



ЛАБОРАТОРИЯ спектрометрии и радиометрии

141570, Россия, Московская область, Солнечногорский район, п. Менделеево, Льяловское шоссе, д. 1А, комн. 315, ООО "ЛСРМ"

Тел./факс: +7 (495) 660-16-14

E-mail / сайт: lsrm@lsrm.ru / www.lsrm.ru

SpectraLineNM

**Комплекс программного обеспечения для анализа
ядерных материалов.**

Основные отличия от SpectraLineGP.

Руководство пользователя.

Россия, 141570, п. Менделеево, Солнечногорский район,
Московская обл., Льяловское ш.1а, ООО "ЛСРМ"
тел./факс:+7 495 660-16-14
<http://www.lsrm.ru> E-mail: lsrm@lsrm.ru

© Copyright. Все права защищены.

Данный документ содержит достоверные сведения, касающиеся программного продукта, и пользователь должен ему следовать. Внесения изменений в данный документ возможно без предварительного уведомления пользователя. Изменение, тиражирование и распространение пользователем данной документации в коммерческих целях без письменного уведомления ООО «ЛСРМ» является незаконным. Все материалы в данном документе, включая рисунки, схемы и текст, являются собственностью ООО «ЛСРМ».

Контактная информация:

141570 п. Менделеево Солнечногорского р-на Московской обл.

Льяловское ш. д.1а , ООО «ЛСРМ»,

WWW: <http://www.lsrn.ru>

В данном руководстве приняты следующие соглашения:

- **жирным шрифтом** выделяются названия меню, кнопок и других управляющих элементов,
- *курсивом* выделяются ссылки на другие документы, разделы, а также ключевые понятия и термины,
- **жирным курсивом** выделяются замечания и предупреждения,
- знаком * отмечены те управляющие элементы интерфейса, которые в настоящее время не используются.

Содержание

1	Введение	1
2	Функции для анализа ядерных материалов.	1
2.1	Определение изотопного состава плутониевых образцов	1
2.2	Определение степени обогащения урановых образцов	1
2.2.1	По линии 186 кэВ U-235, для бесконечных образцов.....	1
2.2.2	По отношению активностей изотопов урана рассчитанному по области 90-100 кэВ.....	1
2.2.3	По отношению активностей изотопов урана рассчитанному по области 140-260 кэВ.....	2
3	Основные особенности программы SpectraLineNM по сравнению SpectraLineGP	2
3.1	DLL-модули для анализа ЯМ	2
3.1.1	Lcalc_compositionPu-состав плутония.....	2
3.1.2	Lcalc_enrichmentU-обогащение урана	2
3.2	Команды сценария	3
3.2.1	recalibrate	3
3.2.2	xraypatterns	3
3.2.3	showwindow(CompositionPu)	3
3.2.4	showwindow(enrichmentU)	3
3.3	Опция расчета степени обогащения урана по линии 186 кэВ U-235, для бесконечных образцов.....	4
3.4	Демонстрационные конфигурации	5
4	Видеоролики	5
5	Документация	5

1 Введение

Программный комплекс SpectraLineNM предназначен для анализа ядерных материалов - определения изотопного состава плутониевых образцов и степени обогащения урановых образцов.

SpectraLineNM является продуктом семейства Lsrn2005 и, соответственно, поддерживает все сервисные и функциональные возможности программ этого семейства. Программа построена на комплексе **SpectraLineGP** и дополнена функциями для анализа ядерных материалов. Настоящее руководство является дополнением к документу «SpectraLineGP- Рруководство пользователя» .

2 Функции для анализа ядерных материалов.

2.1 Определение изотопного состава плутониевых образцов

Массовое содержание изотопов плутония рассчитывается исходя из соотношений активности этих изотопов.

Для учета поглощения гамма-излучения в материале образца и стенках контейнера реализована процедура градуировки по относительной эффективности регистрации с использованием гамма-линий самого образца, т.н. калибровка по образцу

В качестве линий, по которым производится калибровка, могут быть использованы линии как Pu-239, так и Am-241. Это позволяет проводить калибровку с высокой степенью точности как для оружейного, так и реакторного плутония.

Содержание Pu-240, которое непосредственно не измеряется, рассчитывается из корреляционных соотношений.

По соотношению Pu-241 и Am-241 рассчитывается время выделения образца.

Расчет реализован с помощью сценариев обработки, которые могут быть изменены самостоятельно пользователем для конкретных условий измерения.

