

Новое программное обеспечение жидкосцинтилляционных спектрометров

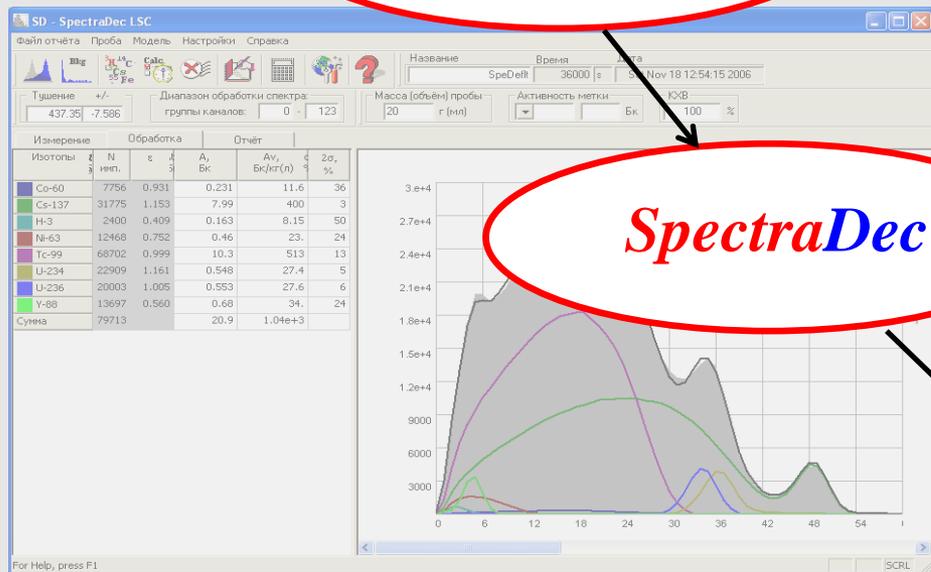
Малиновский С.В

E-mail: SpectraDec@gmail.com Тел.: +7(903)768-24-41

~ 2000 г.

RadSpectraDec

МосНПО «Радон»



SpectraDec



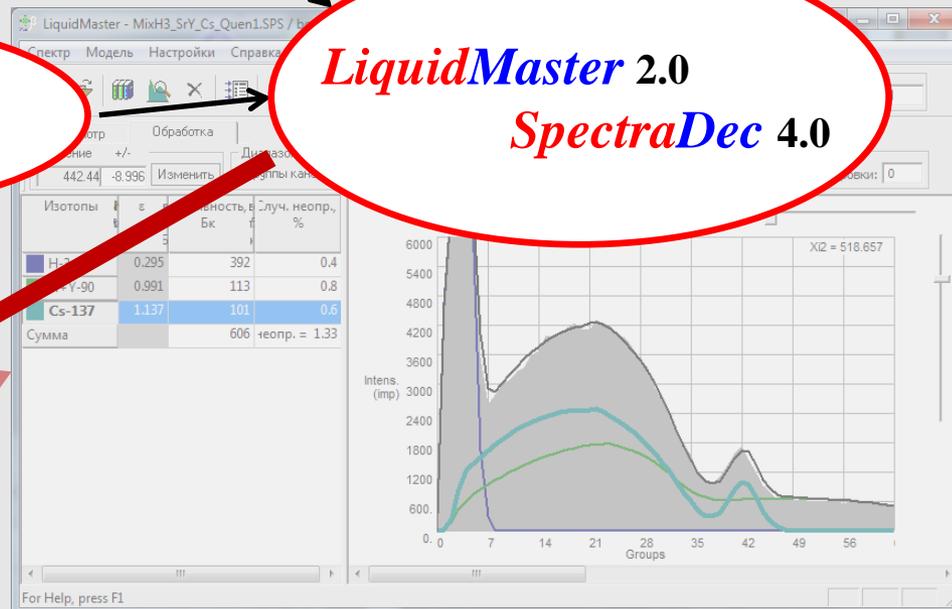
LiquidMaster

ГП «ГринСтар»



LiquidMaster 2.0

SpectraDec 4.0



Предназначено для обработки результатов спектрометрических измерений на жидкостинтилляционных спектрометрах с целью получения радионуклидного состава измеряемых проб.

