

SpectraLineHandy – универсальный
гамма-спектрометрический
программный комплекс для контроля
ядерных и радиоактивных материалов
с использованием HPGe, CZT, LaBr(CI)
– детекторов.

**Даниленко В.Н., Ковальский Е.А.,
Кузнецов В.П., Скубо Ю.В., Соловьева С.Л.,
Федоровский С.Ю., Юферов А.Ю.**



**LABORATORY
of spectrometry
and radiometry**

**<http://www.lsrn.ru>
mail: lsrn@lsrn.ru
Phone: +7 495 660-16-14**

- Основным направлением деятельности компании "ЛСРМ" является разработка программного, методического и метрологического обеспечения измерений ионизирующих излучений:
- Программные комплексы для полупроводниковых и сцинтилляционных спектрометров α -, β - и 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

<http://www.lsrn.ru>

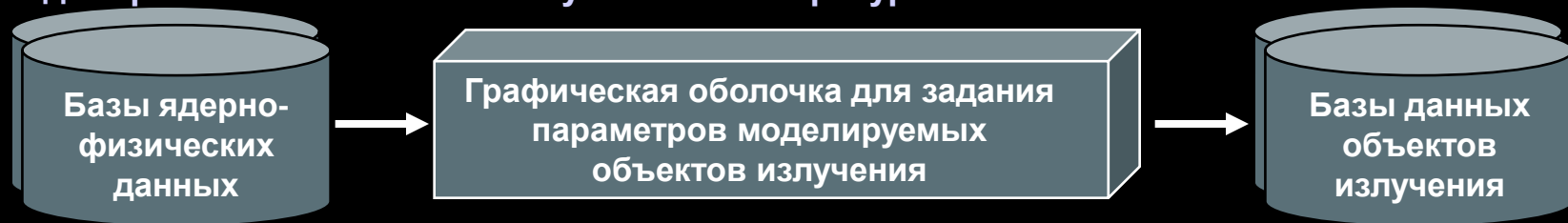
GammaLab – интегрированная среда ядерно-физических данных, расчетных модулей и программ обработки спектра для моделирования гамма-спектрометрического эксперимента

Комплекс позволяет моделировать процесс измерения на полупроводниковых и сцинтилляционных гамма-спектрометрах.

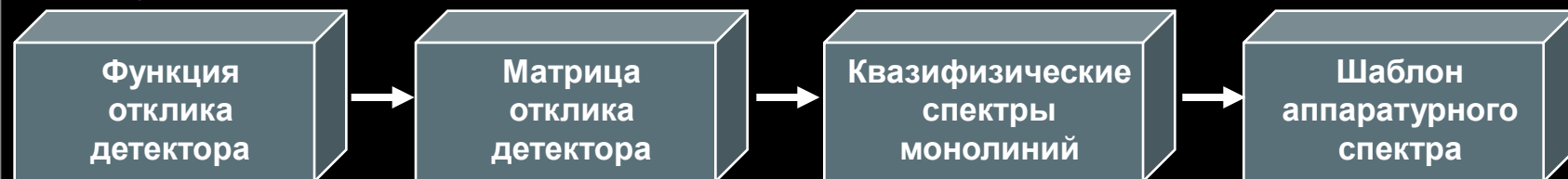
Расчет базируется на методе **Монте-Карло** с привлечением оцененных данных по структуре атомных ядер **ENSDF** и данных по сечениям взаимодействия. При этом учитываются:

- радионуклидный состав и активность источника
- наличие защитного контейнера
- взаимное расположение детектора и источника
- окружающий радиационный фон
- аппаратные эффекты: уширение, сдвиг линий и просчеты в зависимости от загрузки и т.д.

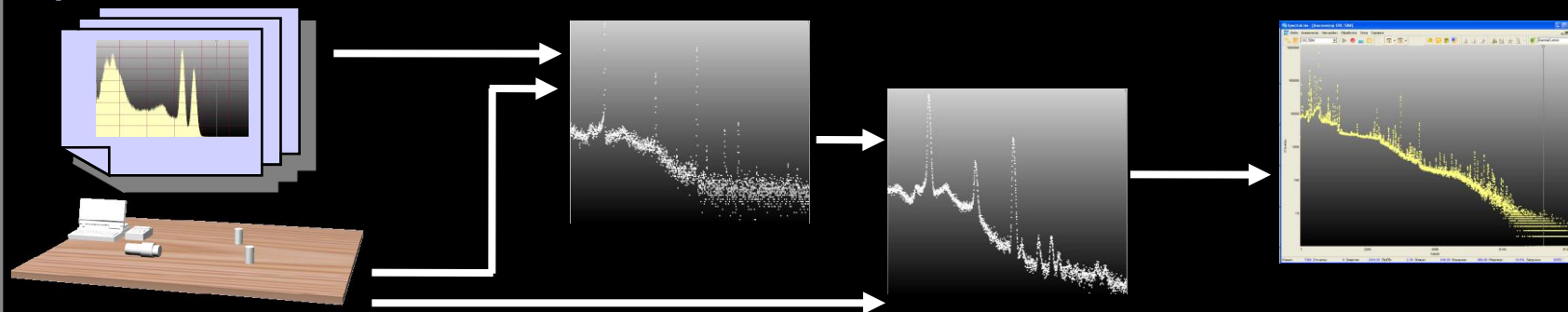
Моделирование источников излучения и аппаратуры



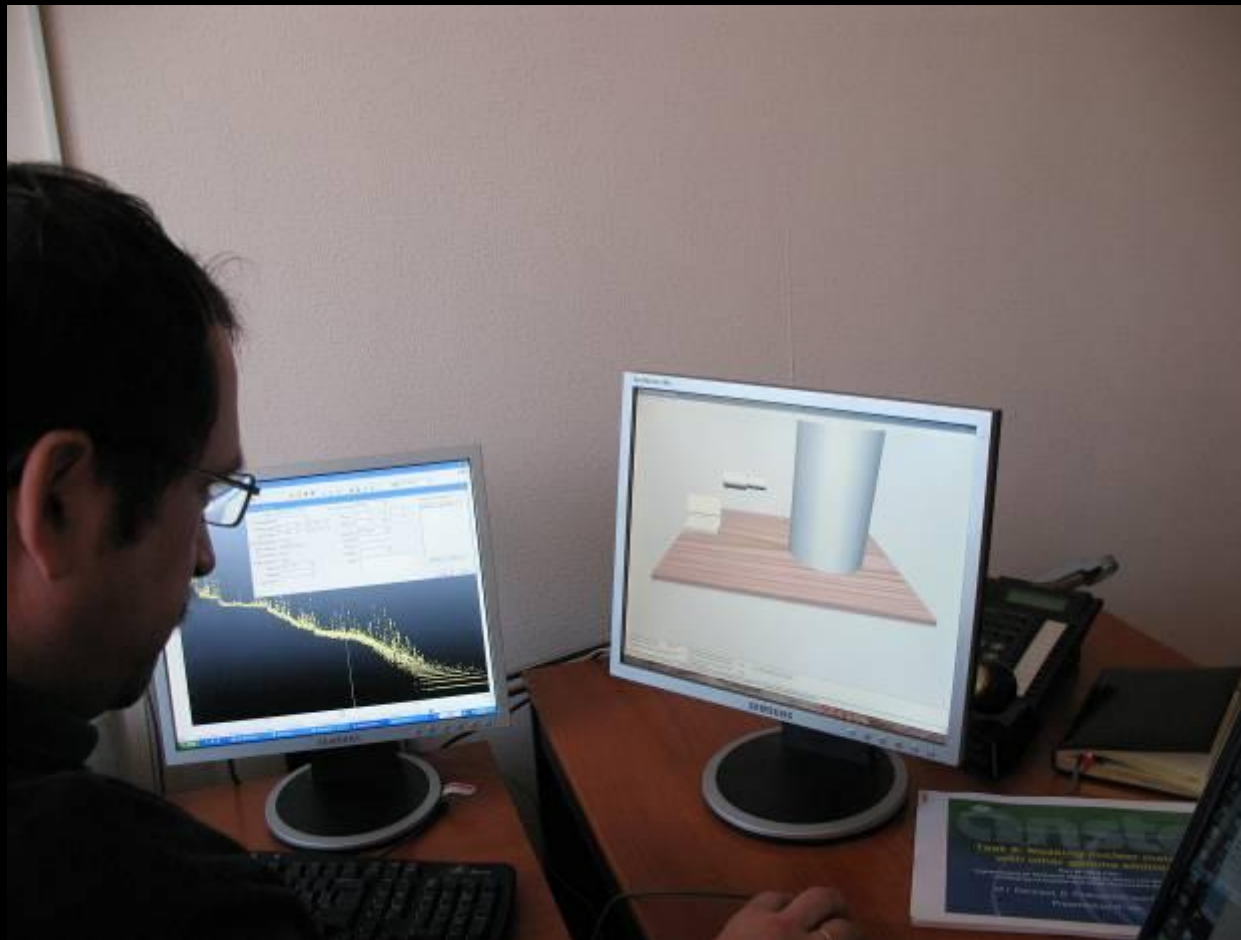
Получение шаблонов аппаратных спектров для источников с произвольным радионуклидным составом



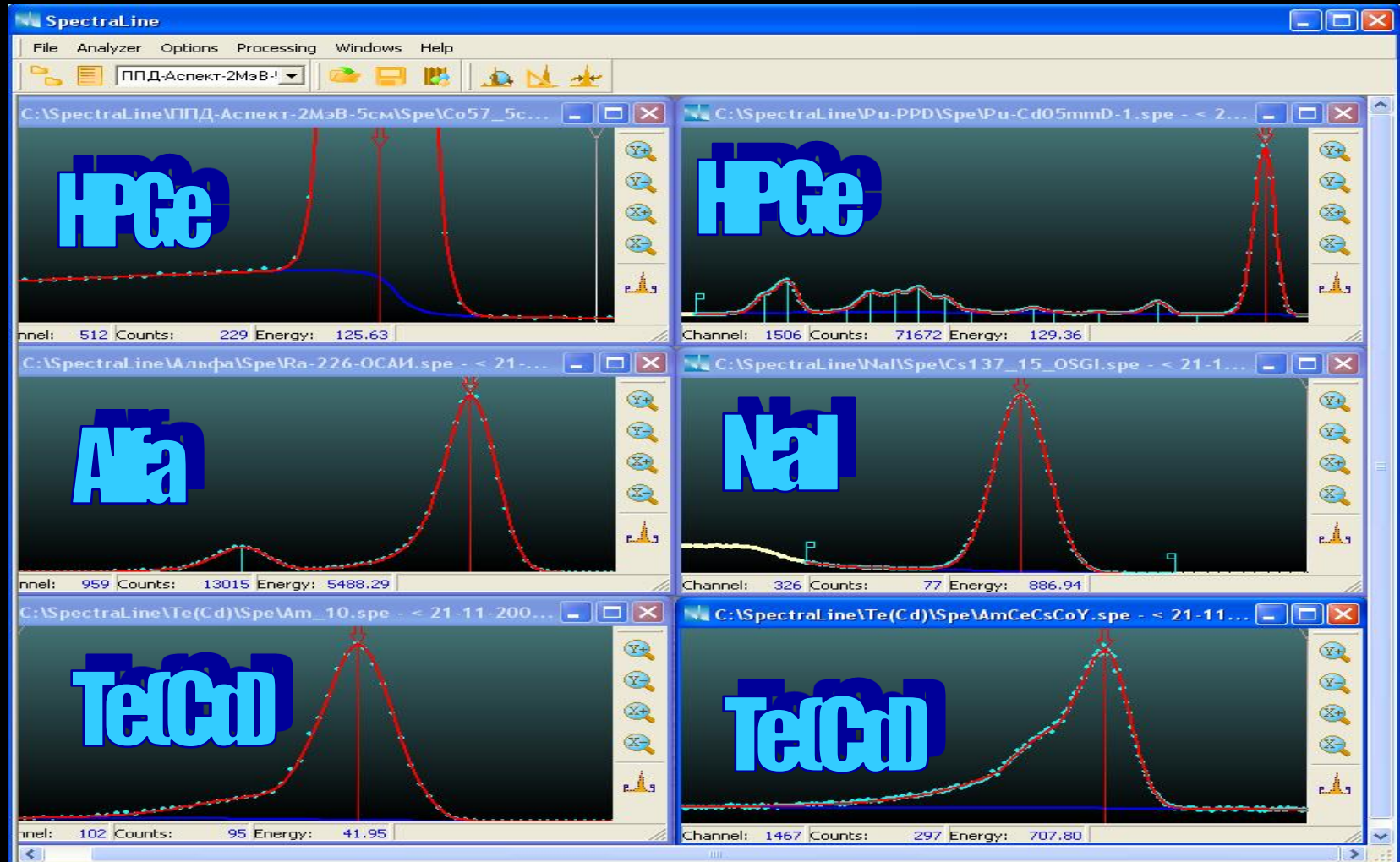
Эмуляция и отображение спектров в реальном времени, подключение внешних программ обработки



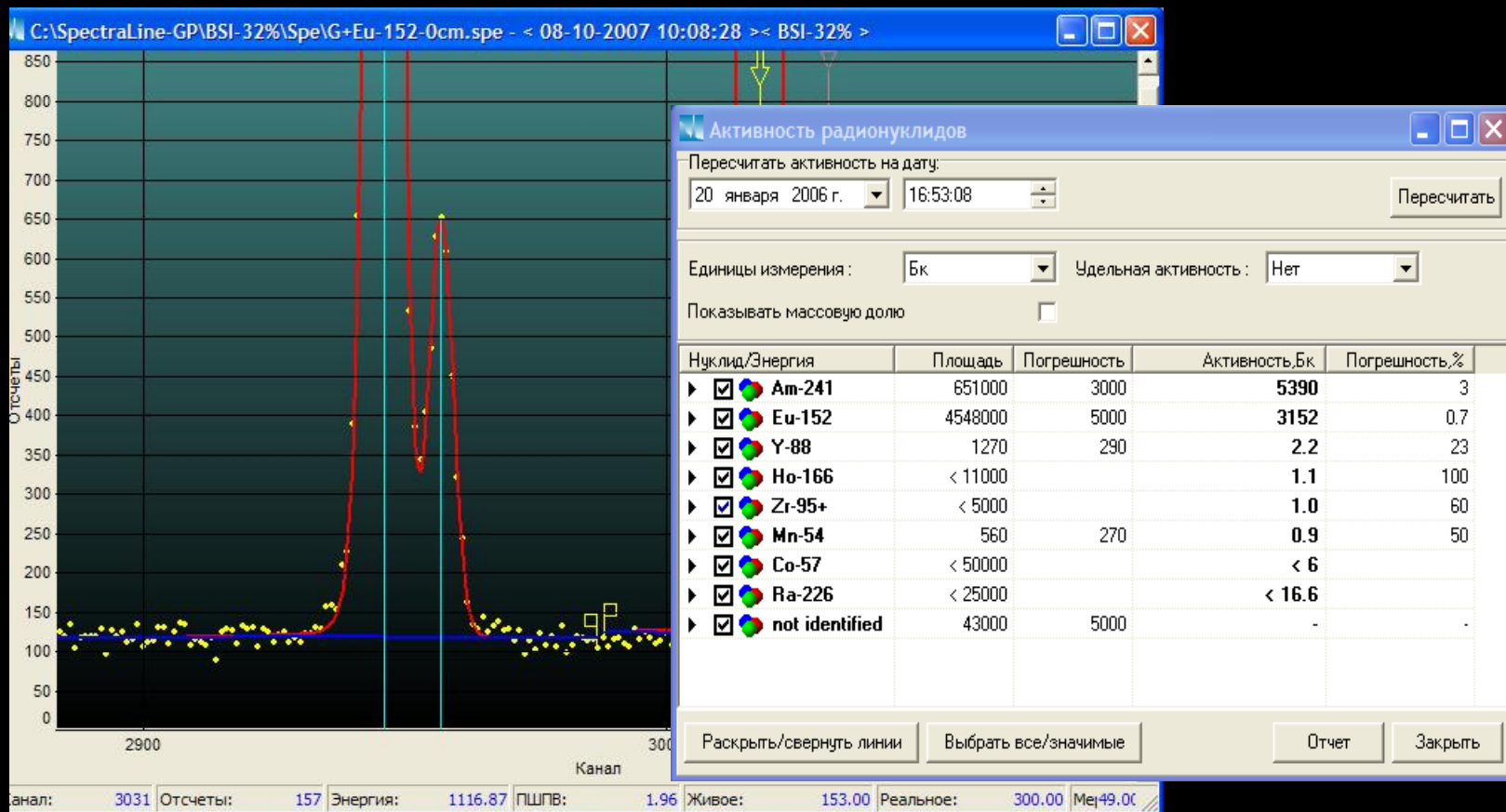
«Trainer»- обучающий комплекс для выработки практических навыков при таможенном контроле делящихся и радиоактивных материалов.



