ОПИСАНИЕ ПРОГРАММЫ ''GammaPRO''

2019 г.

Оглавление

Введение	4
1 Запуск программы	5
2 Структура программы и ее элементы	5
2.1 Основные элементы интерфейса	5
2.2 Главное меню	6
2.3 Главная панель инструментов	8
2.4 Панель Device Manager	10
3 Набор и сохранение спектра	18
4 Работа со спектром	20
4.1 Основные функции	20
4.2 Работа с пиком	24
4.3 Окно Material	26
4.4 Окно Prompt	27
5 Определение активностей радионуклидов методом окон	28
5.1 Расчет по одному спектру	28
5.2 Общий расчет по номеру пробы	31
5.3 Совместный бета – гамма расчет	32
5.4 Метод суперпозиции	32
5.5 Зоны интереса	33
6 Определение активностей радионуклидов методом анализа отдельных пиков	35
6.1 Общие положения	35
6.2 Порядок расчета активностей методом анализа отдельных пиков	37
6.3 Корректировка найденных пиков	40
6.4 Вставка и удаление пиков	41
6.5 Передача списка пиков в калибровку	43
6.6 База данных	44
7 Калибровка по энергии	46
8 Калибровка по ПШПВ и форме пика	49
9 Калибровка по эффективности	51
9.1 Общие положения	51
9.2 Выбор радионуклидов для калибровки	52
9.3 Порядок выполнения калибровки по эффективности	53
9.4 Управление спектрами	55
9.5 Создание проекта файла эффективности	56
9.6 Создание файла эффективностей из текстовой таблицы	56
10 Параметры	57
11 Пакетная работа со спектрами	59
12 Редактор библиотек радионуклидов	65
13 Редактор паспорта источника	66
14 Калибровка для расчета активности методом окон	68
14.1 Общие положения	68
14.2 Процедура создания файла калибровки	68
14.3 Калибровка для расчета содержания	70
14.4 Описание калибровочных коэффициентов	70
15 Лицензирование	71
Приложение 1. Структура файла калибровки (*.clb)	72
Приложение 2. Структура файла эффективности (*.efp)	73
Приложение 3. Структура файла паспорта источника (*.pks)	74
I I I I I I I I I I I I I I I I I I I	• •

Приложение 4. Расчет доверительных границ погрешности измерения	75
4.1 Метод окон	75
4.2 Определение активностей радионуклидов методом анализа отдельных пиков	76
Приложение 5. Расчет удельной эффективной активности природных радионуклидов	77
Приложение 6. Модуль Сценариум	78
6.1 Назначение	78
6.2 Запуск модуля Сценариум	78
6.3 Интерфейс модуля Сценариум	79
6.4 Контроль качества (метод окон)	82
6.5 Контроль качества (метод анализа пиков)	86
6.6 Команды модуля Сценариум	89
ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ	98

Введение

Программа "GammaPRO" предназначена для работы с полупроводниковыми и сцинтилляционными спектрометрами гамма-, бета- и альфа – излучения (например такими как TRIO, BOSON, AirSPEC, GCD, MCA-527, DSPEC и т.д.).

Программа "GammaPRO" обеспечивает одновременное и независимое управление всеми подключенными анализаторами и спектрометрическими устройствами, и предоставляет все необходимые для прикладной спектрометрии инструменты. Позволяет проводить измерение и обработку спектров, настройку параметров спектрометрических трактов и определение всех соответствующих метрологических характеристик.

В программе "GammaPRO" реализованы различные алгоритмы для определения активности в образцах (оконный метод с переопределенной матрицей, метод анализа отдельных пиков, метод суперпозиции). Для анализа спектров с высоким разрешением (спектры получаемые на полупроводниковых спектрометрах) имеется отдельный инструментарий (поиск пиков, аппроксимация гауссом, идентификация, построение кривых эффективностей и т.п.).

Программа "GammaPRO" имеет многооконный, легко настраиваемый, интерфейс и предоставляет широкие возможности для работы со спектрами (математические операции, пакетная обработка, применение специфических алгоритмов, конвертирование и трансляция в другие приложения). Автоматизацию рутинных измерений может обеспечивать использование системы штрих-кодирования и устройств смены счетных образцов.

"GammaPRO" имеет платформенно - модульную структуру, что позволяет дополнять программу модулями прикладных задач.

В программе реализованы подключаемые модули:

"Пакет" – обработка серии спектров;

"Профиль" – измерения при движении (автомобильный, вагонный вариант исполнения спектрометра-радиометра;

"СИЧ" – спектрометрия излучения человека (в конфигурации кресло и камера).

"Сценариум" – модуль обеспечивающий удаленный доступ к программе "GammaPRO", а также работу со сценариями

Системные требования:

Windows XP/Vista/7/8/10;

процессор с частотой 1 ГГц;

Порт USB версия 2.0 (для анализатора MCA-527, BOSON, MD198, MD198M) 256 Мб ОЗУ;

100 Мб свободного места на жестком диске;

клавиатура;

мышь.

1 Запуск программы

Программа "GammaPRO" запускается двойным щелчком левой кнопки мыши по иконке "GammaPRO" на рабочем столе Windows, либо через меню "Пуск"->"Программы"->"GammaPRO".



В процессе запуска программы она определяет включенные анализаторы и их статус. Если анализаторов указано много, то процесс загрузки может затянуться, при этом ход обнаружения отображается на заставке программы. Для того чтобы прервать соединение с включенными анализаторами нажмите на клавиатуре кнопку "**Esc**".

2 Структура программы и ее элементы

2.1 Основные элементы интерфейса

После загрузки программы на экране появится главное рабочее окно программы (рис.1).





Окно программы содержит четыре основных блока: - главное меню программы (Блок 1);

- главная панель инструментов, содержащая кнопки реализующие доступ к наиболее применяемым диалогам (Блок 2);

- менеджер устройств (Блок 3) – панель обеспечивающая переключение от одного спектрометрического тракта к другому;

- строка состояния (Блок 4).

2.2 Главное меню

Главное меню программы имеет следующие пункты :

Пункт **File** (см. рис.2):

File	Tools	Options	Window	Help				
	Open sp	pectrum						
	C:\GammaPRO\spe-g\test_06_mr_th_ps.asw							
	C:\GammaPRO\spe-g\13_mr_eu_op.asw							
	C:\GammaPRO\spe-g\15_mr_eu_ps.asw							
	C:\Gam	maPRO∖sp	be-g\14_m	r_eu_sm.asw				
	Exit							

Рисунок 2. Содержание элементов пункта меню **File**

С помощью подпункта меню **Open Spectrum** используя диалоговое окно, пользователь может открыть сохраненный ранее спектр.

Следующие четыре пункта позволяют быстро открыть недавно сохраненные спектры. Пункт **Exit** позволяет закрыть программу "**GammaPRO**".

Пункт **Tools** (см. рис.3):



Рисунок 3. Содержание элементов пункта меню **Tools**

Пункт меню Pack открывает окно для работы с множеством спектров (см. раздел 11).

Пункт **Database** позволяет открыть окно базы данных, файл которой указан в окне **Parameters** на вкладке **Files** (см. разд.10).

Пункт Scenarium вызывает окно модуля Scenarium, позволяющего выполнять т.н. сценарии или последовательности операций в программе "GammaPRO", а также выполнять контроль качества спектрометрических трактов и удаленный доступ к программе (см. Приложение 6).

В разделе **Tools** будут появляться названия подключаемых модулей, например, таких как **WBC** (СИЧ), **Profile** и др.

Пункт **Options** (см. рис.4):

File	Tools	Opt	ions	Window	Help		
			Passport of source		irce ed	itor	
			Log	Log			
			Para	imeters			
			Bar-	Bar-code		F5	
			Library editor				
			Device manager				
			Switch on analyser				
			Debugger				
			Rus	sian			

Рисунок 4. Содержание элементов пункта меню **Options**

Пункт меню Passport of source editor открывает окно, позволяющее формировать файлы паспортных данных источника (см. раздел 13), используемые в процедуре создания файлов калибровок по эффективности.

Пункт **Log** открывает окно журнала, в котором отображаются сохраненные результаты проведенных измерений. Данные в журнал можно передать, воспользовавшись пунктом "Add to log" из меню, которое вызывается нажатием кнопки (Options) в панели инструментов спектра.

Пункт **Parameters** открывает одноименное окно, содержащее общие настройки программы (см. раздел 10).

Пункт **Bar-code** открывает окно с информацией о введенном штрих-коде, из которого можно запустить измерение с автоматически заполненной информацией об источнике. Такое окно автоматически вызывается нажатием горячей клавиши F5.

Пункт Library editor предназначен для открытия диалогового окна позволяющего работать с файлами библиотек радионуклидов, а также создавать и редактировать свои библиотеки на базе уже имеющихся (см. раздел 12).

Так как панель **Device manager** (Блок 3, рис.1) имеет свойство отделяться от левого края главного окна программы, а также оно может быть закрыто, то благодаря пункту **Device manager** эту панель можно сделать снова видимой.

Пункт Switch on analyser позволяет включить все имеющиеся анализаторы сразу. То есть если анализаторы подключены к компьютеру физически и в программу внесены параметры каждого подключения, то данный пункт меню позволяет заменить последовательное нажатие на кнопку Switch On в окне Device configuration (см. рис. 11) для каждого спектрометрического тракта.

Для переключения языка интерфейса программы "GammaPRO" предназначен пункт меню Russian/English. После вызова данного пункта меню программа предупредит о смене языка и закроется. После повторного запуска программы интерфейс языка изменится.

Пункт Window (см. рис.5):



Рисунок 5. Содержание элементов пункта меню **Window**

Пункт меню **Mosaic** выводит окна спектра в виде "Мозаики". Пункт меню **Cascade** выводит окна спектра в виде "Каскада". Пункт меню **Minimize all** сворачивает все окна спектра в низ главного окна программы.

Пункт меню **Range measuring spectra** упорядочивает измеряемые спектры (имеющие статус 'спектр измерения') по порядку их открытия.

Пункт меню Close all закрывает все окна.

Пункт **Help** (см. рис.6):

File	Tools	Options	Window	Help	
					About
					Help

Рисунок 6. Содержание элементов пункта меню **Help**

Пункт меню **About...** выводит диалоговое окно с информацией о программе "GammaPRO", а также контактную информацию.

Пункт меню **Help** выводит информации о том, как работать с программой.

2.3 Главная панель инструментов

Панель инструментов программы "GammaPRO" выглядит, как показано на рисунке 1 (блок 2). Панель поделена на группы, которые могут быть перемещены друг относительно друга в пределах панели, или 'отклеены' от панели совсем и перемещены в другую область главного окна программы.

Панель содержит три группы (см. рис. 7):



Рисунок 7. Группы панели инструментов

Первая группа **Device manager** содержит следующие кнопки:

- Device configuration, вызов окна конфигурации анализатора (устройства), который выделен в данный момент в Device manager (рис.1, блок 3, столбец Analysers);

— - **Tract configuration**, вызов окна конфигурации спектрометрического тракта, который выделен в данный момент в **Device manager** (рис.1, блок 3, столбец Channels);

- Measurement parameters, вызов окна параметров измерений для спектрометрического тракта, который выделен в данный момент в Device manager (рис.1, блок 3, столбец Channels);

Calculation parameters, вызов окна параметров расчета (активности и пр.) для спектрометрического тракта, который выделен в данный момент в **Device manager** (рис.1, блок 3, столбец Channels);

- Spectrum view parameters, вызов окна параметров внешнего вида спектра (цвета элементов гистограммы, фона, осей и пр.) для спектрометрического тракта, который выделен в данный момент в Device manager (рис.1, блок 3, столбец Channels).

Вторая группа Calibrations содержит следующие кнопки:

- Energy calibration, вызов энергетической калибровки для тракта, который выделен в данный момент в Device manager (рис.1, блок 3, столбец Channels);

- **FWHM and shape calibration**, вызов калибровки по ПШПВ (Половина Ширины на Половине Высоты) и форме (форма левого края) пика для тракта, который выделен в данный момент в **Device manager** (рис.1, блок 3, столбец **Channels**);

- Efficiency calibration, вызов окна калибровки по эффективности. Вызов данного окна не связан с текущим выбранным анализатором и трактом.

Третья группа **Measurement** активна, только если для текущего тракта имеется реальное соединение с реальным анализатором. Группа содержит следующие кнопки:

- Start, запуск измерения в спектрометрическом тракте, который выделен в данный момент в Device manager (рис.1, блок 3, столбец Channels);

- Stop, останов измерения в спектрометрическом тракте, который выделен в данный момент в Device manager (рис.1, блок 3, столбец Channels);

- Read, принудительное считывание спектра из анализатора для текущего спектрометрического тракта, который выделен в данный момент в Device manager (рис.1, блок 3, столбец Channels);

- Clear, очистка буфера спектра в анализатора для текущего спектрометрического тракта, который выделен в данный момент в **Device manager** (рис.1, блок 3, столбец Channels).

Описанные выше кнопки панели инструментов продублированы во всплывающем меню **Device manager**. Так, например, контекстное меню столбца Analysers выглядит, как показано на рис. 8.



Рисунок 8. Контекстное меню столбца Analysers

Также, контекстное меню столбца Channels выглядит, как показано на рисунке 9.



Рисунок 9. Контекстное меню столбца Channels

2.4 Панель Device Manager

Панель **Device Manager** (рис. 1, блок 3) предназначена для переключения между анализаторами (устройствами) и трактами в пределах одного анализатора (если анализатор многотрактовый). Данное решение позволяет одновременно и оперативно управлять любым количеством подключенных к компьютеру устройств и спектрометрических трактов, осуществлять запуск измерений и проводить обработку.

Для того чтобы выбрать нужный анализатор и тракт достаточно кликнуть по нему левой кнопкой мыши в таблице. При выборе спектрометрического тракта в столбце **Channels** автоматически выбирается соответствующий ему анализатор. При клике по нужному анализатору в столбце **Analysers** будет автоматически выбран первый по счету тракт. (Пример. На рис.8 и 9 текущий анализатор 'MCA527', текущий тракт 'BDEG-63').

Как было отмечено выше, действие кнопок панели инструментов описанных в разделе 2.3 будет применяться для текущего выбранного тракта.

Для добавления или удаление анализатора в панель **Device Manager** предусмотрены кнопка и в заголовке таблицы (блок 1). При нажатии на кнопку будет продублирован анализатор и его тракты аналогично текущему (выделенному) в данном списке. Для удаление анализатора, из списка используемых, нужно выделить анализатор в таблице **Analysers** и нажать кнопку .

Столбец **Channels** дополнительно разделен на два столбца, первый из которых предназначен для отображения названия тракта, а во втором выводится таймер, показывающий оставшееся время измерения в секундах. Если поле пустое – измерения в канале остановлено или закончено (см. рис. 10).



Рисунок 10

2.4.1 Окно **Device configuration**

В случае нажатия на кнопку we в панели инструментов или выборе пункта Device configuration в контекстном меню столбца Analysers в панели Device Manager на экране появится окно как показано на рисунке 11.

Device configuration, BOSON	11. 4. 11. 11. 11. 11. 11. 11.	
Analyzer name	BOSON	
Status	Switched on	Switch off
Analyser type	BOSON	Switched on
Address		Port: COM13
Serial number	123	
<u> </u>		
	Close	

Рисунок 11. Вид окна Device configuration

Поле Analyser name – название анализатора, которое пользователь дает текущему устройству и которое отображается в столбце Analysers панели Device Manager.

Поле Analyser type – тип анализатора из списка совместимых устройств программы "GammaPRO".

Поля Address, Port – предназначены для указания в них IP адреса анализатора в сети, или адреса устройства на шине, или номера последовательного порта (включая виртуальный) в зависимости от типа устройства. Если поле Address не пустое, программа будет пытаться связаться с анализатором по данному сетевому адресу, в обратном случае программа будет перебирать имеющие последовательные порты в поисках возможного подключения к устройству с указанным серийным номером.

Поле Serial number предлагает пользователю ввести серийный номер устройства для привязки конкретного анализатора для данной позиции в панели Device Manager. В случае если серийный номер неизвестен, следует оставить данное поле пустым, тогда после соединения с устройством в этом поле появится серийный номер первого свободного устройства данного типа.

Для установления соединения с анализатором необходимо нажать кнопку Switch on в правой части окна Device configuration. В случае успешного соединения в поле Status появится значение On зеленого цвета, в случае отсутствия соединения программа выдаст сообщение о невозможности его установить.

2.4.2 Окно Tract configuration

В случае нажатия на кнопку **s** в панели инструментов или выборе пункта **Tract configuration** в контекстном меню столбца **Channels** в панели **Device Manager** на экране появится окно как показано на рисунке 12.

Tract configuration. BOSON, G	CD-30185.	HE WARDER WE HE HE HE WARD
Type of detector	Gamma	
Tract name	GCD-30185	Turn on HV 🍠 Turn off HV 👱
Channels	2048	
Set High Voltage	100	
Number of active HV unit	2	
		Now HV 1: 1202 Now HV 2: 1505
		Additional parameters of tracts
	Close	

Рисунок 12. Вид окна Tract configuration

В данном окне в поле **Tract name** пользователь может дать текущему тракту название, которое будет отображаться в столбце **Channels** панели **Device Manager**.

Поле Tract name предназначено для выбора типа детектора (гамма, бета или альфа).

В поле **Channels** указывается количество каналов в спектре. Варианты, предлагаемые в выпадающем списке данного поля зависят от типа анализатора.

Поле **High Voltage** предназначено для указания значения высокого напряжения, которое требуется установить для данного типа детектора. Для фактической установки высокого напряжения требуется нажать кнопку setters, а для снятия кнопку zero HV setters.

В зависимости от типа анализатора данная группа параметров может иметь и другие поля. Например,

Threshold – условное значение порога амплитудного дискриминатора. Для каждого типов анализаторов это значение может быть различным, поэтому его следует устанавливать в соответствии с паспортом на спектрометр или описанием анализатора.

Ratio CV – фактор управляющего напряжения, показывающий, насколько нужно изменить коэффициент усиления, чтобы положение пика изменилось на один канал. Данный параметр применяется для корректной работы системы стабилизации по реперным пикам или в случае проведения автоматической настройки спектрометрического тракта.

Доступ к специфическим параметрам анализатора можно получить, нажав на кнопку Additional parameters of tracts. По ее нажатию открывается окно, которое может иметь различный вид, в зависимости от типа анализатора.

В случае неактивности анализатора данного тракта кнопки в окне Tract configuration заблокированы.

2.4.3 Окно Measurement parameters

В случае нажатия на кнопку в панели инструментов или выборе пункта **Measurement parameters** в контекстном меню столбца **Channels** в панели **Device Manager** на экране появится окно как показано на рисунке 13.

Measurement parameters. BOSOI	N. GCD-30185.		
File name	C:\ASW2\eff_clb\cs137_real2.asw		
Spectrum type	*.asw		
Preset time Unit	177 sec		
Reading interval, s	1		
Sample data			
Sample ID	NNN		
Mass Unit	2.2 kg		
Volume Unit	2.4 I		
Distance, mm	5		
Material	Milk		
Comment	ID 17/34		
Concentration coefficient			
Coefficient	1		
Use			
Generator parameters			
ls on			
L. margin R. margin	800 900		
Intensity, cps	100		
Serial measurements			
Un			
Filename's prefix	temp		
Spectra count	10		
Delay time, sec	3		
Directory of spectra	C:\GammaPRO\spe-g		
Close			

Рисунок 13. Вид окна Measurement parameters

Данное окно содержит параметры, которые относятся к процедуре измерения:

File name – имя файла спектра, который будет создан во время предстоящего измерения на данном спектрометрическом тракте. Имя файла должно быть указано в полном формате с путем к месту, где файл будет расположен. Для вызова стандартного диалогового окна выбора файла нужно кликнуть курсором мыши по полю и нажать появившуюся кнопку в правой части поля.

Spectrum type – поля для выбора формата спектра. Формат *.*asw* - стандартный тип спектра по умолчанию для программы "GammaPRO".

Preset time – экспозиция предстоящего измерения для данного тракта. Единица времени для значения **Preset time** указывается в поле **Unit time**.

Reading interval, s – интервал считывания и отображения спектра, сек.

В разделе **Sample data** содержаться параметры, относящиеся к измеряемому образцу. Эти данные будут в дальнейшем отображены в параметрах измеренного спектра.

Sample ID – идентификационный номер счетного образца (текстовое поле).

Mass, Unit- масса и единица измерения массы счетного образца.

Volume, Unit – объем и единица измерения объема счетного образца.

Distance, mm - расстояние измеряемого образца до детектора. Позволяет пересчитывать эффективность регистрации на данное расстояние. Для корректного учета необходимо чтобы файл эффективности (*.*efp*) содержал кривые эффективности для двух как минимум расстояний до детектора.

Material – название измеряемого материала. Выбирается из перечня материалов, для которых имеется данные о допускаемых пределах содержания. Для выбора материала нужно кликнуть курсором мыши по полю и нажать появившуюся кнопку ... в правой части поля. После выбора нужного материала требуется подтвердить выбор нажатием кнопки **Apply** (см. разд.4.3).

Comment – поле для внесения комментария о предстоящем измерении (2 тестовых строки).

В разделе Concentration coefficient содержатся параметры, относящиеся к способу подготовки измеряемого образца. Эти данные будут в дальнейшем также отображены в параметрах измеренного спектра.

Coefficient – значение коэффициента концентрирования, отн.ед. Для помощи в определении коэффициента концентрирования (включая случаи радиохимическое концентрирования) пользователь может вызвать дополнительное окно, в котором расчет этого коэффициента будет проведен. Для вызова дополнительного окна нужно кликнуть

курсором мыши по полю и нажать появившуюся кнопку ш в правой части поля (см.рис.14).

Use – поле для включения или отключения использования коэффициента концентрирования в дальнейших расчетах.



Рисунок 14. Вид окна Coefficient of concentration

В разделе **Serial measurements** содержатся параметры, позволяющие задать и настроить повторение измерений в автоматическом режиме.

Оп – поле включения режима повторения измерений.

Filename's prefix – шаблон имени файла.

Spectra count – количество измерений, которые предстоит провести.

Delay time, sec – поля для задания времени между измерениями, сек.

Directory of spectrum – путь, куда будут помещены измеренные спектры.

Имя файлов спектров формируется из указанного каталога (**Directory of spectrum**) и из шаблона файлов, указанного в поле **Template files**, плюс номер итерации и расширение. Пример первого, второго и т.д. спектра для ситуации на рис.13:

C:\GammaPro\spe-g\temp 1.asw

C:\GammaPro\spe-g\temp_2.asw

C. Warninar Totspe-giterinp_2.asw

C:\GammaPro\spe-g\temp_10.asw

2.4.4 Окно Calculation parameters

В случае нажатия на кнопку в панели инструментов или выборе пункта **Calculation parameters** в контекстном меню столбца **Channels** в панели **Device Manager** на экране появится окно как показано на рисунке 15. Данное окно содержит параметры, которые будут содержаться в параметрах спектра, когда он будет измерен.

Calculation parameters. Binom. BDEG-7	6-76.		×
Calculation type	Specific activity, Bq/kg	Peak search	¥
Background spectrum	C:\GammaPRO\bkg-g\fon_sum.asw	L. limit ch R. limit ch	300 16000
Calibration file (ROI-method)	C:\GammaPRO\clb-g\marinell.clb	Level	3
Calibration ADER		Min. area	1000
List of calibration spectra (superposit	C:\GammaPRO\clb-g\lcs\Marinel\marinell.lcs	Search type	Peaks from library
Zone file	C:\GammaPRO\tests.roi	Show peaks	
Reference date	*	Update peaks when rea	
Same as measurement date		Smoothing	¥
Date	13.03.2017	Polynomial degree	5
Time	12:39:27	Iteration	1
Directories	*	Identification	¥
Calibration files	C:\GammaPRO\clb-g	Library file	C:\GammaPRO\lbr\test.lbr
Working spectra	C:\GammaPR0\spe-g	Efficiency file	C:\GammaPRO\clb-g\mar_ra22.efp
Background spectra	C:\GammaPR0\bkg-g	§ MTP	6.5
Libraries	C:\GammaPRO\lbr	Allowable dev., keV	3
Error	*	•	
L	1.96		
Q	0.1		
RFD	»		
	Close		

Рисунок 15. Вид окна Calculation parameters

Данное окно содержит параметры, которые относятся к процедуре расчета:

Calculation type – тип расчета, определяющий какая единица измерения будет выведена в результирующей таблице данных (удельная активность, объемная активность и т.д.). Где,

'Specific activity, Bq/kg' – означает, что при проведении расчета помимо активности будет рассчитана также и удельная активность в Бк/кг;

'Specific activity, Bq/g' – означает, что при проведении расчета помимо активности будет рассчитана также и удельная активность в Бк/г;

'Volumetric activity, Bq/I' – означает, что при проведении расчета помимо активности будет рассчитана также и объемная активность в Бк/л;

'Volumetric activity, Bq/ml' – означает, что при проведении расчета помимо активности будет рассчитана также и объемная активность в Бк/мл;

'RFD, mBq/s·m2' – означает, что при проведении расчета будет определяться плотность потока радона в мБк/с·м² (см. документ "Методика измерений плотности потока радона");

'Volumetric activity of Rn-222, Bq/m^3' – означает, что при проведении расчета будет определяться объемная активность радона в Бк/м³ (см. документ "Методика измерений объемной активности радона");

'Content' – означает, что при проведении расчета будет определяться содержание радионуклида в единицах задаваемых пользователем (применяется для метода окон, см. разд.14).

Background spectrum – путь к фоновому спектру для данного спектрометрического тракта. Ссылка на этот файл будет указана в параметрах измеренного спектра.

Calibration file (ROI-method) – путь к файлу калибровок, который будет использован для расчета активности методом окон (ROI-method).

Calibration ADER – путь к файлу калибровки по мощности амбиентного эквивалента дозы, который будет использован автоматически при считывании спектра и его отображении Данный файл калибровки можно создать в программе "**GammaPRO**" (см. разд.14 и документ "Методика калибровки спектрометра по мощности дозы."). Значение мощности амбиентного эквивалента дозы рассчитанное по спектру выводится в статусной строке внизу окна спектра

в поле АДЕЯ (см. рис.21).

List of calibration spectra (superposition method) – путь к файлу-списку калибровочных (эталонных) спектров, который будет использован при расчете активности методом суперпозиции.

Zone file – путь к файлу (*.*roi*), который содержит окна зон интереса.

В разделе **Error** присутствуют два параметра L и Q (относительная неисключенная систематическая погрешность результата измерения в долях), которые участвуют в расчете погрешностей в процедуре определения активностей методом окон. Описание величин L и Q метода см. в Приложении 4.

В разделе **Reference date** содержатся параметры, позволяющие задать дату приведения активности в результатах измерения.

On measurement date – при включенном значении данного поля активность будет рассчитываться на дату измерения, в противном случае дата будет взята из полей Date и Time.