Позволяет проводить радионуклидный анализ проб, измеренных на всех типах жидкостинтилляционных спектрометров, в частности:

- **СКС-07П** с жидкостинтилляционными блоками детектирования **УДБТ-003** и **УДКС-14П** производства «Грин Стар», Москва;

- **“TriCarb”** всех модификаций, **“Quantilus-1220”** и **“Guardian-1414”** производства компании "PerkinElmer Life Sciences";

- **“Triathler”** всех модификаций, (**“Hidex 300 SL”** и **“Hidex 600 SL”**) производства фирмы “Hidex”, Финляндия и т.д.

Обрабатывает оперативно в автоматическом режиме спектры:

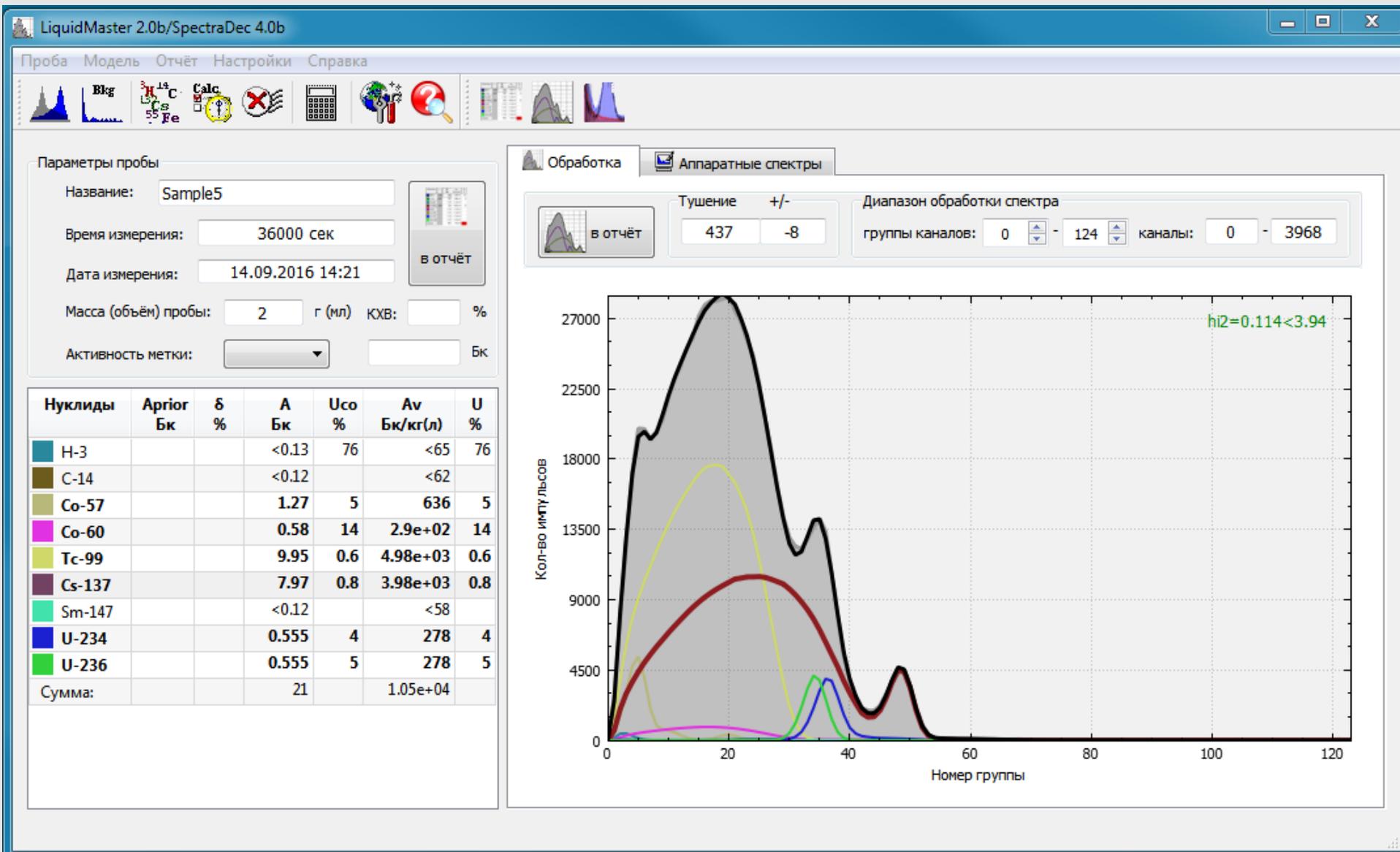
- с малой статистикой,
- с плохим разрешением,
- со значительным перекрытием энергетических спектров составляющих нуклидов.

