

Инновационные гамма- спектрометрические методы определения содержания урана в рудах

Пономаренко А.В. ЗАО «Приборы»
Даниленко В.Н. ООО «НИЦ «ЛСРМ»
Бахур А.Е. ФГУП «ВИМС»

2011

Проблемы поиска урановых месторождений гамма-каротажным методом и выявления жил радиометрическим методом

- Руды гидрогенных месторождений, как правило, характеризуются **нарушенным радиоактивным равновесием** между ^{238}U и ^{226}Ra , что создает проблемы при использовании данных гамма-каротажа
- при гамма-каротаже и поиске жил **фактически регистрируется активность не ^{238}U , а ^{226}Ra и его дочерних продуктов распада (^{214}Pb , ^{214}Bi)**. В условиях неопределенности соотношений между ^{226}Ra и ^{238}U в рудах возникает необходимость отбора керн продуктивных горизонтов и больших объемов дополнительных лабораторных исследований руд с целью корректировки данных гамма-каротажа скважин и достоверной оценки масштабов выявленного оруденения.
- В работе ФГУП «ВИМС», Москва (авторы- Бахур А.Е., Гулынин А.В., Стародубов А.В «**Инструментальный гамма-спектрометрический метод одновременного определения ^{238}U и ^{226}Ra в пробах урановых руд**») разработана МВИ прямого определения ^{238}U и ^{226}Ra гамма-спектрометрическим методом с использованием полупроводникового спектрометра на основе детектора из особо чистого германия.

Существующие методы определения ^{226}Ra и ^{238}U в рудах

- Для определения содержания урана как правило используется **рентгеноспектральный метод анализа (РСА)**, а для определения радия-классический гамма-спектрометрический метод, с герметизацией пробы и длительной (2-3 недели) выдержкой для накопления дочерних продуктов распада ^{226}Ra
- **Трудности-**
- необходимость подготовки и анализа в лаборатории отдельных представительных навесок одной пробы, продолжительное время получения результата
- **Невозможность использования метода в условиях шахты для определения и локализации жилы**

Методика выполнения измерений удельной активности урана-238 (^{238}U) и радия-226 (^{226}Ra) в пробах урановых руд гамма-спектрометрическим методом с использованием гамма-спектрометра «Ortec 65195-P/DSPecPlus»

- Возможности современных полупроводниковых детекторов на основе особо чистого германия (ОЧГ) позволяют внедрить в производственные лаборатории и полевые изыскания гамма-спектрометрический метод одновременного определения ^{238}U и ^{226}Ra из одной навески рудной пробы, без какой либо радиохимической подготовки, герметизации и выдержки счетного образца (пробы).
- Сотрудники ФГУП «ВИМС», непосредственно участвуя в геологоразведочных работах на уран, в течении 2-х лет вели методические исследования по созданию и аттестации методики, используя реальные пробы урановых руд месторождений России и Казахстана с разными значениями коэффициента радиоактивного равновесия (равного отношению удельных активностей ^{226}Ra и ^{238}U) - от 0,2 до 30, а также в разных диапазонах содержаний урана -от $n \times 10^{-3}\%$ (забаланс) до $n\%$ (богатые руды).
- ФГУП «ВИМС» разработана «Методика выполнения измерений удельной активности урана-238 (^{238}U) и радия-226 (^{226}Ra) в пробах урановых руд гамма-спектрометрическим методом с использованием гамма-спектрометра «Ortec 65195-P/DSPecPlus» (Свидетельство об аттестации МВИ № 40090.9И667 от 24.08.2009 г.).
- Представителем Ortec в России и поставщиком гамма-спектрометров является ЗАО «Приборы» (московское представительство Pribori Oy, Финляндия)
- Ведущим разработчиком программного обеспечения для гамма-спектрометрии в России и поставщиком конечных решений на этой основе является ООО «НИЦ «ЛСРМ», Зеленоград

Возможности существующей методики

- Методика позволяет существенно сократить время выполнения анализа и предусматривает возможность одновременного определения ^{238}U и ^{226}Ra из одной навески (10 г) подготовленной пробы. Геометрия измерений – чашка Петри диаметром 40 мм, герметизации и длительной выдержки счетного образца не требуется.
- Диапазон измеряемых значений удельной активности ^{238}U и ^{226}Ra составляет от 10^3 до 10^5 Бк/кг, при этом в наиболее востребованном интервале от $2,5 \times 10^3$ до $1,2 \times 10^5$ Бк/кг (или от 0,02 % до 1 % U) методика с вероятностью $P = 0,95$ обеспечивает получение результата суммарной относительной неопределенностью не более 30 % (при значениях КРР от 0,2 до 5).

Измеряемые линии в спектре

- Удельная активность ^{238}U в рудной пробе определяется по линиям его дочернего продукта распада ^{234}Th (92,4 + 92,8 кэВ)
- Удельная активность ^{226}Ra определяется по его собственной аналитической линии 186,0 кэВ, за вычетом вклада ^{235}U (185,7 кэВ)

Свидетельство об аттестации МВИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ
И МЕТРОЛОГИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
ВСЕРОССИЙСКИЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ
И РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ
ФГУП ВНИИФТРИ

СВИДЕТЕЛЬСТВО
№ 40090.9И667

об аттестации методики радиационного контроля

Методика измерений удельной активности урана-238 и радия-226 в пробах урановых руд гамма-спектрометрическим методом с использованием гамма-спектрометра «ORTEC-65195-P», разработанная ФГУП «ВИМС» и изложенная в одноименном документе, аттестована в соответствии с требованиями ГОСТ Р 8.594.

Методика основана на измерении активности счетных образцов руды в геометрии «Петри $\varnothing 40\text{мм}$ » на полупроводниковом спектрометре по гамма-излучению радия-226 с энергией 186 кэВ и дочерних продуктов распада урана-238 (энергия 92,6 кэВ) относительным методом с применением аттестованных контрольных проб урановых руд.

При выполнении регламентированных процедур подготовки и выполнения измерений методика обеспечивает определение удельной активности указанных радионуклидов в пробах руды в диапазоне значений от 10^3 до 10^5 Бк/кг с суммарной неопределенностью ($P=0,95$), не превышающей 30%

Аттестация методики проведена по результатам метрологической экспертизы материалов по разработке методики и её экспериментальной проверке на реальных образцах проб руды.

Дата аттестации: 24 августа 2008 г.

Руководитель ЦМИИ (НИО-4)  В.П. Ярына



С N0000226

Премия за работу «Новый инструментальный метод определения урана-238 и радия-226 и коэффициента радиоактивного равновесия (КРР) в урановых рудах при геологоразведочных работах»



РОССИЙСКОЕ
ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ
ОБЩЕСТВО
(RosGeo)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ
АГЕНТСТВО ПО
НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЮ
(Rosnedra)



ПРЕМИЯ

РОСГЕО И РОСНЕДРА В ОБЛАСТИ НАУКИ
И ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ГЕОЛОГИЧЕСКОМ
ИЗУЧЕНИИ НЕДР РОССИИ



ЛАУРЕАТ ПРЕМИИ

Бахур Александр Евстафьевич,
Гулынин Александр Викторович,
Стародубов Алексей Валерьевич

в номинации:
«внедрение инновационных технологий
в проведение геологоразведочных работ»

за работу:

«Новый инструментальный метод определения урана-238,
радия-226 и коэффициента радиоактивного равновесия
(КРР) в урановых рудах при геологоразведочных работах»



Президент РосГео
В.Т. Орлов

2009г.



