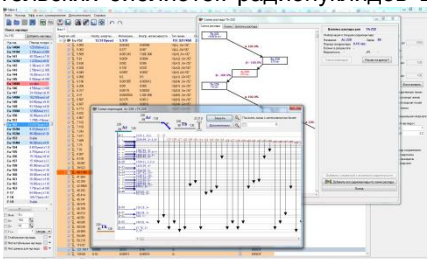


## Nuclide Master

### Nuclide Master

#### НАЗНАЧЕНИЕ

Программа Nuclide Master предназначена для получения информации о параметрах радиоактивного распада и формирования пользовательских библиотек радионуклидов в формате, принятом в семействе программ ЛСРМ.



#### БАЗА ДАННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ

База данных по параметрам распада содержит информацию о более чем 3000 радионуклидах (с учетом метастабильных состояний). В комплект поставки входят данные из следующих источников:

- 1) данные из ENSDF-файла (Evaluated Nuclear Structure Data File) с сайта Брукхейвенской лаборатории, дополненные данными по рентгеновским линиям из TOI (table of isotopes);
- 2) данные ЛСРМ по U-235;
- 3) данные лаборатории Анри Беккереля (Data Decay Evaluation Project);
- 4) стандартные справочные данные (ССД), утвержденные Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (свидетельство №273 от 31 октября 2013 г.);
- 5) данные Joint Evaluated Fission and Fusion File (JEFF) Агентства по ядерной энергии.

Информация по параметрам радиоактивного распада включает:

- периоды полураспада радионуклидов;
- типы распада;
- энергии уровней;
- коэффициенты конверсии;
- энергии и интенсивности гамма- и альфа-линий;
- энергии и интенсивности бета-переходов;
- энергии и интенсивности рентгеновских линий, Лоренцево уширение для рентгеновских K-линий на основе TOI (table of isotopes).

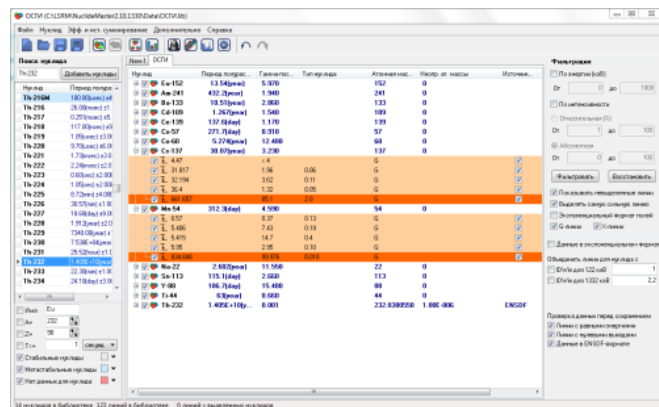
Помимо источников данных, входящих в комплект поставки, в Nuclide Master предусмотрена возможность создания пользовательских версий параметров радиоактивного распада:

- изменение параметров нуклидов и линий и сохранение их в базе данных с указанием источника данных;
- создание источника данных на основе библиотеки;
- загрузка изменений для выбранного источника данных;
- просмотр и сравнение параметров линии, взятых из нескольких источников данных;
- загрузка первоначальных данных ENSDF или других источников, входящих в базу данных.

#### ФОРМИРОВАНИЕ БИБЛИОТЕКИ

Программа позволяет просматривать списки гамма- и альфа-линий и сохранять их в текстовом файле в формате, принятом в семействе программ ЛСРМ.

Сервисные функции программы позволяют упорядочивать данные по энергии, интенсивности и т.д., а также исключать какие-то данные, например, линии с низкой интенсивностью. Возможно формирование списка линий всех радионуклидов, находящихся в цепочке распада родительского.



В версии 2.10 и выше предусмотрена возможность сохранения **индекса линии** – ее уникального номера в базе данных параметров радиоактивного распада.

Механизм индексации позволяет установить однозначное соответствие между линией в библиотеке и линией в базе данных, в отличие от автоматической идентификации линии по ее параметрам (например, в пределах окна идентификации), при которой может быть найдено несколько решений, не найдено ни одного или найдено неверное соответствие. Индексация особенно важна при использовании данных из разных источников, например ENSDF, DDEP. С помощью индексации можно установить соответствие между одной линией в библиотеке и несколькими линиями в базе данных. Это может быть полезно в том случае, если несколько близких линий были объединены.