Язык программирования – C++

Кроссплатформенная среда разработки – QT

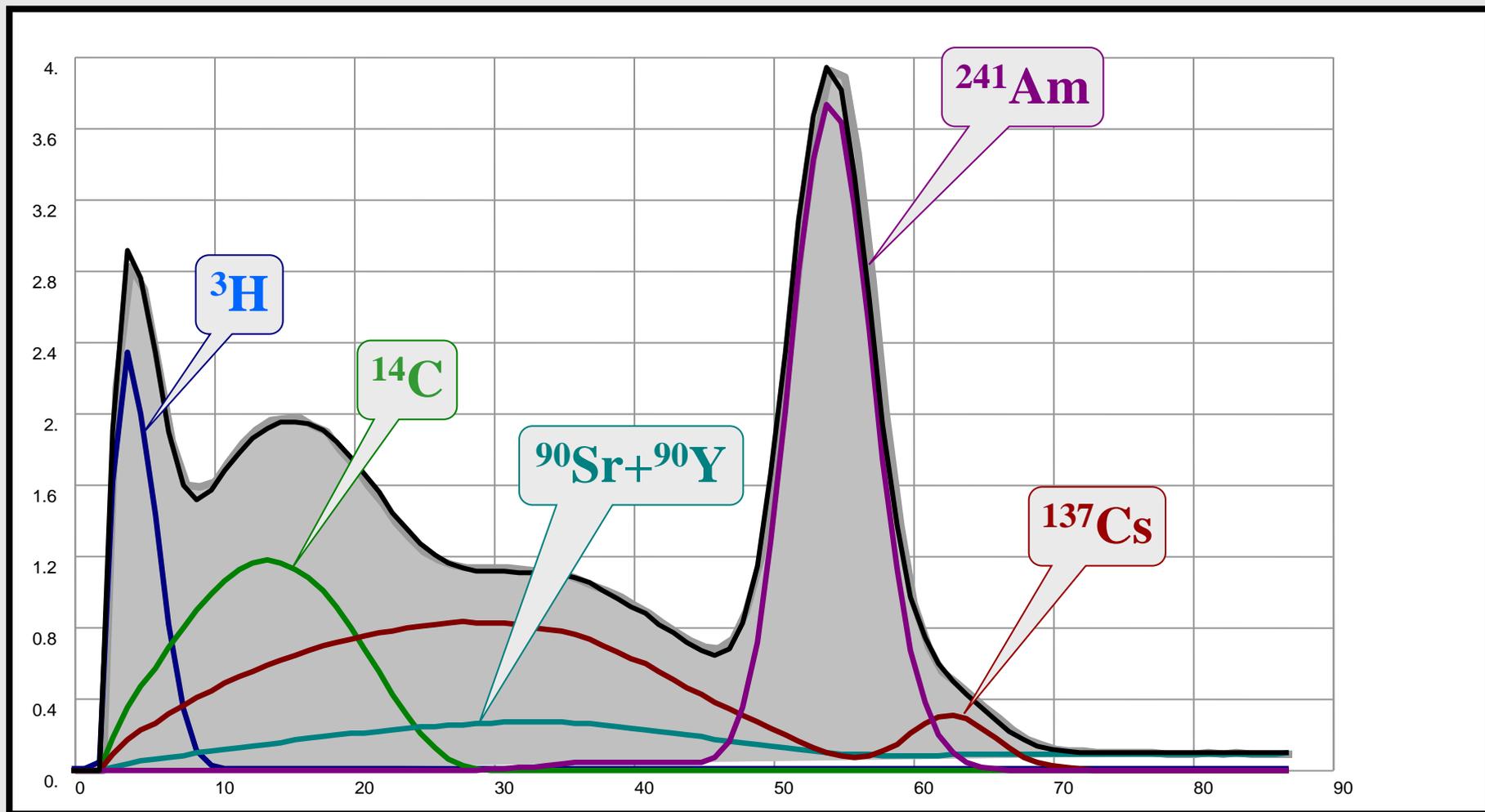
Операционная система – MS Windows XP, 7,8,10