Руководитель Роснедра
А.А. Ледовских

Современные возможности расширения метода гамма-спектрометрии высокого разрешения для лабораторных и полевых методов прямого определения урана и радия

- Полевые методы –
- Произошла разработка и создание
- -компактных гамма-спектрометров на основе CZT (полупроводниковые детекторы на основе теллурида-кадмия-цинка –Interceptor, Raider, Identifinder, RadHunter) производства ICX-ThermoFisher Scientific с разрешением в 3 раза лучше NaI(Tl) – для поиска жил
- -высокоэффективных гамма-спектрометров на основе $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$ производства Sant-Gobain (спектрометры Ortec) с разрешением так же в 3 раза лучше NaI(Tl) – для быстрой сортировки руды и экспресс-определения содержания урана
- -гамма-спектрометров на основе особо чистого германия (ОЧГ) без жидкого азота с электроохлаждением для лабораторий (X-cooler, производство Ortec) и для полевых работ (Trans-spec, Micro-Trans-spec, производство Ortec) с разрешением в 50 раз лучше NaI(Tl)

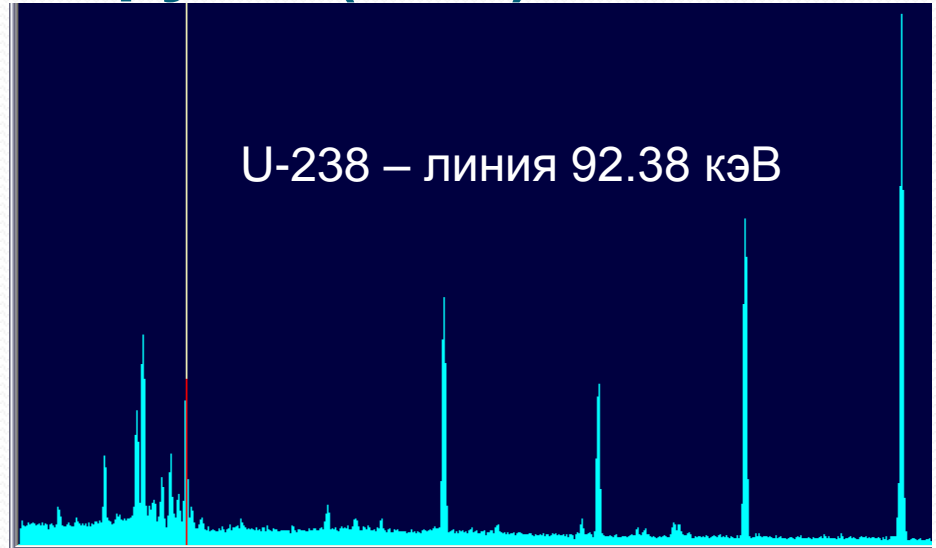
Дополнительные линии урана и основная линия радия в пробе руды (ОЧГ)

U-238 – линия 63,3 кэВ



Маркер: 195 = 63.10 keV 584 Имп.
Нуклид из библиотеки: U-238 (Uranium) at 63.30 ; 20.65 сА
Общая площадь: 4040 Площадь пика: 1472 ±83

U-238 – линия 92.38 кэВ



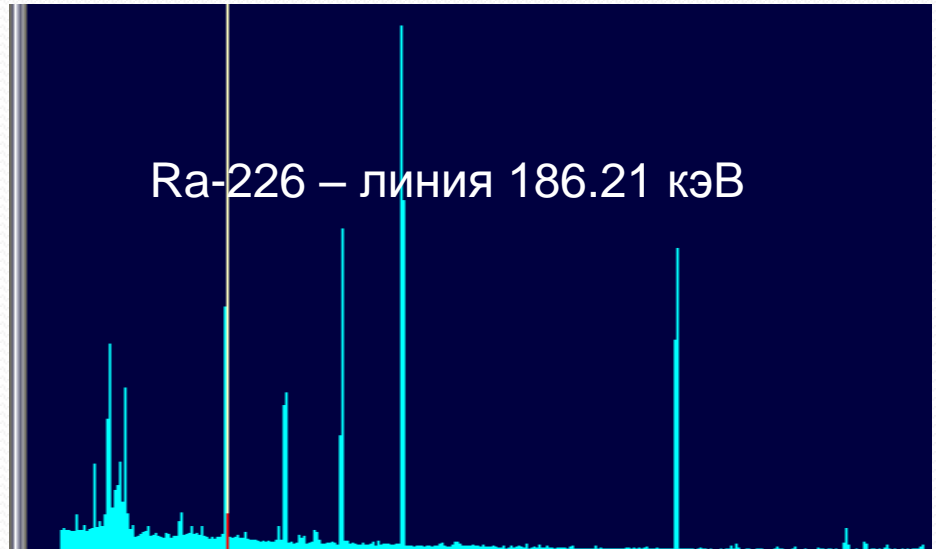
Маркер: 286 = 92.55 keV 1 091 Имп.
Нуклид из библиотеки: U-238 (Uranium) at 92.38 ; 58.6 сА
Общая площадь: 6850 Площадь пика: 2436 ±109

U-235 – линия 143.76 кэВ



Маркер: 445 = 144.00 keV 254 Имп.
Нуклид из библиотеки: U-235 (Uranium) at 143.76 ; 4.068 сА
Общая площадь: 2473 Площадь пика: 662 ±67

Ra-226 – линия 186.21 кэВ



Маркер: 575 = 186.07 keV 1 636 Имп.
Нуклид из библиотеки: Ra-226 (Radium) at 186.21 ; 109.8 сА
Общая площадь: 7644 Площадь пика: 5855 ±98

Ручные спектрометры – идентификаторы на основе CZT и LaBr₃ поиска локализации жил в шахте. Внешняя защита- коллиматор

Identifinder

RadHunter



Interceptor



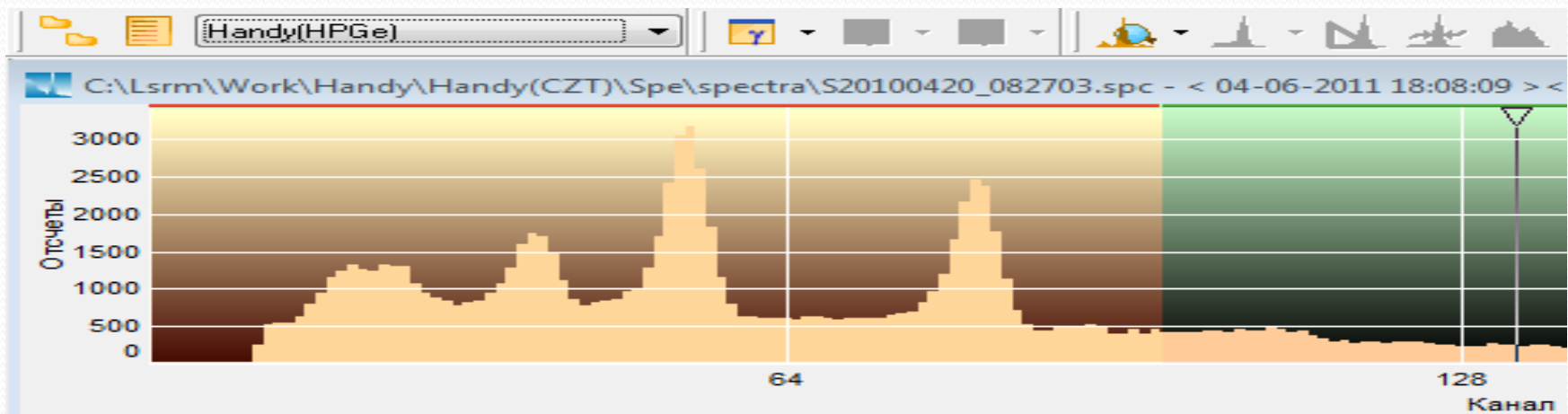
Raider



Пример контроля реальных образцов урановой руды (ВИМС) с помощью гамма-спектрометра Interceptor (ThermoFisher)



Обработка спектров Interceptor программой анализа гамма- спектров SpectralineHandy



**MicroTransSpec (Ortec, США) – 6,8 кг ОЧГ
гамма-спектрометр без жидкого азота с
прямым определением урана (внесен в
Реестр Средств Измерения РФ!)**



Спектрометр Trans-spec с ОЧГ без жидкого азота для прямого поиска жил в шахте (внесен в Реестр Средств Измерения РФ!)



Паспортизатор ISO-CART на ОЧГ с жидким азотом и без жидкого азота на основе TransSpec-100 (внесен в Реестр Средств Измерения РФ!)



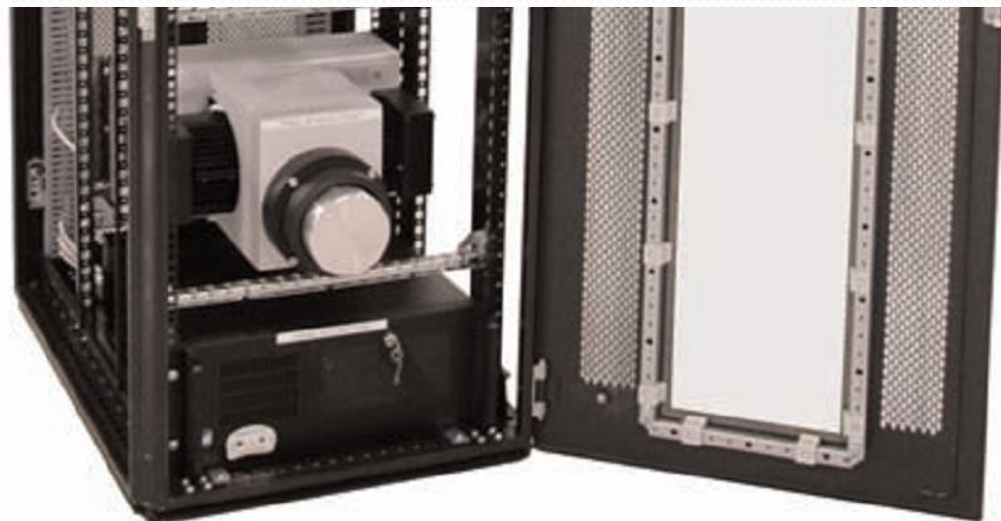
Лабораторный спектрометр с ОЧГ без жидкого азота для прямого определения содержания урана в образцах руды (внесен в Реестр Средств Измерения РФ!)