В разделе **Directories** содержатся пути к файлам калибровок (**Calibration files**), к рабочим спектрам (**Working spectrum**), фоновым спектрам (**Bkg spectra**) и файлам библиотек (**Libraries**). Эти каталоги будут открываться по умолчанию в случае открытия стандартных диалоговых окон выбора файлов.

В разделе Search peaks содержатся параметры, участвующие при поиске пиков в спектре и их отображении.

L.limit, ch; R.limit, ch– значения диапазона в каналах, в котором будет проводится поиск пиков.

Level – предельное значение параметра, связанного со статистической значимостью пиков, выше которого найденный пик принимается и добавляется в таблицу, а ниже отбрасывается. Параметр Level может принимать значения в диапазоне от 0,5 (принимаются даже самые незначительные пики близкие к флуктуационным) до 5 (принимаются только самые ярко выраженные пики, имеющие значительное отличие от статистических флуктуаций). Оптимальное значение 3 (безразмерная величина).

Min.area - предельное значение площади пика в импульсах. Пики, имеющие площадь больше данного значения принимаются, и добавляется в таблицу, а меньше отбрасываются.

Type search – один из двух возможных типов поиска пиков в спектре ('Search and Identification', 'Peaks from library'). Так, тип 'Search and Identification' предполагает поиск всех пиков имеющихся в спектре и соответствующих критериям раздела Search peaks. Тип поиска 'Peaks from library' предполагает нанесение предварительной разметки в соответствии с загруженным файлом библиотеки радионуклидов (см. поле Library file в разделе Identification).

Show peaks – параметр включения отображения пиков и их параметров в спектре.

Update peak when reading - параметр показывающий необходимость обновления разметки пиков в процессе измерения, когда спектр постоянно меняется. Если пик добавляется в процессе измерения, рекомендуется установить включенным данный параметр, иначе будет наблюдаться визуальное расхождение между реальными пиками и размеченными.

Параметры группы **Smoothing** предназначены для управления возможностью полиномиального сглаживания спектра в целях более качественного поиска пиков и описания их функциональными зависимостями. В группе **Smoothing** имеются следующие параметры:

Polynomial degree – степень полиномиального сглаживания, которое будет применено в процедуре поиска пиков в спектре. Степень полинома не должна быть более 6. Рекомендуемое значение 5. **Iteration** – количество итераций сглаживания, которое будет применено в процедуре поиска пиков в спектре. Если данное значение равно 0, то сглаживание проводиться не будет. Для спектров с хорошей статистикой нет необходимости проводить сглаживание и значение этого параметра должно оставаться равным 0.

В разделе **Identification** содержатся параметры, участвующие при идентификации найденных пиков в спектре.

Library file – путь к файлу библиотеки радионуклидов, который будет соответствовать измеренному спектру. Файл библиотеки содержит список радионуклидов, их значения энергий, вероятности выходов и периоды полураспада. Файлы библиотеки формируются с помощью диалога **Library editor** (см. разд. 12) и используется в процессе расчета активности методом анализа пиков.

Efficiency file - путь к файлу калибровки по эффективности, который будет соответствовать измеренному спектру. Файл калибровки по эффективности содержит зависимость эффективности регистрации от энергии гамма квантов и используется в процессе расчета активности методом анализа пиков. Файл эффективности создают с помощью диалога Efficiency calibration (см. разд.9).

МТР – множитель толщины пика, параметр, указывающий, на каком расстоянии пики считаются сливающимися, в условных единицах. Параметр может иметь значение в диапазоне от 3 до 10. Если рядом стоящие пики обрабатываются отдельно как синглеты, т.е. фоновая подложка у пиков индивидуальная, а требуется, чтобы пики были обработаны совместно, т.е. на одной фоновой подложке, то следует увеличить данный параметр и повторить расчет до тех пор, пока пики не будут обработаны совместно как мультиплет.

Allowable dev., keV – параметр отклонения энергии, в пределах которого пик можно приписать характерной линии какого-либо радионуклида.

2.4.5 Окно Spectrum view parameters

В случае нажатия на кнопку в панели инструментов или выборе пункта Spectrum view parameters в контекстном меню столбца Channels в панели Device Manager на экране появится окно как показано на рисунке 16.

Spectrum view parameters. Binom. BDEC	G-76-76. ×
Colors	¥
Panel from	16777215
Panel to	15461355
Spectrum line	16711680
Marker	33023
Axis	12632256
Grid	1
Default colors	
Chart	¥
Histogram	
Result tables	*
Show Tab 'ROI-method'	
Show Tab 'Peaks analysis'	✓
Close	

Рисунок 16. Вид окна Spectrum view parameters

Данное окно содержит параметры, описывающие внешний вид спектров для данного спектрометрического тракта, такие как цвет фона, непосредственно гистограмма спектра, сетка, оси и маркер. При включении параметра **Default colors** цвета будут установлены в значения по умолчанию.

3 Набор и сохранение спектра

В целях проведениях измерения пользователю в первую очередь необходимо выбрать анализатор и спектрометрический тракт, с которым ему предстоит работать. Для этого необходимо кликнуть левой кнопкой мыши по соответствующему тракту в Device Manager. Для проведения измерения необходимо удостовериться, что выбранный анализатор подключен и с ним установлена связь (см. разд. 2.4.1).

Следует обратить особое внимание на то, что для анализатора подключаемых по интерфейсу USB (BOSON, MCA-527, Polynom и др.), требуется установка драйверов, которые нужно устанавливать дополнительно, после инсталляции программы. После подключения устройства к компьютеру (соединение USB кабелем и включения питания) Windows обнаруживает новое устройство в системе и предлагает установить драйвер, который находится в соответствующем каталоге программы (по названию устройства). Необходимо указать этот путь, после чего Windows установит анализатор.

Перед началом измерения требуется задать время измерения. Это делается в окне **Measurement parameters** (см. разд. 2.4.3). Также можно предварительно задать имя файла, если это необходимо в этом же окне. Остальные параметры также задаются по необходимости как в окне **Measurement parameters**, так и в окне **Calculation parameters** (см. разд.2.4.4).

В случае готовности анализатора к работе кнопки управления (Start, Stop, Read и Clear) в главной панели инструментов будут доступны и подсвечены цветом, иначе все кнопки будут в серых тонах и заблокированы.

Для запуска измерения необходимо нажать на кнопку *к*, после чего появится окно измеряемого спектра (рис. 17), в котором будет отображаться гистограмма.



Рисунок 17. Окно измеряемого спектра

Окно измеряемого спектра отличается от открываемого спектра наличием в панели инструментов дублирующих кнопок, позволяющих управлять измерением (см. рис.18).



Рисунок 18. Группа кнопок управления спектрометром в панели инструментов окна измеряемого спектра

Также в измеряемом спектре, на панели инструментов присутствует индикатор соединения , показывающий событие обращения программы к анализатору (на время обмена данными индикатор становится красным).

После старта окно с набираемым спектром обновляется с интервалом, указанным в окне **Measurement parameters** (см. разд.2.4.3).

Во время измерения в панели **Device Manager** будет показ таймер обратного отсчета как показано на рисунке 10. По окончании измерения на экране появится сообщение как показано на рисунке 19.

Informa	tion		×
į)	Measurement have co Live time:55.258 sec Real time:55.258 sec	mpleted in BOSON. G	CD-30185.
	Save spectrum?		
	Да	Нет	
	Ъ	10	

Рисунок 19

В сообщении спрашивается о необходимости сохранить спектр на диск. Если спектру предварительно было дано название, то спектр будет сохранен автоматически, если имя спектру не было назначено, программа предложит ввести новое имя файла и указать место для его сохранения.

Для принудительной остановки набора спектра в процессе измерения нужно нажать

кнопку —. После чего на экране снова появится сообщение как на рисунке 19.

В случае если после измерения пользователь закрыл окно спектра, то можно

восстановить его, нажав кнопку 🗺 в главной панели инструментов программы.

Если пользователю необходимо внести или откорректировать параметры измеренного спектра уже после окончания измерения, то это уже следует делать с помощью окна

Spectrum parameters (см.рис. 20), которое вызывается нажатием на кнопку расположенную в панели инструментов окна спектра. Внесение изменений в параметры вновь открываемого спектра выполняется аналогично.

Spectrum para	meters							×
ADC	Channel	1	1		Peak search			¥
File name	name C:\ASW2\spe-g\new.asw			L. limit, ch	R. limit, ch	100	14000	
Spectrum type		*.asw	*.asw		Level		3	
Sample ID		ID_17/21			Min. area		10	
Mass	Unit	0.21	kg		Search type		Peaks from library	
Volume	Unit	1	1		Show		[Image: A start of the start of
Distance, mm		1			Smoothing			¥
Material					Polynomial c	degree	5	
Background s	pectrum	C:\ASW2\s	pe-g\sum_10h.asw		Iteration		0	
Calibration file (ROI-method) C.		C:\ASW2\c	C:\ASW2\clb-q\marin-constr.clb		Identification			¥
Zone file		C:\ASW2\ti	C:\ASW2\test\clb-g\bbb.roi		Library file		C:\GammaPRO\lbr\lib_for_calc.lbr	
Comment					Efficiency file		C:\GammaPRO\clb-g\mar_ra226.efp	
Date and time			¥		Source refer	ence data		
Reference			¥		MTP		7	
Date		18.08.2016			Allowable de	ev., keV	3	
Time		13:44:07			Generator			¥
Measureme	nts		¥		Power on		[
Date		18.09.2012						
Time		13:47:09						
Concentration	Concentration coefficient *							
RFD *								
GPS			*					
		Close	2					

Рисунок 20. Вид окна Spectrum parameters

Окно с параметрами может быть зафиксировано в рамке самого спектра. Для этого необходимо двойным щелчком кликнуть по заголовку окна, после чего окно переместится к правой стенке окна спектра.

4 Работа со спектром

4.1 Основные функции

Для открытия спектра следует воспользоваться пунктом меню File->Open spectrum. В диалоговом окне по умолчанию программа предложит загрузить спектры в стандартном формате *.asw. Однако программа имеет возможность открывать для чтения и преобразования файлы других форматов. Для изменения типа загружаемого спектра его нужно выбрать в выпадающем списке поля File of type стандартного диалогового окна (см. рис. 20.1).



Рисунок 20.1 Выбор различных типов спектров в стандартном диалоговом окне загрузки

После выбора интересующего спектра (или нескольких спектров) программа создает окна спектров, которые выглядят, как показано на рисунке 21. После чего можно приступать к работе со спектром.

Работа со спектром может включать в себя различные задачи, например, изучение полученного энергетического распределения, масштабированием спектра, обработкой отдельных пиков, выводом спектра на печать, калибровкой по энергии и т. д.



Рисунок 21. Вид окна спектра

На рисунке 21 показаны основные элементы окна спектра.

В статусной строке отображаются значения живого, реального времени, в секундах для данного спектра, а также мертвое время, выраженное в процентах.

В поле **Intens.** статусной строки показано значение суммарной интенсивности по всему спектру, т.е. значение интеграла всего спектра, деленное на живое время.

В случае загруженного файла калибровки по МАЭД (мощность амбиентного эквивалента дозы) в последнем поле верхней статусной строки будет отображено значение МАЭД.

Во второй статусной строке выводятся значения положения маркера в каналах и единицах энергий. В поле **Count** показано соответствующее данному каналу значение счета в спектре.

Основной режим работы спектра, когда курсор мыши имеет стандартный вид (белая стрелка), дает возможность масштабировать спектр и перемещать (смещать) его у по обеим осям. Для выполнения масштабирования участка спектра (т.е. растягивания), необходимо установить маркер в левую позицию участка, нажать и удерживать левую кнопку мыши ведя ее вправо до нужного крайнего правого положения. В процессе перемещения будет прорисовываться серый прозрачный прямоугольник, показывающий границы выделения. Рядом с областью выделения будет показываться блок информации с данными о границах диапазона, площади и интенсивности в этом диапазоне. После выделения кнопку мыши следует отпустить, и спектр будет растянут на ширину выделенного участка. Для возврата к

предыдущему масштабу можно нажать кнопку 🌌 в панели инструментов спектра. Для возврата к начальному масштабу в полный диапазон спектра необходимо кликнуть двойным щелчком левой кнопкой мыши по любому месту спектра.

В случае если требуется сдвинуть спектр влево или вправо вдоль оси абсцисс, то для этого нужно нажать правую кнопку мыши и удерживая ее передвигать курсор в требуемом направлении. При этом спектр будет смещаться.

Панель инструментов спектра содержит следующие кнопки:

- кнопка вызова параметров спектра, как показано на рисунке 20.

- кнопка, предназначенная для сохранения данных и параметров спектра на диск. В случае нажатия данной кнопки сохраняются на диск также и найденные пики, и их параметры. Эти данные хранятся в файле с тем же названием что и у спектра, но с расширением *.asr, причем местоположение этого файла, то же что и у спектра.

📥 - кнопка открытия окна энергетической калибровки данного спектра (см. разд.7).

(см. разд.8).

- кнопка включения режима работы с пиком. Благодаря этому режиму пользователь имеет возможность детально изучить пик или мультиплет, а также провести подгонку пика описывающими функциями. При нажатии на данную кнопку она фиксируется и курсор, перемещающийся по полю спектра, выглядит как две закрытые скобки '[]'.

Для выделения участка спектра, который будет перенесен в отдельное окно работы с пиком необходимо установить маркер в левую позицию участка, нажать и удерживать левую кнопку мыши ведя ее вправо до нужного крайнего правого положения (рис.22). В процессе перемещения будет прорисовываться темный прозрачный прямоугольник, показывающий границы выделения. После чего кнопку мыши следует отпустить и на экране появится дополнительное окно с выделенным участком (см. рис.23).



Рисунок 22



Рисунок 23. Вид окна для работы с пиком



- кнопка, вызывающая меню с опциями спектра. При нажатии на эту кнопку появится меню как показано на рисунке 24.

 \triangleright

- кнопка, вызывающая открытие панели результатов измерения.

 Field room	
Results	
Add to log	
Panorama window	
Send to pack	
Logarithm	
Show background	
Hide spectrum	
Spectrum without bkg	
Reference spectrum	
Intensity	
Energy range	
Show ROI	
Offer a nuclide	
Report	
Autocalibration by source	•
Send to	•

исунок 24. Вид меню **Options** окна спектра

Пункты данного меню в основном являются сервисными и реализовывают следующие функции:

Results – открытие панели результатов измерения. Дублирует действие кнопки 😾 в панели инструментов окна спектров.

Add to log – отправка результатов измерений в журнал.

Panorama window – открытие панорамного окна спектра (см. рис.24.1). В этом окне показывается часть спектра, которая выделена масштабированием в основном окне спектра. Полупрозрачный прямоугольник, может быть передвинут пользователем, вследствие чего масштабирование в основном окне спектра автоматически будет изменено. Также и наоборот, изменение масштаба и приближение отдельных участков спектра автоматически показывается в окне **Panorama window**.



Рисунок 24.1 Вид панорамного окна спектра

Send to pack – открытие данный спектр в окне Pack of spectra.

Logarithm – включение логарифмического масштаба для отображения спектра. **Show background** – отображение фонового спектра.

Hide spectrum – команда скрыть спектр.

Spectrum without bkg – отображение спектра за вычетом спектра фона.

Intensity – переключение оси ординат со счета в импульсах на интенсивность в имп/с. **Energy range** - переключение оси абсцисс со шкалы каналов на шкалу энергий.

Show ROI – отображение окон (ROI) содержащихся в файле калибровок (*.*clb*) для метода окон (ROI-method).

Offer a nuclide – инструмент для помощи в идентификации радионуклидов, подсвечивающий участки спектра в которых должны присутствовать пики для выбранного из списка радионуклида (см.разд.4.4).

Report – формирование протокола для вывода спектра на печать.

Autocalibration by source (Cs-137, Co-60, Eu-152, Th-228)– инструмент позволяющий выполнить автоматическую калибровку по энергии, по ПШПВ и форме для спектра с радионуклидами наиболее часто применяемыми в спектрометрии. Процедура может занимать несколько секунд. По окончании автокалибровки программа выдаст сообщение о результате и занесет полученные значения в калибровку спектра.

Send to (Word, Excel, Matlab) – трансляция спектра соответственно в программы MS Word, MS Excel и Matlab.

Группа кнопок из Гане Дже то предназначена для работы непосредственно с поиском пиков, их идентификацией, а также расчетом активностей методом анализа пиков (см. разд. 6).

4.2 Работа с пиком

В режиме работы с пиком, после выделения участка спектра на экране появляется окно как показано на рисунке 23.

Это окно имеет панель инструментов с кнопками позволяющими проводить математическое моделирование с целью описания пиков зависимостями, или другими

словами выполнять вписывание кривых гаусса (или других функций) в выделенную область спектра.

Кнопка (Gaussian) – предназначена для выполнения вписывания кривой гаусса в область окна **Peak**. Программа автоматически определяет центроиду пика и рассчитывает все параметры, связанные с данным пиком. Результаты обработки пика отображаются в появляющемся окне как показано на рис. 25.

Peak list	×		
	Peak 1		
Channel	1223.6		
Energy	238.59		
Intens.,cps	47.899		
Resolution, %	0.404		
FWHM, keV	0.963		
FWHM, ch.	4.95		
Left edge, channel	7.8		
Amplitude	8137.5		
Area, imp	42836		
To collibration	Energy		
	FWHM and Shape		

Рисунок 25. Вид окна Peak list с результатами обработки пика

В таблице рис.25 в последний столбец содержит две кнопки позволяющие передать полученные результаты о данном пике в калибровку по энергии (кнопка **Energy**) и в калибровку по ПШПВ и форме (кнопка **FWHM and Shape**).

Кнопка (Multiplet) – предназначена для выполнения вписывания кривых гаусса в область окна **Peak** для случая мультиплета (нескольких слившихся или неразрешенных пиков). Для проведения такой обработки пользователю необходимо установить маркеры в приблизительные позиции, где может быть найдена центроида пика. Такая функция позволяет описать мультиплет, содержащий не более 3 пиков. Маркеры ставятся двойным кликом мыши в области центроиды. Далее следует нажать кнопку и расчет будет выполнен. Результат будет выведен в аналогичное окно, как показано на рис.25. В случае неправильного моделирования описывающей кривой, пользователю следует выполнить сброс маркеров и построенного графика кнопкой (и снова провести разметку.

Кнопка (Multiplet with high resolution) имеет аналогичное предназначения как у кнопки , однако она более подходит для описания пиков имеющих высокое разрешение (например, для пиков, получаемых на ОЧГ спектрометрах и др.). Функция, описывающая каждый пик, имеет две части – непосредственно гаусс и т.н. левый экспоненциальный край. Расстояние в каналах от центроиды в левую сторону, с которого начинается экспоненциальная часть, является параметром 'левый край' ('Left edge') (см. рис.25).

В целях подгонки повторное нажатие кнопки *м* может улучшить соответствие описывающей кривой экспериментальным значениям.

Для проведения обработки нужно аналогично выполнить предварительную разметку маркерами и нажать кнопку . Результат обработки выглядит, как показано на рис.26.

Кнопка (Add peaks to peak list of spectrum) в панели инструментов окна Peak предназначена для добавления обработанных пиков в таблицу результатов спектра. Если пик имеет площадь меньше чем пороговая (указанная в параметре **Min. area**), то команда добавления пика в список будет проигнорирована.



Рисунок 26. Вид окна Peak и окна Peak list

Контекстное меню, возникающее при нажатии правой кнопкой по графику окна **Peak** дублирует кнопки панели инструментов, а также имеет пункты :

Energy range - переключения между масштабом каналов и энергий;

Logarithm – переключение между линейным и логарифмическим масштабом;

To printer – вывод графика окна **Peak** на печать.

4.3 Окно Material

Поле Material в окне Spectrum parameters предназначено для указания программе типа измеряемого вещества или его категории. При нажатии на кнопку *у* у края поля открывается окно (см. рис. 27), которое позволяет управлять файлами, в которых содержится информация о значениях допускаемых пределов Permission Level (PL). Файл, содержащий данные о PL имеет расширение *.*mat*.

💑 Material					
ở 🗄 🕂 + − X					
Chicken meat					
Material / Nuclide	Value	Unit			
 Chicken meat 		Bq/kg			
- Cs-137	180				
- Sr-90	80				
 Meat without bones 		Bq/kg			
- Cs-137	160				
- Sr-90	50				
🖃 Milk		Bq/kg			
- Cs-137	15				
- Sr-90	25				
I-131	300				
- Chees		Bq/kg			
Cs-137	50				
- Sr-90	100				
- Fresh fish		Bq/kg			
Cs-137	130				
- Sr-90	100				
Dried fish		Bq/kg			
Cs-137	260				
- Sr-90	200				
- Grain		Bq/kg			
- Cs-137	70				
Sr-90	40				
- Flour		Bg/kg			
Cs-137	60				
- Sr-90	30				
- Bread		Bg/kg			
Cs-137	40	· · ·			
Items: 15	C:\ASW2\LINK16	02\material_eng.mat .::			

Рисунок 27. Окно Material

4.4 Окно Prompt

По команде **Offer a nuclide** из меню **Options** (см. разд.4.1, рис.24) в измеренном спектре с выраженными пиками возможна визуальная идентификация нуклидов из заданной библиотеки нуклидов *librp.dat*. После вызова пункта меню **Offer a nuclide** на экране появится окно **Prompt**, в котором будет отображен список радионуклидов (см. рис.28).



Рисунок 28

Далее для выделения позиций нужно щелкнуть клавишей мыши по строке с названием предполагаемого нуклида. Области в спектре в районе линий соответствующего нуклида подсвечиваются белым цветом, и обозначается маркером со значением квантового выхода для данной линии.

5 Определение активностей радионуклидов методом окон

5.1 Расчет по одному спектру

Последовательность вычисления удельных активностей радионуклидов Загружают рабочий спектр (Меню **File**->**Open spectrum**).

Вызывают окно параметров спектра нажатием кнопки 🖾.

В поле **Background** загружают спектр фона, а в поле **Calibration** – нужный файл калибровок (*.*clb*).

Далее нажимают правую часть кнопки в целях вызова меню с вариантами типов расчета (см. рис.29).



Рисунок 29. Варианты типов расчета

Для данной задачи (расчета активности по одному спектру методом окон) следует выбрать пункт Calculation (ROI-method)

	Calculation results ROI-method Peaks analysis MDA Zones Library Sou					× Source reference data
	Nuclide	Activity, Bq	Ac.error., %	Sp.activity, Bq/kg	Abs.err.,Bq/kg	Rel.err.,%(P=0.95)
	Ra-226	112.7	7.53	74.27	10	13.9
	Th-232	99.04	3.71	65.29	6.8	10.5
	K-40	473.1	6.1	311.9	39	12.5
(Панель)	Cs-137 382.8		0.82 252.3		25	10
инструментов	инструментов таблицы // Input count rate: 94.323 Live time: 2398.76 s. Real time : 2400 s. Dead time : 0.0518 % Channel: 713 Energy: 2266.3 Counts: 11					
таолицы						
результатов	результатов Рисунок 30. Вид окна результатов					

Внизу окна спектра или в отдельном окне появится таблица с результатами измерения. Эта таблица содержит графы 'Nuclide', 'Activity', относительную погрешность подбора формы спектра 'Ac.error,%', а также графы рассчитанных удельных активностей, абсолютных и относительных погрешностей их определения. При наличии в поле Material (в окне параметров спектра) указания о типе измеряемого вещества, в таблице результатов появятся еще два столбца PL (permission level, допускаемый предел) и FC (factor of

conformity, показатель соответствия). Следует обратить особое внимание, что столбец 'Activity' содержит значения соответствующие счетному образцу, а, например, 'Sp.activity' (столбец 4) к пробе. Таким образом, коэффициент концентрирования учитывается при расчете удельной активности (и др. в столбце 4). В случае, если относительная погрешность расчета активности превышает 50%, то вместо значения активности в поле 'Activity' выводится значение МДА (минимально детектируемой активности).

Панель с результатами расчета не обязательно должна находиться в рамках окна спектра. Ее можно 'оторвать' от нижнего края окна спектра дважды кликнув по заголовку панели **Calculation results**, либо потянуть всю панель, двигая ее за этот заголовок в сторону. Для возврата панели в рамки окна спектра достаточно дважды кликнуть левой кнопкой мыши по заголовку окна результатов **Calculation results**.

В строках под таблицей приводится значение эффективной удельной активности природных радионуклидов $A_{3\phi\phi}$, суммарный показатель соответствия, наименование использованных файлов калибровок, файлов фонового и рабочего спектра, дату, на которую рассчитана активность, а также массу и объем счетного образца, коэффициент концентрирования, если он учитывался.

После комментария следует блок данных по зонам интереса, если в параметрах спектра стоит указатель о том, что его надо рассчитывать и выводить.

Для сохранения таблицы результатов над ней имеется панель инструментов с кнопками позволяющими транслировать данные различным способом : 🗟 - сохранение данных в протокол txt; 🗹 - передача данных в MS Word; 🖾 - создание отчета; 🗟 - передача данных в БД.

Для сохранения данных в протокол необходимо прописать название его файла в поле **Protocol filename** окна **Parameters** (главное меню **Options->Parameters->**вкладка **Files**). Данные будут передаваться в конец заданного текстового файла.

Для осуществления возможности передачи данных в MS Word необходимо наличие установленной в операционной системе Windows программы MS Word.

При создании отчета (кнопка (к) выводится окно, где в блоке предпросмотра показана таблица активностей и блок комментариев (см.рис.31). На лист можно добавить титульную информацию. Для работоспособности этой опции необходимо наличие установленного в операционной системе Windows принтера.

Report	
Title C:\GammaPRO\header_US.ttf Table of activity Column1 C Column1 C Column2	
Column3 Column4 Column5 Column6 Column7 Column7	MEASUREMENT REPORT
	Re-225 112.7 7.53 0.07427 0.01 13.9 TI-232 90.04 3.71 0.05529 0.0068 10.5
	1640 473.1 6.1 0.3119 0.039 12.5 C6-137 382.8 0.82 0.2523 0.025 10
A eff. Factor of conformity Additional data Signature C\GammaPRO\footer_US.rtf	Total factor of roution Wiry 0.400, 54-08 - 0, 1-08 - 0 Wood spectrum: C: C:Gammad P: 05 pared to 15 the _ 10 have background spectrum: C: C:Gammad P: 05 pared to 15 the _ 10 have background spectrum: C: C:Gammad P: 05 pared to 15 the _ 10 have background spectrum: C: C:Gammad P: 05 pared to 15 the _ 10 have background spectrum: C: C:Gammad P: 05 pared to 15 have background spectrum: C: C:Gammad P: 05 pared to 15 have background spectrum: C: C:Gammad P: 05 pared to 15 have background spectrum: C: C:Gammad P: 05 pared to 15 have background spectrum: C: C:Gammad P: 05 pared to 15 have background spectrum: C: C:Gammad P: 05 pared to 15 have background spectrum: C: C:Gammad P: 05 pared to 15 have background spectrum: C:Gammad pared to 15 have background spectrum: C: C:Gammad pared to 15 have background spectrum: C: C:Gammad pared pared to 15 have background spectrum: C:Gammad pared pared pared pared pared pared background spectrum: C: C:Gammad pared par
Update Print	Specialist of laboratory : Head of laboratory :
Page 1 Crom 1	

Рисунок 31. Вид окна составления отчетов Report

После внесения каких-либо изменений (редактирование титула, отключение/включение полей) необходимо нажать кнопку **Update**. Для печати листа показанного в правой части окна (т.н. блок предпросмотра) предназначена кнопка **Print**. Для передачи листа в **MS Word** нажмите кнопку **P**. Для сохранения листа в файл в формате *.*rtf* нажмите кнопку **Save**.