SpectraLine - семейство программ по обработка линейчатых спектров

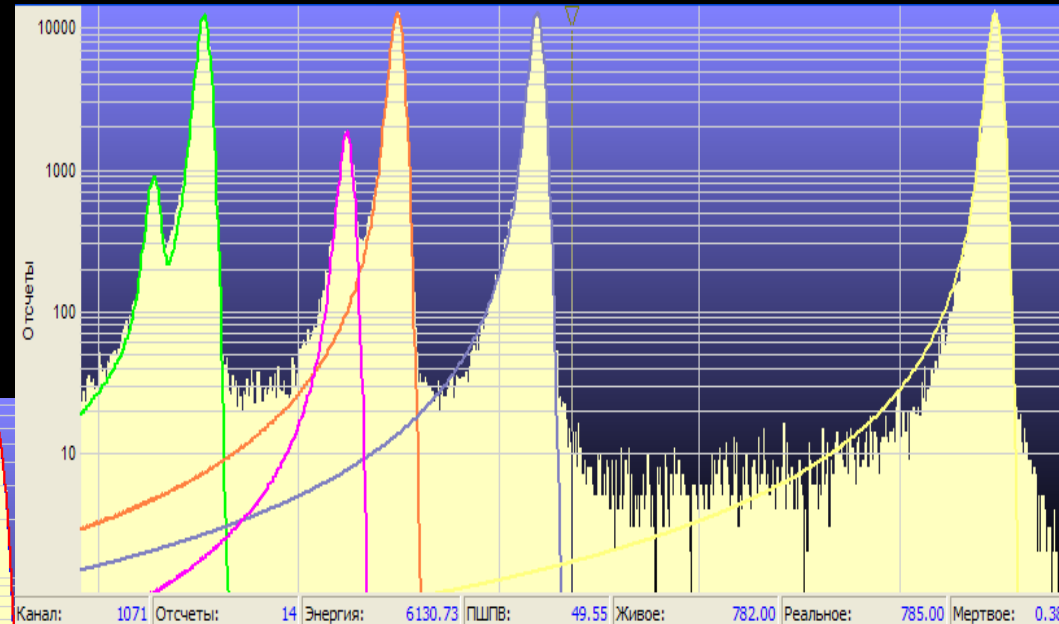
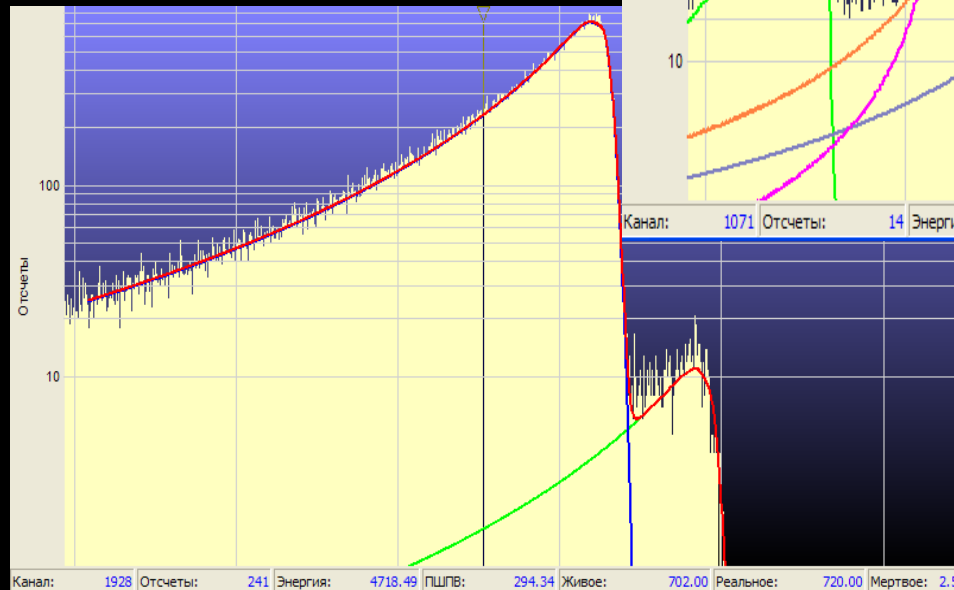


SpectraLineGP - Прецизионная обработка гамма-спектров ОЧГ-детекторов. Идентификация и расчет активности

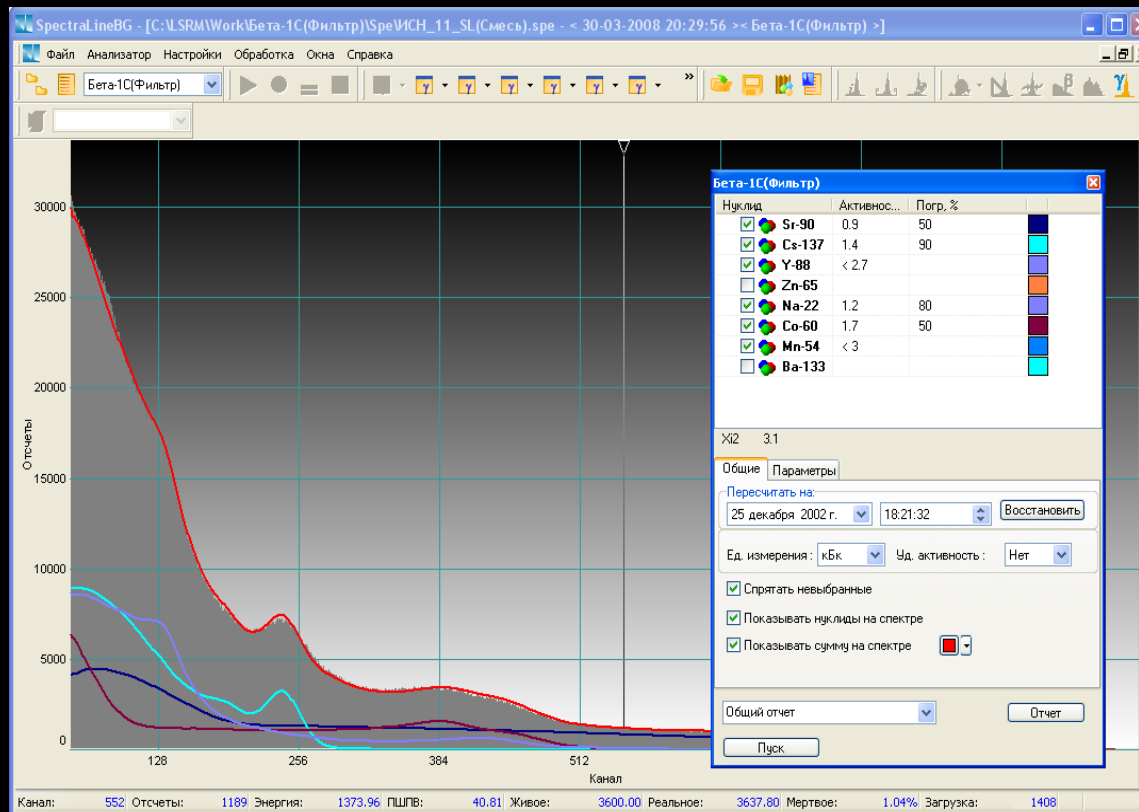


SpectraLineADA-обработка альфа-спектров.

Функция, описывающая форму линии, позволяет работать как с «тонкими», так и с «толстыми» источниками и альфа-излучения



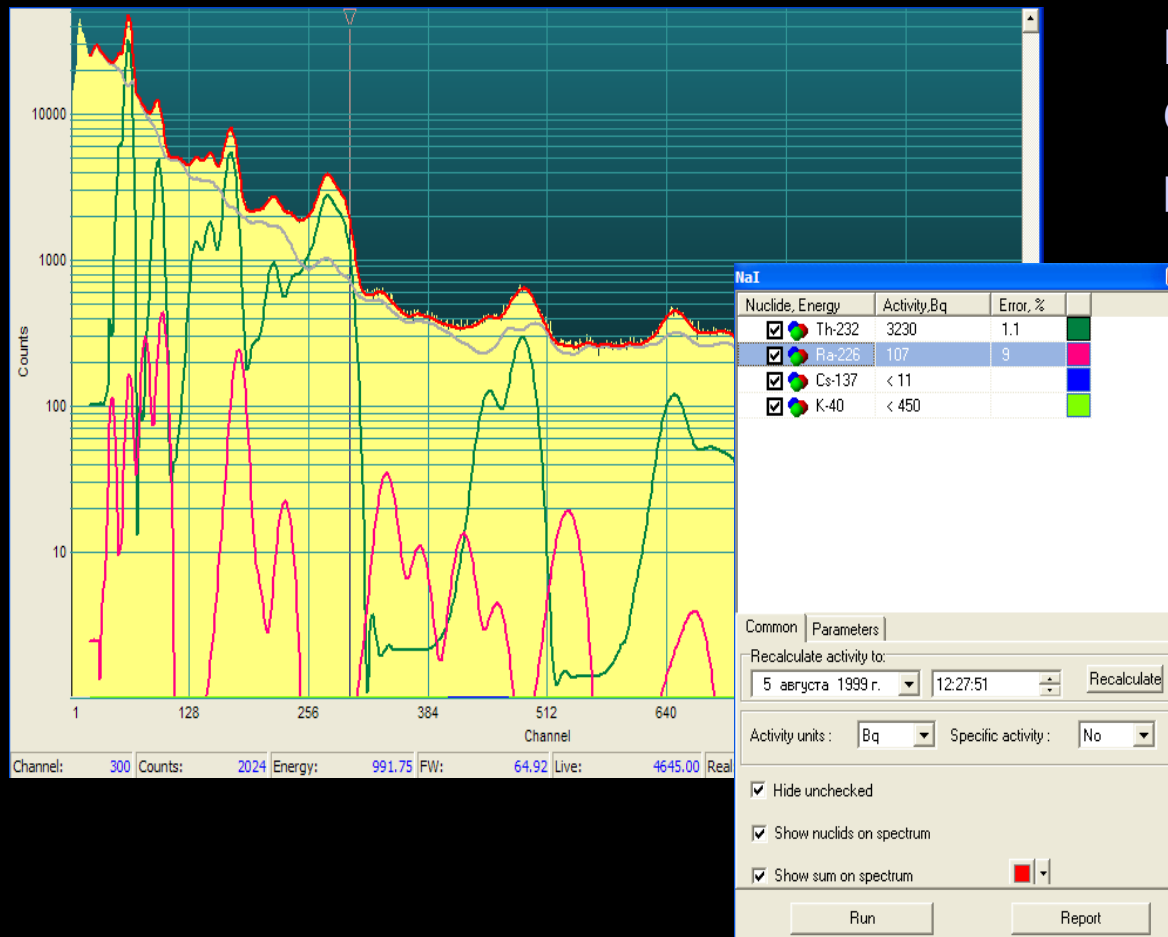
SpectraLineBG - бета- и сцинтилляционная гамма-спектрометрия



Бета-спектрометрия

Расчет активности
методом
эталонных
спектров

SpectraLineBG - бета- и гамма-сцинтилляционная спектрометрия



Гамма-спектрометрия
Оригинальный метод
расчета активности-

метод
квази-эталонных
спектров

SpectraLineHandy

Спектрометрический анализ с использованием

HPGe, NaI, LaBr (Cl), CdTe - спектрометров гамма-излучения.

- Идентификация и расчет активности источников в контейнерах
- Определение степени обогащения урана
- Изотопный анализ плутониевых образцов

14900 - Development and Test of Field Useable Software for the Analysis of Gamma Spectra of Seized Sources

Field and remote use expert system for reachback support to law enforcement officers performing radiation monitoring at borders or in a country

Что мы вкладываем в понятие универсальности?

- Работа с различными типами детекторов, как низкого, так и высокого разрешения, и анализаторами различных производителей
- Решение большого числа задач, использующих спектрометрические методы анализа
- Возможность адаптации комплекса для реализации новых МВИ

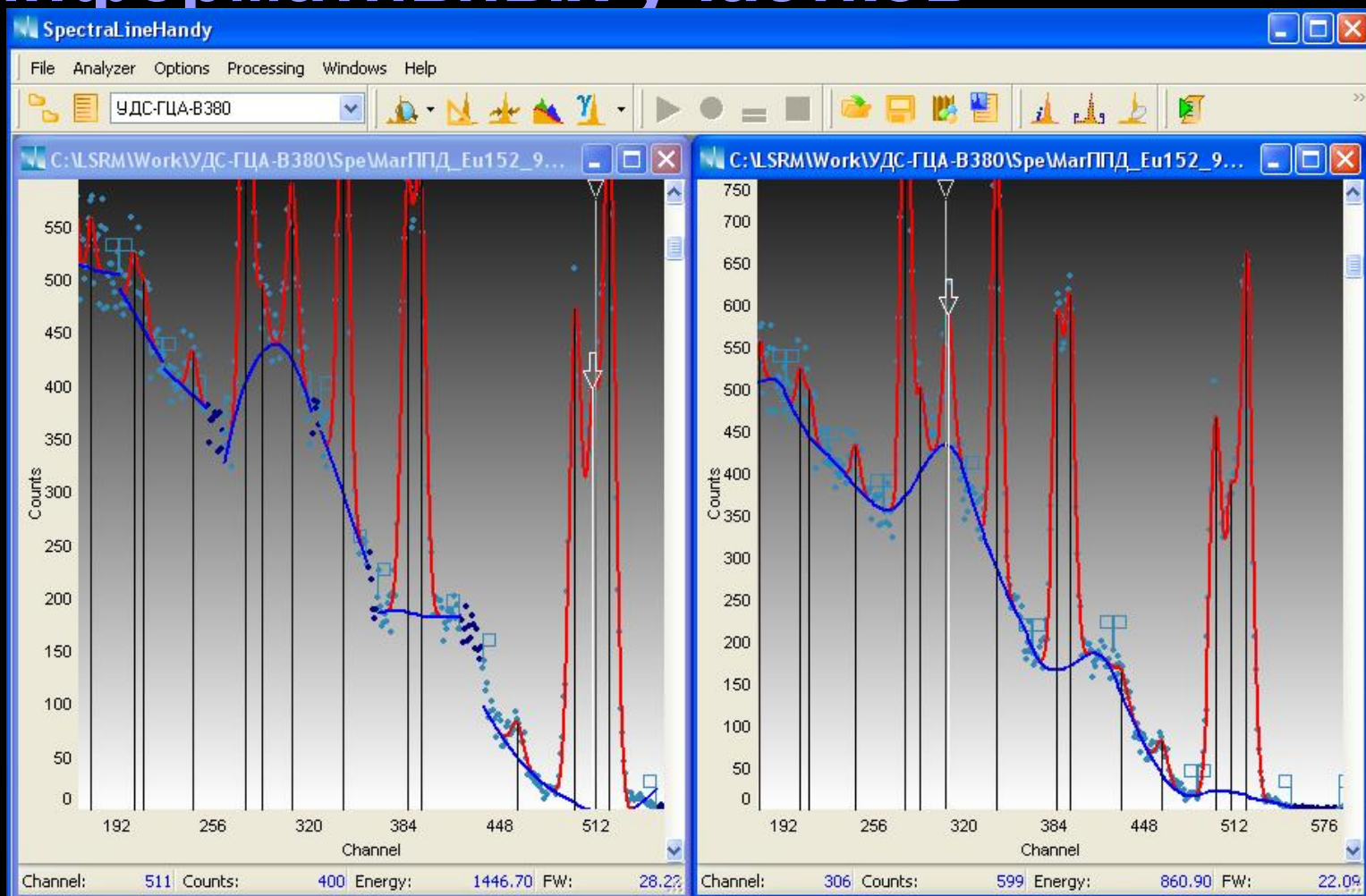
Чем обеспечивается?