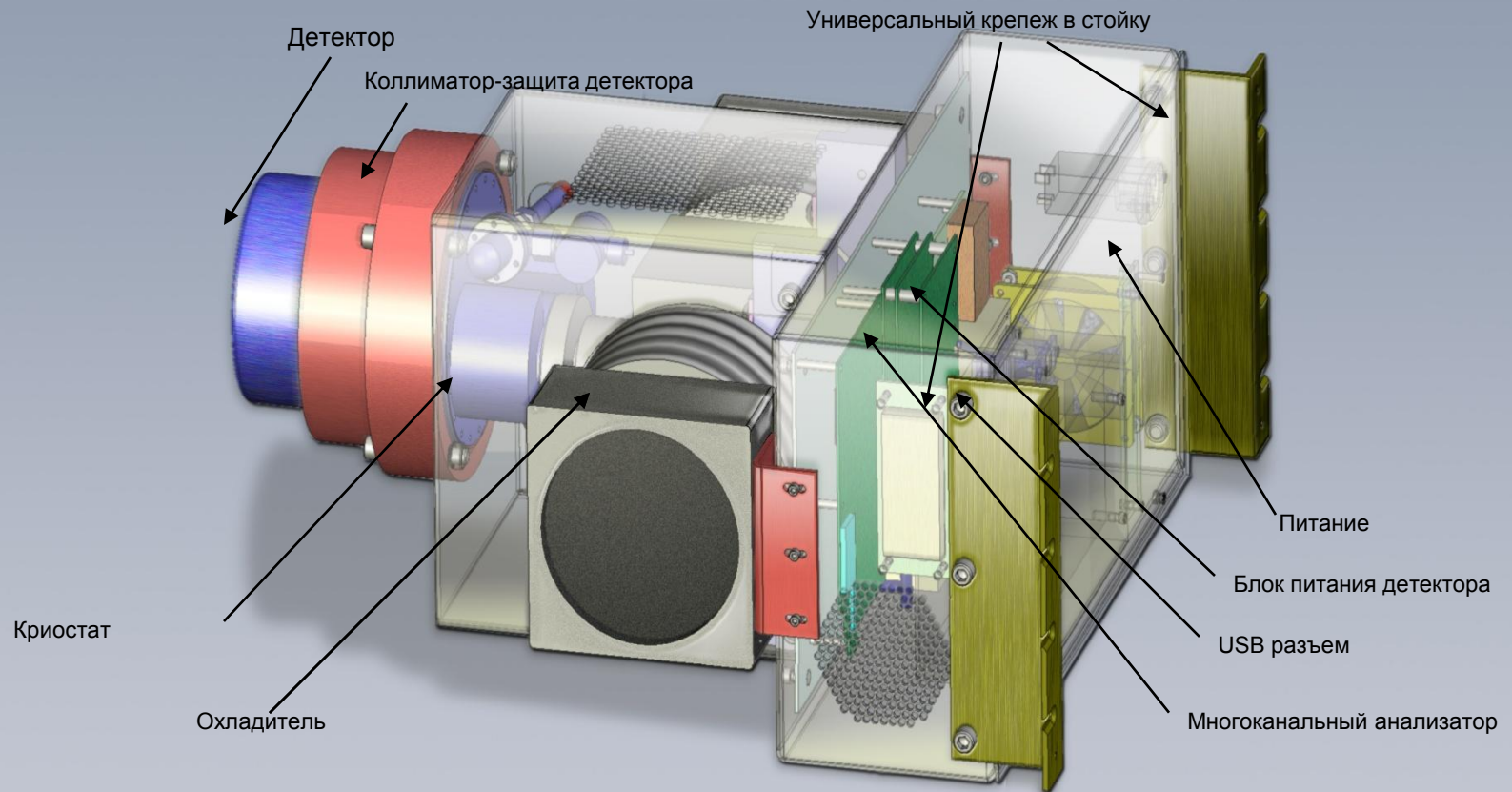
Паспортизатор содержания урана в готовом продукте



**Технологический IDM модуль (-20С - +50С, до 100
влажности) на основе ОЧГ 50% относительной
эффективности, электроохладителя на основе
цикла Стирлинга и цифрового анализатора
DSPEC PRO (производство АМЕТЕК, торговая
марка ORTEC, США) для прямого определения
содержания урана в вагонетках**



Устройство модуля IDM для паспортизаторов РАО на рабочий диапазон температур -20°C $+50^{\circ}\text{C}$ (внесен в Реестр Средств Измерения РФ в составе Isocart)

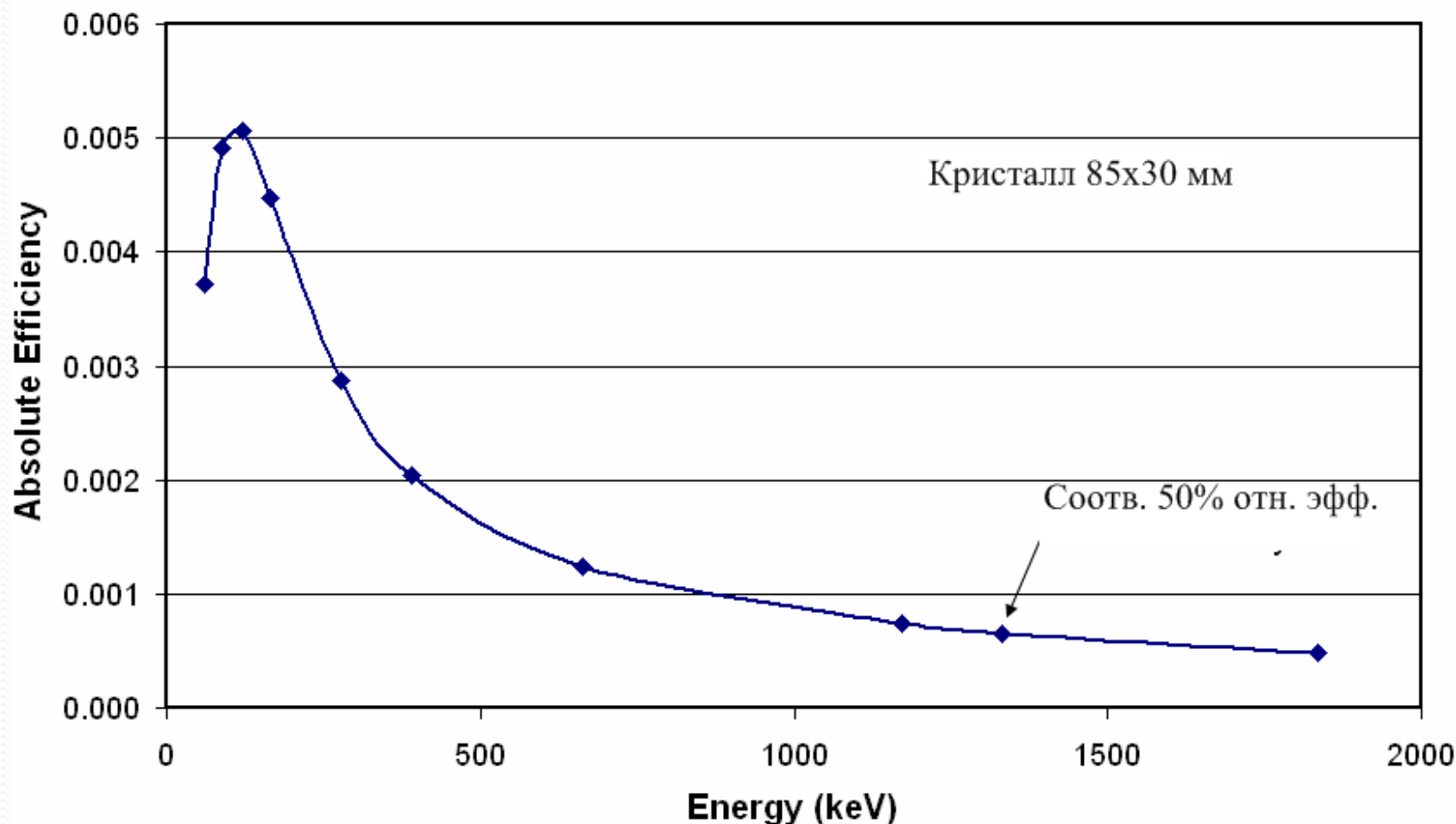


Особенности IDM

- Полностью интегрированный инструмент на основе ОЧГ детектора
- Моментальная установка
- 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 Стерлинга
- 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, Список-режим
- Низкое энергопотребление
- Низкочастотный фильтр (LFR) улучшает спектральное разрешение в условиях внешних шумов и вибраций
- "Горячая замена" IDM модулей при необходимости и возможность установки до 5 модулей в стойку
- Стоимость близка к стоимости стандартного лабораторного гамма-спектрометра с таким же ОЧГ