При нажатии кнопки **a** в панели инструментов таблицы результатов будет вызвано окно **Database of measurements** (см.п.6.6 и рис.41.1) и дополнительное окно для внесения данных, не хранящихся в спектре (рис.32).

Add to database 🛛 🗙 🗙					
N of report	17/79				
Customer	TALS				
Add	Concol				
Add	Cancel				

Рисунок 32. Вид окна Добавление в базу данных

После заполнения полей данными нужно нажать кнопку **Add**. При успешной передаче будет выдано соответствующее сообщение.

5.2 Общий расчет по номеру пробы

В соответствии с требованиями нормативных документов результаты измерения удельных активностей, полученные на разных спектрометрических трактах, а также суммарный показатель соответствия измеряемой пробы, должен быть представлен в едином протоколе измерения. Для выполнения этого требования необходимо воспользоваться

пунктом меню Common calculation в меню кнопки Calculation (см рис.29).

Для корректного проведения расчета требуется:

- открыть спектры одной пробы, измеренные на разных спектрометрических трактах (например, на бета и гамма детекторе);

- удостовериться, что в поле **Sample ID** (см. окно **Spectrum parameters**) указан одинаковый идентификатор у всех спектров;

- провести индивидуальный расчет каждого спектра (см. разд. 5.1);

- для одного из спектров выбрать в меню кнопки Calculation пункт Common calculation.

После получения таблицы результатов следует проверить наличие отметки о проведенном общем расчете (рис.33), а также адекватность полученных результатов.

При наличии рассчитанной удельной активности в разных спектрах, в результате она усредняется с учетом имеющейся рассчитанной погрешности.

При наличии в одном спектре рассчитанной удельной активности (погрешность менее 50%), а в другом только оценки (равной МДА), то в результате для осреднения используются данные только с удельной активностью.

При наличии во всех спектрах только оценок (равных МДА), в качестве результата по данному радионуклиду выводится наименьшее значение из всех оценок.



Рисунок 33. Вид таблицы результата общего расчета по номеру пробы

5.3 Совместный бета – гамма расчет

В случаях, когда измерение пробы проводится на гамма- и бета - детекторе, иногда требуется, для повышения точности, произвести учет результатов, определенных на одном из спектрометрических трактов, в расчетах другого. Так, например, при измерениях на бетатракте, учитывая рассчитанную на гамма тракте активность ¹³⁷Cs и ⁴⁰K, можно уменьшить минимально детектируемую активность ⁹⁰Sr.

Для корректного проведения совместного бета-гамма расчета требуется:

- открыть спектры одной пробы, измеренные на разных спектрометрических трактах (на бета- и гамма - детекторе);

- удостовериться, что в поле **Sample ID** (см. окно **Spectrum parameters**) указан одинаковый идентификатор у обоих спектров;

- провести индивидуальный расчет для гамма-спектра (см. разд. 5.1);

- для спектра от бета - детектора выбрать в меню кнопки Calculation пункт Shared calculation BG.

После получения таблицы результатов следует проверить наличие отметки о проведенном совместном бета-гамма расчете (рис.34), а также адекватность полученных результатов.



Рисунок 34. Вид таблицы результата совместного бета-гамма расчета

5.4 Метод суперпозиции

Расчет активности методом суперпозиции служит своего рода контролем измерений. После того как счетный образец измерен и проведен расчет, правильность расчета активностей можно проконтролировать вызвав окно **Superposition**, выбрав пункт меню **Calculation by superposition method** в меню кнопки **Calculation**.



Рисунок 35. Вид окна Superposition

Если расчет уже был проведен, программа выводит на экран (рис.35, блок 1) измеренный (красный) и расчетный (зеленый) спектр, а также расчетные значения активностей радионуклидов (рис.35, блок 2). Совпадение измеренного и расчетного спектров является подтверждением соответствия списка радионуклидов и их активностей радионуклидному составу счетного образца.

Пользователь, визуально оценивая совпадение спектров, может корректировать расчетные значения, до полного совпадения спектров. В случае если полного соответствия добиться не удается, можно предположить наличие других радионуклидов в счетном образце или некорректности энергетической градуировки.

Кнопка *к*лужит для выбора файла списка библиотечных спектров (*.*lcs*), необходимого для проведения расчета. Этот файл создается на этапе калибровки для каждой геометрии измерения (см. разд.14.2) и поставляется в инсталляционном пакете к спектрометру.

Кнопка 🍋 предназначена для обновления расчета, после загрузки нового файла списка библиотечных спектров.

Переключатель **Log**, показанный на рис.35 (блок 3) дает возможность изменить масштаб графика спектров в логарифмический. Переключатель **Bkg** выводит на график текущий фоновый спектр. Переключатель **R/n** разрешает выводить на график спектры мононуклидов, участвующих в построении общего спектра (зеленый).

В статусной строке окна **Superposition** выводится информация о текущем загруженном файле списка библиотечных спектров, количестве этих спектров и количестве радионуклидов.

5.5 Зоны интереса

Типичная задача для спектрометрии это работа с зонами интереса в спектре. Зоны интереса – это интервалы в спектре (в каналах или единицах энергий), интенсивность счета в которых важна для оценки активности или решения других радиометрических задач.

Для работы с зонами интереса необходимо открыть поле **Caclulation result** в спектре, нажав кнопку в панели инструментов окна спектра. В появившемся окне следует перейти на вкладку **Zones** (см. рис.35.1).



Рисунок 35.1. Вид спектра и вкладки Zones

Чтобы добавить зону интереса в таблицу необходимо нажать кнопку над таблицей. После нажатия появится первая строка заполненная значениями по умолчанию. Поля в столбцах L.birder,ch, R.border,ch, L.birder,keV, R.border,keV доступны для редактирования. Пользователь может самостоятельно изменять границы каждой зоны прямо в таблице, причем соответствующие поля в связанных столбцах будут изменяться в соответствии с энергетической калибровкой (см. рис.35.2).

Calculation results X							
ROI-n	nethod 🛛 Peaks anal		Library Source reference data				
+ - X 💾 🖬 🗟							
N	L.border, ch	R.border, ch	L.border, keV	R.border, keV	Total, pulse	Intensity, cps	Intensity without background, cps
1	1200	1250	233.99	243.72	63947	71.505	54.155
2	2980	3100	580.56	603.92	20563	22.993	17.304
3	4660	4700	907.66	915.44	10222	11.43	8.6352
Input count rate: 1108.8 Live time: 894.3 s. Real time : 1000 s. Dead time : 10.6 %							
Channe	l: 7072 Energy: 1373	7.3 Counts: 7					

Рисунок 35.2. Вид вкладки Zones. Задание зон интереса в таблице

Поля столбцов **Total, pulse**, **Intesity, cps**, **Intencity without background, cps** не доступны для изменений пользователем, там программа отображает рассчитанные значения. Так, поля столбца **Total, pulse** содержат суммарное количество импульсов в заданном для данной строки интервале. Поля столбца **Intesity, cps** содержат скорость счета импульсов в заданном для данной строки интервале. И в полях столбца **Intencity without background, cps** содержатся значения скорости счета за вычетом скорости счета фонового спектра для того же энергетического диапазона.

Для удаления строк из таблицы (удаления зоны интереса) следует выделить их и нажать кнопку = в панели инструментов над таблицей. Для очистки таблицы следует нажать кнопку **×**.

Для сохранения текущей таблицы в файл зон интереса (*.*roi*) следует нажать кнопку В случае если для данного спектра файл зон интереса указан не был, программа предложит ввести название и указать каталог для сохранения через стандартное диалоговое окно. После этого файл зон будет автоматически привязан к данному спектру и будет прописан в поле **Zone file** в окне **Spectrum parameters** (см. рис.20). В случае уже имеющейся привязки файла зон интереса к спектру программа предложит его перезаписать с новым содержанием.

Пользователю доступна функция сохранения таблицы зон интереса в отчет. Для этого необходимо нажать кнопку над таблицей, после чего появится окно, как показано на рисунке 35.2.

Repo	ort on zones						
Repo	rt on zones						
Spectr	um: C:\GammaPRO	\spe-g\test_06_mr_1	th_ps.asw				
Ν	L.border, ch	R.border, ch	L.border, keV	R.border, keV	Total, pulse	Intensity, cps	Intensity without background, cps
N 1	L.border, ch 1200	R.border, ch 1250	L.border, keV 233.99	R.border, keV 243.72	Total, pulse 63947	Intensity, cps 71.505	Intensity without background, cps 54.155
N 1 2	L.border, ch 1200 2980	R.border, ch 1250 3100	L.border, keV 233.99 580.56	R.border, keV 243.72 603.92	Total, pulse 63947 20563	Intensity, cps 71.505 22.993	Intensity without background, cps 54.155 17.304

Рисунок 35.3. Вид окна отчета по зонам интереса

Содержание окна отчета доступно для печати и копирования в другие текстовые редакторы и электронные таблицы.

6 Определение активностей радионуклидов методом анализа отдельных пиков

6.1 Общие положения

Принцип определения активностей радионуклидов методом анализа отдельных пиков выражается в возможности автоматического поиска пиков, описание каждого их низ кривой гаусса (с затянутым левым экспоненциальным краем), последующего расчета площади и в итоге, расчета активностей по каждому идентифицированному радионуклиду. Способность идентификации обуславливается возможностью подключать к спектру файл библиотеки радионуклидов, содержащий справочные данные по характерным энергетическим линиям, значениям их квантовых выходов и т.д. Так, при наличии спектра счетного образца, файла библиотеки (*.lbr,*.bib) и файла эффективностей (*.efp) пользователь может провести вычислений активностей радионуклидов.

Для корректной работы метода пользователь должен заполнить поля окна **Spectrum parameters** соответствующими значениями. Основные параметры определяющие работу описываемого метода сосредоточены в правой таблице параметров (см.рис. 36) в группах **Search Peaks, Smoothing, Identification**.

Spectrum parameters ADC Channel File name Spectrum type Sample ID Mass Unit Volume Unit Distance, mm Material Background spectrum	1 1 C\GammaPRO\spe-g\test_0 *.asw 18/15 0.9 kg 1 I 1 Milk C\GammaPR0\spc-s\0,7 mi	Peak search L. limit ch R. limit ch Level Min. area Search type Show Smoothing Polynomial degree Iteration	¥ 100 14000 3 1000 Search and Identificat √ 5 1	Основные параметры для расчета методом
Spectrum type Sample ID Mass Unit Volume Unit Distance, mm Material Background spectrum Calibration file (ROI-method) Zone file Comment Date and time Reference Date Time Measurements Date Time Concentration coefficient RFD GPS	*.asw 18/15 0.9 kg 1 1 1 1 1 1 1 Kilk C\GammaPRO\spe-g\07_m C\GammaPRO\spe-g\07_m C\GammaPRO\spe-g\07_m 1 1 4:35:38	Level Min. area Search type Show Smoothing Polynomial degree Iteration Library file Efficiency file Source reference data MTP Allowable dev., keV Generator Power on	3 1000 Search and Identificat	Основные параметры для расчета методом анализа отдельных пиков

Рисунок 36

В группе Search peaks имеются следующие параметры:

L.limit, **R.limit** – значения диапазона в каналах, в котором будет проводится поиск пиков. Поиск пиков и идентификация за пределами данного диапазона проводится не будут.

Level – предельное значение параметра, связанного со статистической значимостью пиков, выше которого найденный пик принимается и добавляется в таблицу, а ниже отбрасывается, обычно принимается равным 3.

Min.area - предельное значение площади пика в импульсах. Пики, имеющие площадь больше данного значения принимаются, и добавляется в таблицу, а меньше отбрасываются.

Type search – один из двух возможных типов поиска пиков в спектре ('Search and Identification', 'Peaks from library'). Так, тип 'Search and Identification' предполагает поиск всех пиков имеющихся в спектре и соответствующих критериям раздела Search peaks. Тип поиска 'Peaks from library' предполагает нанесение предварительной разметки в соответствии с загруженным файлом библиотеки радионуклидов (см. поле Library file в разделе Identification). В случае если перед пользователем стоит задача определения активности только определенных радионуклидов, то следует выбрать пункт 'Peaks from library'.

Show peaks – параметр включения отображения пиков и их параметров в спектре.

Параметры группы **Smoothing** предназначены для управления возможностью полиномиального сглаживания спектра в целях более качественного поиска пиков и описания их функциональными зависимостями. В группе **Smoothing** имеются следующие параметры:

Polynomial degree – степень полиномиального сглаживания, которое будет применено в процедуре поиска пиков в спектре. Степень полинома не должна быть более 6. Рекомендуемое значение 5.

Iteration – количество итераций сглаживания, которое будет применено в процедуре поиска пиков в спектре. Если данное значение равно 0, то сглаживание проводиться не будет. Для спектров с хорошей статистикой нет необходимости проводить сглаживание и значение этого параметра должно оставаться равным 0.
В группе **Identification** содержатся параметры, участвующие при идентификации найденных пиков в спектре.

Library file – путь к файлу библиотеки радионуклидов, который будет соответствовать измеренному спектру. Файл библиотеки содержит список радионуклидов, их значения энергий, вероятности выходов и периоды полураспада. Файлы библиотеки формируются с помощью диалогового окна **Library editor** (см. разд. 12) и используется в процессе расчета активности методом анализа пиков.

Efficiency file - путь к файлу калибровки по эффективности, который будет соответствовать измеренному спектру. Файл калибровки по эффективности содержит зависимость эффективности регистрации от энергии гамма квантов и используется в процессе расчета активности методом анализа пиков. Файл эффективности создают с помощью диалогового окна Efficiency calibration (см. разд.9).

Passport of source – ссылка на файл, содержащий параметры калибровочного источника. Файл должен содержать список радионуклидов, имеющихся в источнике, описание геометрии, массу, объем, активность и дату ее приведения. Файл паспорта источника формируется в диалоговом окне **Editor of source passports**, которое вызывается пунктом **Options**->**Editor of source passports** главного меню программы. Следует отметить, что файл паспортных данных источника нужно указывать только при калибровке (т.е. для создания файла эффективностей). Для проведения вычислений в целях определения активностей это поле должно оставаться пустым.

МТР – множитель толщины пика, параметр, указывающий, на каком расстоянии пики считаются сливающимися, в условных единицах. Параметр может иметь значение в диапазоне от 3 до 10. Если рядом стоящие пики обрабатываются отдельно как синглеты, т.е. фоновая подложка у пиков индивидуальная, а требуется, чтобы пики были обработаны совместно, т.е. на одной фоновой подложке, то следует увеличить данный параметр и повторить расчет до тех пор, пока пики не будут обработаны совместно как мультиплет.

Allowable dev., keV – параметр отклонения энергии, в пределах которого пик можно приписать характерной линии какого-либо радионуклида

Для реализации метода анализа отдельных пиков особое значение приобретает калибровка спектрометрического тракта (или непосредственно спектра) по энергии, ПШПВ и форме пика. Поэтому перед проведением расчета необходимо удостоверится, что соответствующие калибровки выполнены (см.разд.7,8).

6.2 Порядок расчета активностей методом анализа отдельных пиков

6.2.1 Провести измерения спектра счетного образца или загрузить имеющийся спектр, с помощью пункта главного меню программы **File->Open spectrum**.

6.2.2 Информация об образце может быть внесена перед, во время, и после измерения. В первом и втором случае для указания параметров заполняют поля окна **Measurement** parameters и **Calculation parameters**.

6.2.3 В случае необходимости изменения параметров у уже измеренного спектра пользуются окном **Spectrum parameters** (см.рис. 36)

6.2.4 В зависимости от задачи в поле **Type search** (рис.36) указать один из типов поиска ('Search and Identification', 'Peaks from library').

6.2.4 Среди необходимых для заполнения полей окна **Spectrum parameters** имеется поле **Efficiency file**. Туда необходимо ввести имя калибровочного файла эффективностей (кнопка ...). Оператор, в соответствии с типом счетного образца и параметрами геометрии

измерения выбирает файл эффективностей, и с помощью стандартного диалогового окна выбора файла вводит его в программу.

6.2.5 Указать в поле Library file в окне Spectrum parameters имя файла библиотеки радионуклидов, который содержит данные об энергетических линиях и другую информацию о радионуклидах предположительно содержащихся в измеряемом образце.

6.2.6 Далее необходимо вызвать пункт Calculation by peak analysis method в меню кнопки Calculation (см рис.29). После этого, внизу окна спектра появится панель результатов измерений с выбранной вкладкой Peak analysis. Как было отмечено в п.5.1 панель с результатами измерения, может быть отделена от рамки спектра.

6.2.7 На вкладке **Library**, в таблице, выделить галочкой те радионуклиды, активность которых пользователь собирается определять. На данной вкладке отображаются данные содержащиеся в файле библиотеки, указанном в окне параметров спектра (поле **Library file**).

ROI-method	Peaks analysis	MDA	Library	Passport of source		
Nuclide/	⁄Energy, keV			Half-life,	day / Quantum efficiency, %	
+ 🖌 K-40		4666070	00000			
+ 🗌 Co-60		1926.1				
+ 🔽 Cs-137		10989.6				
🛨 🔲 Mn-54		312.12				
+ 🗌 Ra-226		584630				
+ 🗹 Th-232	+ ▼ Th-232 513378000000					
+ 🗌 Cs-134		754.68				
🛨 🗹 Eu-152		4868.67	3526			
🕂 🗹 Am-241		157857.0	582492422			
🕂 🗹 Ba-133		3849.65	2788			

Рисунок 37. Вид вкладки Library

6.2.8 В панели инструментов окна спектра (рис.38, блок 1) нажать кнопку (New search peak and calculation). В случае если спектр имеет корректную калибровку по энергии, ПШПВ и форме спектра в панели результатов измеренй на вкладке **Peak analysys** появится информация о найденных пиках (рис.38, блок 3). Также на графике спектра появятся найденные подсвеченные пики с надписями (см. рис.38, блок 2).

			Блок	2				Бло	ок 1			
	💑 Work spe	ctrum: C:\Ga	mmaPRO\spe-g\r	ew2.asw							_ 0	×
			🛝 💽 🗡					⊧ ∆				
	10 000 1 000 5 1000 100 10 10 10 10 10 10 10	h-232; 129 06-2 3			32; 463			alithumethinhumen	969.27 Eu-152:96	4.13		-
		1 000	1 500 2 00	0 2.50	10 :	3 000	3 S00 Channel	4 000 4 500	5 000	5 500 6 000)	er.e
Блок 5	Calculation re ROI-metho	esults d Peaks ana 🗹 🔍 🐻 🚺	ilysis MDA Zo	ones	0000000000			200300000000000000000000000000000000000	Library	V Source referer	nce data	×
	Found peaks					iii wiii			and the second	The second second second	Longer and	
	Number	Channel	Energy	Lir	18	*	Area	Intensity	Activity, Bq	Stand. uncert.,%	Bench	
	2	1073.2	209.15	Th-232	209.25		7697	4.192	4234.1	3.12		-
	3	1400.5	270.07	Do: 100	270.24		3649	1.071	4101.0	3.1/		-
	5	1922.3	200.04	Dd-100	2/0.4	*	4927	2.634	4195.9	2.94		
	6	1735.4	338.17	Th-232	338.32	_	16030	8.73	4266.6	2.58	1	-
	7	2376.1	463	Th-232	463	-	4653	2.534	4211.2	3.12		
	8	2993.4	583.26	Th-232	583.19	Second Constant Constant	24890	13.56	4193.7	2.5		
$ \longrightarrow $	9	4953.7	965.05	Eu-152	964.13		2825	1.538	1261.4	2.31		+/
	Result by rad	ionuclides		0000000000000	0000000000				and a second			\leq
Dilok 3	Nuclide	Activity, Bq	Sp.activity	, Bq/kq				Exp. uncert.,%	6(k=2)		-	
	+ Th-232	4228	2013	30				2.09	de la		-	
	🕂 Ba-133	972.5	463	1				5.87				
1	+ Eu-152	1261	600	7	_			4.62				
	K-40	< 66.72	< 31	7.7)÷				-
	Co-60	< 2.384	< 11	.35	_			5				-
Блок 4	Input count rat	e: 680.82 Li	ve time: 1836.14 s.	Real time : 2	000 s.	Dead time	: 8.19 %					71

Рисунок 38. Вид окна спектра после выполнения поиска пиков

В панели разультатов под таблицей с найденными пиками Found peaks pacполагается вторая таблица Result by radionuclides, в которой содержатся расчитанные значения активностей радионуклидов.

Таблица Found peaks содержит следующие поля:

'Number' – порядковый номер найденного пика;

'Channel' – положение центроиды пика в каналах;

'Energy' – значение энергии, кэВ;

'Line' - характерные энергетические линии гамма – излучения для указанного радионуклида;

'Area' – площадь пика в каналах;

'Intensity' – интесивность пика в имп/с;

'Activity, Bq' – значение активности радионуклида, определяемое только для данной линии;

'Stand.uncert.,%' - стандартная относительная неопределенность расчета активности для данной линии;

'Benchmark' – признак принятия данной линии за реперный. Применяется в целях улучшения разложения слившихся мультиплетов на составляющие.

Таблица Result by radionuclides содержит следующие поля:

Nuclide – название радионуклида, для которого в данной строке содержится информация;

Activity, Bq – средневзвешенная активность в Бк, полученная путем осреднения активностей из таблицы Found peaks с учетом неопределенности по каждой линии. В случае, если относительная расширенная неопредеденность расчета активности превышает 50%, то

вместо значения активности в этом поле выводится значение МДА (минимально детектируемой активности).

Sp.activity, Bq/kg – удельная активность в Бк/кг (параметр в зависимости от типа расчета);

Exp., uncert.% - (expanded uncertainty) расширенная неопределенность результата измерения с коэффициентом охвата 2 (coverage factor k=2).

В описываемой таблице **Result by radionuclides** дополнительно могут присутствовать два столбца **PL** (permission level) и **FC** (factor of conformity), которые были описаны в разделе 5.1.

Для каждого радионуклида в таблице **Result by radionuclides** для которого рассчитана активность, можно увидеть линии по которым эта активность была рассчитана. Для этого необходимо нажать на значок + располагающийся перед названием радионуклида.

6.2.9 Для каждого найденного пика провести визуальный анализ адекватности построенной математической модели, то есть оценить качество и правильность описания пика кривой гаусса. При неудовлетворительном описании пика его удаляют или корректируют (см. разд.19.1). В целях такого визуального анализа для быстрого масштабирования пика в размер окна спектра достаточно дважды кликнуть левой кнопкой мыши по надписи пика, а для возврата масштаба нажать кнопку

6.2.10 Далее результат определения активностей может быть транслирован в протокол, MS Word, отчет или базу данных. Для этих целей предусмотрена панель инструментов аналогичная описанной в разд.5.1 и расположенная над таблицей Found Peaks (- сохранение данных в протокол txt; - передача данных в MS Word; - создание отчета; - передача данных в БД).

6.2.11 Для сохранения найденных пиков и всех остальных параметров вносимых через окно **Spectrum parameters** необходимо нажать кнопку . В дальнейшем при открытии данного спектра разметка с найденными пиками будет выполнена автоматически. Список пиков и их параметров сохраняется в файле с тем же названием что и у спектра, но с расширением *.asr.

Для учета фона при расчете активностей необходимо дать на него ссылку в поле **Background** в окне **Spectrum parameters**. При этом сам спектр фона должен быть измерен с хорошей статистикой, а также обработан аналогично рабочему спектру. Таблица найденных и идентифицированных пиков фонового спектра аналогично сохраняется автоматически вместе со спектром. Программа автоматически подгружает таблицу фоновых пиков при открытии рабочего спектра или при смене фонового спектра в рабочем спектре.

6.3 Корректировка найденных пиков

Поиск пиков может вестись в двух режимах 'Search and Identification' и 'Peaks from library'. В первом случае поиск проводится в соответствии с параметрами указанными в параметрах спектра (пределы поиска, сглаживание, и т.д.), при этом фиксируются все пики отвечающие данным требованиям. Во втором случае выделяются только пики, соответствующие указанным энергетическим линиям на вкладке Library.

Как показано в разд.6.2. по нажатию кнопки **К** выполняется новый поиск пиков. Для корректировки найденных пиков с целью пересчета их площади пиков и соответственно активности следует использовать кнопку **К** (Update calculation for found peaks), которая также расположена в панели инструментов окна спектра. Она используется, если положение пиков правильное, а описание их кривой неправильное, или в случае использования корректировки по реперному пику.

Так как идентификация пиков проводится автоматически, то некоторые пики могут быть распознаны неверно, поэтому результат идентификации можно корректировать вручную в колонке 'Line' прямо в таблице, используя выпадающий список с энергетическими линиями, попадающими в допускаемый энергетический предел (см, окно Spectrum parameters).

В некоторых случаях сложных спектров, можно использовать корректировку описания кривой некоторых пиков по реперу. При наличии у радионуклида нескольких пиков и одного синглета, последний можно принять за репер, поставив галочку в таблице в столбце 'Benchmark'. Далее, загрузив файл эффективностей, можно провести перерасчет, нажав кнопку 🖳 в панели инструментов. Для остальных пиков (не являющихся репером) будет рассчитана их ориентировочная высота для дальнейшей обработки. Таким образом, повысится достоверность разложения мультиплетов на составляющие.

6.4 Вставка и удаление пиков

В панели инструментов окна спектра присутствует группа, содержащая три кнопки, как показано на рисунке 39 (выделенные в рамку).



Рисунок 39. Вид группы кнопок Identification

Так, кнопка Де (Insert peak mode) предназначена для переключения в режим вставки пика. В этом режиме курсор мыши становится в виде зеленой стрелки вниз (см.рис.40.1). Для вставки найденного пика в заданном месте спектра пользователю следует установить маркер в район центроиды пика и выполнить двойной клик левой кнопкой мыши, после чего пик будет выделен и добавлен в таблицу найденных пиков (см. рис. 40.2, блок 3). Двойной клик мышью для вставки можно заменить нажатием кнопки Insert на клавиатуре.