2.2 Определение степени обогащения урановых образцов

Реализовано три метода определения обогащения урана

2.2.1 По линии 186 кэВ U-235, для бесконечных образцов

Степень обогащения урана R определяется путем сравнения площадей пиков линии 186 кэВ U-235 в измеряемом и калибровочном образцах с коррекцией на различия в эффективности регистрации и в матрице соединения урана:

$$R = \frac{S}{S_c} \cdot R_c \cdot F$$

где S и S_c - площади пиков линии 186 кэВ измеряемого и калибровочного образца, соответственно;

R_c - степень обогащения калибровочного образца;

F - корректирующий фактор.

Корректирующий фактор F рассчитывается теоретически и учитывает различия самопоглощения гамма - квантов в материале образца и поглощение в стенке контейнера, а также различие в концентрациях урана измеряемого и калибровочного образца.

Следует отметить ,что ввиду сильного поглощения линии 186 кэВ в соединениях урана это излучение практически не проникает с глубины образца более 1- 2 см, в зависимости от вида соединения.

2.2.2 По отношению активностей изотопов урана рассчитанному по области 90-100 кэВ.

Массовое содержание изотопов урана рассчитывается исходя из соотношений активности этих изотопов.

Для учета поглощения гамма-излучения в материале образца и стенках контейнера проводится градуировка по относительной эффективности регистрации с использованием линий флуоресценции урана.

Наличие рентгеновских линий в этом диапазоне делает обязательным учет лоренцовского уширения этих линий.

Сложный спектр гамма- и рентгеновского излучения в этом диапазоне делает возможным использование этого метода только в случае детекторов высокого разрешения.

2.2.3 По отношению активностей изотопов урана рассчитанному по области 140-260 кэВ.

Массовое содержание изотопов урана также рассчитывается исходя из соотношений активности этих изотопов, которое определяется по гамма-линиям этого диапазона, основные из которых 143, 163, 186, 205 кэВ – U-235, 258 кэВ - U-238.

В силу низкой интенсивности линии 258 кэВ метод не может быть использован для высокообогащенного урана. Точность его невысока. Достоинством является возможность использования в спектрометрах низкого разрешения.

3 Основные особенности программы SpectraLineNM по сравнению SpectraLineGP

Функции анализа ЯМ реализованы путем специальных DLL-модулей и специальных команд сценария.

3.1 DLL-модули для анализа ЯМ

3.1.1 *Lcalc_compositionPu*-состав плутония

Модуль обеспечивает пересчет активности изотопов Pu и других ядерных материалов в соотношение массовых концентраций и визуализацию соответствующей формы на экране монитора