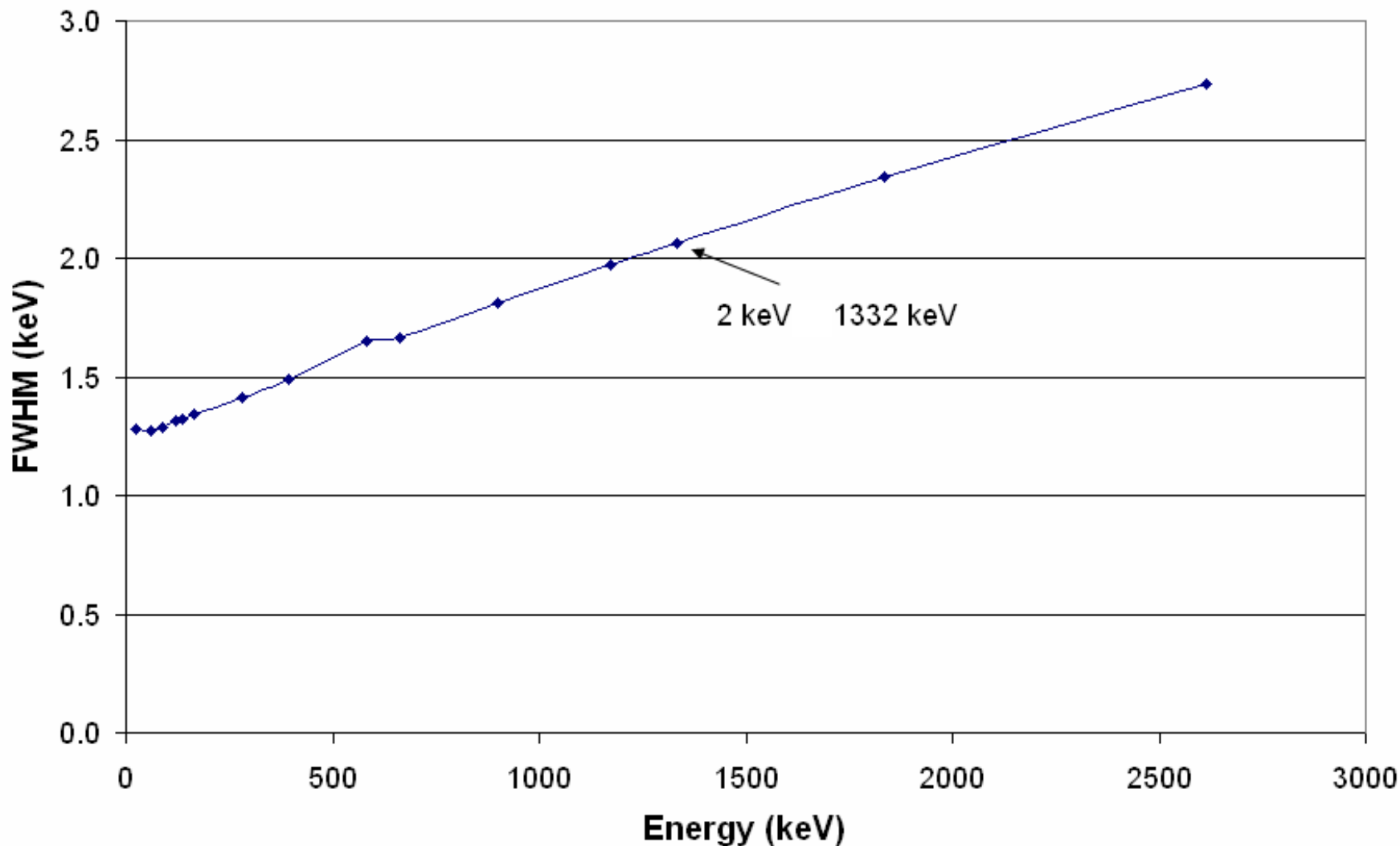
Эффективность

- Эффективность была измерена с точечным источником ^{60}Co на 25 см от детектора-около 50% отн.эффективности.
- Эффективность как функция энергии получена по десяти нуклидам.
- Четыре IDM были измерены, и среднее значение показано ниже.
- Максимум эффективности в диапазоне энергий урана



Разрешение как функция энергии (геометрия IEEE)

- FWHM для типичного IDM:



Компоненты паспортизатора на основе сцинтилляторов и цифровых анализаторов

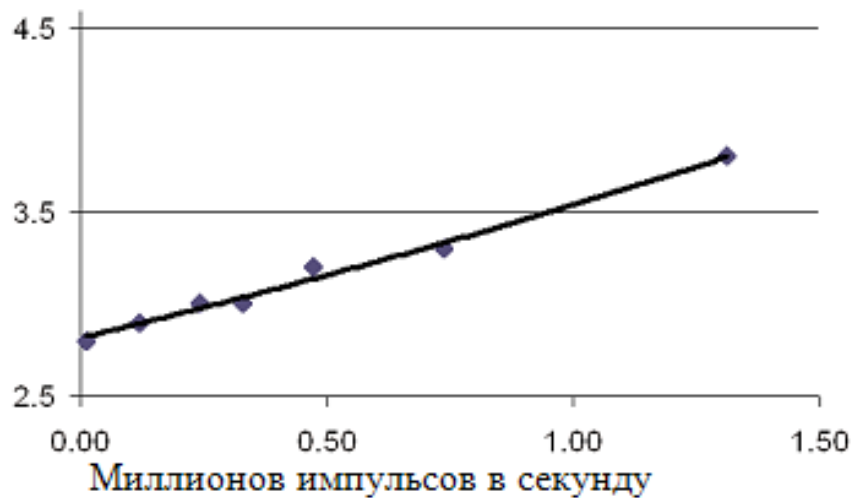
Сравнение основных параметров трех типов детекторов

Тип детектора	Разрешение на 662 кэВ	Плотность материала, г/см ³	Выход фотоэлектронов по сравнению с NaI	Время спада импульса, мкс
LaBr ₃ (Ce)	2.8-4.0	5,29	130	0,026
NaI(Tl)	7-12	3,7	100	0,230
ОЧГ	0.2(1,3 кэВ)	5,35	-	-



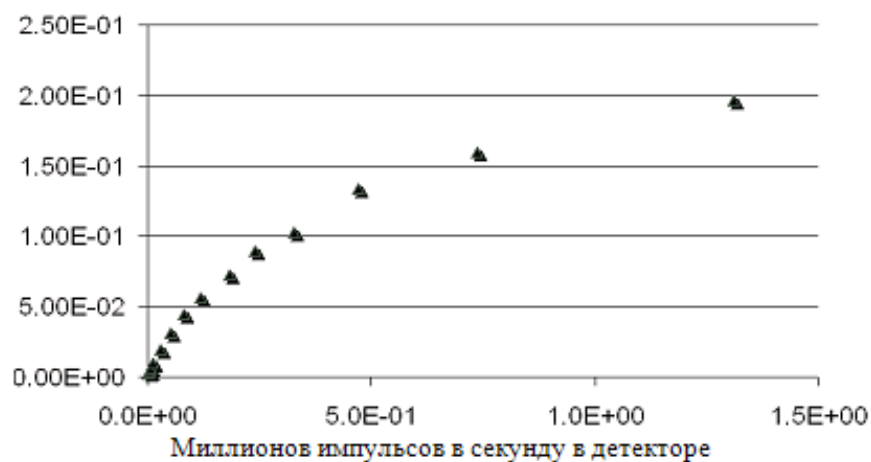
Параметры детекторов на основе LaBr_3

Разрешение
(в %) на
 Cs-137 (662
кэВ)



Разрешение детектора LaBr_3 от загрузки

Миллионов
импульсов в секунду
в спектре



Зависимость скорости счета при наборе спектра от скорости счета в детекторе при использовании LaBr_3 и цифрового анализатора DigiBase (Ortec)

Состав паспортизаторов урана в вагонетках и контейнерах- варианты гамма- спектрометрических трактов

- Модуль IDM на основе ОЧГ 50% отн. эффективности, электроохладителя, цифрового анализатора спектра - в стойке, на тележке, на кран-балке
- ОЧГ-детекторы с отн. эффективностью 10-150% различных типов производства ORTEC с электроохладителем X-cooler II и цифрового анализатора спектра DIGIDART в стойке и на тележке
- Сцинтилляционные детекторы высокого разрешения на основе LaBr_3 (SaintGobain – ORTEC) и цифрового анализатора спектра в стойке и на тележке.