При создании новой библиотеки индекс линии добавляется автоматически. Библиотеки в старом формате могут быть дополнены с помощью специального окна в ручном или автоматическом режиме с возможностью дальнейшего редактирования.

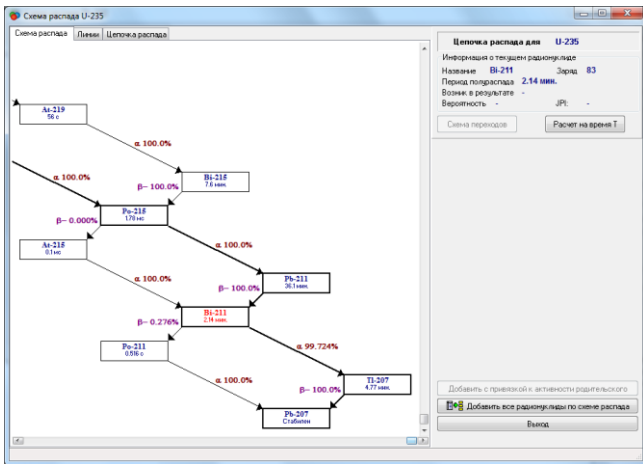
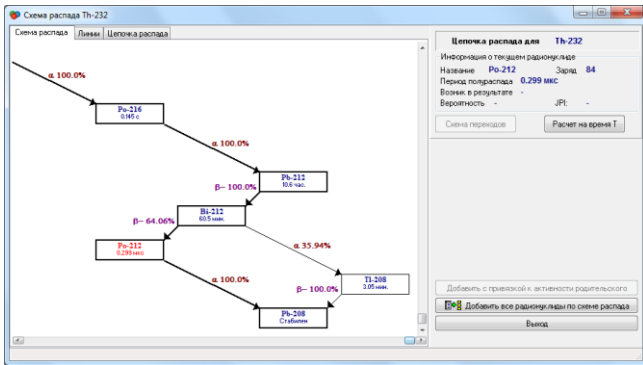
В программе предусмотрена возможность **поиска по базе данных линий, близких к выбранной**. Поиск возможен:

- в пределах окна идентификации;
- в пределах диапазона энергий;
- среди линий текущего нуклида;
- среди всех нуклидов в базе данных;
- среди линий нуклида, включая дочерние или родительские по цепочке распада.

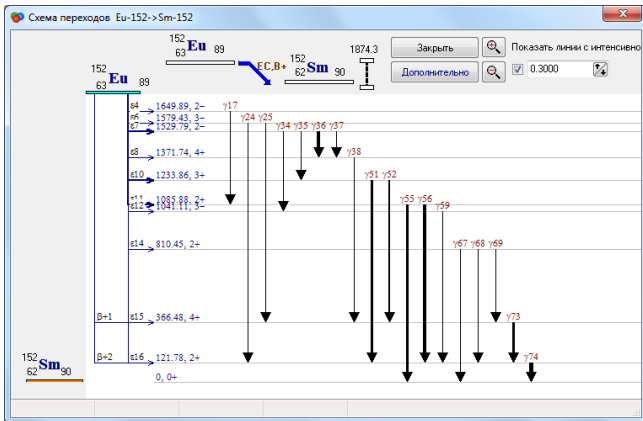
# ПРОСМОТР ЦЕПОЧЕК РАСПАДА

Программа позволяет:

- просматривать цепочку распада выбранного нуклида;