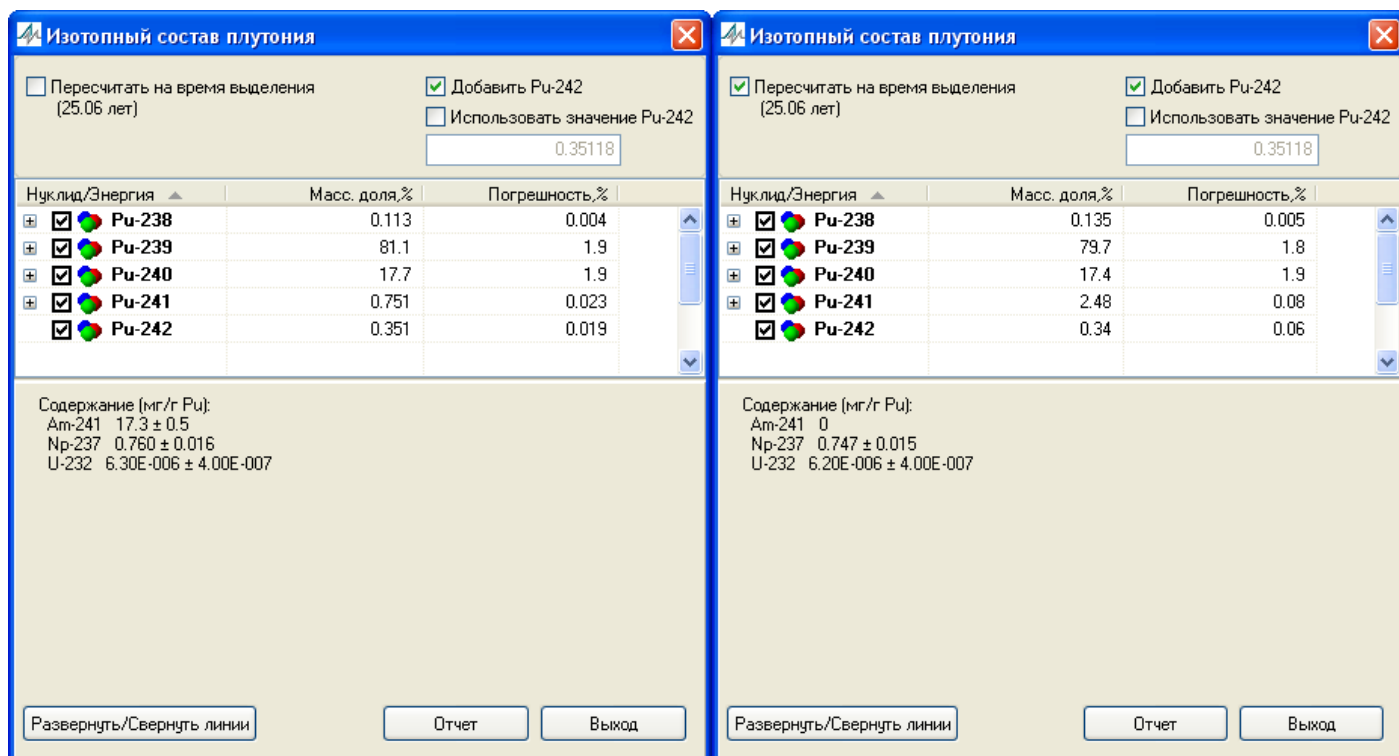


Рисунок 1 Изотопный состав плутониевого образца на время измерения

Рисунок 2 Изотопный состав плутониевого образца на время выделения

3.1.2 *Lcalc_enrichmentU*-обогащение урана

Модуль обеспечивает пересчет активности изотопов U и других ядерных материалов в соотношение массовых концентраций и визуализацию соответствующей формы на экране монитора

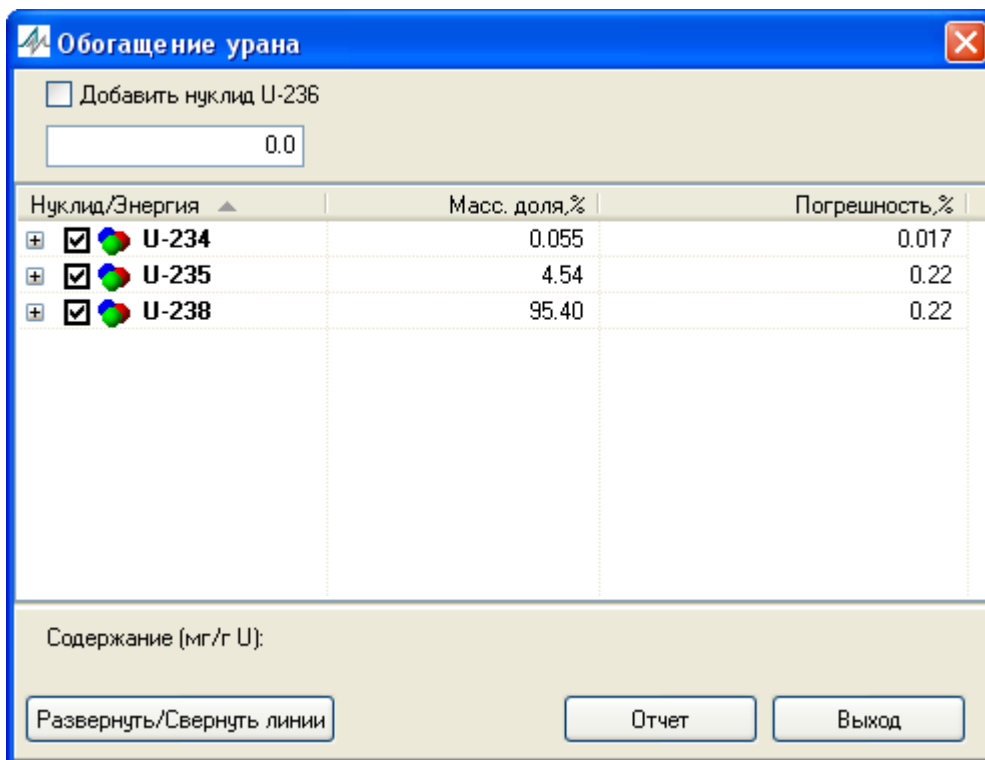


Рисунок 3 Изотопный состав урана

3.2 Команды сценария

Расчет изотопного состава ядерных материалов реализован с помощью сценариев обработки, см. документ *SpectraLine_Сценарии.doc*. Для реализации методик измерения изотопного состава ядерных материалов были разработаны специальные команды сценария.

3.2.1 *recalibrate*

Позволяет производить перекалибровку по относительной эффективности регистрации по измеряемому образцу. Предварительно в спектр должны быть загружены линии для калибровки из библиотеки, допустим, с помощью команды **loadzones**.

Формат команды:

recalibrate(

IdWindow, - окно идентификации в кэВ,

[**E1,E2....En**] - список энергий линий в кэВ, по которым проводится калибровка
);

3.2.2 *xraypatterns*

Позволяет построить пик-образ для рентгеновских, уширенных по Лоренцу, линий.