- Большим набором алгоритмов обработки спектров
- Архитектурой ПО и гибким интерфейсом
- Использованием современных обновляемых ядерно-физических данных

Алгоритмы

- Калибровочные процедуры, которые включают калибровки по
 - энергии
 - разрешению
 - форме линии (в том числе рентгеновской и аннигиляционной)
 - эффективности регистрации (с учетом разрыва на краю поглощения)
- Различные процедуры подгонки. Наиболее мощная процедура подгонки осуществляется по всем линиям спектра одновременно с использованием соотношений интенсивностей линий одного радионуклида и их неопределенностей, которые включают
 - Неопределенность площадей пиков
 - Неопределенность эффективности регистрации
 - Неопределенность табличных выходов линий
 - Неопределенность поглощения в материале источника
- При подгонке информативных участков учитывается вклад пиков из соседних участков и непрерывность фоновой подложки на границах участков, если они соприкасаются. Такой подход позволяет описать фоновую подложку полиномом невысокой степени.
- Различные процедуры идентификации и расчета активности

Алгоритмы- «сшивки» информативных участков



Архитектура ПО и интерфейс

- Модульный принцип – динамически встраиваемые **DLL** –модули
 - Сопряжение с аппаратурой
 - Методы расчета активности
 - Реализация МВИ
 - Подключение баз данных
- Конфигурации параметров
- Сценарии обработки
 - Команды калибровки
 - Загрузка зон интереса
 - Расчеты параметров – поиск, подгонка, активность...
 - Анализ условий

Ядерно-физические данные

- Данные по параметрам радиоактивного распада на основе ENSDF-файла
- Сечения взаимодействия гамма-излучения с веществом на основе XCOM.

Адаптация SpectraLineHandy для задач определения изотопного состава урана и плутония

- Калибровка по энергии и разрешению
- Калибровка по форме линии – учет отличия в форме рентгеновских линий
- Калибровка по относительной эффективности регистрации (по измеряемому образцу)
- Аппроксимация информативных участков спектра
- Расчет относительных активностей изотопов и массовых долей

Верификация кода

International Workshop on Gamma Evaluation Codes for Plutonium and Uranium Isotope Abundance Measurements by High-Resolution Gamma Spectrometry: Current Status and Future Challenges

*Institute for Transuranium Elements, Karlsruhe
November 14 – 16, 2005*

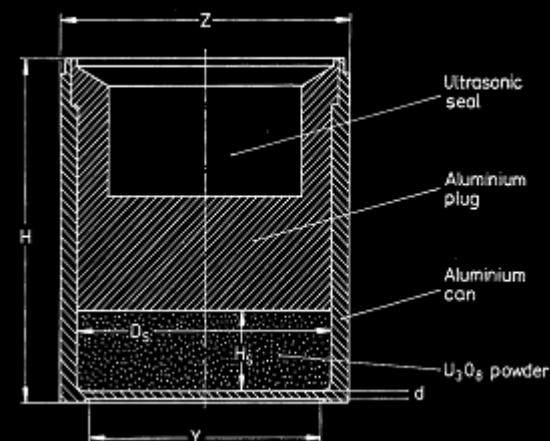
STUDY OF THE MGAU APPLICABILITY TO ACCURATE ISOTOPIC CHARACTERIZATION OF URANIUM SAMPLES

Andrey Berlizov and Volodymyr Tryshyn

Institute for Nuclear Research
National Academy of Sciences of Ukraine

Standard Reference Material SRM 969

Material: U_3O_8 powder, $m = 200 \text{ g}$, $\rho = 2.5 \text{ g/cm}^3$;
 Externals: $Z = 80 \text{ mm}$, $H = 90 \text{ mm}$;
 Sample volume: $D_S = 70 \text{ mm}$, $H_S = 20.8 \text{ mm}$;
 Al window thickness: $d = 2 \text{ mm}$.



Isotope	Reference sample, mass %				
	031	071	194	295	446
²³⁴ U	0.0020(2)	0.0052(2)	0.0171(2)	0.0279(4)	0.0359(3)
²³⁵ U	0.3166(2)	0.7119(5)	1.9420(14)	2.9492(21)	4.4623(32)
²³⁶ U	0.0146(3)	<0.00002	0.0003(1)	0.0033(2)	0.0068(2)
²³⁸ U	99.6668(4)	99.2828(4)	98.0406(18)	97.0196(29)	95.4950(32)



Certified Reference Material CRM 146

Material: U₃O₈ powder, m = 230 g, ρ = 3.78 g/cm³;
 Externals: Z = 80 mm, H = 90 mm;
 Sample volume: D_S = 70 mm, H_S = 15.8 mm;
 Al window thickness: d = 2 mm.

Isotope	Reference sample, mass %		
	20	52	93
²³⁴ U	0.1486 (2)	0.3718(5)	0.9800(15)
²³⁵ U	20.107 (10)	52.488(21)	93.1703(3)
²³⁶ U	0.1973(6)	0.2645(3)	0.2937(12)
²³⁸ U	79.547(10)	46.876(21)	5.5559(26)



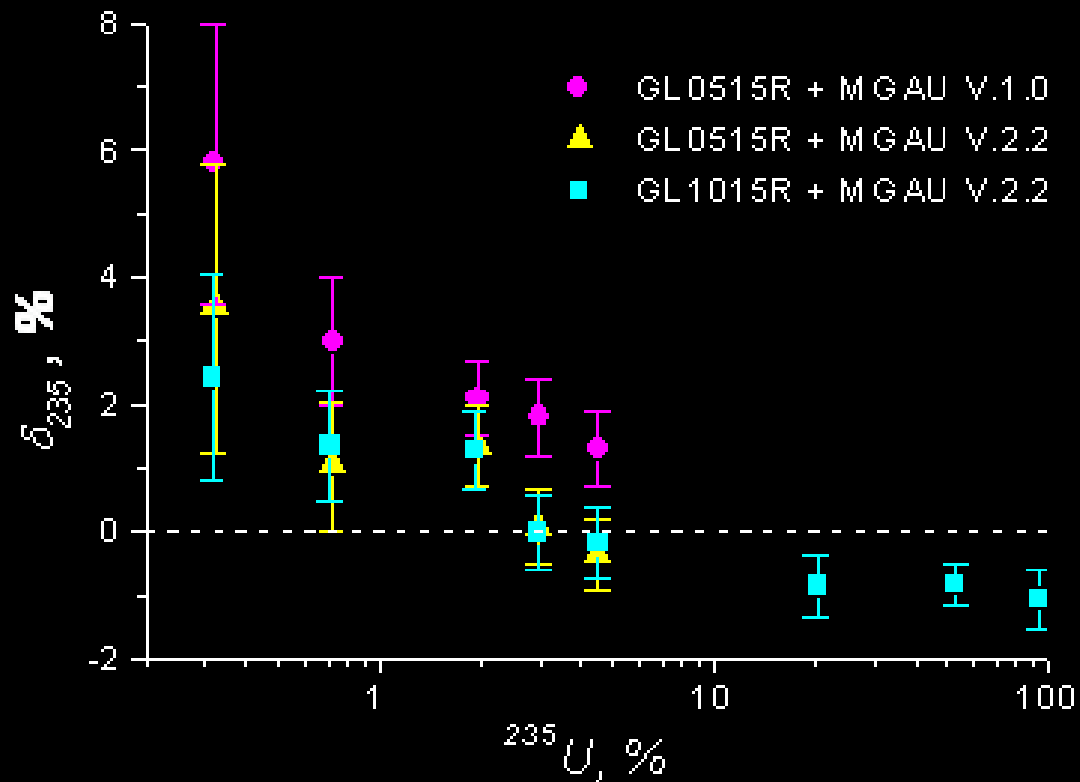
Аппаратура

- Detector - LEGe GL0515R, S=500 mm² d=15 mm, input window – 0.5 mm Al.
- InSpector Portable Spectroscopy Workstation, Model 1200UPU.
- MGAU V.1.0 V2.2 uranium isotopic software.

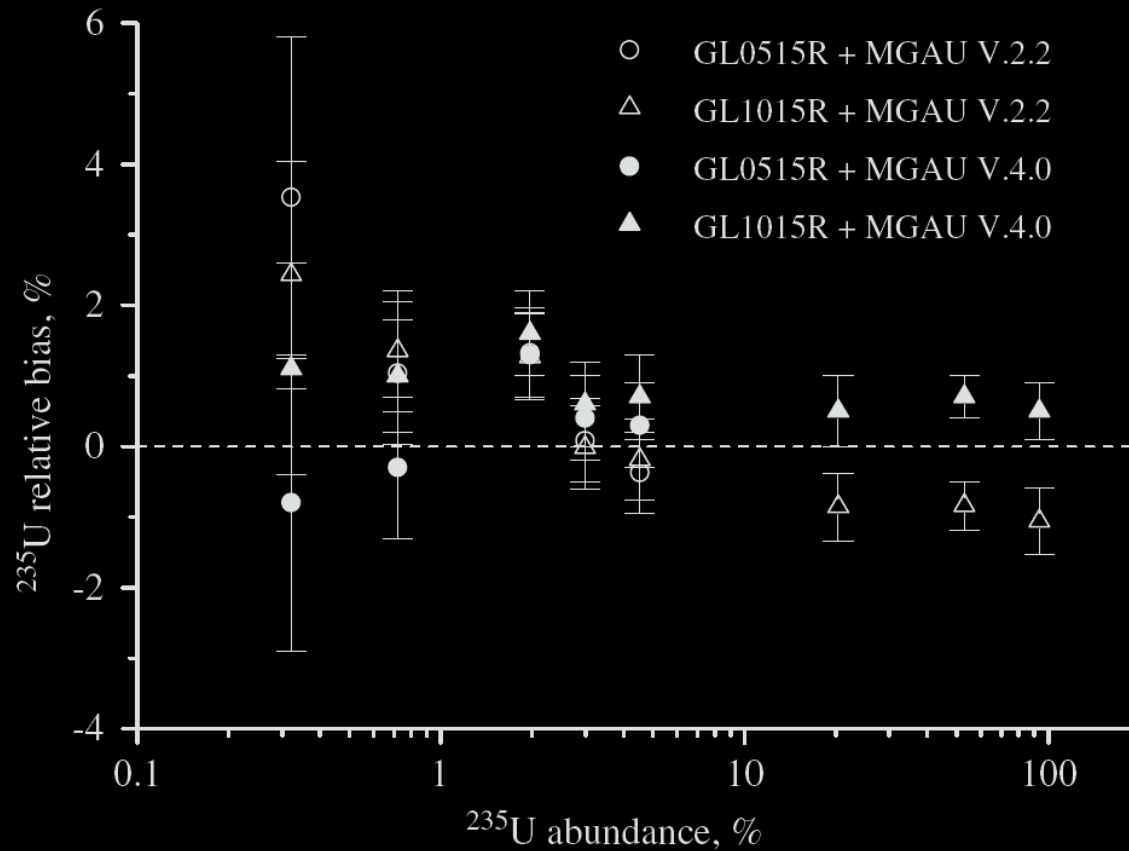


Certified Reference Material

CRM 146 & SRM 969

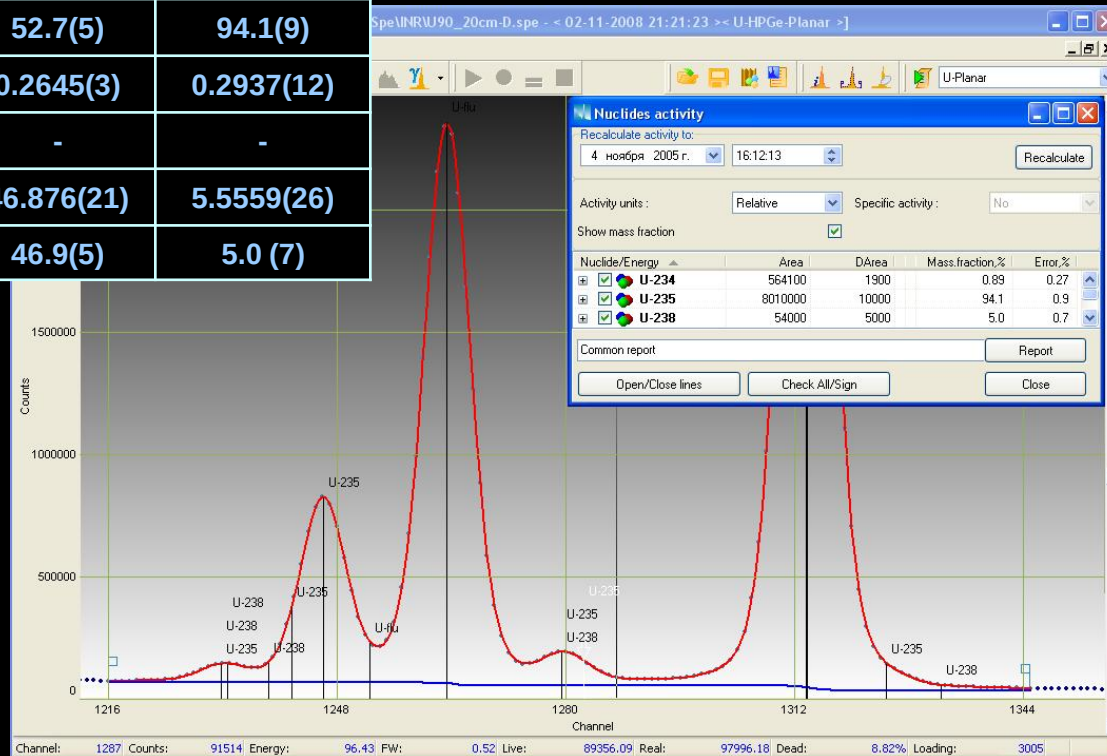


Certified Reference Material CRM 146 & SRM 969



Certified Reference Material CRM 146

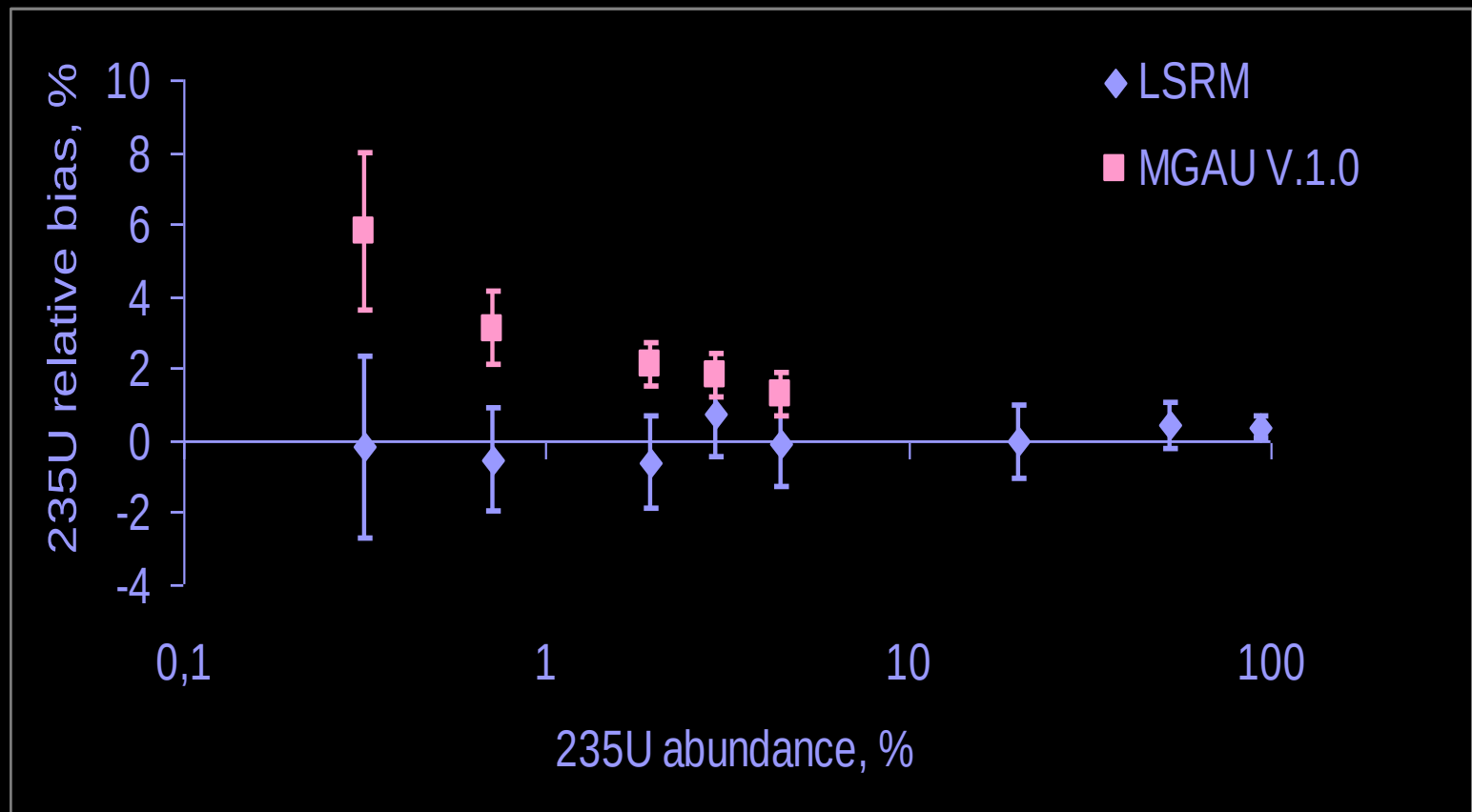
Isotope		Reference sample, mass %		
		20	52	93
²³⁴ U	Reference	0.1486 (2)	0.3718(5)	0.9800(15)
	Lsrn	0.138(21)	0.35(5)	0.89 (27)
²³⁵ U	Reference	20.107 (10)	52.488(21)	93.1703(3)
	Lsrn	20.18 (22)	52.7(5)	94.1(9)
²³⁶ U	Reference	0.1973(6)	0.2645(3)	0.2937(12)
	Lsrn	-	-	-
²³⁸ U	Reference	79.547(10)	46.876(21)	5.5559(26)
	Lsrn	79.68(22)	46.9(5)	5.0 (7)