💑 Work spectr	um: C:\GammaPRO\spe	e-g\new2.asw					_ 🗆 ×		
	💽 • 🎑 🔊					×			
4 500 1		· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	····· [· · · · · ·		······	·			
4 000	····	· { {							
3 500		+++	···· 1						
3 000									
E 2 500	1 1			1	1				
3 2000		1 1			1				
1 000								PHOMIOK	40.1
500								ТИСУНОК	40.1.
مبنبين		+				 		Полготовка	маркера
2 840	2 860 2 880 2 900 2	920 2 940 2 960 2 9	80 3 000 Chan	3 020 3	040 3 060 3 0	080 3100 312	80 3140 3160 3180	Подготовни	nupropu
		000000000000000000000000000000000000000	0000000000000	2000000000000	000000000000000000000000000000000000000	2220		к вставке пи	ка
Calculation resul							~		
ROI-method	Peaks analysis MDA	Zones				Library	Source reference data	-	
	🔍 😼 🔼 🚺								
Found peaks		AU.							
Number Chi	annel Energy	Line	*	Area	Intensity	Activity, Bq	Stand. uncert.,% Bench		
-								_	
Input count rate: 6	80.82 Live time: 1836.1	4 s. Real time : 2000 s.	Dead tim	e: 8.19 %					
Channel: 2993	Energy: 583.18 Counts: 3	686						le.	



Найденный и описанный пик в спектре имеет обрисовку кривой гаусса как показано на рисунке 40.3. Рядом с кривой гаусса, описывающей пик, располагается надпись пика (см. рис.40.2, блок 1, и рис.40.3). Надпись содержит энергию пика, и название радионуклида, если пик идентифицирован.

При наведении курсора на надпись пика появляется всплывающая подсказка (см.рис.40.2, блок 2), содержащая параметры пика, такие как канал, энергию, название радионуклида, ПШПВ, разрешение, площадь и интенсивность. При наведении курсора на надпись пика с энергией 1332.5кэВ всплывающая подсказка будет содержать параметр 'Отношение Пик/Комптон'. Для энергии 5.9кэВ будет показан параметр 'Отношение Пик/Комптон'.

Для выделения пика следует кликнуть левой кнопкой мыши по его надписи. В случае двойного клика по надписи, данный пик растянется на всю длину окна спектра.

Если кликнуть правой кнопкой мыши по надписи пика, появится всплывающее меню как показано на рисунке 40.4.



В этом меню пункт Show peak in separate window выделяет данный пик и открывает его в окне Peak (см. разд.4.2).

Пункты меню Send to energy calibration и Send to FWHM and shape calibration дают возможность пользователю добавить данные рассматриваемого пика в калибровку по энергии, по ПШПВ и форме.

Кнопка (Delete peak) в панели инструментов окна спектра предназначена для удаления пика из списка найденных.

Порядок удаления пика следующий. Необходимо выйти из режима вставки пика повторным нажатием на кнопку (Д), чтобы вид курсора вернулся в стандартный. Далее необходимо выбрать пик, который следует удалить. Для этого можно воспользоваться выбором пика в таблице, выделив интересующий пик. Также, выбрать пик можно кликнув левой кнопкой мыши по надписи пика. В любом случае выбранный пик очерчен жирным контуром зеленого цвета и соответствующая ему строка выделена в таблице. После выбора пика нужно нажать кнопку (Д) в панели инструментов окна спектра.

нужно нажать кнопку 24 в панели инструментов окна спектра.

Для удаления всех найденных пиков предназначена кнопка 🔀 (Delete all).

6.5 Передача списка пиков в калибровку

В панели инструментов располагающейся над таблицей найденных пиков Found Peaks есть дополнительные кнопки (см.рис.38, блок 5). Данные кнопки предназначение для передачи данных о найденных пиках в калибровку по ПШПВ и по форме пика. Следует отметить тот факт, что, несмотря на то, что информация о значении ПШПВ и форме не содержится в таблице Found Peaks, эта информация хранится в самой программе и может быть транслирована в диалоговые окна формирующие калибровки по ПШПВ и форме.

Для передачи данных в калибровку необходимо в таблице найденных пиков выделить те пики, которые надо транслировать (см.рис.41) и нажать кнопку (Send selected peaks to energy calibration) или (Send selected peaks to FWHM and shape calibration) в зависимости от целевой калибровки.

ROI-me	ethod Peaks a	analysis MDA	Library Passport	of sc	ource				
ound pe	aks								
Num	Channel	Energy	Line	*	Area	Intensity	Activity, Bq	Stand. uncert	Benc
1	662.06	129.02	Th-232 129.06		5233	2.85	4299.5	7.78	
2	1073.3	209.15	Th-232 209.25		7645	4.164	4205.5	7.33	
3	1385.9	270.07	Th-232 270.24		5661	3.083	4169.7	7.33	
4	1420.5	276.82	Ba-133 276.4		3260	1.776	1133.5	7.87	
5	1539.2	299.94	Th-232 300.09	*	4880	2.658	4223.1	7.38	
6	1735.4	338.16	Th-232 338.32		15900	8.66	4232.5	7.07	
7	2376.1	463	Th-232 463		4663	2.54	4220.6	7.3	
8	2993.4	583.26	Th-232 583.19 💌		25080	13.66	4224.7	7.03	
9	4951.1	964.54	Eu-152 964.13		2653	1.445	1452.3	7.4	
10	13433	2614.9	Th-232 2614.5		7958	4.334	4207.5	7.09	

Рисунок 41. Выделение пиков с целью передачи в калибровки

После нажатия данных кнопок будет открыто диалоговое окно соответствующей калибровки.

6.6 База данных

Программа "GammaPRO" позволяет не только сохранять результаты измерения в файл базы данных (БД), но и работать с ней непосредственно в самой программе. Для успешной работы с БД необходимо наличие файла этой базы данных, путь к которому указан в окне **Parameters** на вкладке **Files** в поле **Database filename**(см.разд.10, рис.52.1).

Для вызова базы данных следует выбрать пункт **Tools->Database** главного меню программы **"GammaPRO".** После вызова данного пункта появится окно **Database of measurements** как показано на рисунке 41.1. Как видно из рисунка окно содержит несколько блоков. Блок 1(рис.41.1) содержит список сохраненных записей в виде таблицы, в которой указано название спектра, номер пробы, а также дата и время измерения спектра данной записи. Блок 2 – панель инструментов для управления таблицей записи, которая содержит кнопки восстановления спектра из БД, удаления записи и кнопку настройки фильтрации (поиска) по БД.



Рисунок 41.1. Вид окна Database of measurements

Блок 3 содержит стандартные поля с параметрами текущего (выделенного в таблице блока 1) спектра.

Блок 4 содержит две вкладки **ROI-method** и **Peaks analysis.** В каждой из вкладок присутствует таблица с результатами расчета активности, погрешности и т.д., которые были получены на этапе расчета при работе с текущим спектром (см.п.п. 5.1, 5.2, 5.3, 6.2). В зависимости от того, расчет каким методом был проведен, данные содержатся на одной или другой вкладке. При этом если расчет был проведен обоими методами, данные будут присутствовать на обеих вкладках соответственно. Для дополнительной сигнализации о наличии результатов расчета, для данной записи, рядом с заголовком вкладки присутствует значок . Над таблицей с результатами расчета представлена кнопка , позволяющая просмотреть в отдельном окне дополнительные данные о проведенном измерении (см. рис.41.2).



Рисунок 41.2. Вид окна дополнительных данных о проведенном расчете

В блоке 5 (рис.41.1) отображается график выделенного в таблице спектра, где по оси X отложены каналы, а по оси Y значения счета в импульсах.

Новые записи в БД можно добавить непосредственно из окна спектра, с помощью кнопки а расположенной на вкладках **ROI-method и Peaks analysis,** размещенных в окне **Calculation results** (см. рис. 30 и рис.38, блок 5).

В целях фильтрации записей по базе данных реализован инструмент поиска, который

вызывается кнопкой **H** в панели инструментов (рис.41.1, блок2). После нажатия на данную кнопку появится окно **Filter** как показано на рисунке 41.3.

Filter		×
Field Sample ID	contain 💽 Cs-137	
 Measurements AFTER Measurements BEFORE 	04.11.2018 04.11.2018	
Filter Reset		Close

Рисунок 41.3. Вид окна Filter

Изменяя значения полей данного окна, пользователь может выполнить фильтрацию и поиск по базе данных, включая временной период измерения спектров. Для применения выставленных параметров поиска следует нажать кнопку **Filter**, при этом в таблице (рис.41.1, блок 1) будут отображены только записи удовлетворяющие критериям заданного поиска.

Поскольку в базе данных сохраняется все содержимое измеренного спектра его можно восстановить, при этом новый спектр будет абсолютно идентичен изначальному, включая название файла. Для выполнения данной процедуры необходимо выделить в таблице нужную запись и нажать кнопку . В случае если файл спектра с таким именем уже существует, программа предупредит об этом. Для того чтобы не произошло перезаписи существующего спектра с тем же именем, в название файла будет добавлено '_*db*'.

7 Калибровка по энергии

Прежде чем проводить идентификацию, необходимо соотнести значение энергии с номером канала анализатора, т. е. провести энергетическую калибровку спектрометра. Для этой цели набирают спектры стандартных источников γ-излучения. Спектр, который участвует в энергетической калибровке, должен содержать несколько хорошо сформированных пиков. Процедуру нужно повторять периодически, в зависимости от стабильности работы источника высокого напряжения, усилителя и анализатора.

В целях проведения калибровки по энергии для заданного спектрометрического тракта необходимо выделить этот тракт в панели **Device manager**. Затем нужно нажать кнопку (М), после чего на экране появится диалоговое окно как показано на рисунке 42.



Рисунок 42. Окно Energy calibration

В левой части окна присутствует таблица (рис.42, блок 1), содержащая три столбца **'Channel'**, **'Energy (library)'**, **'Energy (calc.)**'. Таблица содержит в себе информацию о линиях (пиках), составляющих основу энергетической калибровки.

Так, на рис.42 показана калибровка, состоящая из двух точек, описывающая зависимость энергии от канала в спектре. Для расчета функциональной зависимости пользователь должен нажать кнопку **Calc calibration** (рис.42, блок 3), и полученная формула будет отображена в поле **Result**. Также на графике (рис.42, блок 3) после расчета будет отображена найденная зависимость.

В случае наличия в таблице большего количества точек, чем две, программа может определить параметр интегральной нелинейности (ИНЛ), который отображается в поле **INL** в блоке 3. Также, в таком случае, может быть построена полиномиальная зависимость второй степени. Для этого необходимо установить значение **2** в поле **Polynomial degree**.

Пользователь имеет возможность самостоятельно добавлять и удалять точки из таблицы. Для этого следует воспользоваться кнопками 🛉 (Add item) и 💻 (Delete item) располагающимися над таблицей. Так, в случае нажатия кнопки 🗣 в таблице появится новая строка, где пользователю нужно самостоятельно заполнить значениями поля в столбце 'Channel' и 'Energy (library)'.

Для начала создания новой калибровки предназначена кнопка **X** (**Delete all**), расположенная над таблицей. После нажатия на эту кнопку в таблице остается две строки минимально необходимые для построения прямолинейной зависимости. Начинать вносить изменения в таблицу можно редактируя поля этих строк.

Данные в таблицу можно получить также несколькими путями:

- из таблицы найденных пиков в обработанном спектре (разд.6.5, рис.41);
- из окна для работы с пиком (разд.4.2, рис.25);
- из контекстного меню надписи пиков (разд.6.4, рис. 40.4).

В целях подсказки библиотечного значения энергии в поле столбца 'Energy (library)' в режиме редактирования доступна возможность вызова окна библиотеки (см.рис 43.1). Данная функция доступна при наличии указанного файла библиотеки в поле Library file. Для вызова окна библиотеки необходимо нажать кнопку у правого края поля.

💑 Energy	💑 Energy calibration. BOSON. GCD-30185.							
+ - x								
∆Channel	Energy (library)	Energy (calc.)						
2993.43	583.19	583.19						
3126.76	609.31	609.31						
	Рисунок 4	3.1						

После этого на экране появится окно выбора энергетической линии из библиотеки (рис.43.2).

🞄 Radionuclide I	brary						
🗇 Na E	₩ 5. ×			N	Radionuclide	Energy	Quantum yield
Radionuclide	Half-life time 37342080	Quant	Error	1	Ra-226	609.31201	43.3
+ 🗸 K-40 + 🗸 Co-60	4.02990336E16 166352832						
+ V Y-88 + V Cs-137 + V Th-232	9215424 949104000 4 4338752E17						
- V Ra-226	50491081728	43.3					
✓ 1764.494 ✓ Eu-152 ✓ Th-228 ✓ Mn-54	 420653824.6464 4.4338752E17 26967168	171					
Sort • By energy • Quantum yield	Parameters T _{1/2} sec	•		Energ	h radionuclide and ener y, keV 609.31 Search	rgy Range, keV ± 1	Quantum yield, % > 1

Рисунок 43.2 Окно выбора энергии из библиотеки

Пользователь может самостоятельно выбрать радионуклид и линию из списка, представленного в левой таблице. Дважды кликнув по выбранной энергии, окно библиотеки закроется, и значение энергии появится в поле таблицы окна **Energy calibration**.

Также можно воспользоваться поиском по библиотеке. Для этого в поле Energy, kev в правой части окна Radionuclide library нужно указать приблизительное значение энергии, которое требуется найти в библиотеке и указав диапазон поиска в следующем поле нажать кнопку Search. В результате, в правой таблице будут показаны линии, отвечающие заданному условию. Пользователь может выбрать требуемый вариант из полученного списка, дважды кликнув левой кнопкой мыши по соответствующей строке.

После получения искомой функциональной зависимости для калибровки по энергии требуется применить ее к текущему спектрометрическому тракту. Для этого необходимо нажать кнопку **Apply** внизу окна **Energy calibration**.

Для сохранения в файл и загрузки всей совокупности данных калибровки можно воспользоваться кнопками Save и Open соответственно.

Окно **Energy calibration** позволяет пользователю создать текстовый отчет для получения сводной информации и вывода его на печать. Для этого предназначена кнопка **Report** располагающаяся в нижней части окна. После проведения калибровки и нажатия на эту кнопку появится окно как показано на рис.44.



Рисунок 44. Окно отчета о калибровке по энергии

Для отправки отчета на печать следует нажать кнопку 💳.

В целях проведения калибровки по энергии для конкретного рабочего спектра необходимо открыть этот спектр и нажать кнопку в панели инструментов окна спектра, после чего на экране появится диалоговое окно аналогичное как показано на рисунке 42. Единственным исключением станет наличие дополнительной кнопки **Apply to tract** внизу окна **Energy calibration**. Данная кнопка предназначена для применения новой рассчитанной калибровки для спектрометрического тракта, который соответствует рассматриваемому спектру.

8 Калибровка по ПШПВ и форме пика

Калибровка по ПШПВ (половина ширины на половине высоты) это процедура поиска функциональной зависимости параметра ПШПВ от канала в спектре.

Термин 'калибровка по форме пика' в программе "**GammaPro**" определяется как поиск зависимости параметра Т (т.н. 'левый край') от канала центроиды пика в спектре. Параметр Т – это расстояние в каналах от центроиды пика в левую сторону, дальше которого пик описывается экспоненциальной зависимостью, а не гауссом (см. рис.45).



Рисунок 45. Форма графика описывающего пик

В целях проведения калибровки по ПШПВ и форме пика для заданного спектрометрического тракта необходимо выделить этот тракт в панели **Device manager**. Затем нужно нажать кнопку (, после чего на экране появится диалоговое окно как показано на рисунке 46.



Рисунок 46. Окно FWHM and shape calibration

В левой части окна присутствует таблица (рис.46, блок 1), содержащая три столбца 'Channel', 'FWHM', 'Left edge (shape)'. Таблица содержит в себе информацию о линиях (пиках), составляющих основу калибровки по ПШПВ и форме.

Так, на рис.46 показана калибровка, состоящая из определенного количества точек, описывающая зависимость ПШПВ и формы от канала в спектре. Для расчета функциональных зависимостей пользователь должен нажать кнопку Calc calibration (рис.46, блок 3), и полученные формулы будут отображены в полях Result for FWHM and Result for shape. Также на графике (рис.46, блок 3) после расчета будут отображены найденные зависимости.

В случае наличия в таблице количества точек большего, чем две, могут быть построены полиномиальные зависимости второй степени. Для этого необходимо установить значение 2 в поле Polynomial degree for FWHM и Polynomial degree for shape.

Пользователь имеет возможность самостоятельно добавлять и удалять точки из таблицы. Для этого следует воспользоваться кнопками 🛉 (Add item) и 💻 (Delete item) располагающимися над таблицей. Так, в случае нажатия кнопки 🕈 в таблице появится новая строка, где пользователю нужно самостоятельно заполнить значениями поля в столбцах 'Channel', 'FWHM' и 'Left edge (shape)'.

Для начала создания новой калибровки предназначена кнопка **X** (**Delete all**), расположенная над таблицей. После нажатия на эту кнопку в таблице остается две строки минимально необходимые для построения прямолинейной зависимости. Начинать вносить изменения в таблицу можно редактируя поля этих строк.

Данные в таблицу можно получить также несколькими путями:

- из таблицы найденных пиков в обработанном спектре (разд.6.5, рис.41);

- из окна для работы с пиком (разд.4.2, рис.25);

- из контекстного меню надписи пиков (разд.6.4, рис. 40.4).

После получения искомых функциональных зависимостей для калибровки по ПШПВ и форме пика требуется применить их к текущему спектрометрическому тракту. Для этого необходимо нажать кнопку **Apply** внизу окна **FWHM and shape calibration**.

Для сохранения в файл и загрузки всей совокупности данных калибровки можно воспользоваться кнопками **Save** и **Open** соответственно.

Окно **FWHM and shape calibration** позволяет пользователю создать текстовый отчет для получения сводной информации и вывода его на печать. Для этого предназначена кнопка **Report** располагающаяся в нижней части окна. После проведения калибровки и нажатия на эту кнопку появится окно как показано на рис.47.

ectrometric tract: BOSON GCD-30185 port date: 30.06.2017 14:44:05 e equation of FWHM dependence: E=4.799+0.0005412x e equation of shape dependence: E=4.208+0.0004646x-3.867E-10x*2 ble of values involved in the calibration Channel FWHM Left edge (shape) 383.62 4.8982 4.3774 305.212 4.6793 4.3824 447.1 5.8688 4.4059 510.194 5.2712 4.4348 590.99 4.3317 4.4709 662.061 4.6771 4.503 1073.25 5.0117 4.6887 1223.85 5.2345 4.7569 1385.9 5.4564 4.8301 1682.39 5.5271 4.9638 2621.2 6.5923 5.388 2993.43 6.5132 5.9703 3733.86 7.2463 5.8909 3965.03 7.3692 5.9952 3420.47 7.5564 6.1425 8157.47 9.559 7.8886 13432.6 11.789 10.273 13433 11.779 10.511	eport about FWHM a	nd shape calibratio	on.
Apport date: 30.06 2017 14.44:05 e equation of FVVHM dependence: E=4.799+0.000446k-3.867E-10x*2 ble of values involved in the calibration Channel FVVHM Left edge (shape) 383.62 4.8982 4.3774 395.212 4.6793 4.3824 447.1 5.8688 4.4059 510.194 5.2712 4.4348 590.99 4.3317 4.4709 662.061 4.6771 4.503 1073.25 5.0117 4.6887 1223.85 5.2345 4.7569 1385.9 5.4564 4.8301 1682.39 5.5271 4.9638 2621.2 6.5923 5.388 293.43 6.5132 5.9703 3733.86 7.2463 5.8909 3965.03 7.3692 5.9952 4200.47 7.5584 6.1425 8157.47 9.559 7.8896 13432.6 11.769 10.273 13433 11.779 10.511	ectrometric tract: BOSON	. GCD-30185	
le equation of FWHM dependence: E=4.799+0.0005412x le equation of shape dependence: E=4.208+0.0004646x-3.867E-10x ⁴ 2 ble of values involved in the calibration Channel FWHM Left edge (shape) 383.62 4.8982 4.3774 395.212 4.6793 4.3824 447.1 5.8888 4.4059 510.194 5.2712 4.4348 590.99 4.3317 4.4709 662.061 4.6771 4.503 1073.25 5.0117 4.6887 1223.85 5.2345 4.7569 1385.9 5.4584 4.8301 1682.39 5.5271 4.9638 2621.2 6.5923 5.388 2993.43 6.5132 5.9703 3733.86 7.2463 5.8909 3365.03 7.3692 5.9952 4.200.47 7.5584 6.1425 8157.47 9.559 7.8896 14432.6 11.789 10.273 13433 11.779 10.511	port date: 30.06.2017 14:4	4:05	
Evolution Channel FWHM Left edge (shape) 383.62 4.8862 4.3774 395.212 4.6793 4.3824 447.1 5.8888 4.4059 510.194 5.2712 4.4348 590.99 4.3317 4.4348 590.99 4.3317 4.4709 662.061 4.6771 4.503 1073.25 5.0117 4.6867 1223.85 5.2245 4.7569 1385.9 5.4584 4.8301 1682.39 5.5271 4.9638 2621.2 6.5923 5.388 293.43 6.5132 5.9703 3733.86 7.2463 5.8909 3365.03 7.3692 5.9952 4.402 6.1425 5.9703 3733.86 7.2463 5.8909 3965.03 7.3692 5.9952 4.432.6 11.789 10.273 13432.6 11.789 10.273	e equation of FWHM depe	ndence: E=4.799+0.000	15412x
ble of values involved in the calibration Channel FVVHM Left edge (shape) 383.62 4.8962 4.3774 395.212 4.6793 4.3824 447.1 5.8868 4.4059 510.194 5.2712 4.4348 590.99 4.3317 4.4709 662.061 4.6771 4.503 1073.25 5.0117 4.6887 1223.85 5.2345 4.7569 1385.9 5.4584 4.8301 1682.39 5.5271 4.9638 2021.2 6.5923 5.388 293.43 6.5132 5.9703 3733.86 7.2463 5.8909 3365.03 7.3692 5.9952 4200.47 7.5584 6.1425 8157.47 9.559 7.8896 13432.6 11.789 10.273 13433 11.779 10.511	e equation of shape deper	Idence. E-4.200+0.0004	+040x-3.007E-10x-2
Channel FWHM Left edge (shape) 383.62 4.8862 4.3774 395.212 4.6793 4.3824 447.1 5.8888 4.4059 510.194 5.2712 4.4348 590.99 4.3317 4.4709 662.061 4.6771 4.503 1073.25 5.0117 4.6887 1223.85 5.2345 4.7569 1385.9 5.4564 4.8301 1682.39 5.5271 4.9638 2621.2 6.5923 5.388 293.43 6.5132 5.9703 373.386 7.2463 5.8909 3965.03 7.3692 5.9952 4200.47 7.5584 6.1425 8157.47 9.559 7.8896 13432.6 11.769 10.273 13433 11.779 10.511	ble of values involved in the	e calibration	
383.62 4.8982 4.3774 395.212 4.6793 4.3824 447.1 5.8888 4.4059 510.194 5.2712 4.348 590.99 4.3317 4.4709 662.061 4.6771 4.503 1073.25 5.0117 4.6887 1223.85 5.2345 4.7699 1385.9 5.4584 4.8301 1682.39 5.5271 4.9638 2021.2 6.5923 5.388 293.43 6.5132 5.9703 3733.86 7.2463 5.8909 3965.03 7.3692 5.9952 4200.47 7.5584 6.1425 8157.47 9.559 7.8896 1432.6 11.789 10.273 13433 11.779 10.511	Channel	FWHM	Left edge (shape)
395.212 4.6793 4.3824 447.1 5.8888 4.4059 510.194 5.2712 4.4348 590.99 4.3317 4.4709 662.061 4.6771 4.503 1073.25 5.0117 4.6887 1223.85 5.2245 4.7569 1385.9 5.4584 4.8301 1682.39 5.5271 4.9638 2621.2 6.5923 5.388 2933.43 6.5132 5.9703 3733.86 7.2463 5.8909 3965.03 7.3692 5.9952 4200.47 7.5584 6.1425 8157.47 9.559 7.8896 13432.6 11.789 10.273 13433 11.779 10.511	383.62	4.8982	4.3774
447.1 5.8888 4.4059 510.194 5.2712 4.4348 590.99 4.3317 4.4709 662.061 4.6771 4.503 1073.25 5.0117 4.6887 1223.85 5.2345 4.7599 1365.9 5.4584 4.8301 1682.39 5.5271 4.9638 2621.2 6.5903 5.388 293.43 6.5132 5.9703 3733.86 7.2463 5.8909 3965.03 7.3692 5.9952 420.47 7.5584 6.1425 8157.47 9.559 7.8896 13432.6 11.769 10.273 13433 11.779 10.511	395.212	4.6793	4.3824
510.194 5.2712 4.4348 590.99 4.3317 4.4709 662.061 4.6771 4.503 1073.25 5.0117 4.6887 1223.85 5.2345 4.7569 1385.9 5.4584 4.8301 1682.39 5.5271 4.9638 2621.2 6.5923 5.388 293.43 6.5132 5.9703 3733.86 7.2463 5.8909 3965.03 7.3692 5.9952 4200.47 7.5584 6.1425 8157.47 9.559 7.8896 13432.6 11.769 10.273 13433 11.779 10.511	447.1	5.8888	4.4059
590.99 4.3317 4.4709 662.061 4.6771 4.503 1073.25 5.0117 4.6887 1223.85 5.2345 4.7569 1385.9 5.4584 4.8301 1682.39 5.5271 4.9638 2621.2 6.5923 5.388 293.43 6.5132 5.9703 3373.86 7.2463 5.8909 3965.03 7.3692 5.9952 4.425 8157.47 9.559 7.8896 13432.6 11.789 10.273 13433	510.194	5.2712	4.4348
662.061 4.6771 4.503 1073.25 5.0117 4.6867 1223.85 5.2245 4.7569 1365.9 5.4584 4.8301 1682.39 5.5271 4.9638 2621.2 6.5923 5.388 2993.43 6.5132 5.9703 3733.86 7.2463 5.8909 3965.03 7.3692 5.9952 4200.47 7.5584 6.1425 8157.47 9.559 7.8896 13432.6 11.769 10.273 13433 11.779 10.511	590.99	4.3317	4.4709
1073.25 5.0117 4.6887 1223.85 5.2345 4.7569 1385.9 5.4584 4.8301 1682.39 5.5271 4.9638 2621.2 6.5923 5.388 293.43 6.5132 5.9703 3733.86 7.2463 5.8909 3965.03 7.3692 5.9952 4290.47 7.5584 6.1425 8157.47 9.559 7.8896 13432.6 11.769 10.273 13433 11.779 10.511	662.061	4.6771	4.503
1223.85 5.2345 4.7569 1385.9 5.4584 4.8301 1682.39 5.5271 4.9638 2621.2 6.5923 5.388 293.43 6.5132 5.9703 3733.86 7.2463 5.8909 3965.03 7.3692 5.9952 4200.47 7.5584 6.1425 8157.47 9.559 7.8896 13432.6 11.789 10.273 13433 11.779 10.511	1073.25	5.0117	4.6887
1385.9 5.4584 4.8301 1682.39 5.5271 4.9638 2621.2 6.5923 5.388 2993.43 6.5132 5.9703 3733.86 7.2463 5.8909 3965.03 7.3692 5.9952 4290.47 7.5584 6.1425 8157.47 9.559 7.8896 13432.6 11.789 10.273 13433 11.779 10.511	1223.85	5.2345	4.7569
1682.39 5.5271 4.9638 2621.2 6.5923 5.388 293.43 6.5132 5.9703 3733.86 7.2463 5.8909 3965.03 7.3692 5.9952 4290.47 7.5584 6.1425 8157.47 9.559 7.8896 13432.6 11.769 10.273 13433 11.779 10.511	1385.9	5.4584	4.8301
2621 6.5923 5.388 2993 43 6.5132 5.9703 3733.86 7.2463 5.8909 3965.03 7.3692 5.9952 4200.47 7.5584 6.1425 8157.47 9.559 7.8896 13432.6 11.789 10.273 13433 11.779 10.511	1682.39	5.5271	4.9638
2993.43 6.5132 5.9703 3733.86 7.2463 5.8909 33965.03 7.3692 5.9952 4290.47 7.5584 6.1425 8157.47 9.559 7.8896 13432.6 11.789 10.273 13433 11.779 10.511	2621.2	6.5923	5.388
3733.86 7.2463 5.8909 3965.03 7.3692 5.9952 4290.47 7.5584 6.1425 8157.47 9.559 7.8896 13432.6 11.769 10.273 13433 11.779 10.511	2993.43	6.5132	5.9703
3965.03 7.3692 5.9952 4200.47 7.5584 6.1425 8157.47 9.559 7.8896 13432.6 11.789 10.273 13433 11.779 10.511	3733.86	7.2463	5.8909
4290.47 7.5584 6.1425 8157.47 9.559 7.8896 13432.6 11.789 10.273 13433 11.779 10.511	3965.03	7.3692	5.9952
8157.47 9.559 7.8896 13432.6 11.789 10.273 13433 11.779 10.511	4290.47	7.5584	6.1425
<u>13432.6 11.789 10.273</u> 13433 11.779 10.511	8157.47	9.559	7.8896
13433 11.779 10.511	13432.6	11.789	10.273
	13433	11.779	10.511
	12		
12			•
12	11		
12	10		· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
	σ q		
	; 8	/ /	
	7		
	6		

Рисунок 47. Окно отчета о калибровке по ПШПВ и форме пика

Для отправки отчета на печать следует нажать кнопку ⊟.