Формат команды:

xraypatterns(

[**E1, Fw1, E2, Fw2 ...En, Fw**] –список энергий в кэВ и собственных ширин линий для которых будут построены рентгеновские секции пика-образа
);

3.2.3 *showwindow(CompositionPu)*

Вызывает окно просмотра изотопного состава плутония.

3.2.4 *showwindow(enrichmentU)*

Вызывает окно просмотра степени обогащения урана.

3.3 Опция расчета степени обогащения урана по линии 186 кэВ U-235, для бесконечных образцов.

В программе SpectraLine NM провести измерения относительным методом по текущему спектру можно, если выбрать в главном меню программы пункт

«Обработка» - «Степень обогащения урана» или нажать соответствующую кнопку на панели инструментов. После этого появится диалоговое окно (Рис. 4). В этом окне имеется возможность выбрать материал образца и тип контейнера, параметры детектора и коллиматора. Также в окне отображается список доступных калибровок по эффективности и их параметры.

Чтобы провести калибровку по эффективности для текущего спектра образца необходимо нажать кнопку «Калибровать». После этого программа предложит ввести степень обогащения урана для образца (Рис.5) и произведет расчет.

Чтобы произвести расчет степени обогащения необходимо нажать кнопку «Рассчитать». После этого будет произведен расчет степени обогащения, используя предварительно рассчитанную калибровку для типа контейнера материала образца и коллиматора. Если калибровки с подходящими параметрами нет, то для расчета будет взята ближайшая по эффективности. Окно результатов расчета степени обогащения представлено на (Рис. 6). В этом окне пользователь может ввести дополнительные параметры измерения и распечатать отчет.

Расчет степени обогащения U

Материал образца

Название: Уран Атомная масса: 238

Контейнер
 Контейнер в таре Контейнер без тары

Марка контейнера UF6-8mm Радиус 40.8 Высота 181.6

Детектор, коллиматор
Детектор HPGe(Соaxial)
Эффективное расстояние, см Диаметр, см
Расстояние, см Высота, см

Доступные калибровки

Материал	Контейнер	Диаметр	Высота	Степень обогащения	Эффективность
Гексафторид урана	UF6-14mm	5	4	50	0.18376
Гексафторид урана	ТУК 48У	5	4	0.33	0.10376
Гексафторид урана	ТУК -30	5	4	4.8	0.14387
Гексафторид урана	ТУК -30М	5	4	4.9	0.12703
Уран	UF6-8mm	5	4	85	0.1749

Рисунок 4 Окно расчета степени обогащения относительным методом

Введите степень обогащения

Рисунок 5 Ввод степени обогащения для калибровки

Рисунок 6 Окно результатов расчета

3.4 Демонстрационные конфигурации

В состав дистрибутива входят демонстрационные конфигурации, содержащие спектры сертифицированных плутониевых и урановых образцов с сайта Laboratoire National Henri Becquerel, а также спектры урановых образцов, измеренные в Институте ядерных исследований НАН Украины.

- **Pu**
 - Pu-HPGe(Coaxial)- спектры плутония от коаксиального детектора с сайта http://www.nucleide.org/Spectra_WG/Plutonium_spectra.htm
 - Pu-HPGe(Planar) – те же спектры от планарного детектора
- **U**
 - U-HPGe(Coaxial) – спектры урана от коаксиального детектора с сайта http://www.nucleide.org/Spectra_WG/Uranium_spectra.htm
 - U-HPGe(Planar) – те же спектры от планарного детектора
 - U-INR-HPGe(Planar) – спектры стандартных урановых образцов с большой статистикой

4 Видеоролики

Для ознакомления с работой программы в разных режимах в директории .../Lsrnm/ SpectraLineNM/Doc/Video находятся следующие видеоролики:

- SpectraLine_Калибровка_по_энергии.avi
- SpectraLine_Набор_и_обработка.avi
- SpectraLineNM_Определение_изотопного_состава_Pu.avi
- SpectraLineNM_Расчет_степени_обогащения_U.avi

5 Документация

1. SpectraLineGP- Пруководство пользователя
2. SpectraLine_Сценарии.doc

Приложение I Служба сопровождения и поддержки

141570 п. Менделеево Солнечногорского р-на Московской обл.

Льяловское ш. д.1а , ООО «ЛСРМ»,

тел./факс:+7 495 660-16-14

WWW: <http://www.lsrn.ru>

- Даниленко Владимир Николаевич, E-mail danilenko@lsrn.ru
- Ковальский Евгений Анатольевич, E-mail kovalsky@lsrn.ru
- Скубо Юлия Владимировна, E-mail skubo@lsrn.ru