Состав паспортизаторов - программное обеспечение

- Программное обеспечение ЛСРМ-СПОРО (Россия) (SpectraLineHandy и EFFMAKER) на русском языке с библиотекой стандартных контейнеров
- Библиотеки радионуклидов NuclideMaster PLUS (Россия)

**Процедура предварительных
расчетов геометрий контейнеров на
примере использования
интегрированного модуля IDM
(ORTEC) и программного
обеспечения «ЛСРМ-СПОРО»**

Задание геометрии детектора

AddDetector_P - Редактор блока детектирования паспортизатора

Файл О программе

Детектор

Название: IDM

Тип: Коаксиал/Планар

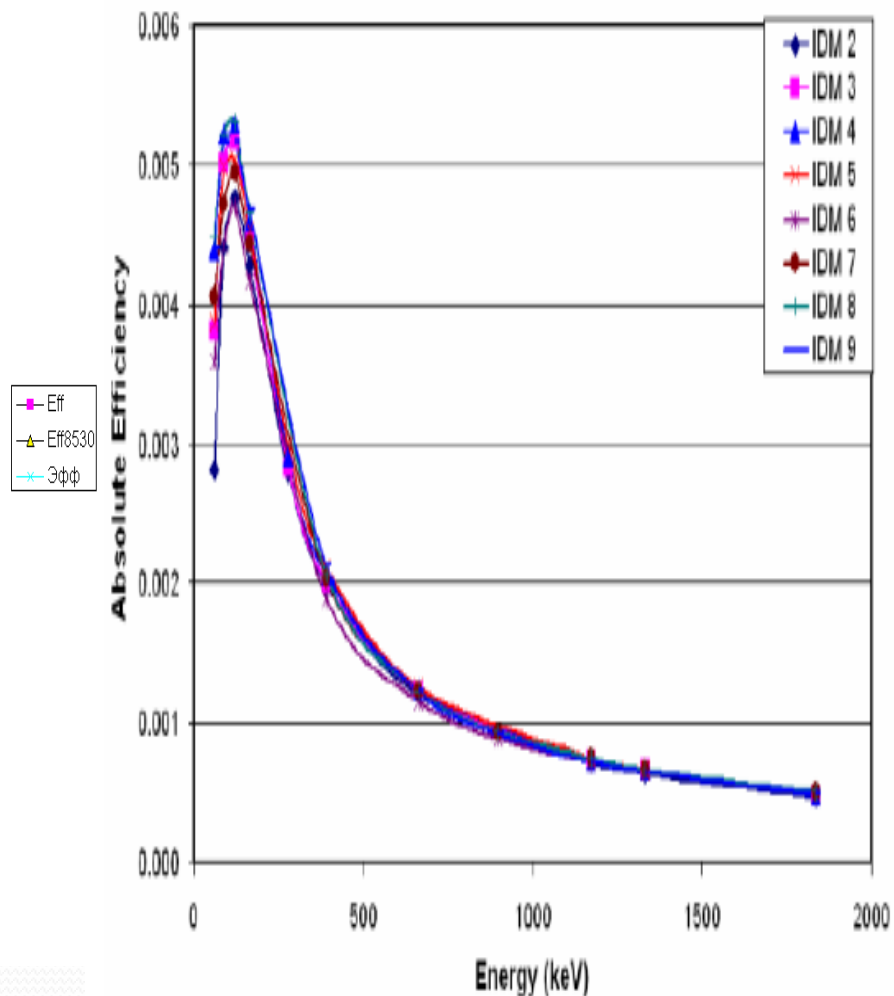
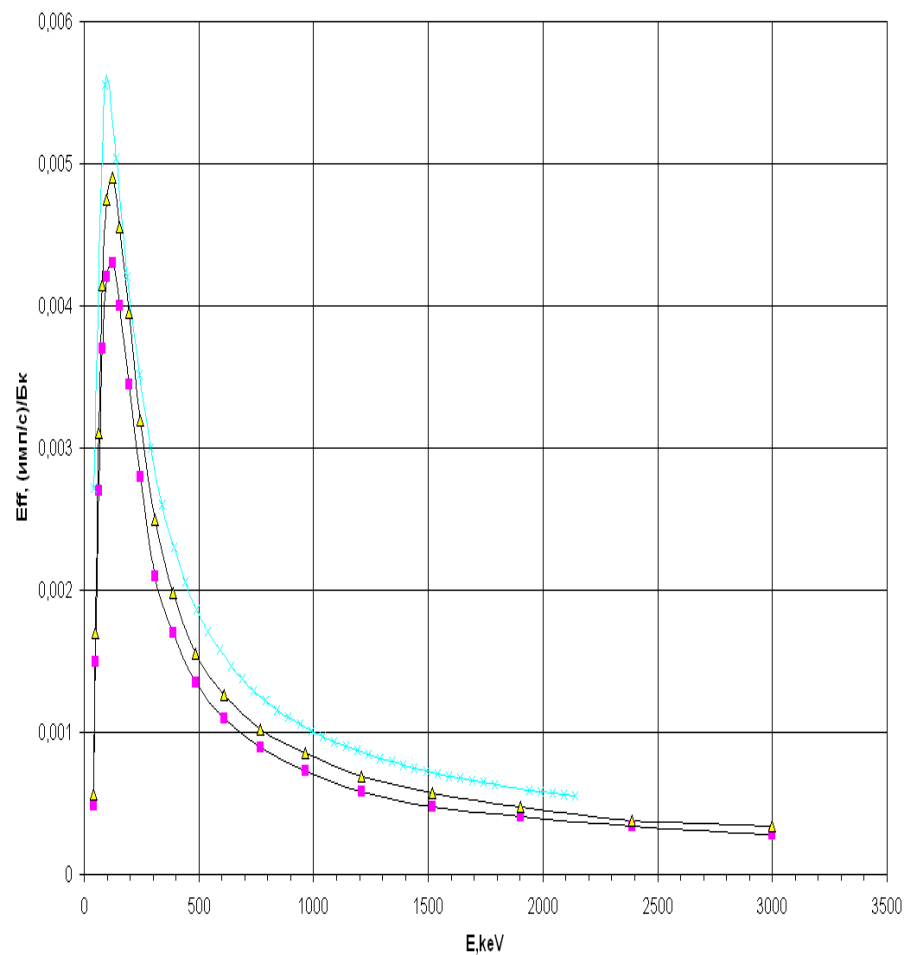
Размеры, см | Материалы

Диаметр кристалла	8.5
Высота кристалла	3
Диаметр отверстия кристалла	0.86
Глубина отверстия кристалла	1.63
Толщина мертвого слоя 1	0.07
Толщина мертвого слоя 2	0.07
Толщина мертвого слоя 3	0.07
Толщина мертвого слоя 4	0.07
Толщина мертвого слоя 5	0.07
Толщина упаковки сбоку	0.1
Расстояние кристалл-крышка	0.6
Диаметр крышки	11
Толщина крышки сверху	0.15
Толщина крышки сбоку	0.15
Толщина крышки снизу	0.15
Толщина рассеивателя	0.32


The technical drawing shows a cross-section of a detector assembly. It features a central cylindrical crystal with a diameter of 8.5 cm and a height of 3 cm. The crystal has a central hole with a diameter of 0.86 cm and a depth of 1.63 cm. The assembly is surrounded by a housing with a diameter of 11 cm. The housing has a top thickness of 0.15 cm, a side thickness of 0.15 cm, and a bottom thickness of 0.15 cm. The distance between the crystal and the housing is 0.6 cm. The drawing also shows various dead layers and a scatterer at the bottom.