В целях проведения калибровки по ПШПВ и форме пика для конкретного рабочего спектра необходимо открыть этот спектр и нажать кнопку в панели инструментов окна спектра, после чего на экране появится диалоговое окно аналогичное как показано на рисунке 46. Единственным исключением станет наличие дополнительной кнопки **Apply to tract** внизу окна **FWHM and shape calibration**. Данная кнопка предназначена для применения новой рассчитанной калибровки для спектрометрического тракта, который соответствует рассматриваемому спектру.

9 Калибровка по эффективности

9.1 Общие положения

Калибровка спектрометра по эффективности регистрации производится с помощью мер активности, воспроизводящих геометрию и свойства поглощения гамма излучения счетного образца.

В результате калибровки определяется энергетическая зависимость эффективности регистрации в пиках полного поглощения гамма-квантов, испускаемых образцовыми (эталонными) мерами. При необходимости учета поглощения гамма-квантов в материале объемного спектрометрического препарата производится определение энергетических зависимостей эффективности регистрации гамма-квантов по нескольким наборам образцовых объемных мер с различной плотностью материала наполнителя.

Процесс калибровки условно разделен на четыре этапа:

- измерение спектров образцовых мер активности или получение этих спектров расчетным путем с применением специализированного программного обеспечения (ПО) реализовывающего симуляцию взаимодействия излучения с веществом;
- обработка спектров в целях поиска, идентификации и определения площадей пиков;
- расчет эффективностей регистрации гамма-квантов по набранным спектрам комплекта образцовых мер и аппроксимация энергетических зависимостей эффективности регистрации гамма-квантов;
- создание и сохранение калибровочного файла типа *.efp.

Зависимость эффективности регистрации ε_n от энергии гамма–квантов E_n описывается функциональной зависимостью 9.1:

 $\varepsilon_n(E_n) = exp(A_0 + A_1 \ln E_n + A_2 (\ln E_n)^2 + A_3 (\ln E_n)^3 + A_4 (\ln E_n)^4 + A_5 (\ln E_n)^5 + A_6 (\ln E_n)^6)$ (9.1) где A_i – коэффициенты полинома, определяемые в процессе калибровки, i=0..6.

В приложении 2 представлен формат файла *.efp.

Поскольку калибровка по эффективности регистрации является основой правильности и точности выполнения измерений, эти операции должен выполнять специалист с высокой квалификацией, либо представитель компании, отвечающей за поставку и наладку гамма-спектрометра.

9.2 Выбор радионуклидов для калибровки

Для калибровки используют образцовые меры активности или калибровочные источники (далее – калибровочные источники) активностью в диапазоне (1 - 100) кБк, изготовленные на основе рабочих эталонов 1-го разряда растворов радионуклидов ⁵⁴Mn, ⁵⁷Co, ¹⁰⁹Cd, ¹¹³Sn, ¹³⁷Cs, ¹³⁹Ce, ¹⁵²Eu, ²⁴¹Am, ²⁴³Am, ²²⁶Ra (с дочерними продуктами), ²²⁸Th (с дочерними продуктами) и др.

Активность калибровочного источника выбирают, исходя из условия, чтобы при наборе спектра в рабочей геометрии измерения «мертвое» время не превышало (4-5)%.

Количество и радионуклидный состав калибровочных источников для задачи калибровки по эффективности в диапазоне энергий 50 – 3000кэВ выбирают, исходя из того, что в интервале энергий 50-200кэВ должно быть получено не менее 4 значений эффективности, отвечающих разным энергиям гамма-квантов, причем энергии должны соответствовать началу, середине и концу энергетического диапазона, а в интервале энергий 200-3000 кэВ должно быть получено не менее 4 значений эффективности, отвечающих тем же требованиям.

9.3 Порядок выполнения калибровки по эффективности

9.3.1 Проводят измерения спектров образцовых мер или выполняют симуляцию этих спектров с применением ПО реализовывающего расчетные методы.

9.3.2 Формируют файлы паспортных данных калибровочных источников. Для этого используют окно Passport of source editor, вызываемое из главного меню программы Options-> Passport of source editor (см. разд.13).

9.3.3 Обрабатывают полученные в п.9.3.1 спектры в целях поиска, идентификации и определения площадей пиков как описано в разделе 6.

9.3.4 Для каждого спектра калибровочного источника устанавливают свой файл паспортных данных. Для этого в поле **Passport of source** в окне **Spectrum parameters** каждого спектра калибровочного источника указывают ссылку на файл паспортных данных.

9.3.5 Обработанные спектры сохраняют на диск.

9.3.6 Вызывают окно Efficiency calibration (см.рис. 48) нажатием кнопки 🖾 в панели инструментов программы. Выбирают первую вкладку Efficiency calibration в заголовке окна.



9.3.7 На вкладке Efficiency calibration с помощью кнопки Add в панели инструментов загружают все калибровочные спектры, а затем ранжируют их таким образом, что бы спектры с одной плотностью (или другим параметром) были сгруппированы. (Пример см. на рис.49).

🛧 🖊 👘		
N	Spectrum	
▼ 1 ▼ 2 ▼ 3	C:\ASW\spc\01_ms_ra_op.asw C:\ASW\spc\04_ms_th_op.asw C:\ASW\spc\07_ms_k_op.asw	Спектры образцов с плотностью 0,2 г/см ³
▼ 4 ▼ 5 ▼ 6 ▼ 7	C:\ASW\spc\10_ms_cs_op.asw C:\ASW\spc\02_ms_ra_sm.asw C:\ASW\spc\05_ms_th_sm.asw C:\ASW\spc\08_ms_k_sm.asw	Спектры образцов с плотностью 1 г/см ³
▼ 8 ▼ 9 ▼ 10 ▼ 11 ▼ 12	C:\ASW\spc\11_ms_cs_sm.asw C:\ASW\spc\03_ms_ra_ps.asw C:\ASW\spc\06_ms_th_ps.asw C:\ASW\spc\09_ms_k_ps.asw C:\ASW\spc\12_ms_cs_ps.asw	Спектры образцов с плотностью 2 г/см ³

Рисунок 49. Ранжирование спектров

9.3.8 Устанавливают параметры кривой эффективности (рис. 48, блок 1):

- **Polynomial degree** – параметр определяющий степень полинома, который будет рассчитан в целях описания экспериментальной зависимости эффективности регистрации от энергии гамма – квантов.

- Range, keV – диапазон энергий, в пределах которого будет построена зависимость эффективности регистрации от энергии гамма – квантов.

- Geometry – название геометрии измерения, для которой строится калибровка по эффективности. Необязательный текстовый параметр, значение которого будет сохранено в файл эффективности и будет выводиться в поле данных о проведенном расчете (см. рис.41.2). В выпадающем списке данного поля предлагаются условные обозначения для часто используемых геометрий ('Mar' – Маринелли, 1л; '38_' – емкость, 38мл, '250' – кювета, 250мл; и т.д.).

9.3.9 Нажимают кнопку **Calculate calibration** (рис. 48, блок 1), после чего в таблице (рис. 48, блок 2, и рис.50) в древовидной структуре будут отображены данные об эффективностях, а ниже на графике появятся кривые аппроксимирующие экспериментальные расчетные точки значений эффективностей (рис. 48, блок 3, и рис.50).

Для каждого параметра (плотности) выводятся коэффициенты полинома аппроксимации (рядом со значением этой плотности) в виде (пример):

Eff=f(-1343, 1307, -5133, -1649, 248.2, -19.85, 0.6592)

9.3.10 Точки, которые сильно отстоят от кривой, отбрасывают путем снятия галочки в соответствующей строке таблицы, при этом вид кривой автоматически изменяется. В случае необходимости изменить энергетический диапазон, в пределах которого должна быть построена кривая эффективности необходимо внести изменения в поля и нажать кнопку .

9.3.11 Для изучения формы получаемых кривых можно переключить шкалу в логарифмический режим, для этого нужно установить переключатель **Log** расположенный в панели (рис.48, блок 1). Вид графика изменится, и будет выглядеть, как показано на рис.50.1.

9.3.12 После окончания формирования вида кривых эффективностей для принятой геометрии измерения создают файл калибровки по эффективности с уникальным именем и с расширением *.*efp*. Для этого нажимают кнопку **Create file** и далее в стандартном диалоге вводят имя нового файла калибровок.



Рисунок 50. Вид окна Efficiency calibration после проведения расчета зависимости эффективностей от энергии



Рисунок 50.1 Вид кривых эффективностей в логарифмическом масштабе

9.4 Управление спектрами

Для загрузки и удаления спектров в окно Efficiency calibration используют кнопки Сlear в панели инструментов окна. Add

Delete

После загрузки спектров их список появляется в таблице (рис.48, блок 4) или как показано на рисунке 50. Сами гистограммы спектров отображаются на графике (рис.48, блок 4 или рис.50).

Для отображения или скрытия гистограммы спектра на графике следует установить или снять индикатор в первом столбце 'N' таблицы.

Информация с параметрами текущего (выделенного в таблице) спектра отображается в панели под графиком спектров (см.рис.48, блок 6). Причем гистограмма текущего спектра выделяется на графике жирной линией красного цвета.

Для перемещения текущего спектра в таблице вверх или вниз следует пользоваться кнопками 🕈 или 🖊.

9.5 Создание проекта файла эффективности

Процесс создания файла эффективностей может занимать продолжительное время и поэтому может возникнуть необходимость сохранения текущей конфигурации калибровочных спектров, выбранных энергетических линий и параметров для дальнейшей работы. Для этого случая имеется возможность сохранить текущую конфигурацию в отельный файл проекта. Более того, все спектры, файлы библиотек и файлы паспортных данных будут перенесены в один каталог с определенной структурой.

Для создания файла проекта необходимо нажать кнопку s в панели инструментов вкладки **Efficiency calibration.** На экране появится окно, в котором нужно указать название проекта и каталог, в котором будет размещен сам проект и все необходимые для этого файлы (рекомендуется создавать новый каталог) (см. рис.50.2).

Creation project of efficiency calibration
Project name
spec
Project directory
C:\GammaPRO\test2\
Save Cancel

Рисунок 50.2 Окно запроса названия и каталога проекта файла эффективности

После нажатия на кнопку Save программа создаст в указанном пользователем каталоге проекта три подкаталога с названиями SPC, LBR и PKS, в которые автоматически скопируются спектры, связанные с ними файлы библиотек и файлы паспортных данных соответственно. В самом каталоге проекта появится файл с расширением *.pef, который будет содержать данные о параметрах проекта.

В дальнейшем если программа "GammaPRO" будет закрыта и открыта вновь пользователь может загрузить данный проект, нажав кнопку в панели инструментов вкладки Efficiency calibration и выбрав там файл сохраненного проекта. Программа автоматически загрузить все спектры и восстановить сохраненную конфигурацию так, что пользователь сможет продолжить формировать файл калибровки по эффективности.

9.6 Создание файла эффективностей из текстовой таблицы

Вкладка **Converting** в окне **Efficiency calibration** предназначена для преобразования (конвертирования) текстовой таблицы (текстовый файл), содержащий три столбца значений (энергии, эффективности и стандартной неопределенности) в файл эффективности формата программы "**GammaPRO**".

Для реализации данной задачи пользователь должен перейти на вкладку Converting

(см. рис. 50.3) и открыть текстовый файл, воспользовавшись кнопкой в панели инструментов вкладки. После открытия файла программа сразу произведет расчет в соответствии с параметрами указанными в панели инструментов (степень полинома, энергетический диапазон). Изменение этих параметров выполняется аналогично, как и на вкладке Efficiency calibration. Значения в таблице также можно отключать и включать с помощью галочки в каждой из строк первого столбца 'Energy'. Итоговая полиномиальная зависимость эффективности регистрации от энергии будет отображена в панели инструментов.

По окончании формирования калибровки ее нужно сохранить в файл (*.*efp*) нажав кнопку **Create file** в панели инструментов вкладки.



Рисунок 50.3 Вид вкладки Converting

10 Параметры

Окно программы **Parameters** предназначено для настройки некоторых деталей работы программы. Оно вызывается из главного меню **Options->Parameters** и содержит 4 вкладок **General**, **Files**, **View**, **Calculation** (см.рис.51).

Parameters		×
General	Files View Calculation	
-GPS - COM nort:	10 1	
COM port.		
Baud rate	4800 •	
GPS coord	dinate	
Latitude, *	0.0	
Longitude,	* 0.0	
Ask user	when launch	
	OK Cancel	

Рисунок 51. Вид окна Parameters

Вкладка General (рис. 51) содержит блок параметров GPS, в котором представлены два поля для настройки прибора спутниковой навигации GPS. Если GPS приемник подключен и данные корректны, то текущие координаты можно наблюдать в полях группы GPS coordinate.

Вкладка Files (рис. 52.1) содержит название файла базы данных для сохранения результатов расчета активностей радионуклидов (поле Database filename) и имя файла

протокола (поле **Protocol filename**), который может содержать суммарный результат измерений в текстовом формате.

General Files View Calculation Protocol filename
C:\GammaPRO\report.dat
Database filename
C:\GammaPRO\full_data.accdb

Рисунок 52.1 Вид вкладки Files

Вкладка View (рис.52.2) предназначена для настройки внешнего интерфейса менеджера устройств.

General	Files	View	Calculation				
Show p	Show panel for add analyser						
Рисунок 52.2 Вид вкладки View							

Вкладка **Calculation** (рис.52.3) предназначена для настройки некоторых аспектов связанных с измерениями и процедурой расчета активностей.

General Files View Calculation
Calculate Aeff
☑ Save measurements in log
Signal about measurement finish
Type of view results with uncert. more 50%
 MDA (recommended)
O MDA/2 ± 100%
Catalogue
Service files:
c:\gammapro

Рисунок 52.3 Вид вкладки Calculation

Вкладка Calculation имеет несколько блоков содержащих следующие поля:

Calculate Aeff – индикатор указывающий программе о необходимости проводить расчет параметра эффективной активности, определяемый по формуле 10.1 (подробнее см.Приложение 5):

$$A_{\rm eff} = A_{\rm Ra} + 1.30 \cdot A_{\rm Th} + 0.090 \cdot A_{\rm K} \tag{10.1}$$

где A_{эфф} - суммарная удельная активность природных радионуклидов в материале, определяемая с учетом их биологического воздействия на организм человека, Бк/кг;

А_{Ra} – удельная активность радионуклида Ra-226, Бк/кг;

А_{тh} – удельная активность радионуклида Th-232, Бк/кг;

А_к – удельная активность радионуклида К-40, Бк/кг.

Определение эффективной активности проводится в момент расчета активностей методом окон или методом анализа отдельных пиков и выводится в панель результатов как показано на рис.30. Расчет проводится при наличии калибровки для определения активностей природных радионулидов (ПРН).

Save measurement in log - индикатор указывающий программе о необходимости автоматической передачи результатов измерения в журнал в процессе сохранения измеренного спектра.

Signal about measurement finish - переключатель который дает возможность включать и отключать звуковой сигнал по окончании набора спектра.

Type of view results with uncert. more 50% - элемент выбора формата отображения результата измерения при расширенной неопределенности более 50%. Значения могут выводиться в двух форматах:

"<МДА"

"МДА/2 ± 100%".

Первый вариант вывода результата более правильный с точки зрения метрологии.

11 Пакетная работа со спектрами

Модуль Пакетная работа со спектрами (Pack of spectra) вызывается из главного меню программы Tools->Pack. Он предназначен для работы с любой серией спектров (отображение, математические операции, определения стабильности, расчет активностей и т.д.).



Модуль Pack of spectra состоит из трех основных блоков и меню (рис.53).

Блок 1 представляет собой таблицу, содержащую список загруженных спектров. Первый столбец таблицы содержит порядковый номер спектра и галочку, которая показывает, нужно ли выводить этот спектр в блоке 2. Нажатие на заголовок столбца переводит все спектры в состояние включения отображения или в состояние выключения.

Второй столбец содержит непосредственно имена файлов спектров с их путями. Столбцы с номерами 3, 4 и 5 предназначены для вывода результатов по определению стабильности (см. ниже).

Если курсор установлен на какой-либо строке, то соответствующий спектр на графике отображается красный цветом. Выделенных строк в таблице может быть как один, так и два или все. Последний выделенный спектр имеет на графике жирную красную линию. Для того чтобы выделить несколько спектров, нужно удерживая на клавиатуре кнопку Ctrl, нажимать левую кнопку мыши на строке, которую необходимо выделить. Снятие любого выделения происходит по нажатию левой кнопкой мыши на любую не выделенную ячейку таблицы. Двойной щелчок левой кнопкой мыши по какой-либо строке приведет к стандартному открытию спектра в рамках программы "GammaPRO".

Блок 2 содержит график, в котором в едином автоматическом масштабе выводятся все отмеченные в таблице спектры.

Для того чтобы добавить спектры в таблицу нужно нажать в меню кнопку того чтобы удалить нажать кнопку Delete, сперва выделив в таблице нужные спектры. Для удаления всех спектров сразу нажмите кнопку Clear.

Блок 3 предназначен для управления и осуществления всех возможных операций в модуле Pack of spectra. Он состоит из нескольких вкладок (Current, Math. operations, Stability, Activity, Calibration, Sensitivity control, Background control, Normalization, Map) каждая из которых отвечает за соответствующие функции.

Вкладка **Current** (см. рис. 53) отображает всю информацию о параметрах последнего выделенного в таблице (блок 1) спектра. Список параметров вкладки **Parameters** и **Additional** полностью повторяет список, представленный в окне "**Spectrum parameters**" (см. рис.20 и рис.36) при работе с окном спектра.

На панели инструментов вкладки **Current** имеются две кнопки: **G** (Save current change) и (Template). Первая предназначена для сохранения изменений внесенных в поля вкладок **Parameters** и **Additional**. Кнопка же **D** предоставляет пользователю инструмент **Template** предназначенный для изменения одного или нескольких параметров выбранных спектров. При нажатии на эту кнопку, откроется окно **Template of parameters** (см.рис.54).

emplate of parame	eters			. ,	
Apply 🕒					
Parameters Add	ditional				
Spectrum type		*.asw			
Sample ID					
Weight	Unit	1	kg [~	
Volume	Unit	1		~	
-Reference date	!				
Date		20.08.201	0 [
Time		16:10:06			
Comment		R20M:16	R20M:16045860P		
- Coefficient con	centration				
Coefficient		1			
Use					
Calibration file		C:\Gamm	haPRO\spe-g\clb_g\tes	~	
Background spec	trum				
+WBC					
-ROI					
Calculate					
Subtract bkg					
Data filename					
+RFD					
Material					

Рисунок 54. Окно **Template of parameters**

Необходимо внести изменения в один или несколько параметров и отметить это поле галочкой справа. После чего в главном списке спектров выделить те спектры, для которых эти изменения должны быть применены, после чего нажать кнопку **Apply** в заголовке окна **Template of parameters**. Как результат появится сообщение о проведенных манипуляциях.

Кнопка **Get parameters of current spectrum**), нужна в тех случаях, когда необходимо получить параметры из одного спектра и принять их в качестве шаблона для других.

Вкладка **Math. operations** состоит из 3 блоков (Рис.55) и предназначена для совершения операций суммирования и вычитания спектров.

Operation	Ext. parameters	Result
Sum 🔻	• Spectrum	O Mask for new spectra
 Channel 		Filename_ n
🔵 Energy	○ Constant	• Filename for new spectrum
		Autoopen
Calculate	Sum time	

Рисунок 55. Содержание вкладки Math. operations

Для того чтобы сложить несколько спектров в один нужно:

- выделить спектры, предназначенные для суммирования в главной таблице (рис.53 блок 1);

- в поле **Operation** (рис.55) в выпадающем списке выбрать пункт 'Sum';

- выбрать радиокнопку, соответствующую типу сложения (поканально или в энергетической шкале);

- в блоке **Ext.parameters** переключить радиокнопку в положение **Spectrum**, как показано на рис. 55, поле с выпадающим списком должно быть пустым;

- в блоке **Result** установить радиокнопку в положение **Filename for new spectrum**, нажать кнопку — в поле ниже и выбрать путь и название для спектра суммы.

- нажать кнопку **Calculate**. Вышеописанный набор действий приведет к созданию нового суммарного спектра.

В блоке **Ext.parameters** присутствует переключатель **Sum time**. Он предназначен для изменения типа результирующего суммарного спектра по критерию времени. Так, например, при суммировании однотипных спектров полученных с одного детектора или от одного

источника следует включить данный переключатель. Тем самым в результирующем спектре будут просуммированы и счет и время. Таким образом, получим осредненный спектр с улучшенной статистикой. В другом случае, при суммировании спектров от разных источников, следует отключить режим "Суммировать время". Тогда результирующий спектр будет иметь время как у первого суммируемого спектра (т.н. приведение ко времени первого спектра).

Для того чтобы сложить несколько спектров с одним нужно:

- выделить спектры, предназначенные для суммирования в главной таблице (рис.53 блок 1);

- в поле **Operation** (рис.55) в выпадающем списке выбрать пункт 'Sum';

- выбрать радиокнопку, соответствующую типу сложения (поканально или в энергетической шкале);

- в блоке **Ext.parameters** переключить радиокнопку в положение Spectrum как показано на рис. 55;

- в поле с выпадающим списком выбрать тот спектр, с которым будут сложены выделенные в таблице спектры;

- в блоке **Result** установить радиокнопку в положение **Mask for new spectra**, и в поле ниже ввести маску, для новых спектров, чтобы они отличались от оригинальных; - нажать кнопку **Calculate**.

В результате на диске создадутся файлы спектров сложенных с одним.

Для того чтобы вычесть один спектр из нескольких нужно провести все те же операции за исключением типа операции в поле **Operation**. Здесь нужно выбрать пункт '**Sub**'.

Спектры также можно сложить и вычесть с константой. Для этого в вышеописанных алгоритмах вместо радиокнопки **Spectrum** нужно указать **Constant** и в поле ниже вписать значение константы.

Вкладка Stability предназначена для определения стабильности спектрометрического тракта по спектрам. Так, например, для получения графика зависимости положения пика радионуклида ¹³⁷Cs в спектре от времени измеряют в автоматическом режиме набор спектров. Загружают полученный пакет спектров в модуль Pack of spectra. Проводят выделение всех спектров. На вкладке Stability (рис.56, блок 1) в блоке Find in range указывают примерное местоположение пика, устанавливают галочку у индикатора Centre и нажимают кнопку Calculate. В главной таблице модуля заполняются 3, 4 и 5 столбец. А на графике вкладки Stability отображается искомая зависимость. Полученный график можно скопировать в буфер нажав кнопку To clipboard. Для упрощения выделения окна с пиком можно воспользоваться кнопкой Auto (в блоке Find in range). При нажатии эта кнопка фиксируется в этом состоянии. После чего маркером на спектре можно дважды кликнуть в месте левой границы окна, а потом в месте правой границы. Диапазон графика подсветится выделением (см. рис.56). После этого можно опять нажимать кнопку Calculate.



Рисунок 56

Переключатели Sigma, Resolution, Integral и Intensity предназначены для того, чтобы выводить на график не только центроиду пика, но и значения параметра ПШПВ (половина ширина на половине высоты), значение разрешения, рассчитанного по форме пика, а также интеграл и интенсивность. В группе Find in range есть радиопереключатель для возможности ввода границ окна, как в каналах, так и в значениях энергий (кэВ).

Вкладка Sensitivity control (рис. 57) предназначена для проведения операции контроля чувствительности детектора. Программа оценивает отличие измеренных и паспортных значений активностей радионуклидов в контрольном образце с учетом погрешностей их определения.

Math. operations Stability Activity Calibration Sensitivity control							
File of p	arameters	C:\GammaPRO\spe-g\clb	:\GammaPRO\spe-g\clb_g\test.pks				
Backgr	ound spectrum	C:\GammaPRO\spe-g\fon	\sum_10h.asw Control				
Calibrat	tion file	C:\GammaPRO\spe-g\clb	\GammaPRO\spe-g\clb_g\test.clb				
N	Spectrum Th-232						
1	C:\GammaPR0)\spe-g\th\119_13_1.asw	Normal				
2	C:\GammaPR0	0\spe-g\th\119_13_2.asw	Normal				
3	C:\GammaPR0	0\spe-g\th\119_13_3.asw	Normal				

Рисунок 57. Вид вкладки Sensitivity control

Для проведения контроля в главной таблице выделяют нужные спектры. В полях вкладки последовательно загружают файл паспортных данных контрольного образца, фоновый спектр и файл калибровок для метода окон. Нажимают кнопку **Control**. Результат выглядит, как показано на рис. 57.