Standard Reference Material SRM 969

Isotope		Reference sample, mass %				
		031	071	194	295	446
²³⁴ U	Reference	0.0020(2)	0.0052(2)	0.0171(2)	0.0279(4)	0.0359(3)
	Lsrn	0.0016(4)	0.0049(8)	0.0160(24)	0.026(4)	0.033(5)
²³⁵ U	Reference	0.3166(2)	0.7119(5)	1.9420(14)	2.9492(21)	4.4623(32)
	Lsrn	0.308(9)	0.702(14)	1.941(29)	2.95(4)	4.49(6)
²³⁶ U	Reference	0.0146(3)	<0.00002	0.0003(1)	0.0033(2)	0.0068(2)
	Lsrn	-	-	-	-	-
²³⁸ U	Reference	99.6668(4)	99.2828(4)	98.0406(18)	97.0196(29)	95.4950(32)
	Lsrn	99.690(9)	99.293(14)	98.043(29)	97.03(4)	95.48(6)

Certified Reference Material CRM 146 & SRM 969



U reference spectra from LNHB and LLNL

<http://www.nucleide.org/spectres.htm>

Accueil LNHB Remonter Sommaire LNHB Dosimétrie Radioactivité Laboratoire National Henri Becquerel Uranium spectra						
LLNL spectra (all files ASCII format)	LNHB spectra					
	Coaxial detector (all files ASCII format) (all files CHN format)		CZT detector (all files ASCII format) (all files CHN format)		Planar detector (all files ASCII format) (all files CHN format)	
125v003.asc	G-125VC.ASC	G-125vc.chn	C-125.asc	C-125.chn	X-125VC.ASC	X-125vc.chn
15411001.asc	G-125VD.ASC	G-125vd.chn	C-1541.ASC	C-1541.chn	X-125VD.ASC	X-125vd.chn
15411002.asc	G-125VE.ASC	G-125ve.chn	C-1542.ASC	C-1542.chn	X-125VE.ASC	X-125ve.chn
15411003.asc	G-1541C.ASC	G-1541c.chn	C-1613.ASC	C-1613.chn	X-1541C.ASC	X-1541c.chn
15411004.asc	G-1541D.ASC	G-1541d.chn	C-1614.ASC	C-1614.chn	X-1541D.ASC	X-1541d.chn
1542-001.asc	G-1541E.ASC	G-1541e.chn	C-R1.ASC	C-r1.chn	X-1541E.ASC	X-1541e.chn
1542-002.asc	G-1542C.ASC	G-1542c.chn	C-R2.ASC	C-r2.chn	X-1542C.ASC	X-1542c.chn
1542-003.asc	G-1542D.ASC	G-1542d.chn	C-R3.ASC	C-r3.chn	X-1542D.ASC	X-1542d.chn
1542-004.asc	G-1542E.ASC	G-1542e.chn	C-R4.ASC	C-r4.chn	X-1542E.ASC	X-1542e.chn
1542-005.asc	G-1613C.ASC	G-1613c.chn	C-R5.ASC	C-r5.chn	X-1613C.ASC	X-1613c.chn
1542-006.asc	G-1613D.ASC	G-1613d.chn	C-X2.ASC	C-x2.chn	X-1613D.ASC	X-1613d.chn
1542-007.asc	G-1613E.ASC	G-1613e.chn	C-Y2.ASC	C-y2.chn	X-1613E.ASC	X-1613e.chn
1542-008.asc	G-1614C.ASC	G-1614c.chn			X-1614C.ASC	X-1614c.chn
1542-009.asc	G-1614D.ASC	G-1614d.chn			X-1614D.ASC	X-1614d.chn
1542-010.asc	G-1614E.ASC	G-1614e.chn			X-1614E.ASC	X-1614e.chn
16131001.asc	G-R1C.ASC	G-r1c.chn			X-R1C.ASC	X-r1c.chn
16131002.asc	G-R2C.ASC	G-r2c.chn			X-R2C.ASC	X-r2c.chn
16131003.asc	G-R3C.ASC	G-r3c.chn			X-R3C.ASC	X-r3c.chn
16141001.asc	G-R4C.ASC	G-r4c.chn			X-R4C.ASC	X-r4c.chn
16141002.asc	G-R5C.ASC	G-r5c.chn			X-R5C.ASC	X-r5c.chn
16141003.asc	G-X2C.ASC	G-x2c.chn			X-X3C.ASC	X-x3c.chn
U0_017.ASC	G-X2CC.ASC	G-x2cc.chn			X-X3CC.ASC	X-x3cc.chn
U0_483.ASC	G-X2D.ASC	G-x2d.chn			X-X3D.ASC	X-x3d.chn
U0_991.ASC	G-X2DD.ASC	G-x2dd.chn			X-X3DD.ASC	X-x3dd.chn
U10_075.ASC	G-X2E.ASC	G-x2e.chn			X-X3E.ASC	X-x3e.chn
U2_013.asc	G-X2EE.ASC	G-x2ee.chn			X-X3EE.ASC	X-x3ee.chn
U3_009.ASC	G-Y2C.ASC	G-y2c.chn			X-Y2C.ASC	X-y2c.chn
U49_38.ASC	G-Y2CC.ASC	G-y2cc.chn			X-Y2CC.ASC	X-y2cc.chn
U4_949.ASC	G-Y2D.ASC	G-y2d.chn			X-Y2D.ASC	X-y2d.chn
U75_13.ASC	G-Y2DD.ASC	G-y2dd.chn			X-Y2DD.ASC	X-y2dd.chn
U93_076.ASC	G-Y2E.ASC	G-y2e.chn			X-Y2E.ASC	X-y2e.chn
g295001.asc	G-Y2EE.ASC	G-y2ee.chn			X-Y2EE.ASC	X-y2ee.chn
g295002.asc						
g295003.asc						

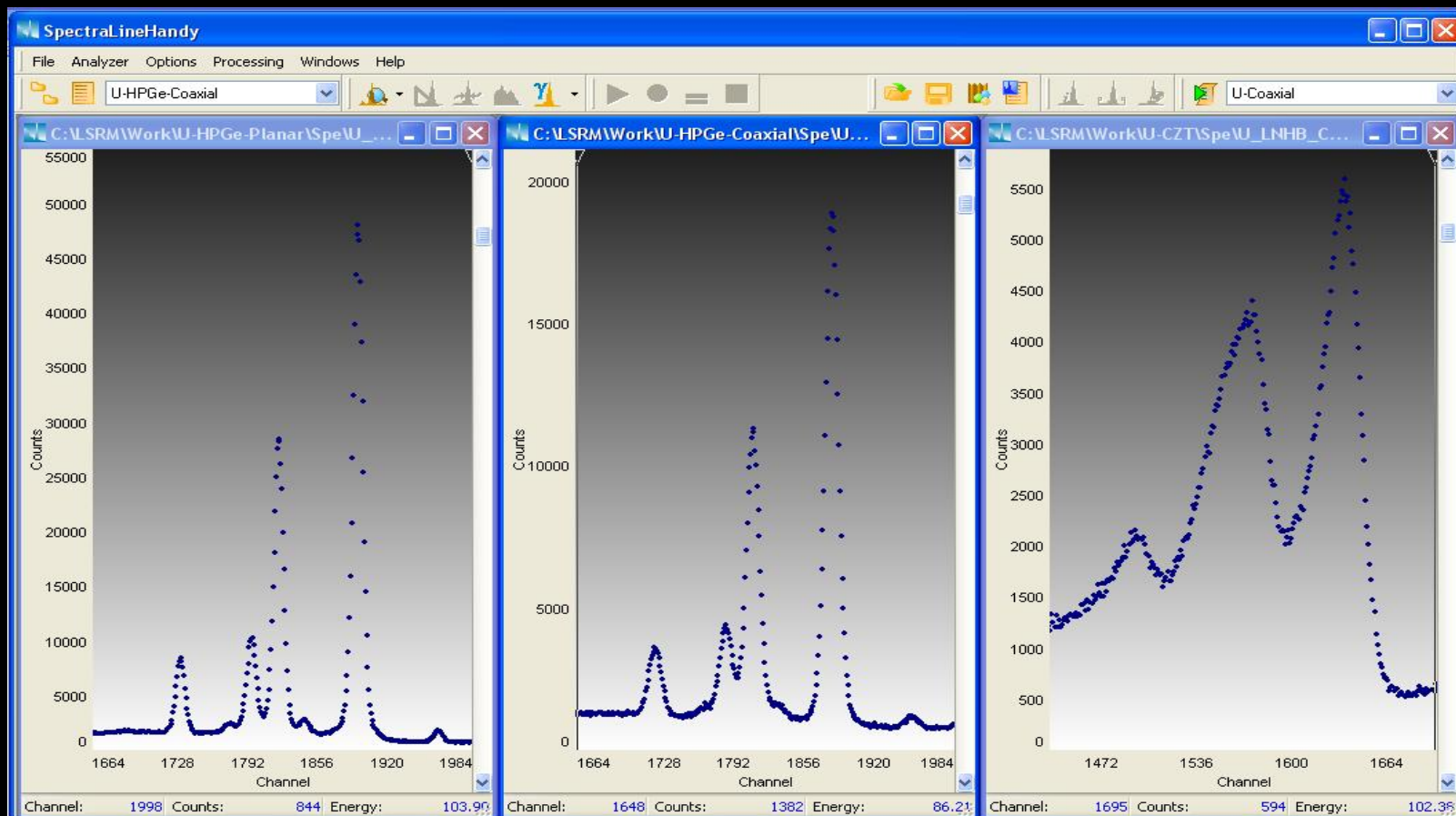
U reference spectra from LNHB and LLNL

<http://www.nucleide.org/spectres.htm>

HPGe-Planar
FWHM at 122 keV: 0.52 keV

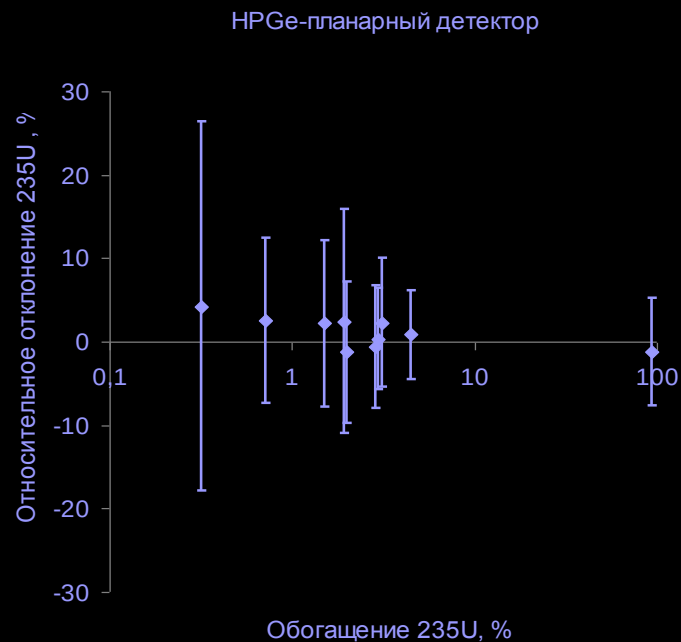
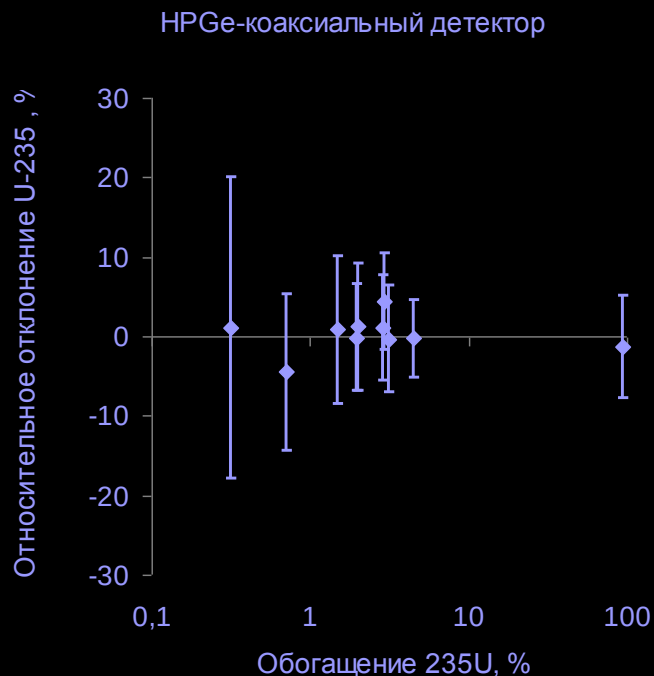
HPGe-Coaxial
0.71 keV

CZT
1.95 keV

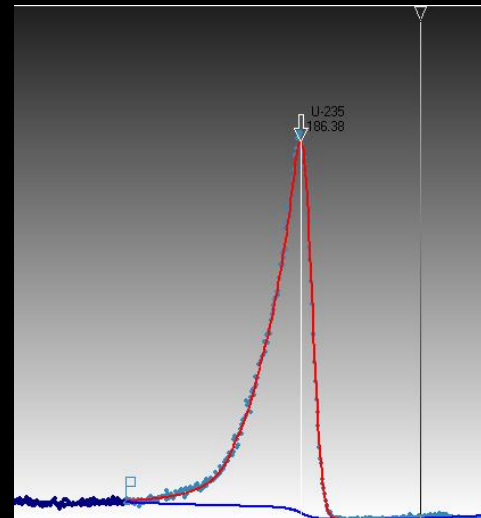
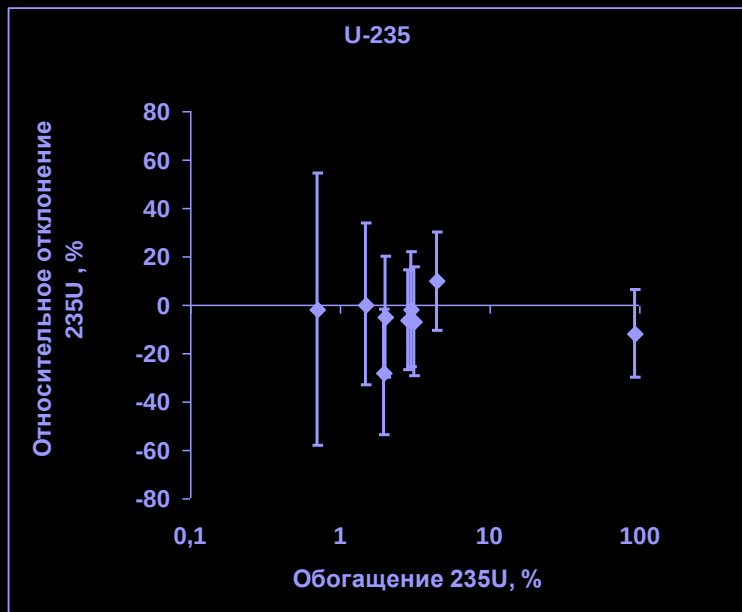