Загрузить | Сохранить | Сохранить как

Сравнение расчетных кривых эффективности IDM (точечный источник 25 см) с экспериментальными для IDM (Слева-ЛСРМ, справа- экспер. 8 различных IDM ORTEC)



Задание параметров цифрового анализатора на примере IDM

 AddDetector_P - Редактор блока детектирования паспортизатора

Файл О программе

Анализатор

Название : IDM anal

Число каналов

16384

Цена канала, кэВ

0.5

ПШПВ(122 кэВ), кэВ

1

ПШПВ(1332 кэВ), кэВ

2.2

Задание параметров коллиматора и геометрии детектор-коллиматор

AddDetector_P - Редактор блока детектирования паспортизатора

Файл О программе

Коллиматор

Название : IDM

Тип : Тип 2

Размеры, см | Материалы

Длина коллиматора	20
Толщина коллиматора сбоку	2.5
Ширина среза	0.1
Высота среза	11
Толщина фильтра	0

11

0.1

2.5

20

0

Загрузить | Сохранить | Сохранить как

Задание исходных данных по геометрии вагонетки

The screenshot shows the EffMaker software interface. The main window displays a 3D model of a container with a detector positioned opposite to it. The 'Расчёт энергетических спектров' (Energy Spectrum Calculation) dialog box is open, showing a list of nuclides and their calculated status.

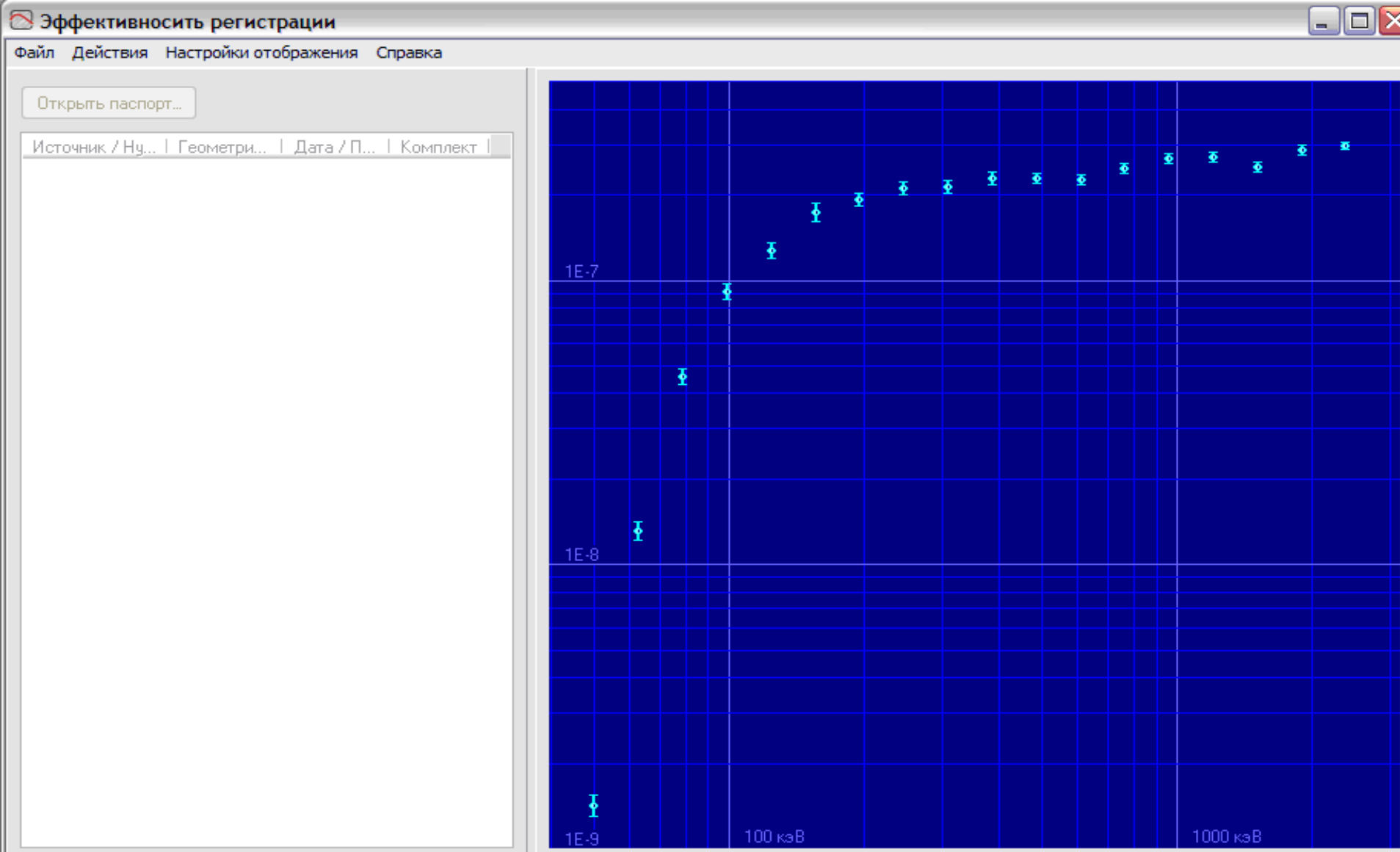
Энергетический спектр

Нуклид	Расчитан
Co-60	Yes
Eu-152	Yes
Co-60, Cs-137	Yes
50 - 2000	Yes
50 - 2500	Yes
Co-60, Cs-137, Eu...	Yes
Co-60	1,0000E+07
Cs-137	1,0000E+07
Eu-152	1,0000E+07
Eu-152	Yes
Ir-192	Yes
100 - 3000	Yes
100 - 3000	Yes
Co-60, Cs-137, Eu...	Yes
40 - 3000	Yes

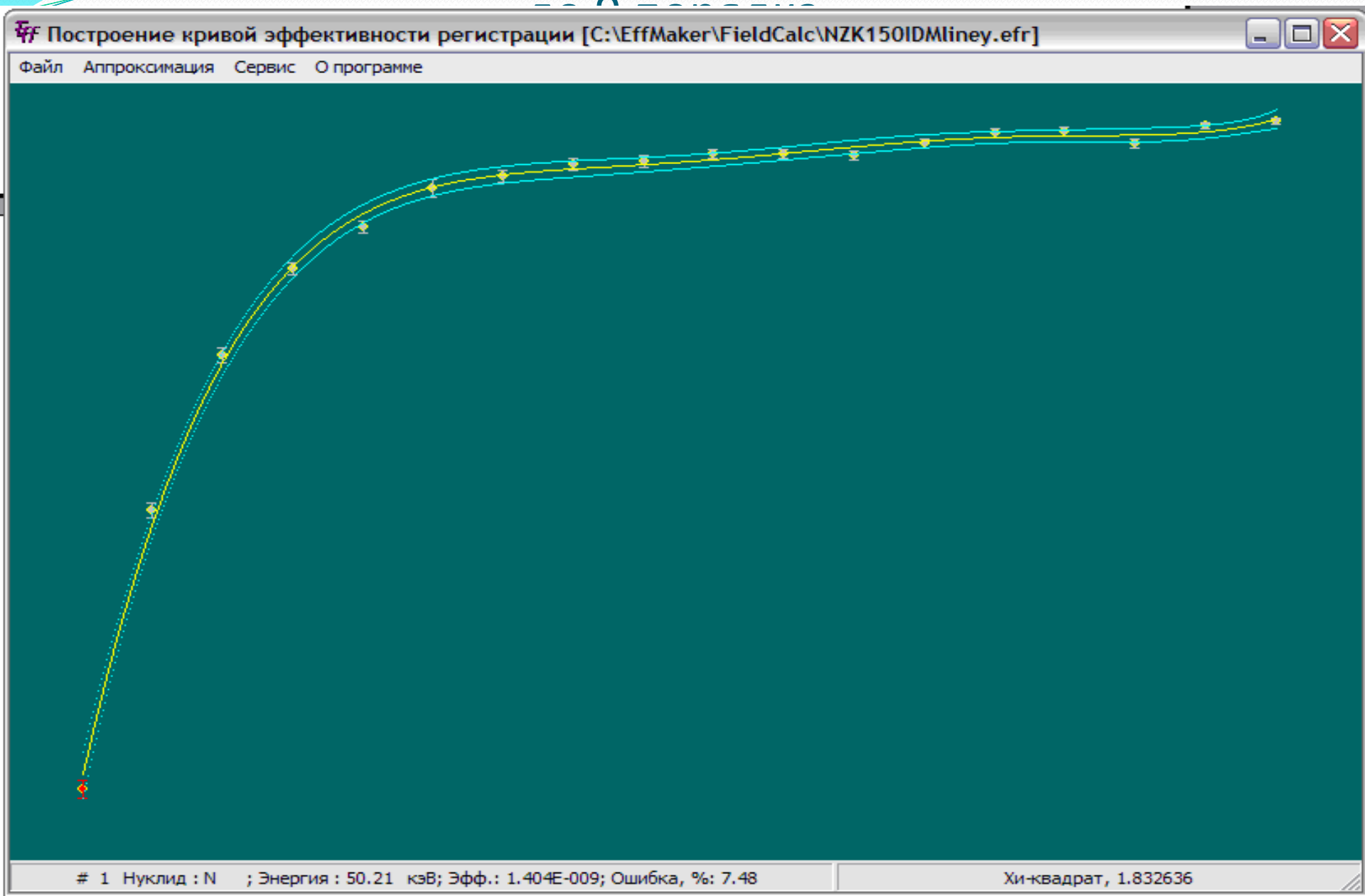
Buttons: Добавить, Добавить нуклид, Рассчитать, Удалить нуклид

Background interface elements: Настройки, Объекты (Barrel-200L, Concrete cube, Water in the pipe, Container NZK-150-1.5P-1 SRW(Concrete)), Геометрия измерения, Рассчитать эффективность, Коллиimator, Конфигурация, Источник, Детектор (сбоку), Детектор напротив объекта.