Возможность запуска на других ОС



Математический алгоритм обработки

Моделирование аппаратного спектра пробы
спектрами отдельных радионуклидов,
полученными из предварительно созданной нуклидной библиотеки



$$\sum_{i=1}^I \left(\left(\frac{N_i - \sum_{j=1}^J c_j M_{ij}}{\sum_{j=1}^J c_j M_{ij} + 10^{1-\delta}} \right)^2 i^{w-1} \right) + f_{pen}(c_1, c_2, \dots, c_J) \rightarrow \min$$

N_i – спектр пробы

c_i – вклад изотопа в полную активность

i – номер канала анализатора

j – индекс радионуклида

δ – коэффициент устойчивости

M_{ij} – библиотечные р/н спектры

$f_{pen}(c_1, c_2, \dots, c_J)$ – штрафная функция

I – число каналов анализатора

J – число анализируемых радионуклидов

w – коэффициент веса номера канала

Расчётные формулы

	Активность	Неопределённость [%] (Р 50.2.038-2004 ГСИ)
Активность радионуклида в счётном образце [Бк]	$A_j = \frac{N_j}{\varepsilon_j \cdot t}, \quad N_j = c_j N$	$2\sqrt{S_j^2 + \frac{\theta_{\varepsilon j}^2}{3}}, \quad \text{где } S_j = 100 \sqrt{\frac{2N - N_j}{N_j^2}}$
Удельная активность без радиохимии [Бк/кг(л)]	$\frac{A_j}{m(V)} \cdot 10^3$	$2\sqrt{S_j^2 + \frac{1}{3}(\theta_{\varepsilon j}^2 + \theta_{V(m)}^2 + \theta_{\text{ПП}}^2 + \theta_M^2)}$
Удельная активность с радиохимией [Бк/кг(л)]	$\frac{A_j}{m(V)} \frac{10^5}{\text{КХВ}}$	$2\sqrt{S_j^2 + S_{tr}^2 + \frac{1}{3}(\theta_{\varepsilon j}^2 + \theta_{Atr}^2 + \theta_{V(m)}^2 + \theta_{\text{ПП}}^2 + \theta_M^2)}$

S_j и S_{tr} [%] – относительное среднеквадратическое отклонение определения скорости счёта в счётном образце j -го нуклида и трассера соответственно :

θ_{Atr} [%] – неопределённость введённой активности трассера;

$\theta_{V(m)}$ [%] – неопределённость измерения объема (массы) пробы;