Вкладка **Background control** (рис.58) предназначена для проведения стандартной математической операции, которая позволяет оценить неизменность фона установки путем сравнения измеренного спектра с текущим фоновым спектром.

Math. d	operations Stab	ility Activity	Calibration Sensitivity control Background control		
Background spectrum C:\GammaPRC		C:\GammaPR(O\spe-g\fon\sum_10h.asw		
Calibration file C:\GammaPR(C:\GammaPR(O\spe-g\clb_g\test.clb Control		
O Zone file C∖Gamm		C:\GammaPR(O\test\tests.roi		
N	Spect	rum	Result		
2	C:\GammaPRO\s	oe-g\fon\fon	Normal		
3	3 C:\GammaPRO\spe-g\fon\fon		Normal		
4	4 C:\GammaPRO\spe-g\fon\fon		Normal		
5	C:\GammaPRO\s	oe-g\fon\fon	3.7 %		
6	6 C:\GammaPRO\spe-g\fon\fon		Normal		
7	C:\GammaPRO\s	oe-g\fon\fon	Normal		
8	C:\GammaPRO\s	oe-g\fon\fon	Normal		
9	C:\GammaPRO\spe-q\fon\fon		Normal		
10	10 C:\GammaPRO\spe-g\fon\fon		Normal		
11	11 C.\GammaPRO\spe-g\fon\fon		6.1 %		
12	C:\GammaPRO\s	oe-g\fon\fon	Normal		
13	C:\GammaPRO\s	oe-g\fon\fon	Normal		
14	C:\GammaPRO\s	oe-g\fon\fon	Normal		

Рисунок 58. Вид вкладки Background control

Для проведения этой операции в главной таблице выделяют нужные спектры. В полях вкладки **Контроль фона** последовательно загружают фоновый спектр и файл калибровок для метода окон (или файл зон интереса). Нажимают кнопку **Контроль**. Результат выглядит, как показано на рисунке 58. Из файла калибровки в данном случае программа берет только энергетические окна, которые также могут быть заданы в файле зон интереса (*.roi).

Вкладка Activity (Рис.59) предназначена для проведения операции расчета активностей радионуклидов методом окон (ROI-method). Процедура полностью повторяет аналогичную операцию с единичным спектром (см. разд. 5.1), для серии спектров.

	Current Math. operations 5 Background spectrum C.\Gamm Calibration file C.\Gamm Calculation type Specific a	Math. operations Stability Activity Calibration Sensitivity control Background control round spectrum C\GammaPRO\spe-g\fon\sum_10h.asw Result File Report ation file C\GammaPRO\spe-g\clo_g\Marin.clb Calculate MS Word DB ation type Specific activity, Bq/kg Calculate MDA			Transfer		
//	N Spectrum	Activity, Bq	Ac.error., %	Specific activity, Bg/kg	Abs.err.	Rel.err.,%(P=0.95)	
	1 C:\GammaPRO\spe-g	Aeff =209 ± 26 Bq/kg					ETOR 2
\sim \sim	- Ra-226	197.7	4.3	106.9	11.61	10.9	DIOK 2
Блок 1	- Th-232	40.03	9.13	21.65	3.345	15.4	
J	- K-40	1509	1.81	816.2	78.01	9.56	
	- Cs-137	32.26	9.89	17.45	2.821	16.2	
	2 🖃 C:\GammaPRO\spe-g	1 Aeff =85 ± 19 Bq/kg					
	- Ra-226	< 8.368	-	< 5.185	-	-	
	- Th-232	32.04	14.7	19.85	3.493	17.6	
	- K-40	968.4	3.76	600	62.97	10.5	
	Cs-137	< 3.534	-	< 2.19	-	-	
	3 🕒 C:\GammaPRO\spe-g	Aeff =91 ± 20 Bq/kg					
	- Ra-226	25.32	5.68	14.76	1.78	12.1	
	- Th-232	21.27	2.92	12.4	1.243	10	
	- K-40	1148	0.412	669.2	66.92	10	
	Cs-137	< 3.389	-	< 1.975	-	-	

Рисунок 59. Вид вкладки Activity

Расчет активностей для серии спектров из вкладки **Activity** возможен только с одним файлом калибровки и одним спектром фона. Так для проведения операции в главной таблице выделяют нужные спектры. В полях вкладки последовательно загружают фоновый спектр и файл калибровок. Нажимают кнопку **Calculate**. Результат выглядит, как показано на рис. 59.

В блоке 1 на рис. 59 представлены переключатели, обуславливающие вывод соответствующего одноименного столбца результатов. Вычисленные активности и погрешности представлены в таблице в древовидной структуре. Для того чтобы посмотреть значения конкретного спектра необходимо нажать знак

после чего раскроются скрытые поля данных. При необходимости раскрыть все значения сразу можно нажать на заголовок столбца **Spectrum**, повторное нажатие скроет все поля обратно.

Ниже блока 2 (рис.59) находится переключатель **Calculate MDA**. Если он включен, то при относительной погрешности более 50% в таблице вместо активности будет выводиться минимальная детектируемая активность и удельная (объемная) активность.

Блок 2 на вкладке Activity предназначен для экспортирования результатов в хранилища данных, такие как текстовый файл, файл MS Word, отчет и база данных. Выберете одну из представленных радиокнопок в блоке 2 и нажмите кнопку Transfer. Содержимое результирующей таблице будет передано в приемник в соответствии со сделанным выбором.

12 Редактор библиотек радионуклидов

Редактор библиотек радионуклидов предназначен для составления файлов, которые используются в расчете активностей, идентификации радионуклидов и для других спектрометрических задач. Эти файлы необходимо указывать в поле Library file в разделе Identification окна Spectrum parameters (рис.20 и рис.36).

Файл библиотеки содержит в себе перечень радионуклидов, с соответствующими энергетическими линиями и их квантовыми выходами. Программа оперирует файлами библиотек двух типов (*.*bib* и *.*lbr*). Первый (*.*bib*) представляет собой текстовый файл и имеет структуру т.н. ini-файла; второй (*.*lbr*) также является текстовым файлом, но имеет другую, более устаревшую структуру. Оба файла можно формировать и редактировать вручную (в любом текстовом редакторе), но можно воспользоваться и модулем **Radionuclides library editor**.

Для открытия редактора надо выбрать в главном меню программы пункт **Options->Library editor**. На экране появится окно, как показано на рисунке 60.



Рисунок 60. Вид окна Radionuclides library editor

Оно представляет собой два симметрично расположенных блока, которые содержат таблицу (блок 1 и 2, рис. 60), панель инструментов и блок параметров отображения (блок 3 и 4). Блоки по своей функциональности абсолютно одинаковые, что дает возможность формировать библиотеки, используя элементы друг друга. Для переноса радионуклидов из одной библиотеки в другую предназначены кнопки со стрелками (блок 5, рис. 60).

В инсталляционном пакете программы "GammaPRO" обычно присутствует одна или несколько библиотек, из которых легко можно составить индивидуальные библиотеки для конкретных задач. Для этого необходимо загрузить в левый блок окна уже имеющуюся библиотеку, воспользовавшись кнопкой 20 из панели инструментов редактора. Затем

выделить необходимые радионуклиды и нажать кнопку (Copy selected radionuclides). Выделенные элементы появятся в правой таблице, после чего ее можно дополнить, отредактировать и сохранить. Аналогично можно скопировать элементы из правой таблицы в левую.

Для редактирования названий радионуклидов, энергий и др. необходимо дважды кликнуть левой кнопкой мыши по текущему значению, после чего поле перейдет в режим редактирования. Для завершения редактирования необходимо нажать кнопку Enter.

Для добавления радионуклида в таблицу нужно нажать кнопку [№] (Add radionuclide). Появится новая строка элемента с именем радионуклида '**Nu**' с одной энергетической линией. Новая строка появится перед текущей выделенной строкой. Для добавления радионуклида в конец таблицы, необходимо снять текущее выделение строки. Это делается кликом левой кнопкой мыши по полю под таблицей, справа от группы **Parameters** (Блок 6, рис. 60). Новую строку надо отредактировать в соответствии с характеристиками добавляемого элемента.

Для добавления энергетической линии радионуклида надо выделить курсором этот элемент и нажать кнопку **E** (Add energy) в панели инструментов. В новой строке надо заменить значения по умолчанию на необходимые (энергия, квантовый выход, погрешность определения квантового выхода).

Для удаления радионуклида и его энергетических линий используются кнопки (Delete selected radionuclides) и (Delete selected energies) соответственно. Для очистки всей таблицы необходимо воспользоваться кнопкой × (Remove all).

После завершения редактирования таблицы ее можно сохранить в любом из двух форматов. Сохранение производится нажатием на кнопку (Save library file) в соответствующей панели инструментов. Следует обратить внимание, что формат библиотеки *.lbr не поддерживает сохранение т.н. "включения/выключения" элементов и их линий.

13 Редактор паспорта источника

Редактор паспорта источника предназначен для составления файлов паспортных данных источников, которые используются при калибровке спектрометра по эффективности. Эти файлы необходимо указывать в поле **Passport of source** в разделе **Identification** окна **Spectrum parameters** (рис.20 и рис.36).

Для открытия редактора надо выбрать в главном меню программы пункт **Options->Passport of source editor**. На экране появится окно, как показано на рисунке 61.

🗞 Passport of source editor					
Open Save					
Parameters			+ - ×		
File	C:\GammaPRC	\spe-g\pks\13-n	🛆 Radionuclide	Activity, Bq	Abs. exp. uncert., Bq (k=2)
Geometry	Marinelli 1L		Eu-152	5820	90
Weight Unit	170	g	Am-241	4640	90
Volume Unit	1000	ml			
Reference date	01.01.2008				
Reference time	12:00:00				
ID source	12/08				
 Library: C:\GammaPR0\ br\BIGLIBR_n	ew.LBR				.::

Рисунок 61. Окно редактора паспорта источника

Файл паспорта источника содержит в себе перечень радионуклидов, их активности, неопределенности, а также другие параметры описывающие источник.

На рисунке 61 показан пример заполнения формы окна **Passport of source editor.** В левой части окна необходимо заполнить следующие поля:

Geometry – геометрия источника, текстовое поле, может быть заполнено вручную или выбрано из выпадающего списка.

Weight | Unit - вес источника и единица измерения веса.

Volume | **Unit** – объем источника и единица измерения объема.

Reference date и **Reference time** – дата и время приведения активностей, указанных в таблице справа. Следует обратить внимание, что все активности в таблице должны быть приведены к этой дате и времени.

ID source – идентификатор или номер источника, текстовое поле.

В правой части окна **Passport of source editor** показана таблица, в которой пользователю нужно внести данные о присутствующих в источнике радионуклидах. Для добавления строки необходимо нажать кнопку **Н** (Add radionuclide) над таблицей. Далее требуется заполнить пустые поля значениями из сертификата на источник. Для удобства внесения данных о названии радионуклида пользователь может выбрать его из списка, который появляется в режиме редактирования поля '**Radionuclide**' (см.рис.61.1).



Рисунок 61.1 Выбор радионуклида из библиотеки

Для того, чтобы выпадающий список был доступен, его необходимо загрузить из файла библиотеки формата описанного в разделе 12. Для загрузки файла библиотеки необходимо кликнуть двойным щелчком левой кнопки мыши по статусной строке окна **Passport of source editor** и с помощью стандартного диалога выбора файлов загрузить требуемый файл. Название загруженного файла будет указано в этой же статусной строке.

Для удаления одной строки и очистки всего списка радионуклидов показанных в таблице необходимо использовать кнопки – (Delete radionuclide) и X (Delete all radionuclides) соответственно.

После завершения формирования файла паспорта источника его нужно сохранить в виде файла. Для этого следует нажать на кнопку **Save** в панели инструментов окна и указать новое имя файла.

Для загрузки уже имеющегося файла паспорта источника с целью просмотра и редактирования нужно воспользоваться кнопкой **Open.**

14 Калибровка для расчета активности методом окон

14.1 Общие положения

Программа "GammaPRO" позволяет выполнять расчет активностей (удельных активностей) радионуклидов в счетных образцах методом окон с применением файлов калибровок, содержащих набор калибровочных коэффициентов чувствительности, рассчитываемых в соответствии с описанием приведенным в п.14.4.

Программа "GammaPRO" также позволяет выполнять непосредственный расчет калибровочных коэффициентов чувствительности.

Калибровка спектрометра по чувствительности регистрации производится с помощью мер активности, воспроизводящих геометрию и свойства поглощения гамма излучения счетного образца.

Процесс калибровки условно разделен на этапы:

- измерение спектров образцовых мер активности или получение этих спектров расчетным путем с применением специализированного программного обеспечения реализовывающего симуляцию взаимодействия излучения с веществом;
- измерение спектра фона;
- создание и сохранение калибровочного файла типа *.*clb*.

В приложении 1 представлен формат файла *.*clb*.

Поскольку калибровка является основой правильности и точности выполнения измерений, эти операции должен выполнять специалист с высокой квалификацией, либо представитель компании, отвечающей за поставку и наладку спектрометра.

14.2 Процедура создания файла калибровки

14.2.1 Проводят измерения спектров образцовых мер или выполняют симуляцию этих спектров с применением ПО реализовывающего расчетные методы.

14.2.2 Загружают модуль Пакетная работа со спектрами (Pack of spectra) (см. разд.11).

14.2.3 В этот модуль загружают все калибровочные спектры, а затем ранжируют их таким образом, чтобы спектры одного радионуклида были сгруппированы. (Пример см. на рис.49)

14.2.4 Проверяют правильность параметров спектров мер: массы, объема, энергетической градуировки, а также наличие привязки фонового спектра. Эти параметры отображаются на вкладке Current-Parameters и в дополнительной вкладке Current-Additional (рис.53, блок 3).

14.2.5 Выбирают вкладку Calibration в том же модуле Pack of spectra, и в блоке Aprior activity of current spectrum (см. рис.2, блок А) последовательно приписывают каждому спектру его радионуклид и значение его активности в единицах Бк, а также дату приведения активности.



Для проведения этой операции выделяют первый спектр в списке спектров (рис.62, блок Е). Затем нажимают кнопку (см.рис.62, блок А). В появившейся строке ниже, в столбце 'Nuclide' необходимо внести название радионуклида из выпадающего списка. Далее, в столбце 'Activity' требуется указать значение активности или концентрации радионуклида в эталонном источнике. В столбце 'Date' необходимо указать дату приведения активности или концентрации радионуклида. После введения указанных данных нужно нажать кнопку для сохранения. Описанная процедура повторяется для каждого спектра в основной таблице (рис.62, блок Е).

14.2.6 На следующем этапе выбирают в поле **Geometry** тип геометрии ('Маринелли, 1л', 'Сосуд 0,25л' и т.д.) (см. рис.62, блок В).

14.2.7 Указывают в поле **Window** (см. рис.2, блок С) ссылку на файл, содержащий энергетические окна, участвующие в расчете (см. п.4.1 в Прил.4.).

14.2.8 Заполняют, по необходимости, поле Comment.

14.2.9 Нажимают кнопку Calculate calibration.

14.2.10 В поле **Calibration data** в древовидной структуре появится результат расчета всех калибровочных коэффициентов чувствительности (см. рис.62, блок D).

14.2.11 Нажимают кнопку **Create file** для сохранения результатов расчета в виде файла калибровки (*.*clb*) на диск (см. Прил. 1).

14.2.12 Нажатие на кнопку **Create list of calibration spectra** позволяет создать файл списка калибровочных спектров (*.*lcs*) в целях использования его для расчета активности методом суперпозиции (см.разд.5.4). Рекомендуется создавать отдельный каталог с калибровочными спектрами, спектрами фона и файлом списка.

14.3 Калибровка для расчета содержания

В случае необходимости калибровки спектрометра не в единицах активности (Бк), а в других единицах, например массовых долях, процентах или др., процедура калибровки не меняется и выполняется в соответствии с разделом 14.2. Аттестованные значения эталонов в таблицу (рис.62, блок А) по п.14.2.5 вносят в соответствии с их единицами измерения без преобразований. При этом необходимо выполнить дополнительное редактирование получаемого файла калибровки (*.clb) и указать необходимые единицы измерения в строке с названием радионуклида, как показано в примере:

В случае если единица измерения не указана, по умолчанию она принимается за Бк.

Для получения результатов расчета содержания радионуклидов в пользовательских единицах измерений необходимо установить режим расчета в тип **Content** (см. разд.2.4.4, рис.15).

14.4 Описание калибровочных коэффициентов

Конечной целью калибровки спектрометрического тракта методом окон является составление матрицы калибровочных коэффициентов, каждый из которых соответствует энергетическому окну, радионуклиду и плотности образцовой меры.

Количество энергетических окон выбирается большим или равным, чем количество радионуклидов, участвующих в калибровке. Сами окна определяются в зависимости от зон интереса, которые связаны с пиками полного поглощения для каждого радионуклида, участвующего в калибровке.

Калибровочные коэффициенты чувствительности рассчитываются исходя из формулы для определения скорости счета в каждом j-ом окне рабочего спектра счетного образца:

$$S_{j} := \sum_{i} \frac{X_{i}}{A_{i}} \cdot S_{j_{i}} + S_{bj, i=1..m}$$
 (14.4.1),

где т-количество неизвестных радионуклидов в счетном образце;

 X_i –неизвестная (искомая) активность *i*-го радионуклида в счетном образце, определенной плотности ρ_x , Бк(Бк/кг);

 A_i – активность *i*-го радионуклида в "эталонном" образце, определенной плотности ρ_x , Бк (Бк/кг);

 S_{j_i} – скорость счета импульсов в j-ом окне "эталонного" спектра i-го радионуклида за исключением импульсов фона, с⁻¹;

 S_{bj} - скорость счета импульсов в j-ом окне фонового спектра, с⁻¹.

Величина $\frac{S_{j_i}}{A_i}$ в формуле (14.4.1) является коэффициентом чувствительности для j-

го окна, і-го радионуклида и плотности ρ_x . Учитывая вышесказанное, формула для расчета калибровочных коэффициентов чувствительности будет выглядеть так:

$$C_{ijr} = \frac{S_{j_{ir}}}{A_{ir}}, r = \rho_{0...}\rho_{d,}$$
 (14.4.2)

где $\rho_{0...}\rho_{d}$ – плотности образцовых мер активности, по которым проводится калибровка, г/см³;

 C_{ijr} - коэффициент чувствительности для j-го окна и i-го радионуклида в спектре образца с r-ой плотностью, с⁻¹Бк⁻¹ (с⁻¹Бк⁻¹·кг);

 $\rho_{0...}\rho_d$ – плотности образцовых мер по которым проводится калибровка, г/см³;

d- количество плотностей участвующих в калибровке ;

 $S_{j_{i_r}}$ - счет в j-ом окне спектра образцовой меры i-го нуклида для образца с r-ой плотностью за исключением импульсов фона, с⁻¹;

*A*_{*ir*} – активность *i*-го радионуклида в образцовой мере с г-ой плотностью, Бк(Бк/кг).

Для каждой геометрии измерения результатом калибровки (файл *.*clb*) в соответствии с формулой 14.4.2 должна быть своя матрица коэффициентов чувствительности.

15 Лицензирование

В стандартной ситуации программа "GammaPRO" защищена USB - ключом. Это означает, что в момент запуска и работы программы в компьютер должен быть установлен USB-ключ, который должен содержать в корневом каталоге файл *sn_key.dat*, где в зашифрованном виде хранится сгенерированная информация об используемом ключе. В случае отсутствия лицензионных данных программа будет работать в демонстрационном режиме в течение 10 минут, после чего сообщит о демо-версии и выключится. В этот 10-минутный ознакомительный период функциональность ограничена невозможностью произвести пуск измерения, а также появляющимися сообщениями об отсутствии лицензии.

Таким образом, ПО "GammaPRO" работает в демонстрационном режиме в случае:

- отсутствия подсоединенного к компьютеру USB-ключа;
- отсутствия файла *sn_key.dat* в корневом каталоге USB-ключа;
- несоответствия USB-ключа той информации, которая содержится в файле sn_key.dat.

Приложение 1. Структура файла калибровки (*.clb)

Содержимое файла калибровки выделено курсивом.

Marinelli ADC Polyn BDEG-63-6	nom S/N 16 3		Название Три стро	Название геометрии измерений Три строки произвольного комментария					
6 612.0 870.0 1 1068.0 1 1385.0 1 1677.0 1	709.0 0.99 000.0 0.99 178.0 0.98 540.0 0.99 846.0 0.99	0.97 0.95 0.97 0.95 0.95 0.92 0.97 0.95 0.97 0.95	Количес; Нижние коэффици	гво рабочи: и верхни иенты экра:	к окон 1е границы р нировки для каж	абочих окон, а также дой плотности и окна.			
1677.0 1846.0 0.99 0.97 0.95 2500.0 2720.0 0.99 0.97 0.95 4 Ra-226 (Unit="kBq/sq.m") 3 0.200 0.900 1.700			Количес Название Количес	Количество радионуклидов в матрице Название радионуклида и единица измерения Количество аттестованных плотностей и плотности в г/см ³					
TH-232 3 0.200 K-40 3 0.200	0.900 1. 0.900 1.	700 700							
3 0.200	0.900 1.	700							
0.012518 0.012386 0.011181	0.004974 0.004851 0.004716	0.006181 0.005869 0.005408	0.004008 0.003725 0.003491	0.004754 0.004530 0.004011	0.000082 0.000085 0.000103	Чувствительности, для первого нуклида (с ⁻¹ Бк ⁻¹) в рабочих окнах			
0.008251 0.007594 0.007546	0.016280 0.014390 0.013330	0.002369 0.002190 0.002031	0.002162 0.001980 0.001896	0.001555 0.001367 0.001381	0.004037 0.003551 0.003587	(строки) и для каждой плотности (столбцы)			
0.000385 0.000364 0.000343	0.000529 0.000570 0.000473	0.000504 0.000556 0.000474	0.001908 0.002064 0.001720	0.0 0.0 0.0	0.0 0.0 0.0				
0.030660 0.028320 0.027240	0.000012 0.000020 0.000025	0.000003 0.000006 0.000008	0.0 0.0 0.0	0.0 0.0 0.0	0.0 0.0 0.0				
Приложение 2. Структура файла эффективности (*.efp)

Расчет эффективности Eff для энергии E_n производится по формуле:

 $Eff(E_n) = Exp[A_0 + A_1 * lnE_n + A_2 * (lnE_n)^2 + A_3 * (lnE_n)^3 + A_4 * (lnE_n)^4 + A_5 * (lnE_n)^5 + A_6 * (lnE_n)^6].$

[Main] Заголовок главного блока. Count=3 Количество плотностей. En_1=50 Интервал энергий, En_2=3000 которому соответствует кривая. Заголовок блока первой кривой. [Item_1] $R_{0}=0.19$ Плотность соответствующая первой кривой. dA=0.000120673701486547 Погрешность аппроксимации первой кривой. A0=100.952521999333 Коэффициент основного полинома А0 A1=-193.624766139809 Коэффициент основного полинома A_1 A2=113.539550219905 -//-A3=-31.4152431368484 -//-A4=4.55284676290508 -//--//-A5 = 0A6=0 -//-A_up0=-239.089407209938 Коэффициенты полинома верхней границы A_up1=154.712894929183 доверительного кривой интервала A_up2=-37.6090565833576 эффективности A_up3=4.0180585277374 A_up4=-0.160073518024323 A_up5=0 A_up6=0 A_down0=-242.411794019549 Коэффициенты полинома нижней границы A_down1=156.961174786668 доверительного интервала кривой A_down2=-38.1739234808294 эффективности A_down3=4.07993324404847 A_down4=-0.162573133753684 A down5=0 A_down6=0 Count_point_eff=8 Point_eff1=Ra-226;186.1;0.0289146;0.036 Point_eff2=Ra-226;241.98;0.0230479;0.036 Point_eff3=Ra-226;295.21;0.0201344;0.036 Point_eff4=Ra-226;351.92;0.0176451;0.036 Point_eff5=Ra-226;609.31;0.01006;0.036 Кол-во точек используемых для построения Point_eff6=Ra-226;768.36;0.00867296;0.036 Первая точка, радионуклид, энергия, эфф-ть, Point_eff7=Ra-226;1120.3;0.00628238;0.036 неопределенность Point_eff8=Ra-226;1764.5;0.00447472;0.036 [Item_2] Заголовок блока второй кривой. Ro=1 dA=6.98283591165722E-5 A0=-472.240982213604 A1=394.832631929211 A2=-135.275425911041 A3=24.0371788273522 A4=-2.32009207827529 A5=0.113556756070361 A6=-0.00213719932431744 . . .

Приложение 3. Структура файла паспорта источника (*.pks)

Содержимое файла паспорта источника выделено курсивом. Файл имеет структуру стандартного INI файла.

```
[Main]
                        Название главной секции.
Count_nuclide=4
                        Количество нуклидов в КО.
Date_reference=18.04.06 Дата, на которую приведены активности.
Massa=0.314
                       Масса КО.
Volume=0.25
                        Объем КО.
                      Единица измерения массы КО.
Unit weight=kg
Unit_volume=1
                       Единица измерения объема КО.
Geometry=Marinelli Название геометрии
[Nuclide_1]
                        Название секции первого радионуклида.
Activity=5400
                        Активность, Бк.
Abs Err=540
                        Абсолютная погрешность, Бк.
Name=Ra-226
                        Название первого радионуклида.
[Nuclide 2]
                        Название секции второго радионуклида.
Activity=2100
                        Активность, Бк.
Abs_Err=210
                        Абсолютная погрешность, Бк.
Name=Th-232
                        Название первого радионуклида.
•••
```

Приложение 4. Расчет доверительных границ погрешности измерения

4.1 Метод окон

Счет $(S_i)^x$ в каждом из "окон" *i* в спектре счетного образца можно представить в виде:

$$(S_i)^x \coloneqq \sum_j \frac{X_j}{A_j} \cdot (S_i)^j, \qquad (1)$$

где X_j –неизвестная (искомая) активность *j*-го нуклида в счетном образце, Бк; A_j – активность *j*-го радионуклида в, Бк в эталонном образце;

 $(S_i)^j$ – счет в *i*-ом окне библиотечного (эталонного) спектра *j*-го нуклида, с⁻¹.

Процесс вычислений заключается в следующем:

- вычисляют скорости счета в окнах; из измеренных скоростей счета вычитаются фоновые;
- производят подбор активностей нуклидов в смеси методом наименьших квадратов по системе линейных уравнений (1);
 - вычисляют случайные погрешности определения активностей радионуклидов (σ_i) .