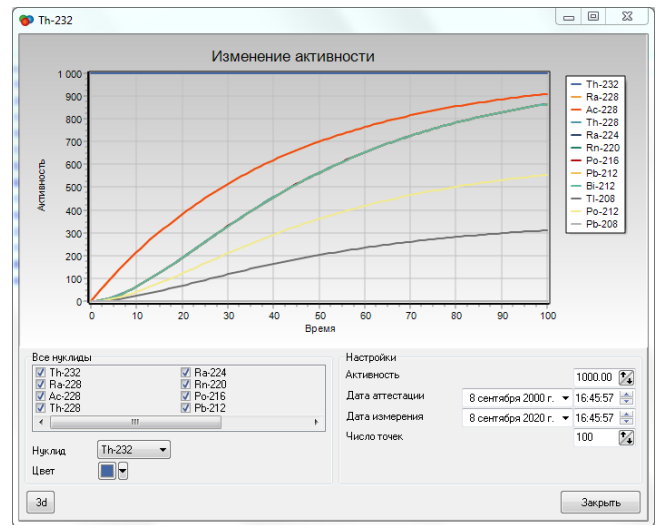
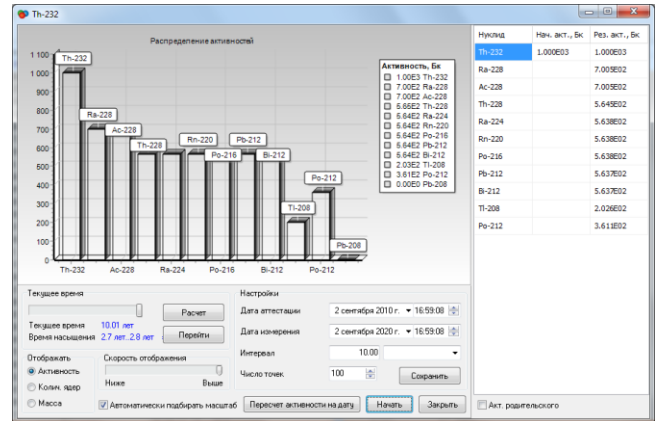
- просматривать схему переходов для выбранного в цепочке распада;



- пересчитывать значения активности нуклидов по цепочке распада на произвольную дату, в том числе прошедшую;

Известные активности	Рассчитанные активности				
Нуклид	Акт., Бк	дА, Бк	Нуклид	Акт., Бк	дА, Бк
Th-232	1,000E03	1,000E-01	Th-232	1,000E03	1,000E-01
Ra-228	1,000E03	1,000E-01	Ra-228	1,000E03	1,662E00
Ac-228	1,000E03	1,000E-01	Ac-228	6,939E-12	2,229E00
Th-228	1,000E03	1,000E-01	Th-228	1,000E03	4,254E02
Ra-224	1,000E03	1,000E-01	Ra-224	-1,643E-11	2,806E02
Rn-220	1,000E03	1,000E-01	Rn-220	-3,261E-11	2,791E02
Po-216	1,000E03	1,000E-01	Po-216	3,206E-11	2,791E02
Pb-212	1,000E03	1,000E-01	Pb-212	1,979E-11	2,789E02
Bi-212	1,000E03	1,000E-01	Bi-212	-2,986E-11	2,787E02
Tl-208	1,000E03	1,000E-01	Tl-208	6,554E04	1,218E03
Po-212	1,000E03	1,000E-01	Po-212	2,094E04	4,789E02

- динамически отображать изменение активности нуклидов по цепочке распада для заданного промежутка времени.



# УТИЛИТА СРАВНЕНИЯ БИБЛИОТЕК

Утилита **CNLUtility** предназначена для сравнения и редактирования библиотек радионуклидов и позволяет:

- сравнивать содержимое двух файлов библиотек или содержимое двух источников данных, входящих в базу Nuclide Master;
- формировать библиотеку радионуклидов на основе данных из другой библиотеки.

Сравнение библиотек проводится по следующим критериям:

- наличие радионуклида из одной библиотеки в другой библиотеке;
- наличие линии радионуклида из одной библиотеки в другой библиотеке: сравнение происходит по индексам линий или энергиям с учетом неопределенности;
- совпадение параметров нуклидов (линий).

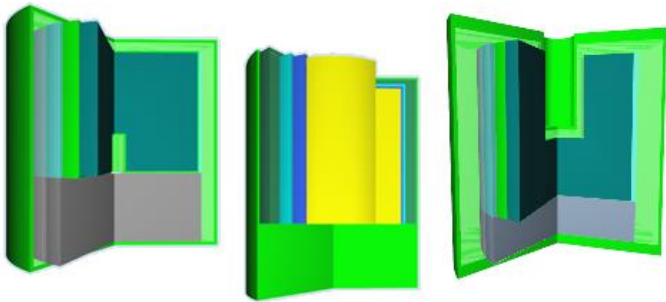
# Nuclide Master Plus

## НАЗНАЧЕНИЕ

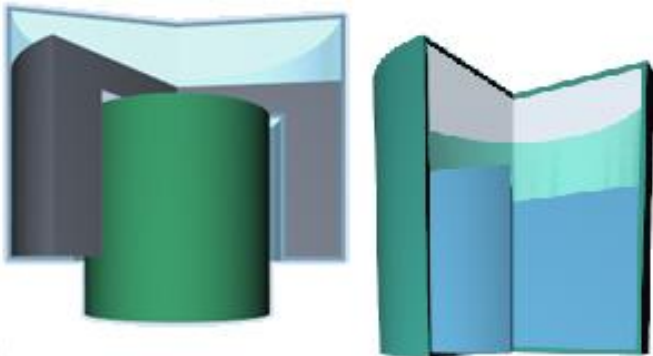
Nuclide Master Plus – это расширенная версия программы Nuclide Master, которая предназначена для расчета эффективности регистрации, спектров и поправок на истинное суммирование.

## ОБЛАСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ

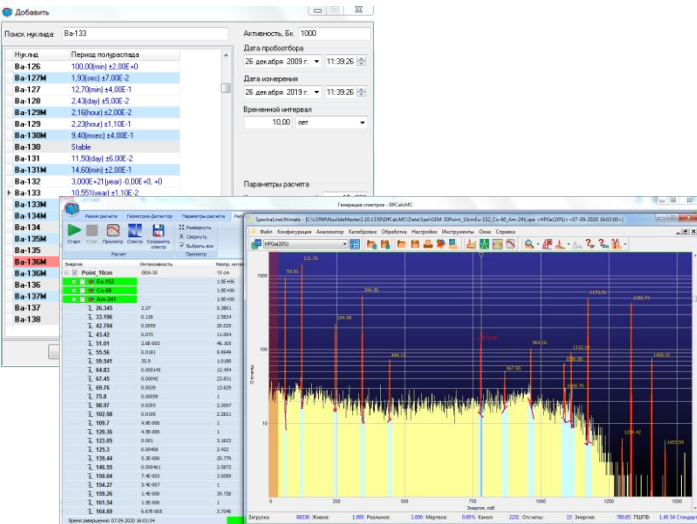
Расчет базируется на методе Монте-Карло с привлечением информации о характеристиках распада интересующего радионуклида, содержащейся в библиотеке оцененных данных по структуре атомных ядер ENSDF (Evaluated Nuclear Structure Data File). Расчеты могут быть проведены для полупроводниковых (коаксиальных, колодезных) и сцинтилляционных детекторов, которые сохраняются в базе данных, совместимой с программным комплексом EffMaker.



В качестве геометрий измерений могут использоваться сосуд Маринелли, цилиндр и точка.

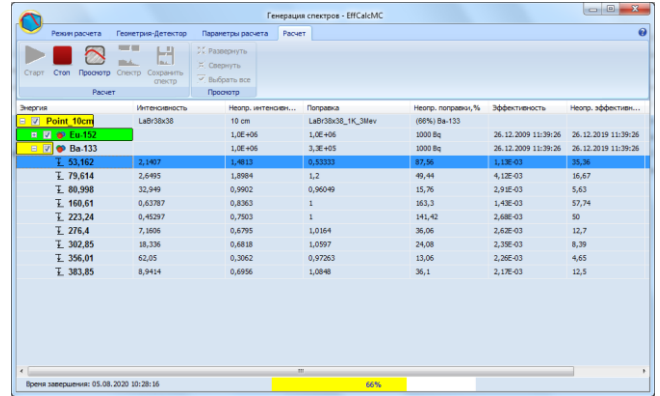


Спектр гамма-излучения может быть рассчитан для любого набора радионуклидов, входящих в базу данных Nuclide Master.

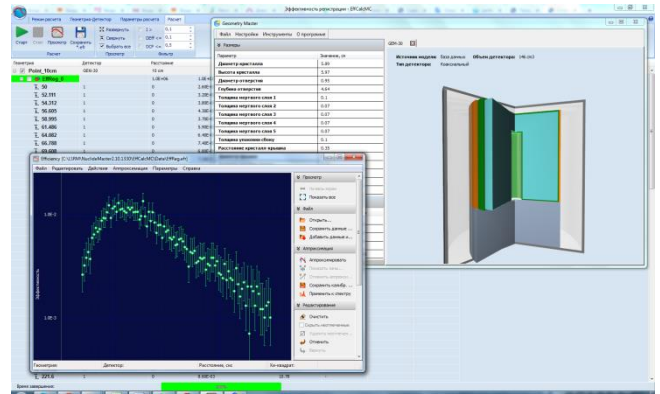


## ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГРАММЫ

- задание и сохранение в базе данных параметров детекторов и геометрии измерения;
- создание списков линий и радионуклидов;