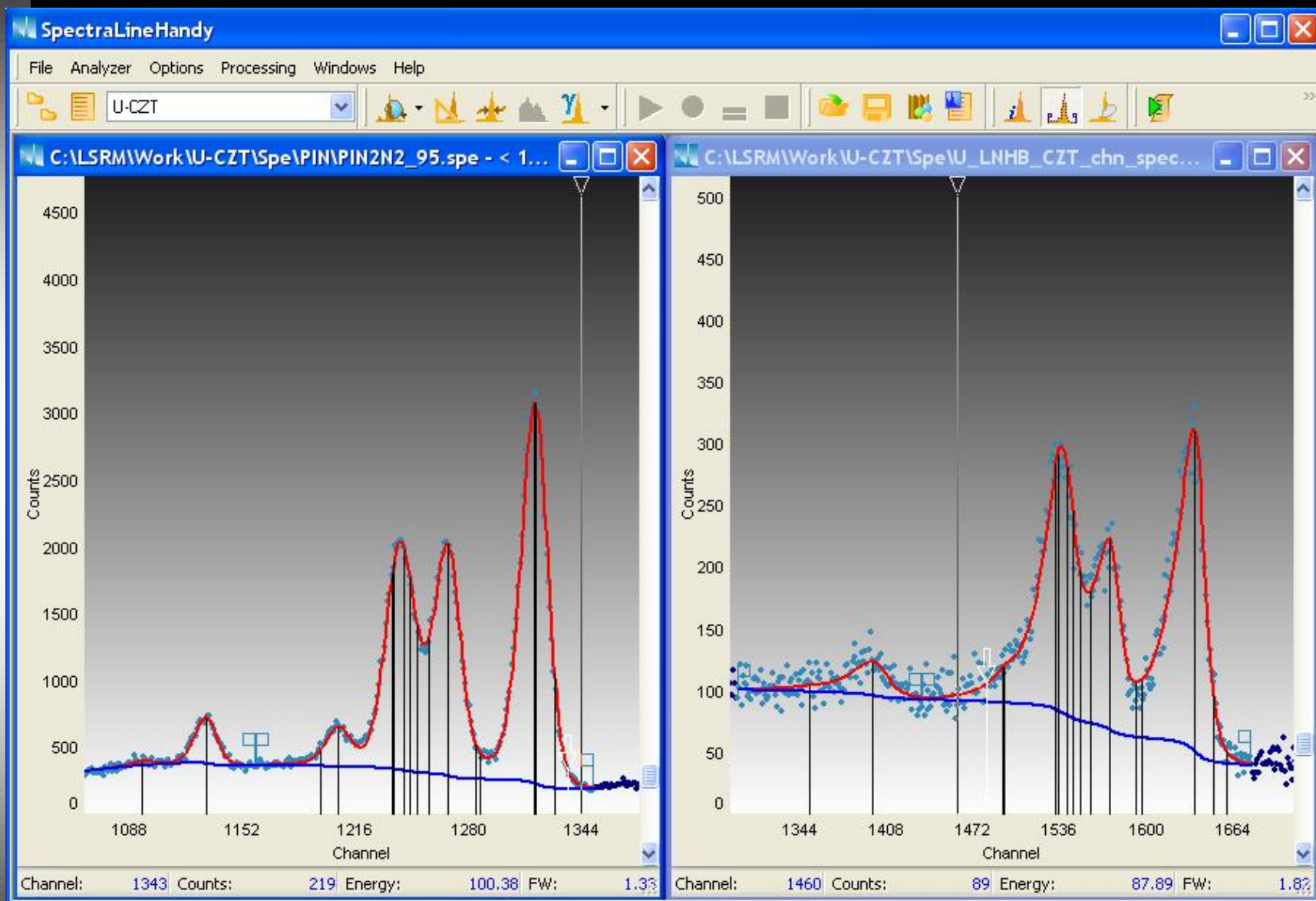
U reference spectra from LNHB and LLNL

<http://www.nucleide.org/spectres.htm>



U reference spectra from LNHB CZT-detector



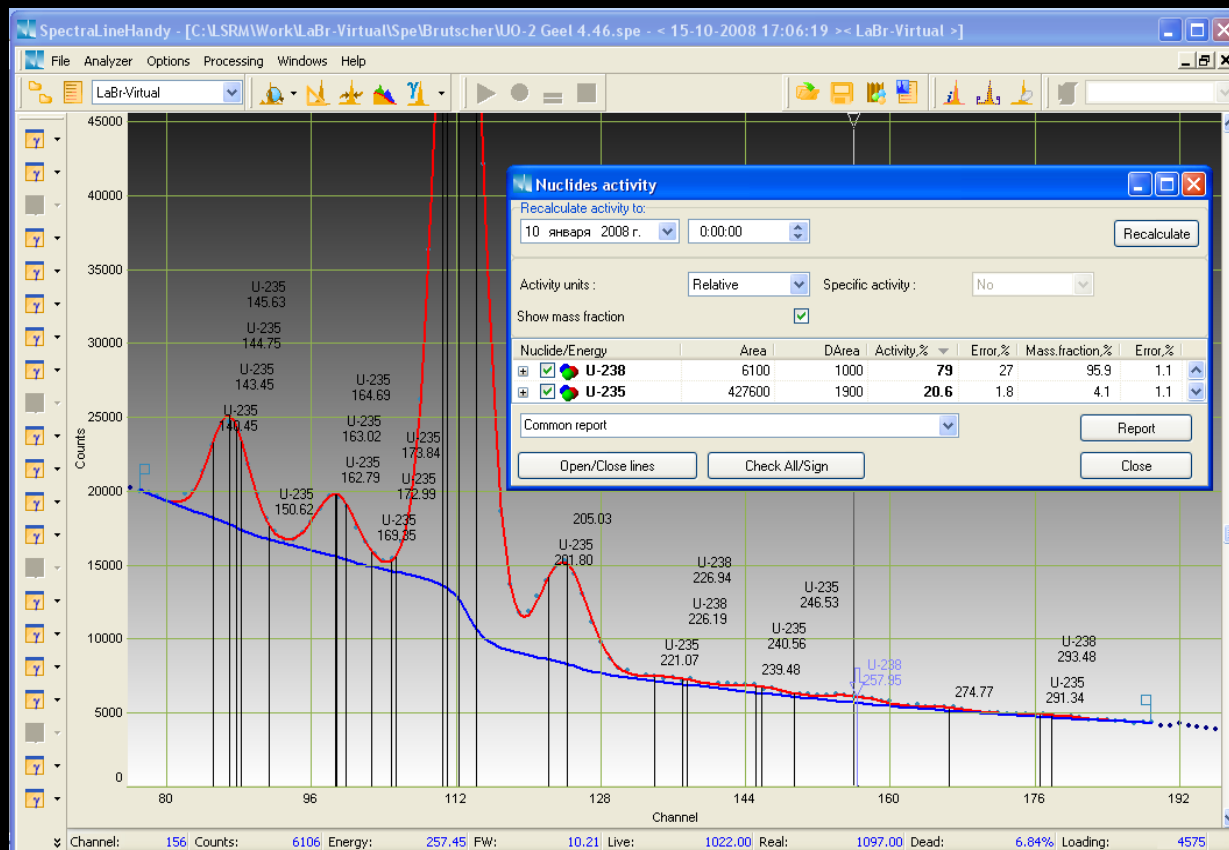


LaBr3 -2x2"

122 кэВ FWHM: 6.1%
661 кэВ FWHM: 2.7%

^{235}U

Декларированное- 4.46%
Измеренное 4.1+/-1.1 %

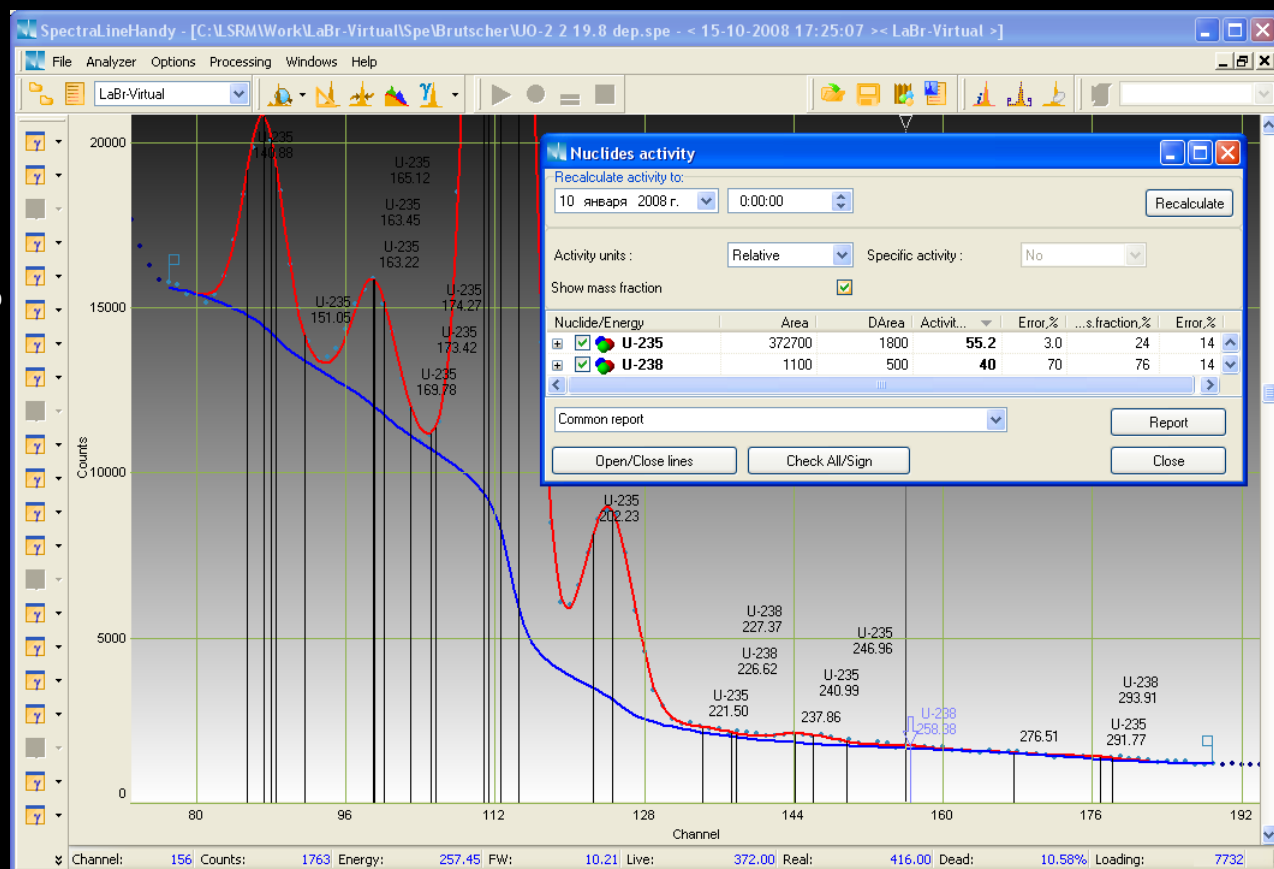


LaBr3 -2x2"