В случайную погрешность входит как статистическая составляющая, так и погрешность за счет несоответствия измеренного спектра сумме вкладов от спектров образцовых источников.

Границы погрешности результата измерения активности (удельной активности) $\Delta(0,95)_i$ (при доверительной вероятности P=0,95) находят по формуле (в процентах):

$$\Delta(0,95)_j = K[Q + \varepsilon_j], \qquad (2)$$

где Q – неисключенная систематическая погрешность результата измерения. Значение Q в программе "GammaPRO" задается в окне Calculation parameters в подразделе Error (см. разд.2.4.4);

*Е*_{*j*} – доверительная случайная составляющая погрешности результата измерения активности *j*-того радионуклида:

$$\varepsilon_j = L_* \sigma_j,$$
 (3)

где *L*=1.96 (при доверительной вероятности P=0.95), критерий Стьюдента. Значение L в программе "GammaPRO" задается в окне Calculation parameters в подразделе Error параметр L (см. разд.2.4.4);

К- коэффициент, определяемый из таблицы 1 в зависимости от отношения Q/σ_{j} .

Табл	ица 1								
K	0.76	0.74	0.71	0.73	0.76	0.78	0.79	0.8	0.85
Q/σ_i	0.8	1	2	3	4	5	6	7	8

Значение Q в процентах определяют по формуле

$$\boldsymbol{\theta} = 1.1 \cdot \sqrt{\boldsymbol{\theta}_1^2 + \boldsymbol{\theta}_2^2 + \boldsymbol{\theta}_3^2 + \boldsymbol{\theta}_4^2} , \qquad (4)$$

где Q_1 - погрешность определения коэффициента чувствительности спектрометра ($Q_1 = 7\%$);

 Q_2 - погрешность измерения массы счетного образца (Q_2 =1 %);

 Q_3 - погрешность, обусловленная ошибкой определения плотности счетного образца ($Q_3 = 3\%$);

 Q_4 - методическая погрешность, обусловленная несоответствием состава счетного образца и пробы ($Q_4 = 5$ %).

Если отношение $Q/\sigma_j < 0.8$, то значение доверительной погрешности результата измерения удельной активности *j*-того радионуклида в счетном образце принимают равным случайной составляющей погрешности измерения σ_i

$$\Delta(0.95)_{i} = \mathbf{K} \mathbf{\epsilon}$$

Если отношение $Q/\sigma_j > 8$, значение доверительной погрешности результата измерения активности (удельной активности) радионуклидов в счетном образце принимают равным доверительной неисключенной систематической погрешности результата измерения границ Q.

$$\Delta(0.95)_i = \boldsymbol{Q}.$$

В программе "GammaPRO" при расчете доверительных границ погрешности измерения приняты следующие значения коэффициентов:

4.2 Определение активностей радионуклидов методом анализа отдельных пиков

В измеренном спектре выделяют одиночный пик или мультиплет. Определяют площади пиков. Активность радионуклида для одиночного пика вычисляют по формуле:

$$A = \frac{S}{t \,\varepsilon_n k}, \qquad (5)$$

где А -активность радионуклида, Бк;

S- площадь пика, имп;

t – живое время набора спектра, с;

k – квантовый выход выделенной линии радионуклида;

 \mathcal{E}_n –эффективность регистрации квантов данной энергии, имп/с·Бк.

Эффективность находят по формуле:

$$\varepsilon_n = \exp(A_0 + A_1 \ln E_n + A_2 (\ln E_n)^2 + A_3 (\ln E_n)^3 + A_4 (\ln E_n)^4 + A_5 (\ln E_n)^5 + A_6 (\ln E_n)^6), \quad (6)$$

где E_n - энергия, соответствующая центру тяжести пика, кэВ;

 A_i – коэффициенты полинома, аппроксимирующего зависимость эффективности от энергии.

Стандартную суммарную относительную неопределенность активности рассчитывают по формуле 7:

$$u_A = \sqrt{u_S^2 + u_\varepsilon^2} \tag{7}$$

где u_{S} - стандартная относительная неопределенности величины площади пика S;

 $\mathcal{U}_{\varepsilon}$ - стандартная относительная неопределенность эффективности регистрации ε_n

Так, величина U_S определяется как

$$u_s = \frac{1}{n_s} \sqrt{\frac{n + 2 \cdot n_b}{t}}, \qquad (8)$$

где n_S - скорость счета в пике без фона, имп/с;

n – скорость счета импульсов от источника вместе с фоном, имп/с;

 n_b - скорость счета импульсов от фона, имп/с.

Величина $\mathcal{U}_{\varepsilon}$ определяется из значения неопределенности эффективности выраженного в виде аналогичной полиномиальной зависимости (как (6)) и рассчитываемой на этапе калибровки по эффективности.

Активности одного и того же радионуклида, найденные по нескольким пикам (*i*), усредняют по формуле:

$$A = \frac{\sum A_i w_i^2}{\sum w_i^2},\tag{9}$$

где *i* – номер пика участвующий в усреднении;

 w_i – вес *i*-го пика, обратная величина \mathcal{U}_{Ai} ;

 A_i – активность радионуклида полученная по i-му пику, Бк.

Тогда, соответственно, суммарная относительная неопределенность активности будет равна:

$$u_A = \sqrt{\frac{1}{\sum w_i^2}} \tag{10}$$

Расширенная неопределенность результата измерения активности будет рассчитана по формуле:

$$U_A = u_A \cdot k \tag{11}$$

где k – коэффициент охвата, k=2.

Приложение 5. Расчет удельной эффективной активности природных радионуклидов

Значение удельной эффективной активности *А*_{Эфф} рассчитывается программой "GammaPRO" по формуле:

$$A_{\ni\phi\phi} = A_{Ra} + 1.30A_{Th} + 0.090A_K;$$

где A_{Ra} , A_{Th} и A_K , соответственно удельные активности ²²⁶Ra, ²³²Th и ⁴⁰K в счетном образце.

Абсолютную погрешность определения $A_{\Im\phi\phi}$ ($\Delta_{\Im\phi\phi}$) рассчитывают по формуле:

$$\Delta_{\ni\phi\phi} = \sqrt{\Delta_{Ra}^2 + (1.30 \times \Delta_{Th})^2 + (0.090 \times \Delta_K)^2}$$

где Δ_{Ra} , Δ_{Th} и Δ_K , соответственно абсолютные погрешности определения удельных активностей ²²⁶Ra, ²³²Th и ⁴⁰K в счетном образце.

Результаты вычисления удельной эффективной активности природных радионуклидов в счетных образцах записывают в виде:

$$A_{\ni\phi\phi} + \Delta_{\ni\phi\phi}$$
 Бк/кг

77

Приложение 6. Модуль Сценариум

6.1 Назначение

Модуль Сценариум представляет собой обособленную программу, которая может быть запущена как из программы "GammaPRO", так и отдельно. Модуль предназначен для выполнения последовательностей операций обработки спектра и других действий в программе "GammaPRO". Модуль Сценариум также позволяет осуществлять доступ к программе "GammaPRO" удаленно по сети по указанному IP адресу.

Поскольку модуль Сценариум фактически обеспечивает доступ к инструментам программы "GammaPRO" по протоколу TCP/IP, то пользователь вместе с тем может самостоятельно создавать собственные программные модули, которые будут отправлять команды, распознаваемые программой "GammaPRO". Список и описание команд модуля Сценариум, выполняемых программой "GammaPRO" приведен в разделе 6.6 данного приложения.

6.2 Запуск модуля Сценариум

Для запуска модуля Сценариум из программы "GammaPRO" необходимо выбрать пункт "Инструменты->Сценариум" в главном меню или запустить программу *scen-mod.exe* находящуюся в рабочем каталоге программы "GammaPRO".

При запуске *scen-mod.exe* с параметром "1" интерфейс модуля будет на русском языке, с параметром "0" на английском. Также, возможно использовать вторым параметр "*connect*". В этом случае после запуска модуля автоматически будет проведена попытка соединения с сервером. Например:

C:\gammapro\Scen-mod.exe 1 connect

// Запуск модуля в ручном режиме с русским интерфейсом и автоматическим соединением

После открытия модуля на экране появится окно как показано на рисунке Пб.1.

Модуль Сценариум соединяется с программой "GammaPRO" через IP. При запуске модуля непосредственно из "GammaPRO" происходит автоматическое соединение, о чем в нижней строке статуса свидетельствует запись "Соединение с 127.0.0.1" (см.рис. Пб.1, блок 4). Если соединение установлено, то кнопки управления в панели инструментов будут выглядеть цветными, как показано на рисунке Пб.1(блок 1). В противном случае некоторые кнопки будут серого цвета.

В случае если соединение отсутствует, то его можно установить, нажав на первую кнопку в панели инструментов окна Сценариум. Модуль Сценариум после успешного подключения автоматически отправляет команду запроса имеющихся в "GammaPRO" спектрометрических трактов (GET_TRACTS_NAME), а также делает доступными кнопки управления в панели инструментов.

Блок 1. Панель инструментов Блок 2. Поле сц	енария
	_ 🗆 X
Новый сценарий: 19.10.2018 14:36:38 Send: GET_TRACTS_NAME() GET_TRACTS_NAME> DATA TRACT1(Binom,BDEG-76-76), TRACT2(Binom,BBEB-70), TRACT3(MCA527,BDEG-63	3-63),
GET_TRACTS_NAME=OK Конец сценария	
Блок 4. Строка статуса Блок 3. Поле состоян	пия
Соединение с 127.0.0.1	.::

Рисунок Пб.1. Вид главного окна модуля Сценариум

Использование TCP/IP в качестве протокола обмена данными дает возможность посылать команды от модуля Сценариум программе "GammaPRO" (серверу) удаленно по сети. При запуске модуля с удаленного ПК, где не установлена программа "GammaPRO", следует указать целевой IP адрес и номер порта компьютера, к которому необходимо подключаться и отправлять команды. Это можно сделать с помощью окна настройки

(см.рис.П6.2), которое вызывается нажатием кнопки 🧐 (Параметры) в панели инструментов.

		×						
IP сервера	127.0.0.1 порт 37569							
20101171								
	Закрыть							

Рисунок Пб.2 Вид окна настройки доступа к программе "GammaPRO"

6.3 Интерфейс модуля Сценариум

На рисунке П.6.1 представлен внешний вид модуля **Сценариум**. В верхней части окна располагается панель инструментов (см. рис. П6.3):



Рисунок Пб.3 Панель инструментов модуля Сценариум

Панель имеет следующие кнопки:

- Подключение к серверу. Нажатием на эту кнопку производится подключение к программе "GammaPRO" с применением параметров показанных на рисунке Пб.2.

- Параметры, вызов окна параметров подключения к серверу (программе "GammaPRO").

- Старт выполнения сценария. После нажатия на эту кнопку модуль Сценариум начинает выполнение последовательности команд (сценария) указанной в поле ниже панели инструментов (см. рис. Пб.1, блок 2).

- Остановить выполнение сценария. После нажатия на эту кнопку модуль Сценариум останавливает выполняемый сценарий, а также посылает команду BREAK для остановки выполняемой команды на сервере.

- Открыть файл сценария. Вызов стандартного диалогового окна для загрузки ранее сохраненного файла сценария (*.*srm*).

Сохранить файл сценария. Вызов стандартного диалогового окна для сохранения на диск текущего сценария отображаемого в поле сценария (см. рис. Пб.1, блок 2).

- Контроль качества (метод окон). Вызов окна Контроль качества (метод окон), позволяющего проводить выполнение процедур контроля качества применяя обработку методом окон (см. раздел 6.4 данного приложения).

- Контроль качества (метод анализа пиков). Вызов окна Контроль качества (метод анализа пиков), позволяющего проводить выполнение процедур контроля качества применяя обработку методом анализа пиков (см. раздел 6.5 данного приложения).

Ниже панели инструментов в окне модуля **Сценариум** располагается поле сценария. В этом поле пользователь может формировать свой сценарий на основе команд, которые доступны в разделе 6.6 данного приложения.

Для упрощения формирования сценария пользователь может воспользоваться т.н. подсказкой по списку доступных команд. Нажатие комбинации кнопок Ctrl+Space выводит на экран выпадающий список имеющихся в распоряжении модуля команд. Кнопками стрелок на клавиатуре пользователь может выбрать нужную команду из списка и нажать Enter, после чего выбранная команда появится в поле сценария (см.рис.П6.4).

После введения названия доступной команды модуль автоматически предлагает пользователю ввести параметры команды, в заданной последовательности. Это организовывается в виде всплывающей подсказки (см.рис.П6.4).

🗯 Сценариум	
💉 🔅 🖸 🗖 🔚 🖺 📓	
1 SET_PRESET(100)	
BREAK	
SET_TRACT(MCA_name:string,Channel_name:string)	
START()	
STOPU SET PBESET(Time_secinteger)	
PAUSA(time_sec:integer)	
ADJUST_GAIN(Left_border:integer,Right_border:integer,Target_channel:integer,Allowed_deviation	n:integer,Time_sec:integer)
ADJUST_GAIN_PARAB(Left_border:integer,Right_border:integer,Larget_channel:integer,Allowed	L_deviation:integer, Lime_sec:integer)
FIND_FEAK_POR_EN(Leit_border.integer,Right_border.integer,Energy.real,Type.integer,Findin_pr	er.[Num pointinteger])
OPEN_SPC_FILE(Spc_filename:string)	
SAVE_CUR_SPC_FILE(Spc_filename:string)	
CALC_ROI_METHOD()	
SET_CLD_FILE_CURSPC(ClD_mename.string)	
SET_EFP_FILE_CURSPC(Efp_filename:string)	
SET_LBR_FILE_CURSPC(Lbr_filename:string)	
SET_ZONES_FILE_CURSPC(Zones_filename:string)	
SET_CLD_FILE_IFACT(Up_tilename.string)	·

Рисунок Пб.4 Выпадающий список команд



Рисунок Пб.5 Всплывающая подсказка о параметрах команды и их порядке

Параметры команды указанные в подсказке в квадратных скобках не обязательны и могут отсутствовать. Так, например, на рисунке Пб.5 показана всплывающая подсказка для команды **SET_ENERGY_CLB_CURSPC** задающей значения энергетической калибровки, и где первым параметром команды выступает количество точек зависимости подлежащих установке. Далее вторым и третьим параметром команды идет номер канала и значение энергии первой точки. В случае если первый параметр данной команды равен 1, т.е. задается только одна точка калибровки, то больше параметров не потребуется. Если первый параметр равен 2 и более, следует указать значения номера канала и энергии для точек с номером 2 и более соответственно.

Ниже поля сценария расположено поле состояния. В этом поле модуль Сценариум выводит данные о текущем выполнении сценария, отображается временная отсечка начала сценария, отправленные команды и полученные ответы. Так, на рисунке Пб.6 показан вид поля состояния в котором отражен результат выполнения сценария, состоящего из двух команд SET_PRESET и OPEN_SPC_FILE.



Рисунок Пб.6 Вид окна модуля после выполнения сценария

В самом низу окна модуля Сценариум располагается строка состояния, в первом поле которого указывается информация о состоянии подключения к серверу (см. рис. Пб.1, блок 4).

6.4 Контроль качества (метод окон)

При нажатии кнопки модуль открывает окно Контроль качества (метод окон)(см.рис.Пб.7). Это окно предназначено для выполнения последовательности тестовых измерений с целью формирования результатов для оценки исправности и правильности работы спектрометрических трактов. При использовании данного раздела используются методы обработки, основанные на методе окон, который применяется, в основном, для сцинтилляционных спектрометров с невысоким разрешением.

Как показано на рисунке П6.7 контроль качества спектрометрического тракта состоит из нескольких задач Настройка усиления, Настройка энергетической калибровки, Контроль фона, Контроль чувствительности. Параметры этих задач выделены в группы. Данные задачи будут последовательно выполняться при запуске данного раздела.

Предварительным этапом контроля является также установка заданного тракта, для которого будут выполняться операции (см. рис. Пб.7, блок 1).



Рисунок Пб.7 Вид окна Контроль качества (метод окон)

Этап контроля качества **Настройка усиления** выполняет установку ("подгонку") пика в заданный канал спектра путем изменения коэффициента усиления для данного спектрометрического тракта. Поскольку данный процесс итерационный, важным параметром в данной настройке является **КУ УН** (см.разд. 2.4.2). Параметр **Время измерения одной** итерации указывает программе о времени измерения одного спектра до определения текущего положения искомого пика, который следует установить в положение указанном в поле Целевой канал. Поиск пиков производится в диапазоне значения указанного в поле искать в диапазоне \pm от целевого канала. Настройка заканчивается тогда, когда пик оказывается в положении целевого канала \pm значение указанное в поле **с точностью** \pm (см. рис.П6.7, блок 2).

Для некоторых частных случаев может потребоваться рассматривать пик не как кривую Гаусса, а как параболу. Это может быть полезно для случая поиска квази-центроиды в спектре альфа – излучения полученном на сцинтилляционном спектрометре на основе кристалла ZnS(Ag) (см. рис. Пб.8).



Рисунок Пб.8 Вид спектра альфа - излучения на спектрометре на основе ZnS(Ag) Для данного случая следует выбрать галочку **Пик парабола.**

Этап контроля качества **Настройка** энергетической калибровки (рис.Пб.7, блок 3) выполняет поиск пиков в заданном диапазоне и присвоение им соответствующих значений энергии, указанных в файле энергетической калибровки (*.cen). Параметр **Время измерения** рабочего спектра указывает программе экспозицию для измерения спектра, в котором будет проводиться поиск пиков. В поле Диапазон поиска пиков указывается интервал (один для всех пиков) для поиска там пиков. В поле Файл калибровки по энергии следует указать путь и имя файла энергетической калибровки, в соответствии с которым будет проводиться поиск пиков. Так, например, в соответствии с рисунком Пб.7, если в файле калибровки содержатся две точки 220 канал (661.7кэВ) и 830 канал (2614.5кэВ), то программа будет искать в измеренном спектра пик в диапазоне 170 – 270 канал, и присвоит ему значение энергии 661.7кэВ.

Для некоторых случаев, например для настройки бета спектрометрического тракта (см. рис. Пб.9), возможно, будет необходимо провести настройку энергетической калибровки только по одной точке. Для этого, соответственно, нужно, чтобы файл калибровки содержал только одну точку.



Рисунок Пб.9 Вид спектра радионуклидов Sr-90-Y-90+Cs-137 на спектрометре на основе сцинтилляционного пластика, и вид окна калибровки по энергии

Этап контроля качества Контроль фона (рис.П6.7, блок 4) выполняет оценку изменения фонового спектра по сравнению с текущим спектром фона указанным в разделе Параметры расчета в программе "GammaPRO" (см. разд. 2.4.4). Содержание процедуры контроля фона в данной операции то же, что и описанное в разделе 11 настоящего документа. Так, программа оценивает отклонение скорости счета в заданных окнах с учетом статистической составляющей во вновь измеренном и текущем сохраненном спектре фона. Результат (норма или значимое отклонение) выводится в поле состояния, а также в отчет о контроле качества.

В поле **Время измерения рабочего** спектра следует указать экспозицию набора фонового спектра для контроля. В поле **Файл зон интереса** задают путь и название файла (*.*roi*) содержащего энергетические диапазоны, по которым программа будет оценивать отклонения.

Этап контроля качества Контроль чувствительности (рис.П6.7, блок 5) выполняет оценку изменения чувствительности спектрометра со временем. Содержание процедуры контроля чувствительности в данной операции то же, что и описанное в разделе 11

настоящего документа. Программа проводит измерение спектра контрольного образца, рассчитывает активности радионуклидов и сравнивает полученные результаты с паспортными данными на образец с учетом погрешностей. Результат (норма или значимое отклонение) выводится в поле состояния, а также в отчет о контроле качества.

В поле **Время измерения рабочего** спектра следует указать экспозицию набора спектра контрольного образца. В случае если контрольный образец для проведения настройки энергетической калибровки и для контроля чувствительности один и тот же, то возможно использование спектра полученного на этапе операции **Настройки** энергетической калибровки. Для этого достаточно указать галочку в индикаторе Использовать спектр полученный на стадии настройки. В этом случае измерения дополнительного измерения проводиться не будет.

В поле **Файл калибровки** (метод окон) задают путь и название файла (*.*clb*) калибровки по активности содержащего калибровочные коэффициенты позволяющие рассчитать активности радионуклидов контрольного образца (см.разд.5.1). В поле Данные источника указывается файл (*.*pks*) паспортных данных источника (контрольного образца) (см. разд.13).

После заполнения параметров окна **Контроль качества (метод окон)** (рис. Пб.7) пользователь может приступать к выполнению операций контроля. Для начала измерений следует нажать кнопку **Старт** внизу окна, после чего модуль скомпилирует сценарий на основе заданных параметров и запустит его на выполнение. За ходом проводимых операций можно наблюдать по полю состояния (см. рис. Пб.10).

В целях обеспечения логики и понятии удаленного доступа во время проведения контроля качества пользователь не должен работать со спектрами в программе ''GammaPRO'', поскольку это может привести к изменению текущего тракта или закрытию рассматриваемого текущего спектра.

	🔶 Сценариум	
	💉 🕸 🖸 🖸 🛅 🖺 🖺	
	*1	Контролькачества (метод окон)
		Гамма детектор N17
Отображение		Установить тракт Установить текущим МСА527.8DEG-63-63
хода		И Настройка усиления
		Время измерения одной и терации, с 120 Пик парабола
выполнения		Целевой канал 300 искать в диалазоне ± 50 сточностью ± 1
контроля	Новый сценарий: 22.10.2018 13:10:26	Частройка энергетической калибровки Вконски рисской калибровки
	Send: SET_TRACT(MCA527,BDEG-63-63)	Биелезон приске пиков. «/- кенел 6000
Качества		Файл калибровки по энергии
	ADJUST_GAIN(250,350,300,1,120) ADJUST GAIN=DO	C:\ASW2\vest\vest_gamma.cen
		✓ Контроль фона
		Время измерения рабочего спектра, с 5000 Файл зон интереса
		C\ASW2\Jest\tests.roi
		✓ Контроль чувствительности
		Использовать спектр полученный на стадии настройки 200
		Бремя измерения рабочего слектра, с 1900 Файл калибровок (метод окон)
		C/ASW2\vest\test.clb
		Данные источника С14SW2/tee/tee/tee/tee
		Результаты контроля качества
		Сталт Отмена Зачините
		a rake a reasonal
	Срединение с 127.0.0.1	2

Рисунок Пб.10. Вид поля состояния в процессе проведения контроля качества

После окончания выполнения сценария контроля качества можно просмотреть и проанализировать результаты контроля в отчете (см.рис. Пб.11), вызвав его, кликнув по надписи <u>Результаты контроля качества...</u> внизу окна.



Рисунок Пб.11. Вид окна отчета

Поскольку программа "GammaPRO" позволяет осуществлять измерения на нескольких спектрометрических трактах, то очевидна необходимость иметь параметры контроля качества соответствующие каждому тракту. Для упрощения данной задачи используется понятие шаблоны.

Чтобы создать шаблон параметров для данного спектрометрического тракта следует заполнить их должным образом в окне Контроль качества (метод окон). Далее нажать на кнопку В панели инструментов этого окна, после чего на экране появится окно с

заголовком Шаблоны контроля качества (см.рис.П6.12).

Шаблоны ко	нтроля качества. 🛛 🗙 🗙
+ - x	Двойной клик для выбора шаблона
Гамма дете	ктор N17
Бета детект	rop N3
1	
	Закрыть

Рисунок Пб.12. Вид окна Шаблоны контроля качества

Далее следует нажать кнопку • (Создать новый шаблон на основе текущих параметров) в панели инструментов этого окна и во вновь появившемся диалоговом окне ввести название этого нового шаблона. После нажатия кнопки ОК в списке окна Шаблоны контроля качества появится новый шаблон. Для вызова параметров какого-либо шаблона следует кликнуть по его названию в списке двойным кликом.

6.5 Контроль качества (метод анализа пиков)

При нажатии кнопки и модуль открывает окно Контроль качества (метод анализа пиков) (см.рис.Пб.13). Аналогично предыдущему варианту контроля, описанному в разделе 6.4 настоящего приложения, это окно предназначено для выполнения последовательности тестовых измерений с целью формирования результатов для оценки исправности и

правильности работы спектрометрических трактов. При использовании данного раздела используются методы обработки, основанные на методе анализа пиков, который применяется для прецизионных спектрометров с высоким разрешением.

Контроль качества (метод анализа пиков) 🛛 🗙 😽	
GCD-40190	Блок 1
🔽 Установить тракт	\geq
Установить текущим MCA527,GCD-40190	
Иастройка усиления	Блок 2
Время измерения одной итерации. с 300	
Целевой канал 880 искать в диапазоне ± 100 с точностью ± 1	
Контроль разрешения и эффективности	Блок 3
Время измерения рабочего спектра, с 300 Карты	DIOK J
Эталонный спектр с разметкой	
C:\ASW2\test\test_co60_et.asw	
Данные источника	
C:\ASW2\test\test_co.pks	
🗹 Контроль фона	Блок 4
Время измерения рабочего спектра, с 300	\sim
Файл зон интереса	
C:\ASW2\test\tests.roi	
Результаты контроля качества	
Старт Отмена Закрыть	

Рисунок Пб.13. Вид окна Контроль качества (метод анализа пиков)

Как показано на рисунке Пб.13 контроль качества спектрометрического тракта для метода анализа пиков состоит из следующих задач: Настройка усиления, Контроль разрешения и эффективности, Контроль фона. Параметры этих задач выделены в группы. Данные задачи будут последовательно выполняться при запуске данного раздела.

Предварительным этапом контроля является также установка заданного тракта, для которого будут выполняться операции (см. рис. Пб.13, блок 1).

Этапы контроля качества Настройка усиления и Контроль фона являются абсолютно идентичными как в контроле качества по методу окон (см. разд.6.4. данного приложения).

Этап контроля качества Контроль разрешения и эффективности предназначен для оценки неизменности и повторяемости таких спектрометрических характеристик как положение пиков в контрольном образце, энергетическое разрешение и эффективность регистрации гамма квантов по пикам полного поглощения. В рамках данного контроля пользователю необходимо заполнить поле Время измерения рабочего спектра, в котором указывается экспозиция измерения контрольного образца, по которому будет проводиться оценка упомянутых метрологических характеристик. Также, следует указать эталонный спектр контрольного образца (*.asw) в поле Эталонный спектр с разметкой, и файл паспортных данных источника (контрольного образца) (*.pks) в поле Данные источника.