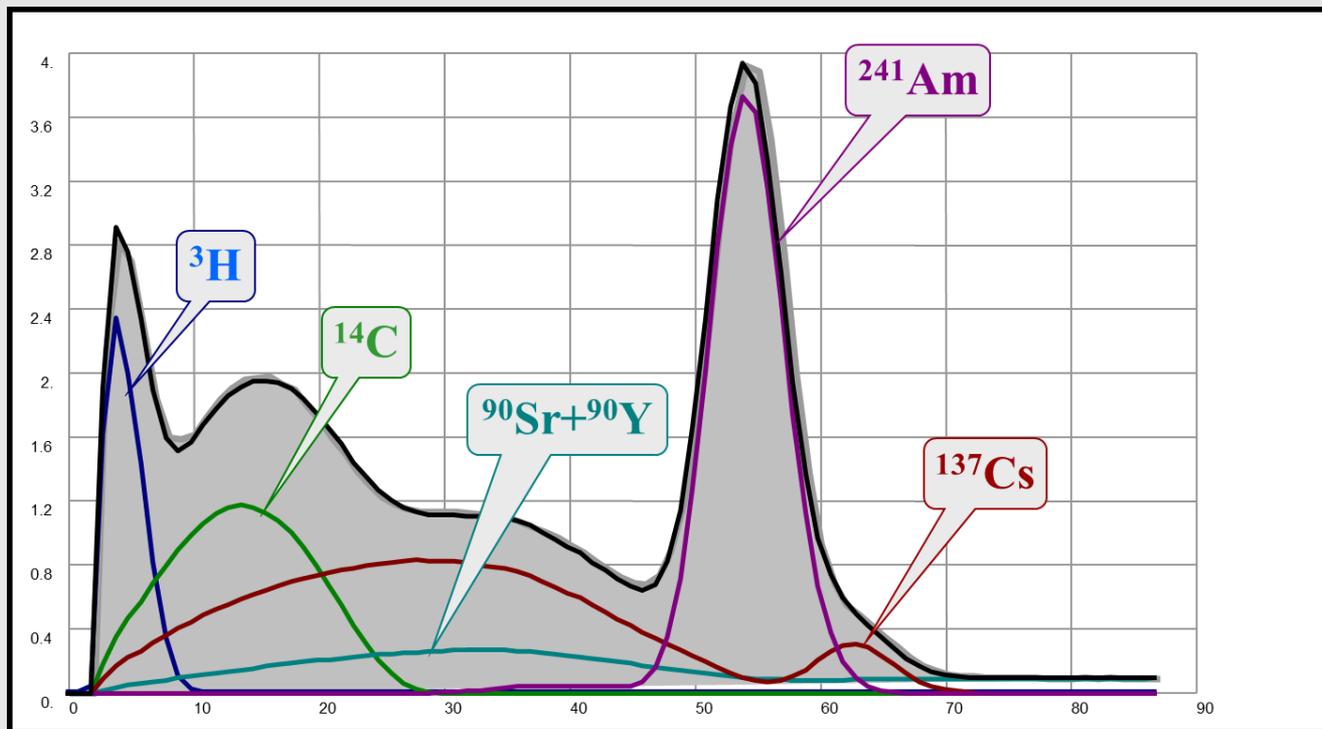
$\theta_{\varepsilon j}$ [%] – неопределённость определения эффективности регистрации излучения отдельных радионуклидов (определяется погрешностью аттестации калибровочного раствора – берётся из библиотеки радионуклидов);

$\theta_{\text{ПП}}$ [%] – неопределённость пробоподготовки (упаривание, высушивание, озоление и т.п.) [%];

θ_M [%] – методическая погрешность, определяемая программной обработкой.