^{235}U

Декларированное- 19.8%

Измеренное 24 $\pm$ 14 %

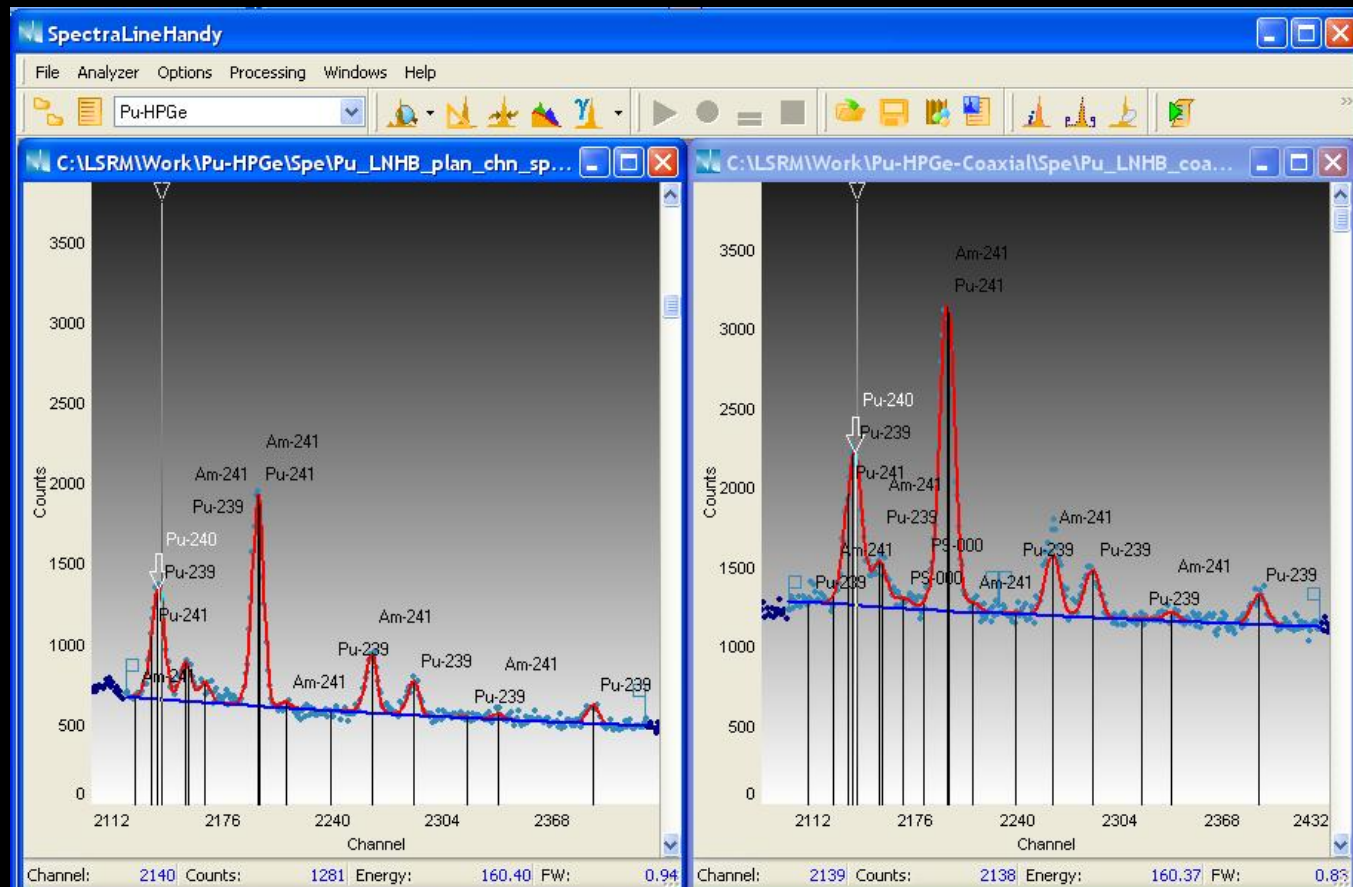


Pu reference spectra from LNHB

<http://www.nucleide.org/spectres.htm>

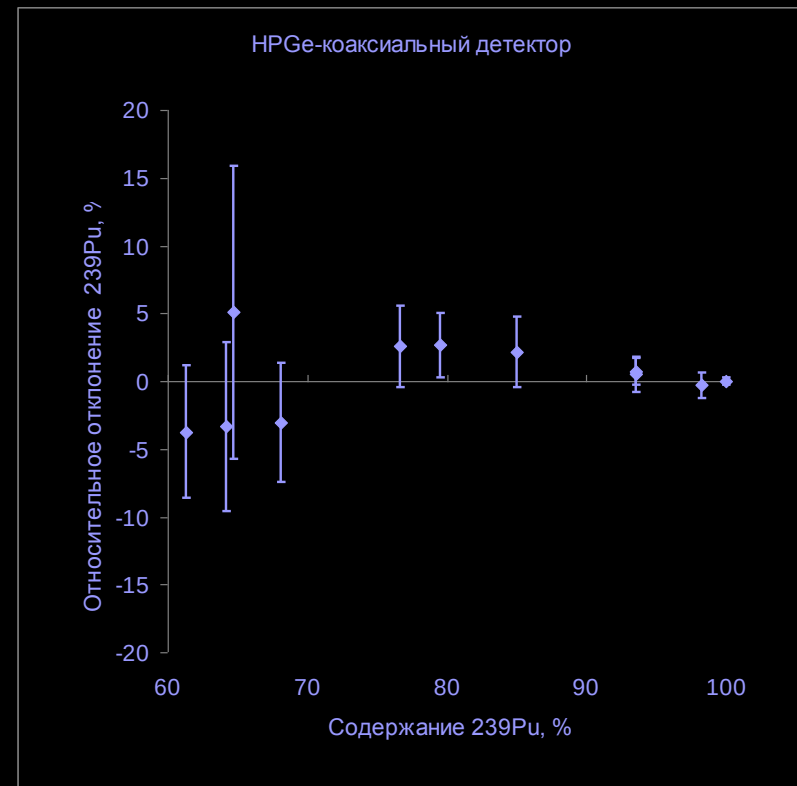
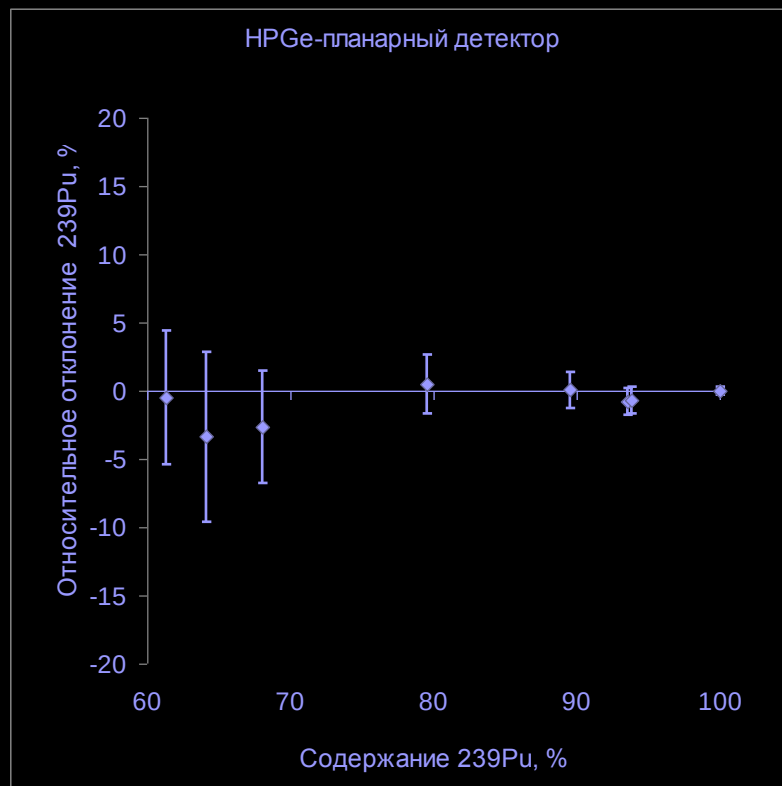
HPGe-Planar
FWHM at 122 keV: 0.52 keV

HPGe-Coaxial
0.71 keV



Pu reference spectra from LNHB

<http://www.nucleide.org/spectres.htm>

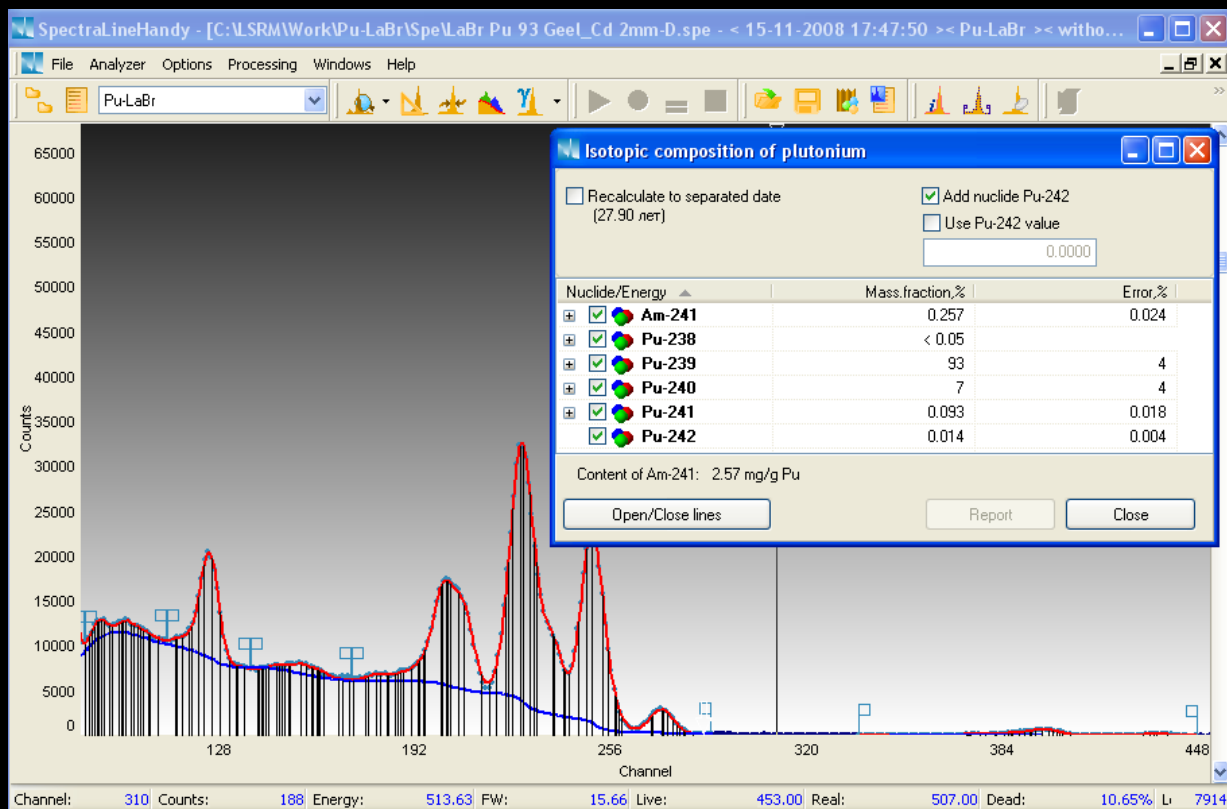


LaBr3 -2x2"

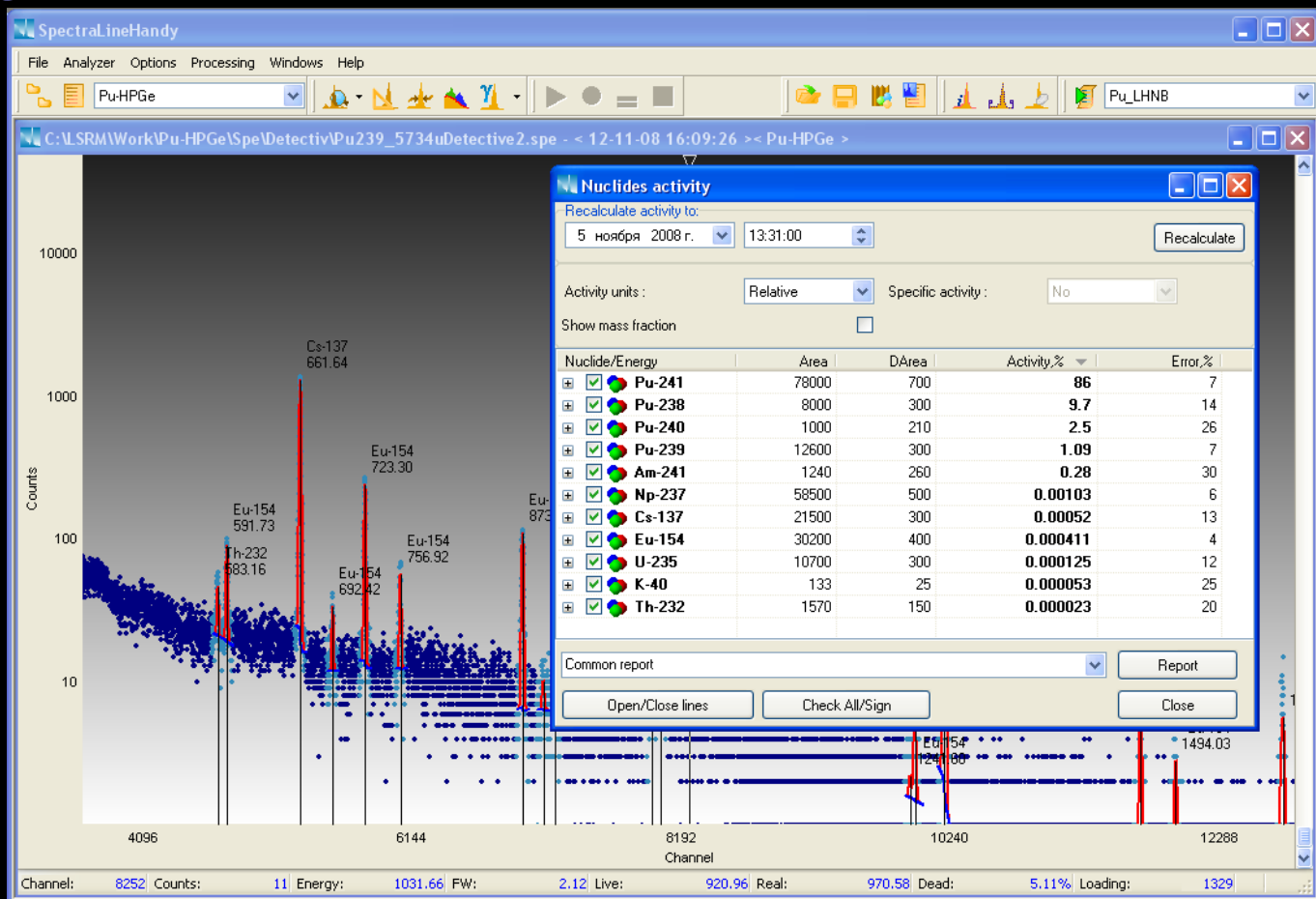
 ^{239}Pu

Декларированное- 93%

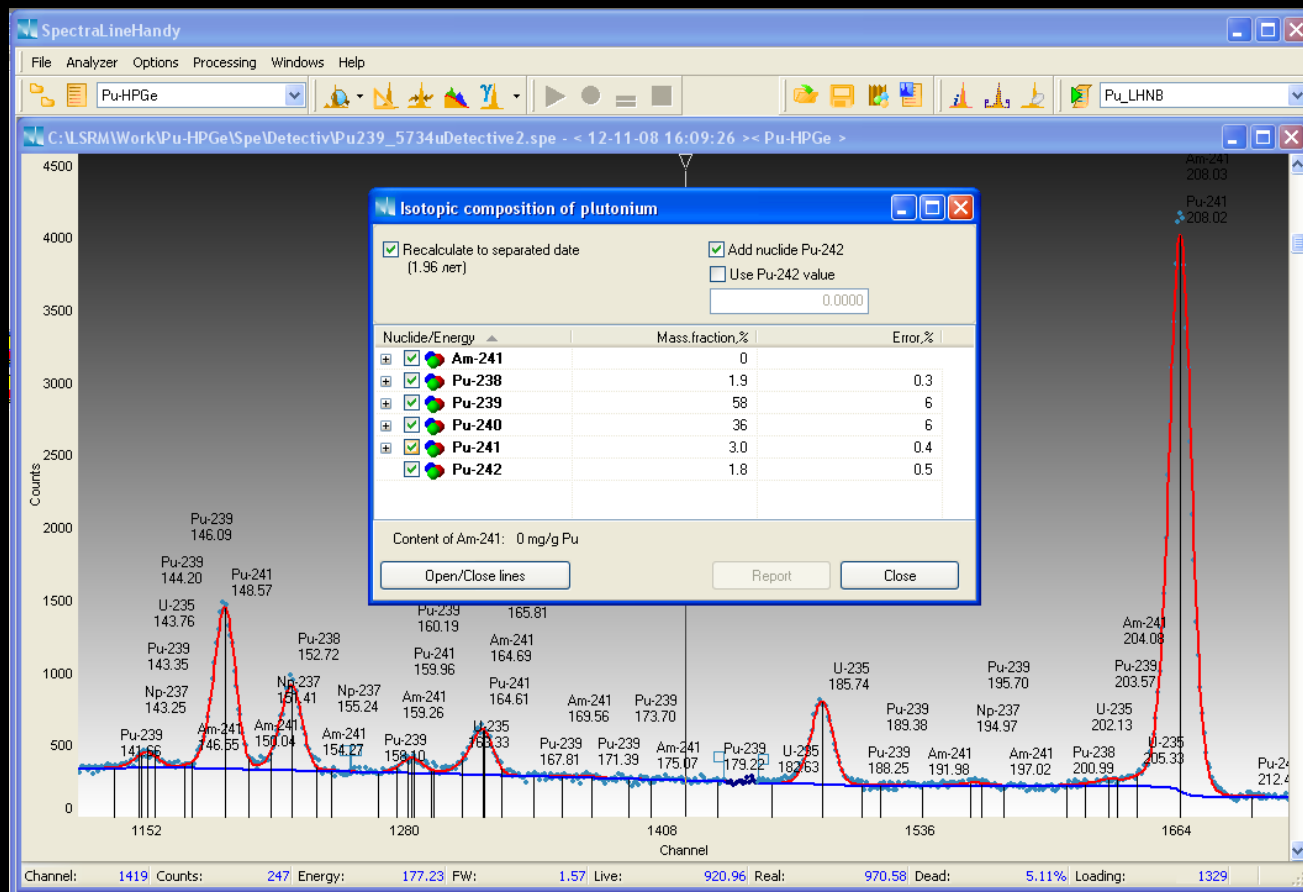
Измеренное 93+/-4 %



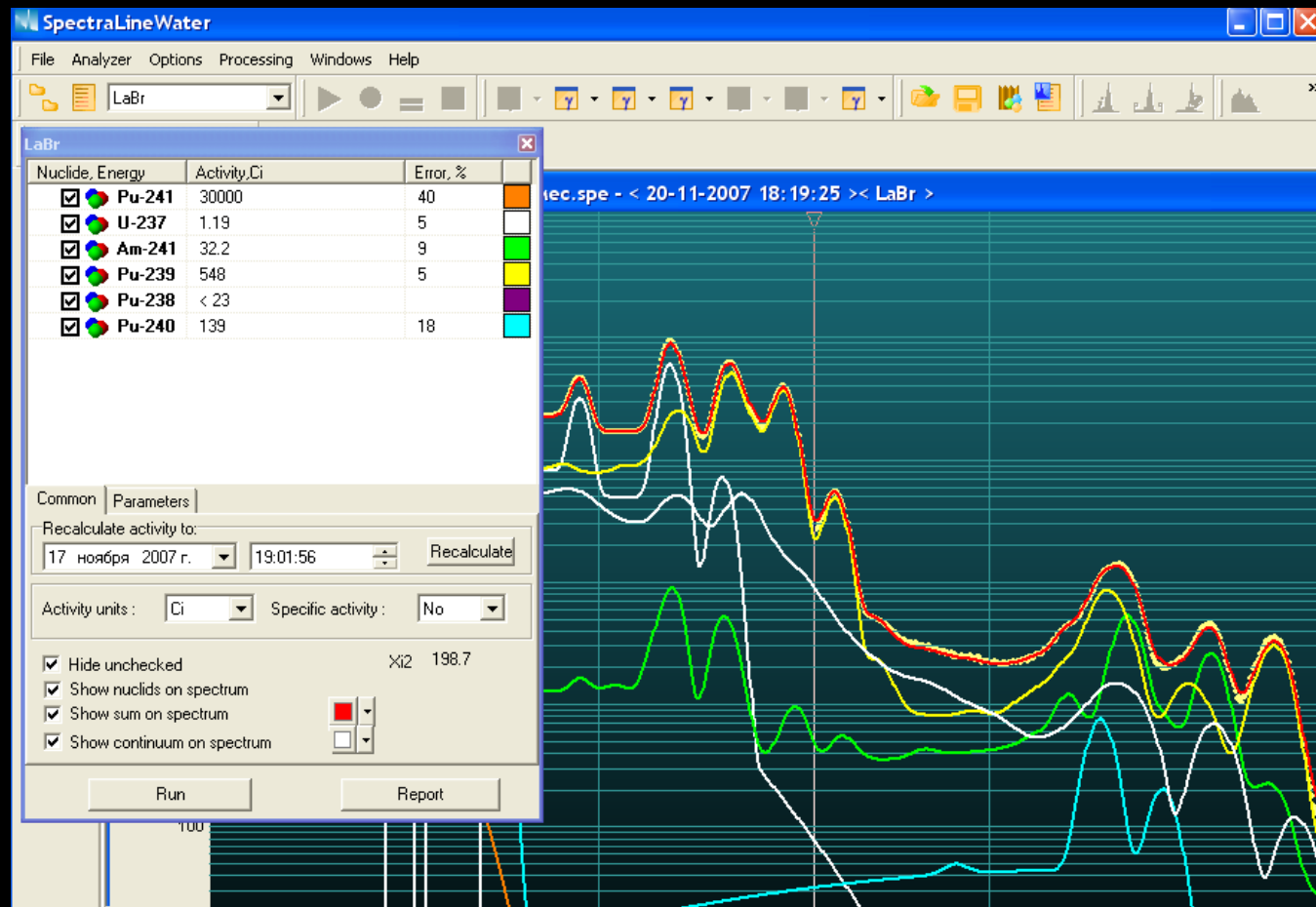
MicroDetective: FWHM at 122keV = 1.5 keV