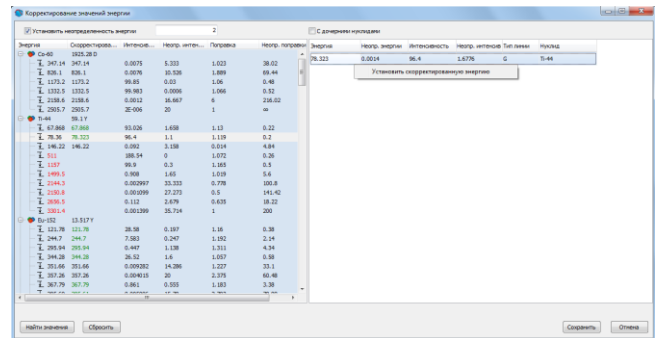
- расчет эффективности регистрации, коэффициентов коррекции эффекта истинного суммирования и гамма-спектров методом Монте-Карло;



- фильтрация данных;
- создание и дополнение библиотек поправок, которые могут быть подключены к программам семейства SpectraLine для учета эффекта истинного суммирования в процессе расчета активности;
- просмотр и сохранение данных в файле калибровки по эффективности регистрации;
- возможность пакетного расчета для нескольких геометрий и энергетических сеток.

## Обновление библиотек поправок, созданных в предыдущих версиях программы

Библиотеки поправок, созданные в старых версиях программы на основе файлов ENSDF/2, могут содержать значения энергий, не соответствующие значениям из базы Nuclide Master, в основе которой лежат данные ENSDF. Скорректировать значения энергий можно в пределах неопределенности и с учетом линий дочерних нуклидов по цепочке распада.



## РАСЧЕТ ПОПРАВОК

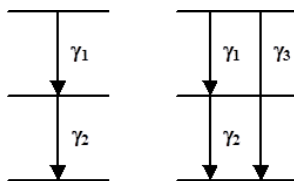
Эффект уменьшения либо увеличения числа зарегистрированных в пиках полного поглощения импульсов за счет истинного суммирования на выходе детектора представляет серьезную проблему во многих приложениях гамма-спектрометрии, которая может оказать сильное влияние на точность получаемых результатов. Nuclide Master Plus позволяет рассчитывать поправки на истинное суммирование для широкого списка гамма-излучающих радионуклидов и набора геометрий измерения, включающего сцинтилляционные и HPGe детекторы с точечным, а также объемными источниками в виде цилиндрического сосуда и сосуда Маринелли произвольных геометрических размеров.

Расчет базируется на методе Монте-Карло с привлечением библиотеки оцененных данных по структуре атомных ядер ENSDF.

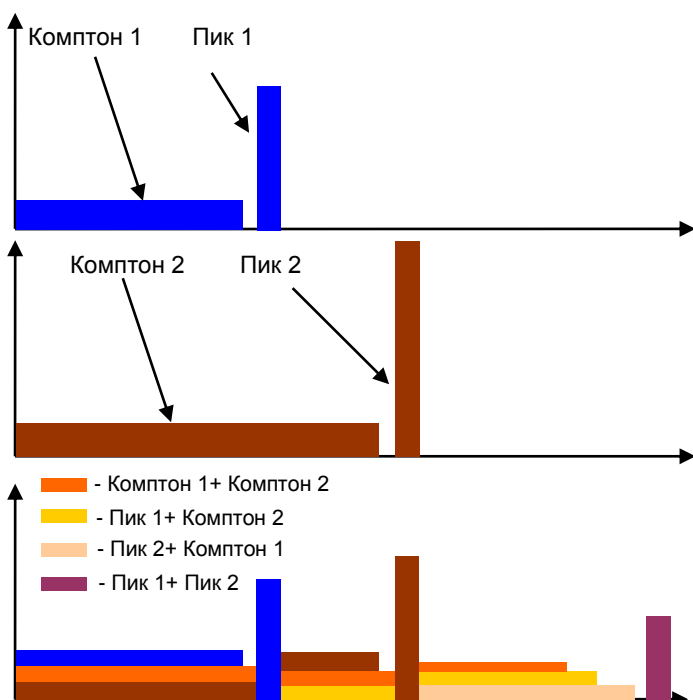
Высокая точность и надежность расчетов, подтвержденные многочисленными экспериментальными тестами, обеспечивается учетом процессов истинного суммирования, которые кроме гамма-гамма корреляций включают также корреляции гамма-лучей с аннигиляционными квантами, сопровождающими  $\beta^+$ -распад, а также рентгеновскими характеристическими квантами K- и L-серий, возникающими вследствие эффектов внутренней конверсии и K-захвата. Кроме того, учитывается пространственная неоднородность поля гамма-излучения (т.н. угловые корреляции гамма-лучей) и временная динамика распада, обусловленная конечными временами жизни возбужденных состояний дочернего ядра.