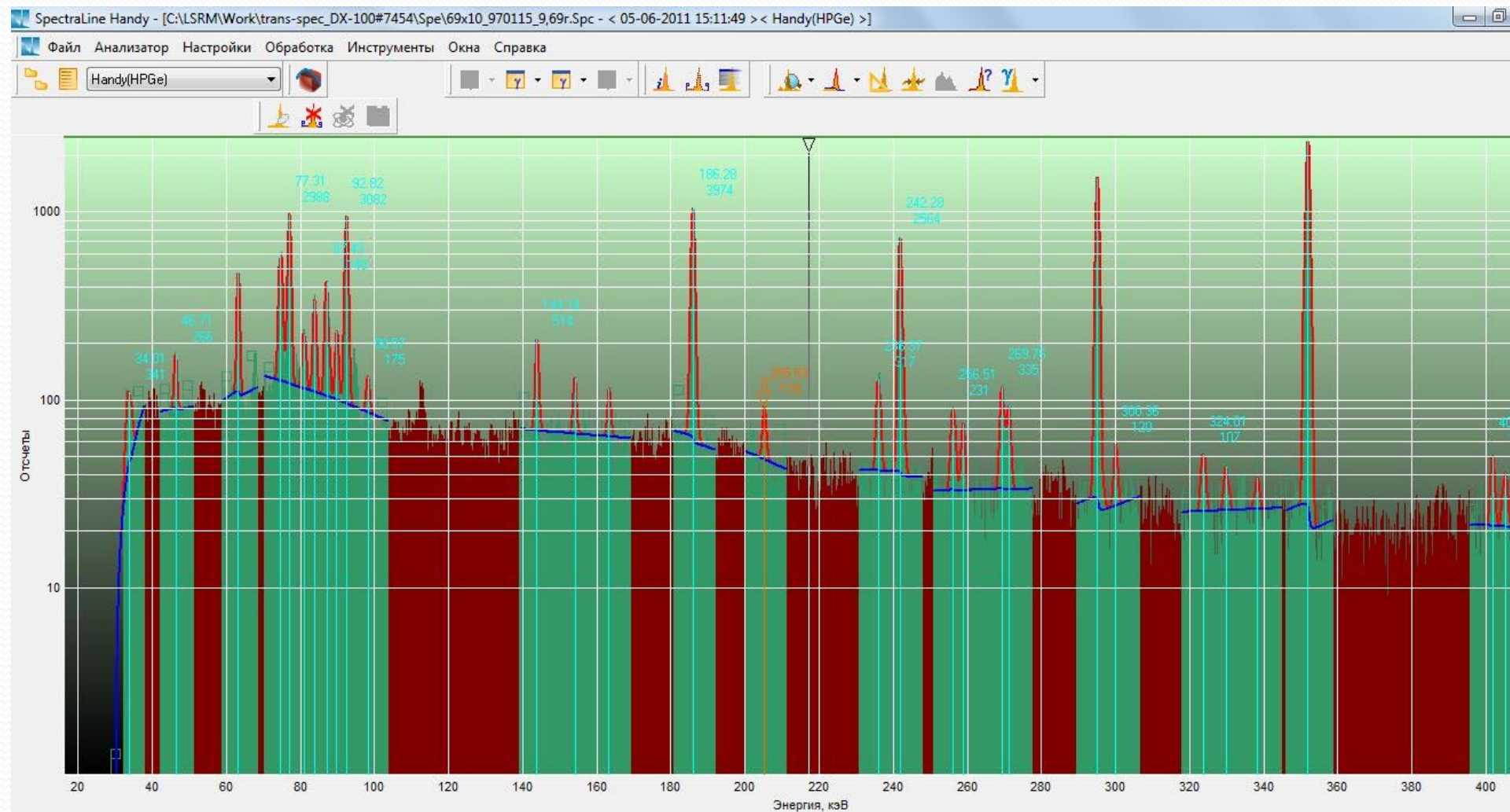
Абсолютная эффективность регистрации IDM для заданной геометрии вагонетки (150 см расстояние)



Аппроксимация кривой эффективности полиномом



Идентификация радионуклидов- поиск пиков в спектре руды и сопоставление с библиотечными



Вариант протокола



ЛАБОРАТОРИЯ
СПЕКТРОМЕТРИИ
И РАДИОМЕТРИИ

ООО «Лаборатория спектрометрии и радиометрии»

LSRM SpectraLine

Gamma-spectrum processing report from 05.06.2011

Spectrum: C:\LSRM\Work\trans-spec_DX-100#7454\Spe\69x10_970115_9,69r.Spc
Configuration: Handy(HPGe)
Measurement date: 21-03-2011 7:11:58
Live time: 1971.78 с.
Real time: 1976.20 с.
Comment: Detector :DSPP-282
Sample : образец руды

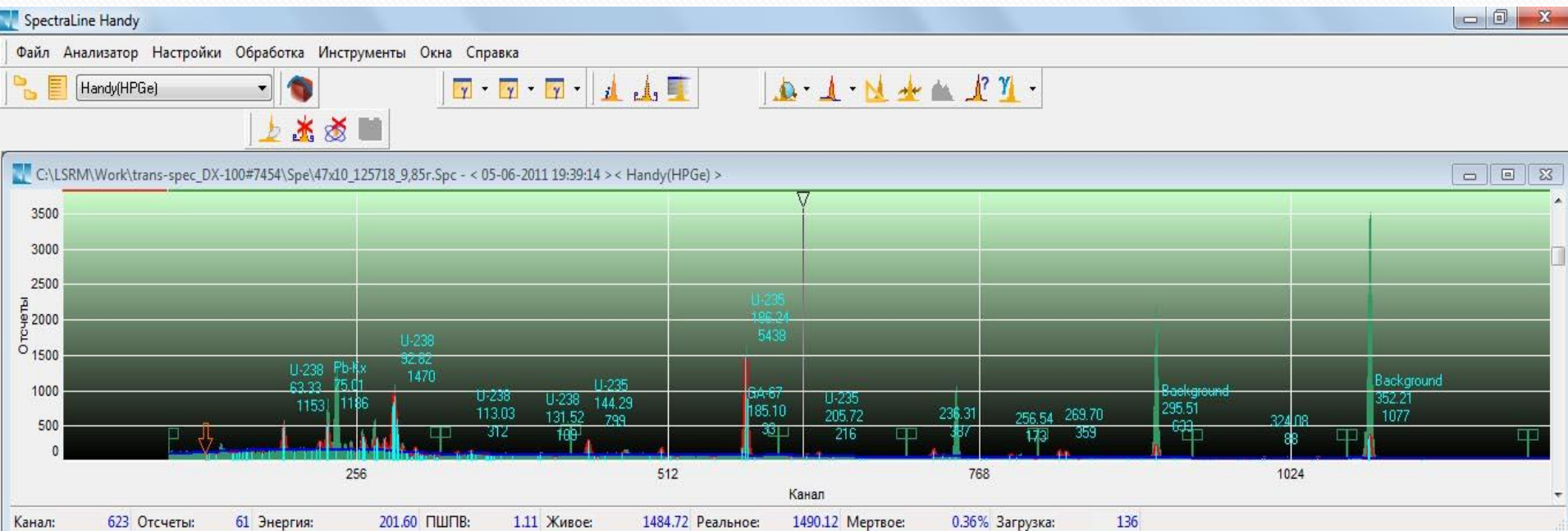
Processing result on 21.03.2011:

Nuclides	Area, [impulse]	Absolute error, [impulse]	Activity, кБк/кг	Relative error, %
Th-Ka	3200	1500	210	50
U-238	350	70	35	17
Background	2500	160	0	

Operator:

Ковальский Е.А.