MicroDetective : Низкоэнергетический участок спектра



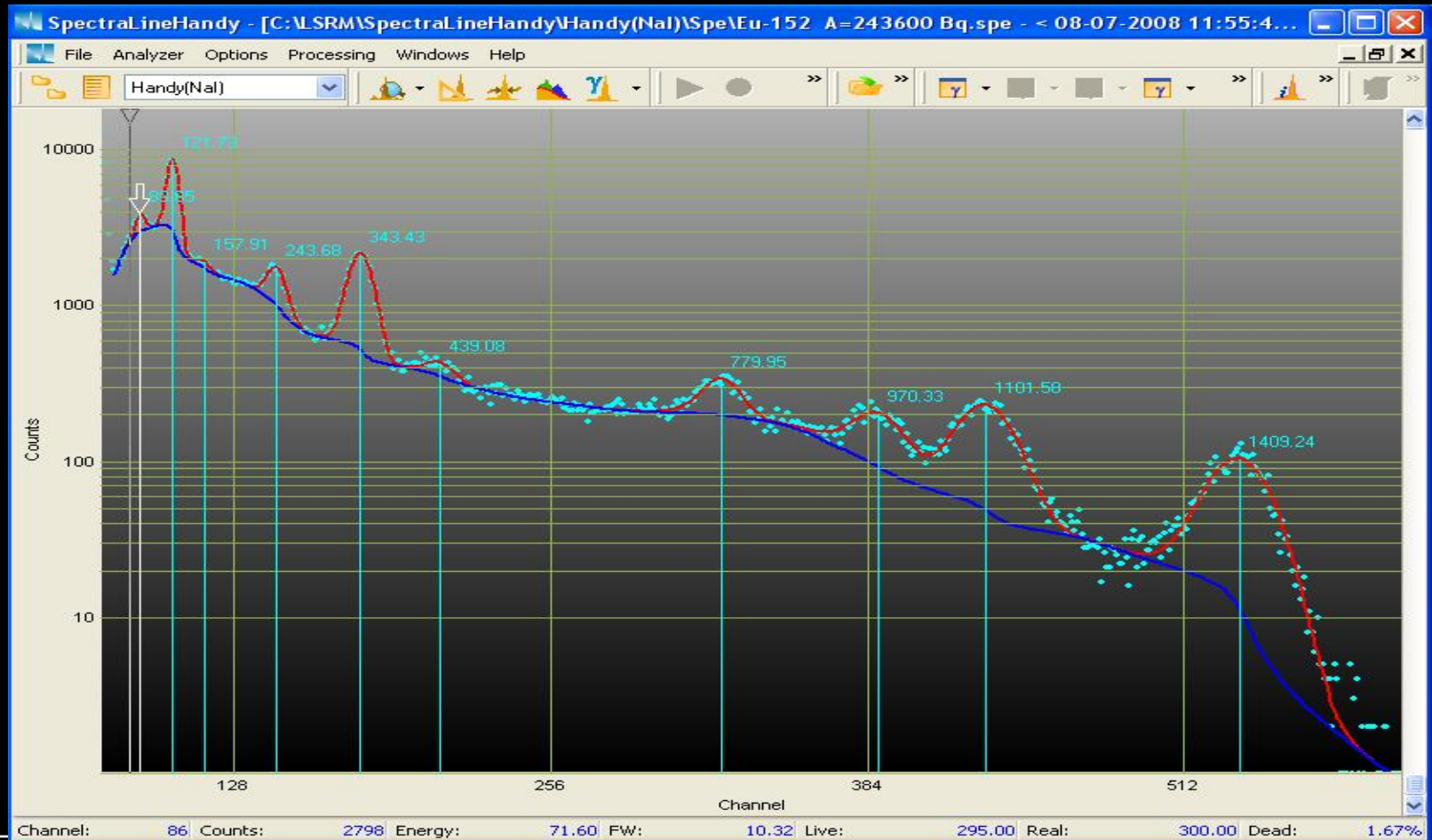
SpectraLineHandy - определения изотопного состава плутония с помощью детектора на основе LaCl.



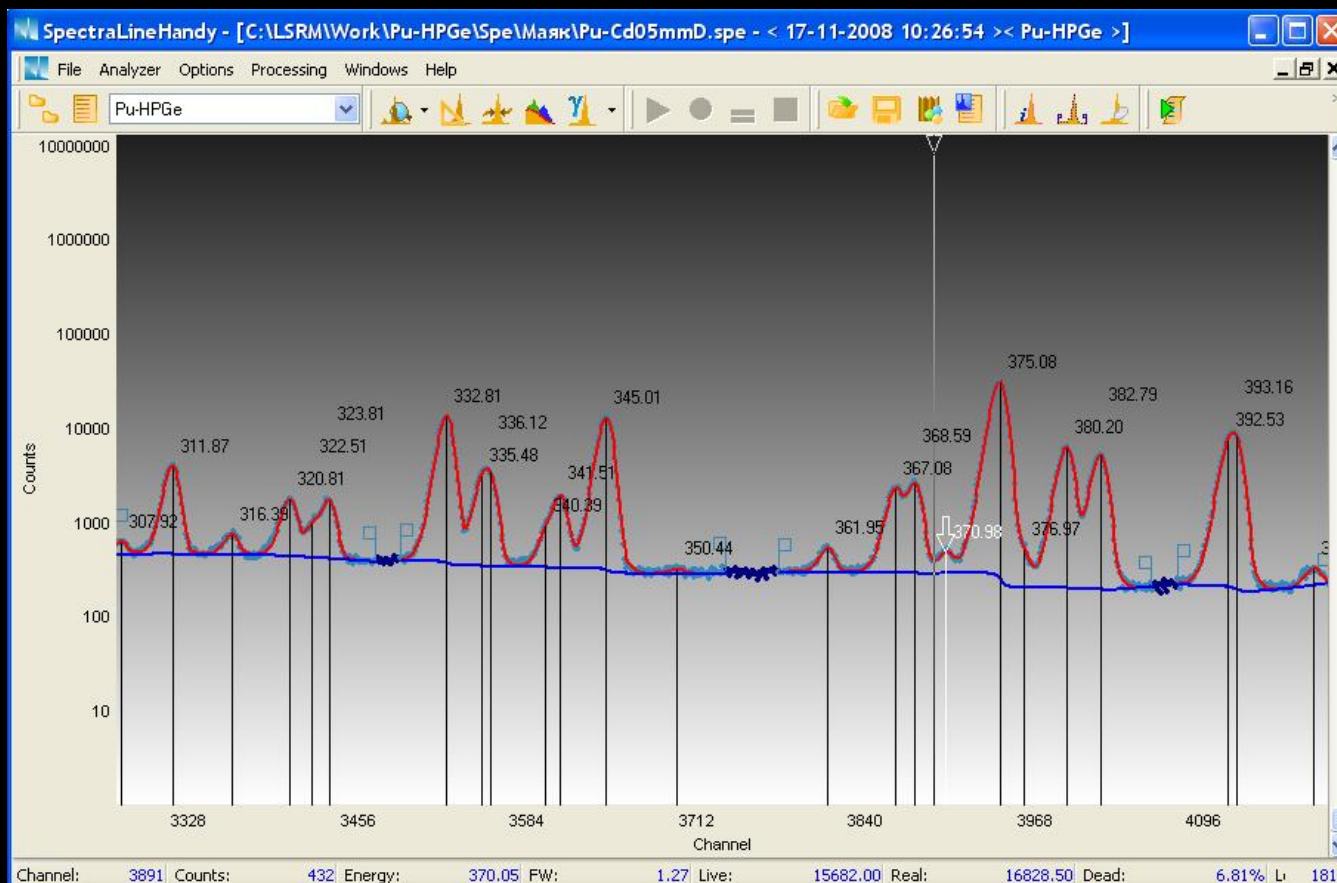
Этапы идентификации

- Поиск пиков в спектре и подгонка информативных участков спектра
- Сравнение энергий найденных пиков с наиболее значимыми линиями радионуклидов из пользовательской библиотеки радионуклидов и установление списка возможных радионуклидов
- Выставление значимых для данного спектра линий всех возможных радионуклидов.
- Переразметка информативных участков и новая подгонка спектра. Расчет активности всех возможных радионуклидов и анализ их на значимость для данного спектра.

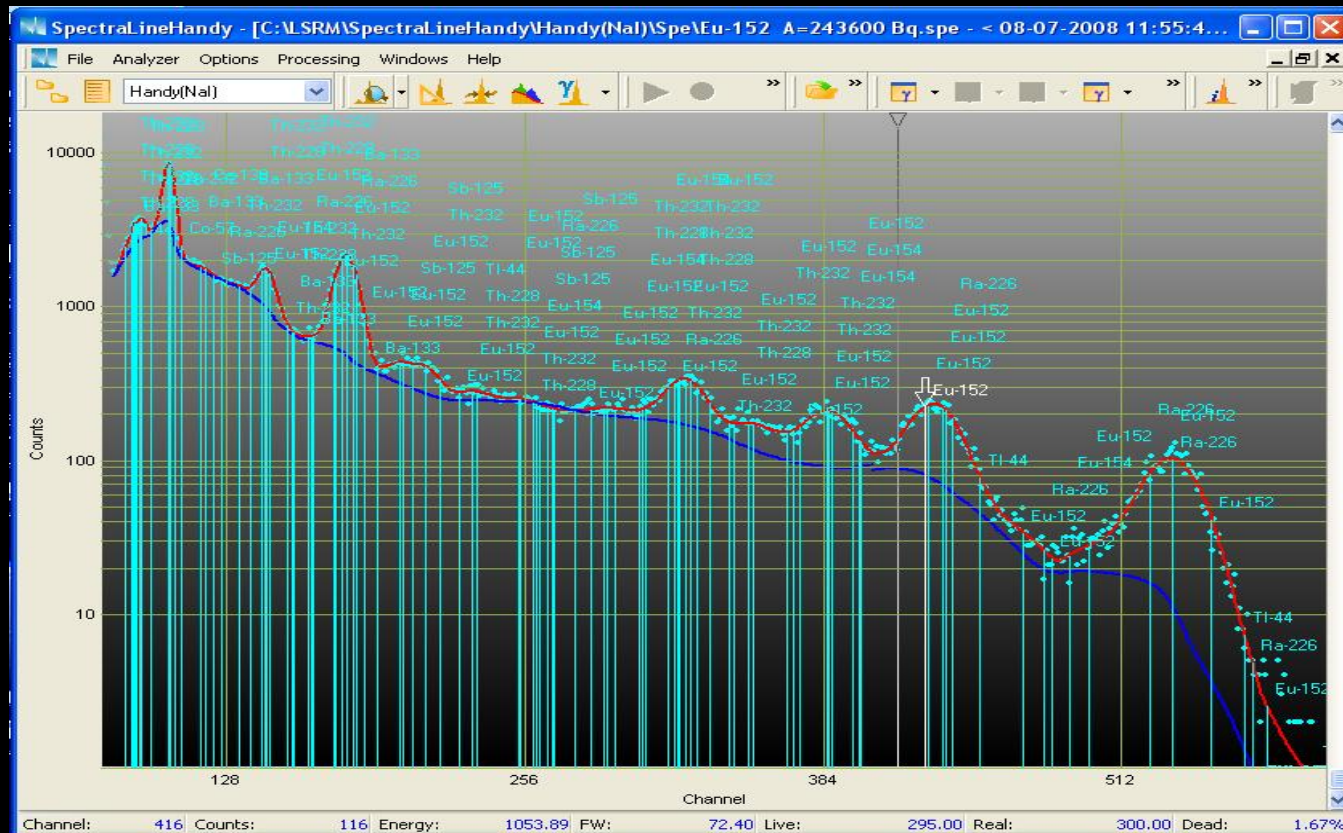
Поиск пиков



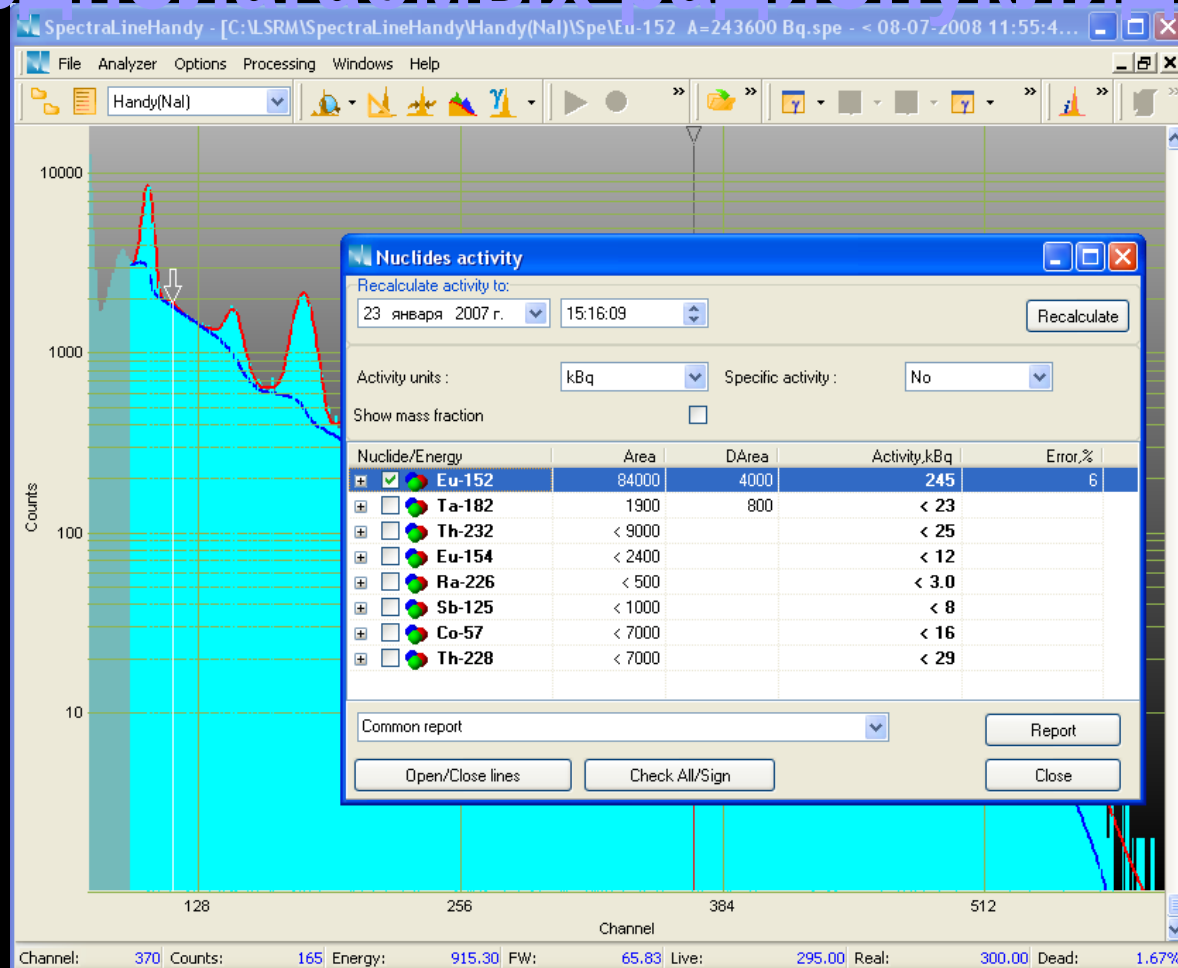
Процедура поиска пиков-разрешение мультиплетов