В версии 2.10 и выше добавлена возможность расчета электронного транспорта и полной эффективности регистрации.

Простейшие случаи каскадных гамма-переходов:

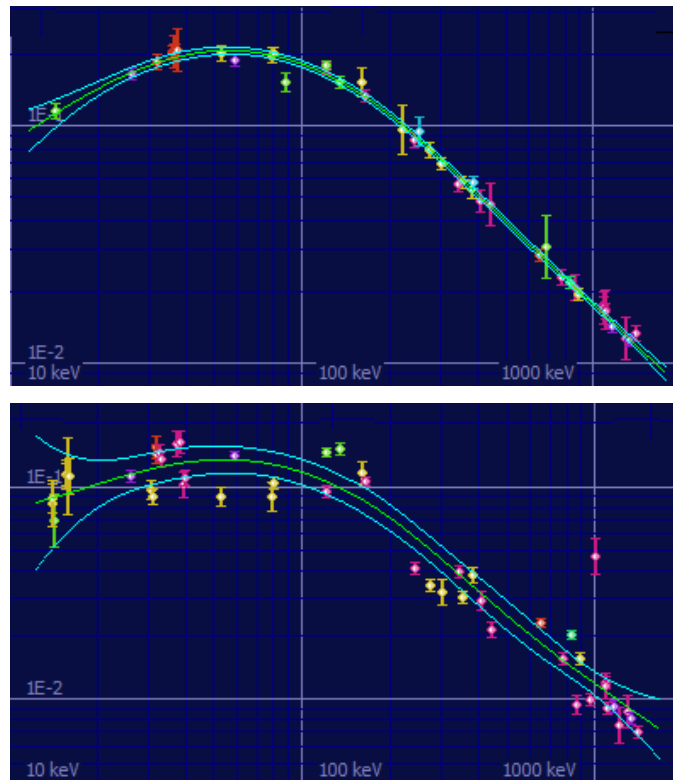


Деформация измеряемого гамма-спектра каскадного источника:



## ВЕРИФИКАЦИЯ

Экспериментальные кривые эффективности регистрации от точечного источника на крышке HPGe-детектора с эффективностью  $\sim 30\%$ , рассчитанные с учетом и без учета поправок на истинное суммирование.



## ТЕСТ МАГАТЭ

Отношения рассчитанных значений активности к паспортным, полученные по спектрам МАГАТЭ с использованием программы SpectaLine с учетом и без учета поправок на истинное суммирование.

Нуклид	Без поправок		С использованием поправок	
	A/A0	$\delta$	A/A0	$\delta$
<b>Сосуд Маринелли, HPGe-33%</b>				
Ba-133	0.93	0.04	0.975	0.034
Co-60	0.91	0.11	1.003	0.012
Cr-51	1.016	0.023	1.016	0.023
Eu-152	0.93	0.07	0.971	0.031
Na-22	0.80	0.12	0.988	0.028
<b>Цилиндрический сосуд, HPGe-96%</b>				
Ba-133	0.83	0.04	1.006	0.035
Co-60	0.81	0.12	1.004	0.018
Cr-51	0.982	0.025	0.982	0.025
Eu-152	0.85	0.09	1.036	0.027
Na-22	0.70	0.15	1.016	0.020

## ПУБЛИКАЦИИ

Берлизов А.Н., Даниленко В.Н., Казимиров А.С., Соловьева С.Л., Расчет поправок на истинное суммирование каскадных гамма-квантов на основе статистического моделирования с использованием оцененных ядерных данных - Атомная энергия, 2006, т. 100, вып. 5, с. 382-388.

[http://www.lsrn.ru/files/publications/Atomic\\_Energy\\_2006.pdf](http://www.lsrn.ru/files/publications/Atomic_Energy_2006.pdf)