input checked="" type="checkbox"/> U-232	697	27	0.0000157	6	1.10E-006	0.365	100	0	3.58E-014

Единицы измерения активности: Относительная
Пересчитать активность на: Дата измерения Дата пробоотбора
Единицы измерения: Нет
Удельная активность: Нет
9 октября 2000 г. 11:56:58
Восстановить
Общий отчет
Отчет
 Скрыть невыбранные
 Показать нуклиды на спектре
 Показать сумму
 Показать подложку
Идентификация по базе данных
Открыть/свернуть линии
Выбрать все/значимые
Повторный расчет
Выход

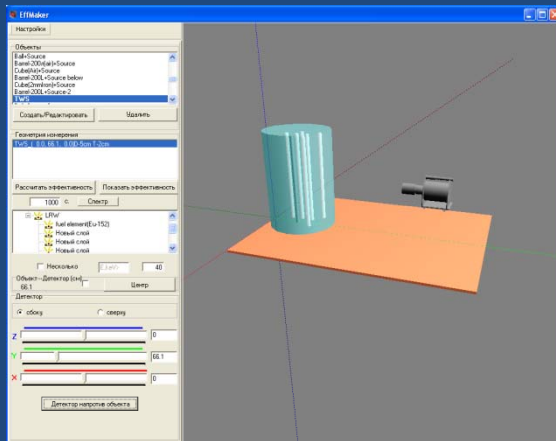
Улучшения интерфейса

Визуальная оценка качества подгонки

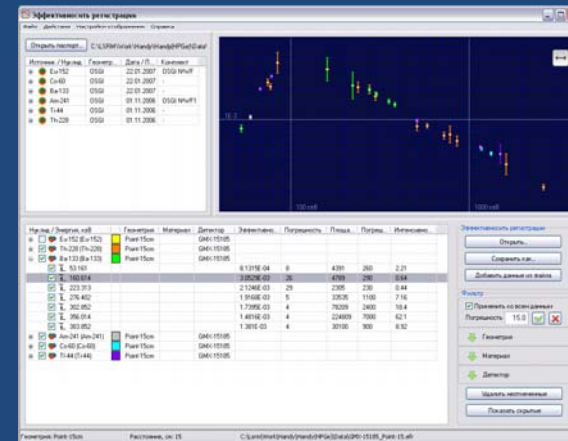


Интегрированная среда обработки

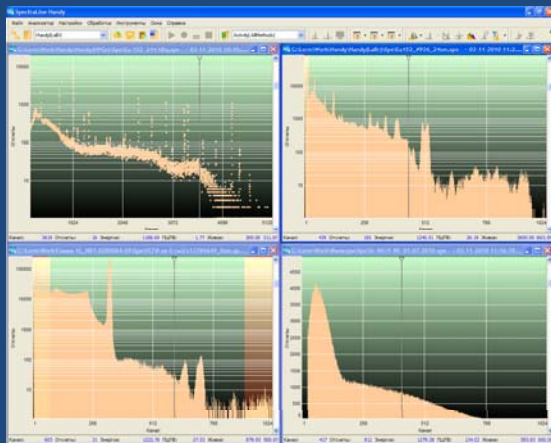
EffMaker



Efficiency



SpectraLine



Nuclide Master

Изолид / Энергия	Период полур.	Гамма-пос.	Абс. погр.	Тит. левки
Ac-207	22.0(мес)	8.80E-01	1.400E-01	1.000E-02 G
Ac-207	22.0(мес) 9.С	1.563.33	1.540E+01	6.000E-02 G
Ac-209	0.1(мес) ±5.0E	1.804.72	3.780E+01	3.000E-02 G
Ac-210	0.2(мес) ±5.0E	1.795.86	6.550E+01	4.000E-02 G
Ac-211	0.2(мес) ±5.0E	1.801.95	6.880E+01	4.000E-02 G
Ac-212	0.3(мес) ±5.0E	1.1038.6	9.880E+01	4.000E-03 G
Ac-212	Stable	1.1169	1.790E+03	7.000E-03 G
Ac-213	0.8(мес) ±5.0E	1.1365.2	3.010E+01	1.200E-02 G
Ac-214	0.2(мес) ±2.0E			
Ac-214	Stable			
Ac-215	0.17(мес) ±1.0E			
Ac-216	0.32(мес) AP			
Ac-216	Stable			
Ac-216M	0.33(мес) ±2.1			
Ac-217	0.3(мес) ±4.С			
Ac-217M	no data			
Ac-217M	10.0(мес) LT			
Ac-217M	740.0(мес) ±4			

Спасибо за внимание!



**LABORATORY
of spectrometry
and radiometry**

<http://www.lsrn.ru>
mail: lsrn@lsrn.ru
Phone: +7 495 660-16-14
Located in Moscow, Russia