Определение урана в лаборатории-2 образца с различным содержанием



Моделирование геометрии детектора

Efficiency and true coincidence factors calculation

File Additional

Calculate

Efficiency

Geometry: 60percentHPG.U;sample

Energy scale, keV

Emin: 50.00 Points number: 25 Set scale

Emax: 2000.00 Logarithmic

Tests number: 1E+06

Nuclide / Energy	Intensity	Efficiency
50	4	0
58.307	4	0
67.995	4	0
79.292	4	0
92.466	4	0
107.83	4	0
125.74	4	0
146.64	4	0
171	4	0
199.41	4	0
232.54	4	0
271.17	4	0
316.23	4	0
368.77	4	0
430.04	4	0
501.48	4	0
584.8	4	0
681.97	4	0
795.27	4	0
927.4	4	0
1081.5	4	0
1261.2	4	0
1470.7	4	0
1715.1	4	0
2000	4	0

Geometry master

Файл O программе

Детектор Источник

Тип детектора: Коаксиал/Планар

Размеры, см | Материалы

- Диаметр кристалла: 8.4
- Высота кристалла: 6.3
- Диаметр отверстия кристалла: 1.86
- Глубина отверстия кристалла: 2.63
- Толщина мертвого слоя 1: 0.07
- Толщина мертвого слоя 2: 0.07
- Толщина мертвого слоя 3: 0.07
- Толщина мертвого слоя 4: 0.07
- Толщина мертвого слоя 5: 0.07
- Толщина упаковки сбоку: 0.1
- Расстояние кристалл-крышка: 0.35
- Диаметр крышки: 9.5
- Толщина крышки сверху: 0.15
- Толщина крышки сбоку: 0.15
- Толщина крышки снизу: 0.15
- Толщина рассеивателя: 3

0.15, 0.07, 8.4, 0.07, 0.35, 6.3, 1.86, 0.07, 2.63, 0.1, 0.07, 0.07, 0.07, 0.07, 0.1, 0.35, 9.5, 0.15, 0.15, 0.15, 3, 9.5, 0.15

0% Start

Total percentage 0% Start

Saving query

Calculate

Preview data

Save .efr file

Load .tcf file

Save .tcf file

Моделирование геометрии источника в близкой геометрии (точка, цилиндр (фильтр, чашка Петри, бутылка и т.д.), сосуд Маринелли)

Efficiency and true coincidence factors calculation

File Additional

Calculate
 Efficiency
 Factors

Geometry
60percentHPG;U;sample
Create View/Edit

Energy scale, keV
Emin 50.00 Points number 25 Set scale
Emax 2000.00 Logarithmic

Tests number 1E+06

Nuclide / Energy	Intensity	Efficiency
50	4	0
58,307	4	0
67,995	4	0
79,292	4	0
92,466	4	0
107,83	4	0
125,74	4	0
146,64	4	0
171	4	0
199,41	4	0
232,54	4	0
271,17	4	0
316,23	4	0
368,77	4	0
430,04	4	0
501,48	4	0
584,8	4	0
681,97	4	0
795,27	4	0
927,4	4	0
1081,5	4	0
1261,2	4	0
1470,7	4	0
1715,1	4	0
2000	4	0

Geometry master

Файл О программе

Детектор Источник

Тип источника: Цилиндр

Размеры, см | Материалы

Диаметр стакана 4
Высота стакана 1
Толщина боковой стенки стакана 0.1
Толщина дна 0.1
Высота источника 0.79
Расстояние до детектора 0

0.79 4 1 0.1 0

0%

Total percentage 0%

Star

Star

Saving query
Calculate

Preview data
Save .efr file

Load .tcf file
Save .tcf file

Расчет кривой эффективности

Эффективность регистрации

Файл Действия Настройки отображения Справка

Открыть паспорт... C:\LSRAM\Work\Handy\Handy(HPGe)\D:

Источник / Нуклид	Геометри...	Дата / П...	Комп...
Eu-152	OSGI	22.01.2007	OSGI...
Co-60	OSGI	22.01.2007	-
Ba-133	OSGI	22.01.2007	-
Am-241	OSGI	01.11.2006	OSGI...
Ti-44	OSGI	01.11.2006	-
Th-228	OSGI	01.11.2006	-

1E-1

1000 кэВ

Степень полинома

Зона 1 Степень: 6

Нуклид / Энергия, кэВ	Геометр...	Материал	Детектор	Эффективность	Погрешность	Площадь	Погрешность	Интенсивность
EuReg (EuReg)	Usample		60percentHPG					
50				4.61E-02	0.7	0.18	1.2	4
58.307				8.63E-02	0.5	0.35	1.1	4
67.995				1.32E-01	0.4	0.53	1.1	4
79.292				1.74E-01	0.4	0.7	1.1	4
92.466				2.09E-01	0.3	0.84	1.1	4
107.83				2.29E-01	0.3	0.92	1.1	4
125.74				2.28E-01	0.3	0.91	1.1	4
146.64				2.24E-01	0.3	0.9	1.1	4
171				2.11E-01	0.3	0.84	1.1	4
193.41				1.96E-01	0.4	0.78	1.1	4
232.54				1.78E-01	0.4	0.71	1.1	4
271.17				1.62E-01	0.4	0.65	1.1	4
316.23				1.45E-01	0.4	0.58	1.1	4
359.77				1.2E-01	0.4	0.52	1.1	4

Эффективность регистрации

Открыть...

Сохранить как...

Добавить данные из файла

Фильтр

Применить ко всем данным

Погрешность 10.0

Геометрия

Материал

Детектор

Обработка спектра пробы 9,69 г



ЛАБОРАТОРИЯ
СПЕКТРОМЕТРИИ
И РАДИОМЕТРИИ

ООО «Лаборатория спектрометрии и радиометрии»

LSRM SpectraLine

Gamma-spectrum processing report from 05.06.2011

Spectrum: C:\LSRM\Work\trans-spec DX-100#7454\Spe\69x10 970115 9,69r.Spc
Configuration: Handy(HPGe)
Measurement date: 21-03-2011 7:11:58
Live time: 1971.78 с.
Real time: 1976.20 с.
Comment: Detector : DSPP-282
Sample :

Processing result on 21.03.2011:

Nuclides	Area, [impulse]	Absolute error, [impulse]	Activity, кБк/кг	Relative error, %
U-238	4400	1900	12.0	20
U-235	5500	2700	1.43	12
Pb-Kx	< 5000		0.29	70
Th-Ka	< 4000		0.20	80
RA-226	< 1900		0.13	30

Обработка спектра пробы 9,85 г



ЛАБОРАТОРИЯ
СПЕКТРОМЕТРИИ
И РАДИОМЕТРИИ

ООО «Лаборатория спектрометрии и радиометрии»

LSRM SpectraLine

Gamma-spectrum processing report from 05.06.2011

Spectrum: C:\LSRM\Work\trans-spec DX-100#7454\Spe\47x10 125718 9,85r.Spc
Configuration: Handy(HPGe)
Measurement date: 21-03-2011 9:11:49
Live time: 1484.72 с.
Real time: 1490.12 с.
Comment: Detector: DSPP-282
Sample :

Processing result on 21.03.2011:

Nuclides	Area, [impulse]	Absolute error, [impulse]	Activity, кБк/кг	Relative error, %
U-238	< 15000		17	23
U-235	8000	4000	2.6	12
Pb-Kx	< 10000		0.8	40
Th-Ka	< 9000		0.6	60

Финальный протокол



ПРОТОКОЛ
обработки ~~гамма-спектра~~
от 05.06.2011

Спектр: U-970115,U-125718
Конфигурация: Handy(HPGe)
Дата измерения: 30-01-2011 8:44:55
Живое время: 300.00 s.
Реальное время: 311.00 s.
Комментарий: Урановая руда

Содержание урана в образце №970115 составляет: 1.8 ± 0.2 г/кг

Содержание урана в образце №125718 составляет: 2.7 ± 0.2 г/кг

Доклад представлен

Пономаренко Андрей Викторович, к.т.н., - оборудование
Менеджер по оборудованию ЗАО «Приборы»
+7(916)0194412 моб, +7(495)9374594 раб, adron@pribori.com
-докладчик

Даниленко Владимир Николаевич, к.т.н.,- программное обеспечение
Директор ООО «ЛСРМ»,+ 7(985)9705233 моб.

Бахур Александр Евстафьевич, к.т.н.,- методическое обеспечение
Начальник отдела ФГУП «ВИМС»
+7(495)9503421