Эталонный спектр контрольного образца должен иметь разметку, т.е. содержать информацию о найденных пиках, по которым программа будет контролировать положение, разрешение и эффективность. Поскольку информация о найденных пиках содержится в файле с тем же именем, что и спектр, но с разрешением *.asr, следует обратить внимание на наличие этого файла в каталоге, прописываемом в поле Эталонный спектр с разметкой. Спектр эталонного образца должен быть подготовлен заранее в программе "GammaPRO", т.е. должна быть выполнена энергетическая калибровка и калибровка по ПШПВ и форме пика. Также должны быть выбраны (добавлены) пики в таблицу найденных пиков. Не следует выбирать большое количество пиков, поскольку это приведет к избытку

статистической информации на этапе формирования результата в отчете. С учетом радионуклидов в имеющемся контрольном образце достаточно иметь точки в начале, середине и конце энергетического диапазона.

После заполнения параметров окна **Контроль качества** (метод окон) (рис. Пб.13) пользователь может приступать к выполнению операций контроля. Для начала измерений следует нажать кнопку **Старт** внизу окна, после чего модуль скомпилирует сценарий на основе заданных параметров и запустит его на выполнение. За ходом проводимых операций можно наблюдать по полю состояния.

После окончания выполнения сценария контроля качества можно просмотреть и проанализировать результаты контроля в отчете (см.рис. Пб.14), вызвав его, кликнув по надписи <u>Результаты контроля качества...</u> внизу окна.

Отчет по	результа	там прове	еденного конт	гроля качесті	ва.		_		
Дата и вре Дата и вре Тракт: BIN(мя начала: 2 мя завершен ЭМ, BDEG-76	23.09.2018 16 ния: 23.09.20 5-76	:39:21 18 16:39:51						
Проведенн Контроль Результа	ые операции усиления: Ві г: Успешно	1: ыполнен							
Контроль разрешения и эффективности: Выполнен Параметоы: Эталонный спектр:C:\ASW2\test\test_co60_et.asw Файл данных источника:C:\ASW2\test\test_co60_source.pks Реаультат: Успецию									
Линия	Канал эт.	Канал тек.	Разрешение	Разрешение	Эффективность	Эффективность]		
661.7	3395.3	3395.2	1.21	1 25	0.00314	0.00313	1		
1332.5	7059.1	7059.3	1.75	1.73	0.00207	0.00198	1		
Контроль Параметр Файл зон Результа	фона: Выпол ы: і интереса:С г: Успешно	пнен :VASW2\test\g	gamma.roi						

Рисунок Пб.14. Вид окна отчета

В целях сохранения результатов и ведения статистики изменения характеристик по времени, полученные данные можно сохранить. Для этого нужно нажать кнопку Добавить в карты (см.рис. Пб.13, блок 3). Чтобы просмотреть статистику по проведенным контролям нужно нажать кнопку **Карты**, после чего на экране появится окно **Карты** (рис. Пб.15).

Кар	ы									×
N	Дата	Тракт	Спектр эталона	Линия, кэВ	Канал эт.	Канал тек.	Разрешение эт.,кэВ	Разрешение тек.,кэВ	Эффективность эт.	Эффективность тек.
	23.09.2018 17:15:41	BINOM	test_co60_et.asw	661.7	3395.3	3395.2	1.21	1.25	0.00314	0.00313
1	23.09.2018 17:16:10	BDEG-76-76		1332.5	7059.1	7059.3	1.75	1.73	0.00207	0.00198
_	24.09.2018 17:18:03	BINOM	test_co60_et.asw	661.7	3395.3	3395.3	1.21	1.23	0.00314	0.00313
2	24.09.2018 17:18:32	BDEG-76-76		1332.5	7059.1	7059.2	1.75	1.73	0.00207	0.00199
2	25.09.2018 17:19:58	BINOM	test_co60_et.asw	661.7	3395.3	3394.8	1.21	1.2	0.00314	0.0031
3	25.09.2018 17:20:28	BDEG-76-76		1332.5	7059.1	7058.7	1.75	1.72	0.00207	0.00208
4	26.09.2018 17:30:11	BINOM	test_co60_et.asw	661.7	3395.3	3396.4	1.21	1.19	0.00314	0.003
-	26.09.2018 17:30:41	BDEG-76-76		1332.5	7059.1	7059.9	1.75	1.79	0.00207	0.00212
-	28.09.2018 17:32:07	BINOM	test_co60_et.asw	661.7	3395.3	3394.7	1.21	1.2	0.00314	0.00319
3	28.09.2018 17:32:36	BDEG-76-76		1332.5	7059.1	7058.2	1.75	1.75	0.00207	0.00205
Эффективность Канал О О О Разрешение, кзВ + сг о 2						2		3		

Рисунок Пб.15. Вид окна Карты

Окно **Карты** содержит два блока. В верхнем блоке представлена совокупная информация по проведенным процедурам контроля разрешения и эффективности в цифровом виде. В нижнем блоке представлена графическая информация. График содержит три условно разделенные части: *Канал, Разрешение* и Эффективность. В каждой из частей графика синхронно отражены данные таблицы. По оси X показаны номера проведенного контроля по порядку. Единой линией на всех графиках соединены данные относящие к одной энергетической линии. При необходимости цвета графиков могут быть изменены, для этого следует нажать кнопку *м*, и выбрать тип графика. В появившемся окне **Параметры графика** можно выбрать цвет линий, а также отключить отображение графика (см. рис. П6.16).

Параметры графика	×
График разрешения, кэВ	
🗹 Показывать 🛛 Цвет	
Закрыть	

Рисунок Пб.15. Вид окна Параметры графика

6.6 Команды модуля Сценариум

При формировании сценария необходимо придерживаться некоторых правил оформления:

- все команды должны начинаться с первого символа строки в поле сценария;

- не должно быть пустых строк между строками с командами;

- в одной строке должна быть только одна команда;

- не должно быть пробелов при указании параметров команд;

- в названии команды не должно быть пробелов и знаков пунктуации.

При формировании каждой строки используются следующие обозначения:

COMMAND(Param1:string,[Param2:integer])

СОММАНD – название команды.

Param1 и **Param2** – параметры команды. Параметры, выделенные квадратными скобками, могут отсутствовать.

string, integer – тип параметра:

string – строковый, набор символов кроме запятой;

integer – целочисленный;

real – вещественный.

Программа "GammaPRO" после завершения любой команды возвращает строку: COMMAND=OK#10#13

Например, ответ на команду **SET_TRACT**(*BOSON*,*BDEG*) будет выглядеть так: **SET_TRACT=OK**#10#13

В случае если команда выполняется не мгновенно, то есть если команда длительная, то программа "**GammaPRO**" сначала возвращает строку:

COMMAND=DO#10#13

а затем уже, по окончании **COMMAND=OK**.

#10 В случае если команды выполнилась с ошибкой, например, по причине некорректных параметров, то ответ будет выглядеть так:

COMMAND=ER#10#13

#10#13 – ASCII символы конца строки LF и возврата каретки CR соответственно.

Если команда подразумевает возврат какого-либо результата, то ответ будет в виде строки, формат которой зависит от самой команды (см. описание команд ниже).

Например, полный ответ на команду **FIND_PEAK_FOR_EN**(*100,300,661.7,0*) будет выглядеть следующим образом:

FIND_PEAK_FOR_EN> CH=220.5

FIND_PEAK_FOR_EN=OK

Каждая строка возвращаемая сервером содержит в конце комбинацию символов #10#13.

Программа "GammaPRO" позволяет выполнять следующие команды:

SET_TRACT(*MCA_name:string*,*Channel_name:string*)

Команда установки тракта с именем *Channel_name* в анализаторе *MCA_name* текущим. *MCA_name* – название анализатора, обозначенного в программе "GammaPRO";

Channel_name – название канала, обозначенного в программе "GammaPRO" для анализатора с названием *MCA_name*.

BREAK

Команда прерывания текущей исполняемой команды. Если никакая команда не выполняется, то команда игнорируется.

START

Команда запуска измерения в текущем тракте.

STOP

Команда остановки измерения в текущем тракте.

SET_PRESET(*Time_sec:integer*)

Команда задания времени измерения для текущего тракта. Time_sec – время измерения, с.

PAUSA(*Time_sec:integer*)

Команда задания паузы в сценарии с длительностью *Time_sec*. *Time_sec* – длительность паузы, с.

ADJUST_GAIN(*Left_border:integer,Right_border:integer,Target_channel:integer,Allowed_deviation:integer,Time_sec:integer*)

Команда запуска процедуры настройки усиления для текущего тракта. Устанавливает найденный пик в заданном диапазоне в целевой канал итерационным способом, изменяя коэффициент усиления (или управляющее напряжение в зависимости от типа анализатора). Процедура настройки останавливается, когда пик находится в диапазоне *Target_channel* ± *Allowed_deviation*.

Left_border, *Right_border* – левая и правая границы интервала в спектре, в котором будет проводится поиск пика, канал;

Target_channel – целевой канал в который программа будет пытаться установить найденный пик;

Allowed_deviation – допускаемое отклонение от целевого канала, при котором процедура будет остановлена, канал;

Time_sec – время измерения одной итерации при подгонке пика, с.

ADJUST_GAIN_PARAB(*Left_border:integer,Right_border:integer,Target_channel:intege r,Allowed_deviation:integer,Time_sec:integer*)

Команда выполняет аналогичную процедуру как **ADJUST_GAIN**, но при обработке пика с целью определения центроиды в качестве описывающей функции рассматривается не функция Гаусса, а парабола.

FIND_PEAK_FOR_EN(*Left_border:integer,Right_border:integer,Energy:real,Type:intege r,[Num_point:integer]*)

Команда выполняет поиск пика в заданном интервале для текущего спектра. Дополнительно в зависимости от типа указанного в параметре Туре команда выполняет следующие функции:

Type = 0 - нет функций;

Type = 1 - добавляет точку в калибровку по энергии для данного спектра и производит перерасчет функциональной зависимости для текущего спектра;

Type = 2 - корректирует значения точки в калибровке по энергии с номером *Num_point* для данного спектра и производит перерасчет функциональной зависимости для текущего спектра и текущего тракта.

Для случая Type = 1 или Type = 2 в качестве значения энергии для новой или корректируемой точки в калибровке берется значение *Energy*. Для случая Type = 0 или Type = 1 значение *Num_point* указывать не нужно.

Left_border, *Right_border* – левая и правая границы интервала в спектре, в котором будет проводится поиск пика, канал.

Если пик найден команда возвращает результат в виде строки:

FIND_PEAK_FOR_EN > CH=220.5

FIND_PEAK_PARAB_FOR_EN(*Left_border:integer,Right_border:integer,Energy:real,T ype:integer,[Num_point:integer]*)

Команда выполняет аналогичную процедуру как **FIND_PEAK_FOR_EN**, но при обработке пика с целью определения центроиды в качестве описывающей функции рассматривается не функция Гаусса, а парабола.

OPEN_SPC_FILE(*Spc_filename:string*)

Команда открывает спектр с именем *Spc_filename*. Если для данного файла спектра путь не указан, то программа будет искать спектр в каталоге по умолчанию, указанному в разделе **Параметры расчета** (см. разд.2.4.4).

SAVE_CUR_SPC_FILE(*Spc_filename:string*)

Команда выполняет сохранение текущего спектра под именем Spc_filename.

CALC_ROI_METHOD

Команда выполняет расчет активности радионуклидов методом окон для текущего спектра с использованием файла калибровки и фонового спектра указанного в данном

текущем спектре. Фактически данная команда эмулирует нажатие на кнопку -> Расчет (метод окон) (см. разд. 5.1 настоящего документа).

SET_CLB_FILE_CURSPC(*Clb_filename:string*)

Команда связывает файл калибровки *Clb_filename* (*.*clb*) с текущим спектром. После выполнения данной команды в окне **Параметры спектра** для текущего спектра в поле **Файл** калибровки (метод окон) будет указан файл *Clb_filename*. Если для данного файла калибровки путь не указан, то программа будет искать этот файл в каталоге калибровок по умолчанию, указанному в разделе **Параметры расчета** (см. разд.2.4.4).

SET_BKG_FILE_CURSPC(*Bkg_filename:string*)

Команда устанавливает файл спектра $Bkg_filename$ как фоновый для текущего спектр. После выполнения данной команды в окне **Параметры спектра** для текущего спектра в поле **Спектр фона** будет указан файл $Bkg_filename$. Если для спектра $Bkg_filename$ путь не указан, то программа будет искать этот файл в каталоге фонов по умолчанию, указанному в разделе **Параметры расчета** (см. разд.2.4.4).

SET_EFP_FILE_CURSPC(*Efp_filename:string*)

Команда связывает файл эффективностей Efp_filename (*.*efp*) с текущим спектром. После выполнения данной команды в окне **Параметры спектра** для текущего спектра в поле **Файл эффективности** будет указан файл *Efp_filename*. Если для файла *Efp_filename* путь не указан, то программа будет искать этот файл в каталоге калибровок по умолчанию, указанному в разделе **Параметры расчета** (см. разд.2.4.4).

SET_LBR_FILE_CURSPC(*Lbr_filename:string*)

Команда связывает файл библиотеки *Lbr_filename* (*.*lbr*) с текущим спектром. После выполнения данной команды в окне **Параметры спектра** для текущего спектра в поле **Библиотека** будет указан файл *Lbr_filename*. Если для файла *Lbr_filename* путь не указан, то программа будет искать этот файл в каталоге калибровок по умолчанию, указанному в разделе **Параметры расчета** (см. разд.2.4.4).

SET_ZONES_FILE_CURSPC(*Zones_filename:string*)

Команда связывает файл зон интереса *Zones_filename* (*.*roi*) с текущим спектром. После выполнения данной команды в окне **Параметры спектра** для текущего спектра в поле **Файл зон интереса** будет указан файл *Zones_filename*. Если для файла *Zones_filename* путь не указан, то программа будет искать этот файл в каталоге калибровок по умолчанию, указанному в разделе **Параметры расчета** (см. разд.2.4.4).

SET_CLB_FILE_TRACT(*Clb_filename:string*)

Команда аналогичная **SET_CLB_FILE_CURSPC**, но действие относится к текущему тракту. После выполнения данной команды файл *Clb_filename* будет указан в поле **Файл** калибровок (метод окон) в окне **Параметры расчета** (см. разд.2.4.4).

SET_BKG_FILE_TRACT(*Bkg_filename:string*)

Команда аналогичная **SET_BKG_FILE_CURSPC**, но действие относится к текущему тракту. После выполнения данной команды файл Bkg_filename будет указан в поле Спектр фона в окне Параметры расчета (см. разд.2.4.4).

SET_EFP_FILE_TRACT(*Efp_filename:string*)

Команда аналогичная **SET_EFP_FILE_CURSPC**, но действие относится к текущему тракту. После выполнения данной команды файл *Efp_filename* будет указан в поле **Файл** эффективности в окне **Параметры расчета** (см. разд.2.4.4).

SET_LBR_FILE_TRACT(*Lbr_filename:string*)

Команда аналогичная **SET_LBR_FILE_CURSPC**, но действие относится к текущему тракту. После выполнения данной команды файл *Lbr_filename* будет указан в поле **Библиотека** в окне **Параметры расчета** (см. разд.2.4.4).

SET_ZONES_FILE_TRACT(*Zones_filename:string*)

Команда аналогичная **SET_ZONES_FILE_CURSPC**, но действие относится к текущему тракту. После выполнения данной команды файл *Zones_filename* будет указан в поле **Файл зон интереса** в окне **Параметры расчета** (см. разд.2.4.4).

PEAKS_CLEAR_ALL

Команда выполняет очистку списка найденных пиков в текущем спектре (см.п.6.4 настоящего документа).

PEAKS_FIND_NEW

Команда выполняет поиск пиков в текущем спектре в соответствии с его параметрами и режимами (см. п.6.2.8 настоящего документа).

PEAKS_UPDATE

Команда выполняет обновление характеристик найденных пиков в текущем спектре в соответствии с его параметрами и режимами (см. п.6.3 настоящего документа).

PEAKS_FIND_PARAMS(*Left_border:integer,Right_border:integer,Min_sq:real,Type_sea* rch:integer,Smoothing_range:integer,Smoothing_count:integer,MTP:real,Energy_dev:real)

Команда установки параметров для проведения корректного расчета активности методом анализа пиков (см. п.6.1 настоящего документа).

Left_border, *Right_border* – левая и правая границы интервал в котором производится поиск пиков, канал;

Min_sq – минимальная площадь пика, ниже которой они отбрасываются в процессе поиска, имп;

Type_search – тип поиска: 0 – поиск и идентификация, 1- пики из библиотеки;

Smoothing_range – степень полинома сглаживания (2-6);

Smoothing_count – количество итераций сглаживания;

МТР - множитель толщины пика (3-10);

Energy_dev – отклонения энергии, в пределах которого пик можно приписать характерной линии какого-либо радионуклида, кэВ.

SEND_DB(*N_protokol:string,Customer:string*) Команда отправки всех результатов измерения в базу данных. *N_protokol* – номер протокола; *Customer* - название заказчика.

SEND_WORD(*Type_calc:integer*)

Команда отправки таблицы результатов измерения в редактор MS Word. В зависимости от параметра *Type_calc* данные будут отправляться в MS Word из таблицы расчета методом окон и таблицы расчета методом анализа пиков:

Туре_calc – выбор таблицы результатов: 0 – метод окон, 1- метод анализа пиков.

SEND_REPORT(*Type_calc:integer*, *DoPrintNow:integer*)

Команда открывает окно мастера создания отчета и формирует отчет для текущего спектра в соответствии с текущими параметрами (см.п.5.1). В зависимости от параметра Туре_calc данные будут отправляться в MS Word из таблицы расчета методом окон и таблицы расчета методом анализа пиков:

Туре_calc – выбор таблицы результатов: 0 – метод окон, 1- метод анализа пиков;

DoPrintNow – параметр указывающий о необходимости немедленной печати отчета: 0 - не печатать, 1- сразу печатать.

SET_REPEAT_MEAS_PARAM(*IsOn:integer*,*Iteration_count:integer*,*Pausa:integer*,

Template:string,Directory:string)

Команда позволяет задавать параметры повторяющихся измерений (см.п.2.4.3) для текущего тракта.

IsOn – включение(IsOn=1)/выключение(IsOn=0) режима повторения измерений;

Iteration_count - количество повторений измерения;

Pausa – длительность паузы между измерениями, с;

Template – шаблон названия файлов спектров;

Directory – путь к каталогу в котором будут сохраняться измеренный спектры.

SET_HV(*IsOn:integer*, *Value_HV:integer*, *Type_value:integer*)

Команда поднятия или снятия высокого напряжения для текущего тракта.

IsOn - включение(IsOn=1)/выключение(IsOn=0) высокого напряжения;

Value_HV – целевое значение устанавливаемого высокого напряжения. В зависимости от типа анализатора *Value_HV* может быть т.н. управляющим напряжением (см. руководство на анализатор).

Type_value – тип значения *Value_HV*. 0 – высокое напряжение, 1 – управляющее напряжение.

SET_ENERGY_CLB_TRACT(*Point_count:integer,Ch1:integer,En1:integer,[Ch2:integer,En2:integer,Ch3:integer,En3:integer]*)

Команда выполняет установку значений точек энергетической калибровки для текущего тракта и автоматически пересчитывает новую функциональную зависимость энергии от канала.

Point_count – количество точек подлежащих установке. В зависимости от этого параметра определяется количество пар канал-энергия в качестве параметров для данной команды.

Ch1, Ch2, Ch3 и т.д. – номер канала в спектре для точки с номером 1, 2, 3 и т.д. соответственно;

En1, En2, En3 – энергия для точки с номером 1, 2, 3 и т.д. соответственно.

Пример:

Команда **SET_ENERGY_CLB_TRACT**(*3*,220,661.7,677,1173.2,820,2614.5) обеспечит энергетическую калибровку как показано на рисунке П6.16:

+ - ×			14	⁴⁰⁰ T			1						
🛆 Канал	Энергия (библиотека)	Энергия (расчетная)	<u>e</u> 12	200									
220	661.7	661.78	2 8 1 (000 ÷					June				
677	1173.2	1172.8	Ē,	en L									
820	1332.5	1332.8		~~ I.	-								
						300	400	1	500 Кана	600 n	700)	800
			Сте	пень	полин	юма [:				Γ	Pa	счет
				Библиотека калибр						Бровки			
				ульт	ат	E=415.	8+1.118×				инл	,%: 0.0	0263
Открыть Сохранить				Отч	чет]				Примен	ить	Зан	рыть

Рисунок Пб.16. Вид окна Параметры графика

SET_ENERGY_CLB_CURSPC(*Point_count:integer,Ch1:integer,En1:integer,[Ch2:integer,En2:integer,Ch3:integer,En3:integer]*)

Команда аналогичная **SET_ENERGY_CLB_TRACT**, но действие относится к текущему спектру.

TEST_BKG(*Zones_filename:string*,[*Base_bkg_filename:string*])

Команда выполняет процедуру контроля фона для текущего спектра. В случае если не указан необязательный параметр *Base_bkg_filename*, то текущий спектр будет сравниваться с текущим спектром фона для данного тракта.

Zones_filename – файл зон интереса (*.*roi*). Статистическое сравнение будет проводится по энергетическим интервалам заданным в этом файле.

Base_bkg_filename – спектр фона, который может выступать в качестве базового, вместо спектра фона текущего тракта.

Команда выдает результат в виде сообщения:

TEST_BKG> OK что означает, что фон в норме, или :

TEST BKG> DEV=nn

что означает, что фон не в норме, а отклонение существенное и составляет *nn*%.

TEST_SENS(*Clb_filename:string*,*Pks_filename:string*,[*Base_bkg_filename:string*])

Команда выполняет процедуру контроля чувствительности для текущего спектра. В случае если не указан необязательный параметр *Base_bkg_filename*, то контроль будет проводиться с учетом текущего спектром фона для данного тракта.

Clb_filename – файл калибровки для расчета активности методом окон (*.*clb*);

Pks_filename – файл паспортных данных источника (контрольного образца) (*.*pks*);

Base_bkg_filename – спектр фона, который может выступать в качестве базового вместо спектра фона текущего тракта.

Команда выдает результат в виде сообщения:

TEST_SENS> OK

что означает, что чувствительность в норме, или :

TEST_SENS> RN1(Cs-137)=*nn1*, RN2(Ra-226)=*nn2*,

что означает, что чувствительность не в норме, при этом отклонение существенное для радионуклида номер 1 и номер 2 и составляет *nn1*% и *nn2*% соответственно. В скобках у ключевого слова RN1 и RN2 указывается название радионуклида, для которого приведено отклонение.

TEST_SENS_TEMP(*Num_saved_spc:integer;Clb_filename:string,Pks_filename:string,* [*Base_bkg_filename:string*])

Команда аналогичная **TEST_SENS**, но действие относится не к текущему спектру, а к спектру сохраненному в памяти командой **STORAGE_CURSPC_TEMP**.

Num saved spc – номер спектра сохраненный в памяти программы "GammaPRO".

STORAGE_CURSPC_TEMP(*Num_spc:integer*)

Команда сохранения текущего спектра в памяти программы под номером Num_spc. Параметр *Num_spc* должен быть равен не более 2.

TEST_RESEFF(*Etalon_spc_filename:string*,*Pks_filename:string*)

Команда выполняет процедуру контроля разрешения и эффективности для текущего спектра.

Etalon spc filename – название и путь к файлу эталонного спектра контрольного образца. Данный спектр должен содержать разметку, т.е. в этом же каталоге где и эталонный спектр должен находиться файл с тем же названием и расширением *.asr (см.п.6.2.11);

Pks_filename – файл паспортных данных источника (контрольного образца) (*.*pks*).

Команда выдает результат в виде сообщения:

TEST RESEFF>OK

что означает, что разрешение и эффективность в норме, или :

TEST RESEFF>NOT OK

что означает, что разрешение и эффективность не в норме.

Вне зависимости от положительного или отрицательного результата теста далее последует информационная строка:

TEST_RESEFF> DATA PEAK1(*en,ch_et,ch,ch_Ok,res_et,res,res_Ok,eff_et,eff,eff_Ok*),

PEAK2(*en*,*ch*_*et*,*ch*,*ch*_*Ok*,*res*_*et*,*res*_*Ok*,*eff*_*et*,*eff*_*eff*_*Ok*),...

где *en* – энергия линии, кэВ;

ch_et – положение пика в спектре эталона, канал;

ch – положение пика в ткущем спектре, канал;

ch_OK – признак незначимого отклонения положения пика: 0 – отклонение не в норме, 1- в норме;

 res_et – разрешение пика в спектре эталона, кэВ;

res – разрешение пика в ткущем спектре, кэВ;

 res_OK – признак незначимого отклонения разрешение: 0 – отклонение не в норме, 1в норме;

eff_et – эффективность по пику в спектре эталона, канал;

eff – эффективность по пику в ткущем спектре, канал;

res_OK – признак незначимого отклонения эффективности.

Например:

TEST RESEFF> DATA PEAK1(661.7,220.0,220.1,1, 1.7,1.8,0,0.0021,0.0021,1),

PEAK2(1332.5,770.0,770.1,1, 1.5,1.5,1,0.0018,0.0018,1),

Этот ответ означает, что в эталонном спектре разметка содержит два пика с энергиями 661.7кэВ и 1332.5.

WAIT_MEAS_END

Команда выполняет ожидание завершения текущего измерения для текущего тракта. В случае если измерение не окончено ответ команды выглядит следующим образом:

WAIT_MEAS_END=DO

В момент, когда измерение завершено или остановлено программа возвращает команду:

WAIT MEAS END=OK

GET_TRACTS_NAME

Команда запроса списка имеющихся спектрометрических трактов в программе "GammaPRO". В ответ на данную команду возвращается ответ в виде:

GET_TRACTS_NAME> DATA TRACT1(name_mca,name_channel),

TRACT2(*name_mca,name_channel*), **TRACT3**(*name_mca,name_channel*), где

пате_тса – название анализатора;

name_channel – название канала в анализаторе name_mca.

Например:

GET_TRACTS_NAME> DATA TRACT1(BOSON1,GCD-4020),

TRACT2(BINOM, BDEG-63-63), TRACT3(BINOM, BDEG-76-76),

Этот ответ означает, что на данный момент в программе "GammaPRO" в менеджере устройств (см.рис.1, блок 3) имеется три тракта: один анализатор с названием *BOSON1* с одним трактом с названием *GCD-4020*, и один анализатор *BINOM* с двумя трактами *BDEG-63-63* и *BDEG-76-76*.

REQUEST_MESSAGE(*Str:string*,[*Caption:string*])

Данная команда не отправляет запрос в программу "GammaPRO", а просто останавливает выполнение сценария запущенного из модуля Сценариум и выводит сообщение, указанное в *Str*. Необязательный параметр *Caption* позволяет вывести строку в заголовок диалогового окна сообщения.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Изме-		№№ листо	в (страниц))	Всего	№ доку-	Bx. №	Под-	Дата
	Изме-	Заме-	новых	Анну-	листов	мента	сопрово-	пись	
нение	нен-	нен-		лиро-	в доку-		дительног		
	ных	ных		ванных	менте		о док-та и		
							дата		

Изменения, вносимые в настоящие руководство, следует регистрировать в таблице.

28.01.2019