<http://www.lsrn.ru>



Оценка активности всех предполагаемых радионуклидов



Необходимые условия для успешной идентификации

- Наличие в библиотеке всех радионуклидов присутствующих в образце
- Правильная энергетическая калибровка
- Соответствие выбранного при расчете контейнера реальному

Расширение библиотеки радионуклидов

- По списку идентифицированных радионуклидов
- По какому-то выбранному списку радионуклидов
- По всей базе данных

По списку идентифицированных радионуклидов

IdentInfoForm

Line energy / Nuclide	Line area / Energy	Activity / Nuclide	Activity / Energy	Fitting...
✓ 186.012	< 1100 (±)			
✓ 228.0	< 900 (±)			
✓ 236.01	< 1100 (±)			
✓ 251.484	< 800 (±)			
✓ Eu-152 13.5...	251.63 (±0.007)	5814.3 (±)		
✓ 259.105	< 700 (±)			
✓ 271.024	< 900 (±)			
✓ Eu-152 13.5...	271.131 (±0.008)	7564.9 (±)		
✓ 315.209	< 680 (±)			
✓ Eu-152 13.5...	315.174 (±0.017)	8934.7 (±)		
✓ 405.372	470 (±220)			
✓ 436.958	460 (±220)			
✓ Np-231 4...	436.9 (±0.4)	2255.6 (±)		
✓ Er-149M ...	436.7 (±0.1)	163.0 (±)		
✓ Sc-42M ...	437.5 (±0.5)	6.4 (±3)		
✓ Md-255 2...	430.0 (±40.0)	79.2 (±)		
✓ 438.846	470 (±210)			
✓ 452.319	< 500 (±)			
✓ 508.907	1010 (±240)			
✓ 512.439	< 900 (±)			
✓ Am-241 432.2...	512.5 (±0.3)	701462154.7 (±)		

Line energy	Energy error	Intensity	Intensity error	Line t...
44.800	0.100	0.000		G
370.900	0.300	9.800	9.801	G
376.300	0.400	0.637	0.638	G
416.300	0.300	0.284	0.290	G
420.700	0.400	1.049	1.054	G
436.900	0.400	0.284	0.290	G
481.600	0.500	0.608	0.619	G
511.003		0.200		An
737.800	0.300	1.235	1.237	G
786.600	0.300	0.186	0.186	G
851.600	0.500	0.696	0.696	G
1108.100	0.300	0.539	0.541	G

By all nuclides in database

Identification window (keV):

Nuclides decay chain

Maximal activity:

Meas. date: 09-06-2008 12:53:27

T1: Years

T2: Months

22 марта 2007 г. 16:36:41

22 марта 2008 г. 16:36:16

☐ Filter by chain

☒ Scan spectrum ☐ Joint identification

Identify line 436.958 keV

Identify all lines

Settings >>

Get lines for Np-231

Add to library

Close

Расширение библиотеки радионуклидов

Фильтр по энергии

The screenshot shows the IdentInfoForm software interface. The main window displays a table of nuclides with columns for Line energy / Nuclide, Line area / Energy, Activity / Nuclide, and Activity. The table is filtered by energy, showing results for 803.239 keV. The right panel contains settings for the identification window, including a search range of 1.0 keV, a decay chain selection, and options to show identified and unidentified lines. The activity units are set to Bq.

Line energy / Nuclide	Line area / Energy	Activity / Nuclide	Activity
803.239	134 (±23)		
V-48 15.97(day)	803.25 (±0.08)	565989.77 (±130000)	
Hg-193M 11.8(hour)	803.22 (±0.25)	2209285.2 (±1000000)	
At-203 7.4(min)	803.2 (±0.2)	17084.65 (±3000)	
Tl-206 4.2(min)	803.3 (±0.2)	16977283.03 (±4000000)	
Te-133 12.5(min)	803.3 (±0.3)	647790.10 (±150000)	
Ho-150M 23.3(sek)	803.3 (±0.2)	853.04 (±160)	
Po-210 138.38(day)	803.1 (±0.01)	70137764.47 (±130000000)	
Pb-206M 1.3E-04(s...)	803.1 (±0.1)	857.24 (±160)	
Bi-206 6.24(day)	803.1 (±0.05)	858.11 (±160)	
Bi-196M 4.0(min)	803.1 (±0.5)	264758.3 (±140000)	
Ba-124 11.0(min)	803.4 AP	3537344.8 (±)	
As-83 13.4(sek)	803.4 (±0.2)	27140.75 (±6000)	
Tm-163 1.81(hour)	803.469 (±0.022)	316991.78 (±60000)	
Tb-150 3.48(hour)	803.0 (±1.0)	2357134.30 (±700000)	
Sn-107 2.9(min)	803.0 (±1.0)	13469.34 (±2500)	
Mo-89 2.11(min)	803.0 (±1.0)	93972.13 (±18000)	
Ba-129M 2.16(hour)	803.0 (±0.1)	9959.72 (±1900)	
Th-227 18.72(day)	803.5 (±0.2)	92039170.67 (±220000000)	
Ru-109 34.5(sek)	803.5 (±0.5)	428818.9 (±200000)	
Br-86 55.0(sek)	803.5 (±0.3)	30151.3 (±9000)	
Br-76 16.2(hour)	803.5 (±0.2)	161602.85 (±30000)	
Yb-163 11.05(min)	802.96 (±0.15)	101015.3 (±30000)	
Gd-149 9.28(day)	802.94 (±0.02)	1977969.10 (±400000)	
Te-133 12.5(min)	802.9 (±0.3)	1359727.2 (±500000)	
Ba-130M 9.4E-03(s...)	802.9 (±0.5)	9769.37 (±2100)	
Ag-121 0.78(sek)	803.58 (±0.1)	132264.83 (±28000)	
Re-181 19.9(hour)	803.6 (±0.4)	57375.7 (±30000)	
Dy-155 9.9(hour)	802.87 (±0.06)	4961638.39 (±1100000)	

IdentInfoForm

By all nuclides in database

Identification window [keV]: 1.0

Nuclides decay chain

Maximal activity: 1000

Meas. date: 01-07-2008 19:25:20

T1: 0.0E+0 Years

1 июля 2008 г. 19:04:44

T2: 0.0E+0 Years

1 июля 2008 г. 19:04:44

☐ Filter by chain

☐ Scan spectrum

☒ show PDV ☒ show PDV

☒ show sum peak ☒ show DB data

Identify line 803.239 keV

Identify all lines

☒ Show identified lines

☒ Show unidentified lines

Activity units: Bq

Get lines for Po-210

Add to library

Close

Расширение библиотеки радионуклидов

Фильтр по периоду полураспада

IdentInfoForm

Line energy / Nuclide	Line area / Energy	Activity / Nuclide	Activity / Energy	Fitting criteria / ...
☒ 803.025	144 (±24)			
☒ Po-210 138.38(day)	803.1 (±0.01)	470984948.16611	Po-210 138.38(day)	01-07-2007 19...
☐ Po-210 138.38(day)	803.1 (±0.01)	92061274.876896	Pb-210 22.3(year)	01-07-2007 19...
☐ Bi-206 6.24(day)	803.1 (±0.05)	49893225.686877	Fr-210 3.18(min)	01-06-2008 19...
☐ Bi-206 6.24(day)	803.1 (±0.05)	889792572.454833	Ac-214 8.2(sek)	01-06-2008 19...
☐ Bi-206 6.24(day)	803.1 (±0.05)	440806.139377	Rn-210 2.4(hour)	01-06-2008 19...
☐ Bi-206 6.24(day)	803.1 (±0.05)	25759.992504	Bi-206 6.24(day)	01-06-2008 19...
☐ Bi-206 6.24(day)	803.1 (±0.05)	4850.072138	Po-206 8.8(day)	01-06-2008 19...
☐ Bi-206 6.24(day)	803.1 (±0.05)	2063403.632578	At-206 30.0(min)	01-06-2008 19...
☐ Bi-206 6.24(day)	803.1 (±0.05)	257567213.938986	At-210 8.1(hour)	01-06-2008 19...
☐ Gd-149 9.28(day)	802.94 (±0.02)	19962614.522934	Gd-149 9.28(day)	01-06-2008 19...
☐ Tl-206 4.2(min)	803.3 (±0.2)	18226735.504319	Bi-210M 3.0E+06(...)	01-07-2007 19...

Line energy	Energy error	Intensity	Intensity error	Line t...

By all nuclides in database

Identification window (keV): 0.1

Nuclides decay chain

Maximal activity: 1.0E+9

Meas. date: 01-07-2008 19:25:20

T1: 1.0E+0 Years

☒ show POV ☒ show PDV

☒ show sum peak ☒ show DB data

Identify line 803.025 keV

Identify all lines

☒ Show identified lines

☒ Show unidentified lines

Activity units: Bq

Get lines for Po-210

Add to library

Close

Расширение библиотеки радионуклидов

Фильтр по спектру

IdentInfoForm

Line energy / Nuclide	Line area / Energy	Activity / Nuclide	Activity / Energy	Fitting criteri...
☒ 803.239	134 (±23)			
☒ Tl-206 4.2(min)	803.3 (±0.2)	16977283.03 (±4000000)		
☐ Po-210 138.38(day)	803.1 (±0.01)	70137764.47 (±13000000)		

Line energy	Energy error	Intensity	Intensity error	Line t...

By all nuclides in database

Identification window (keV): 1.0

Nuclides decay chain

Maximal activity: 1.0E+10

Meas. date: 01-07-2008 19:25:20

T1: 1.0E+0 Years

1 июля 2007 г. 19:25:20

T2: 1.0E+0 Days

30 июня 2008 г. 19:25:20

☐ Filter by chain

☒ Scan spectrum

☒ show PDV ☒ show PDV

☒ show sum peak ☒ show DB data

Identify line 803.239 keV

Identify all lines

☒ Show identified lines

☒ Show unidentified lines

Activity units: Bq

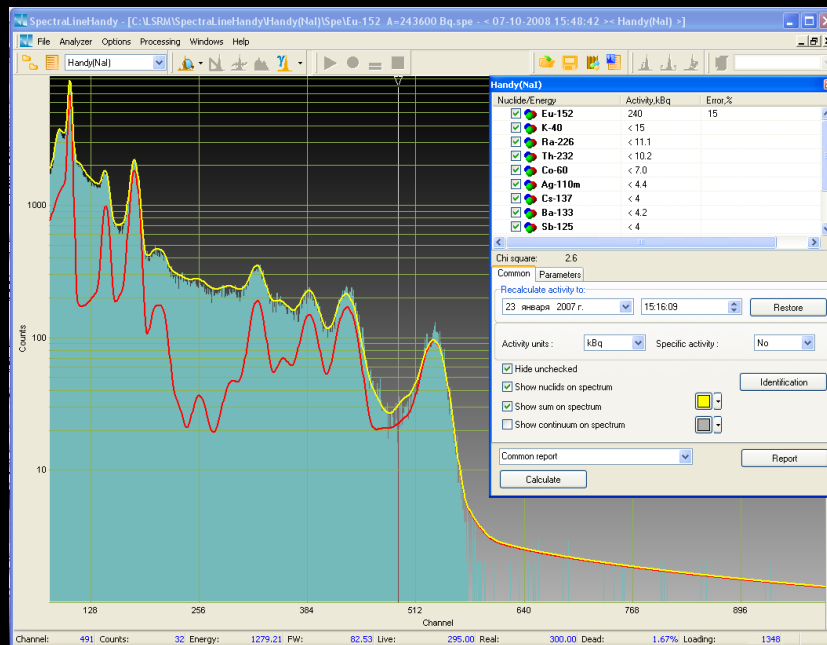
Get lines for Po-210

Add to library

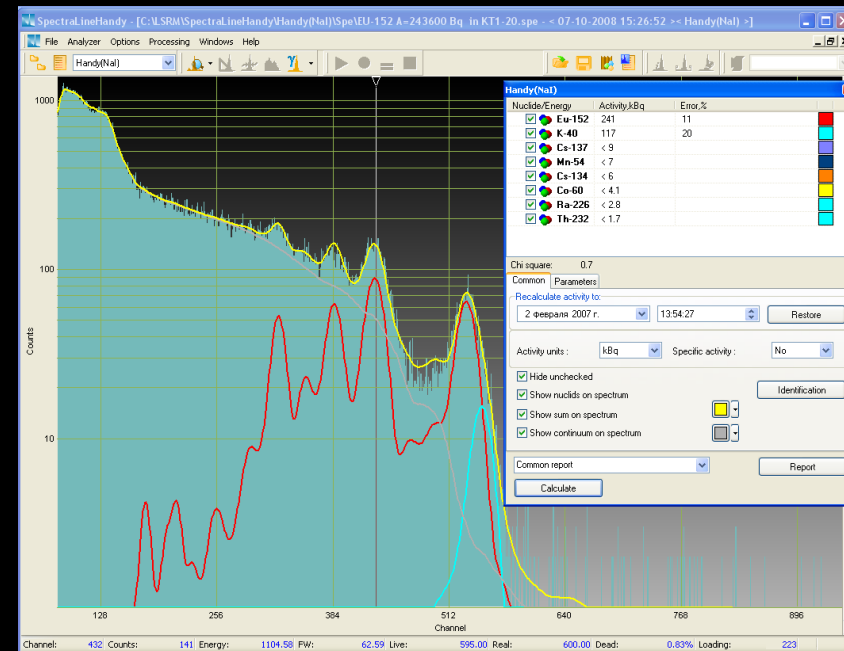
Close

Метод «квазиэталонных» спектров для спектрометров низкого разрешения

Spectrum of Eu-152 point source measured with NaI-detector



Eu-152 in container KT1-20, measured with NaI-detector



Состояние ПО на настоящее время

- Мощные процедуры поиска пиков
- Процедуры идентификации и расчета активности с учетом соотношений интенсивности и учета поглощения в материале контейнера
- Информационная полнота ПО: база данных по радионуклидам с возможностью анализа цепочек распада, база сечений взаимодействия гамма-излучения с веществом

Развитие ПО

Методологические и алгоритмические задачи

- Ограничение библиотеки радионуклидов, классификация радионуклидов с учетом их совместного наличия
- Использование информации об имеющихся радионуклидах для восстановления калибровки, анализа поглощения и т.д.
- Развития процедур оценки поглощения излучения на основе приблизительной информации о свойствах матрицы или контейнера

Технические задачи

- Дублирование функций мыши «горячими» клавишами
- Поддержка основных форматов спектра



**LABORATORY
of spectrometry
and radiometry**

**<http://www.lsrn.ru>
mail: lsrn@lsrn.ru
Phone: +7 495 660-16-14**

Спасибо за внимание!