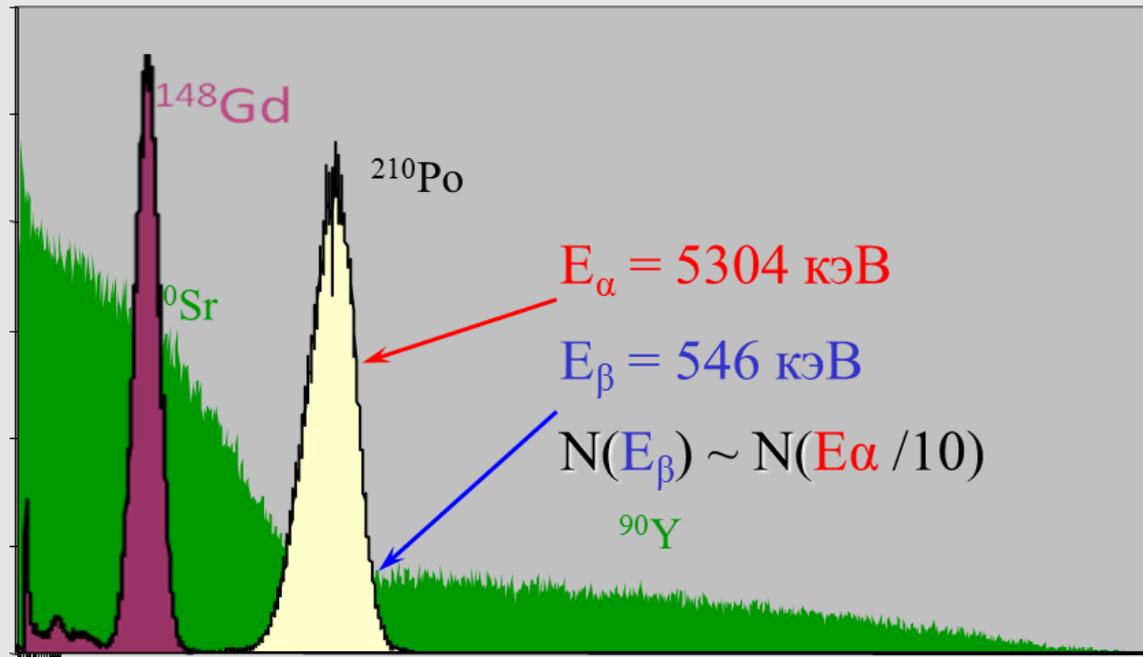
Определение суммарных альфа- и бета-активностей

Проблема ЖС-спектрометрии - необходимость наличия в библиотеке всех радионуклидов, которые могут быть в пробе и трудоёмкость добавления радионуклида в библиотеку.



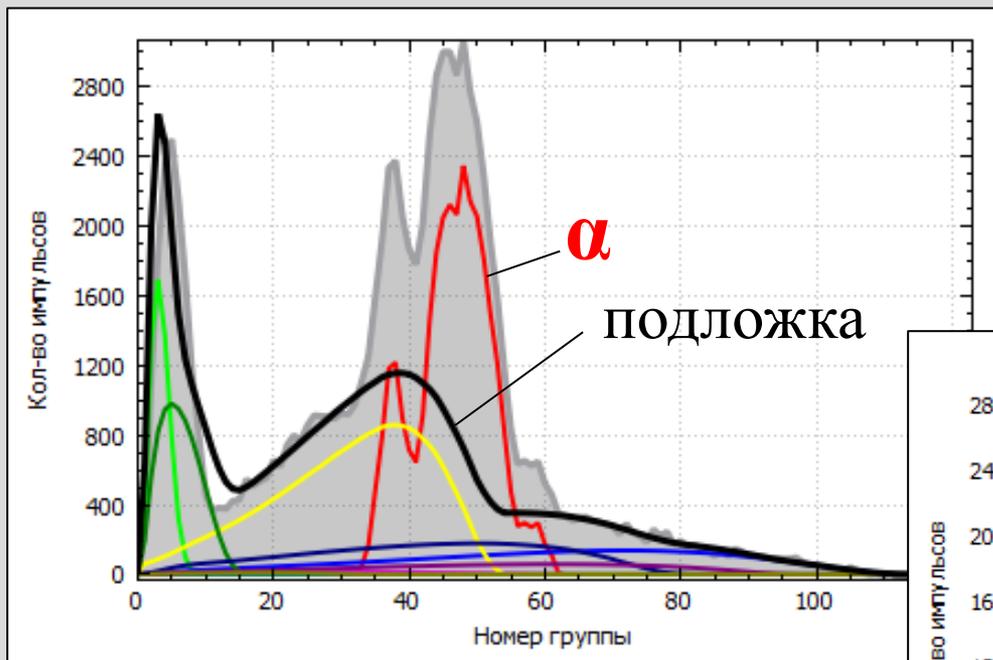
Возможность использования ЖСС для определения суммарных альфа- и бета-активностей без создания радионуклидной библиотеки ???

Первая задача – разделение альфа- и бета- составляющих

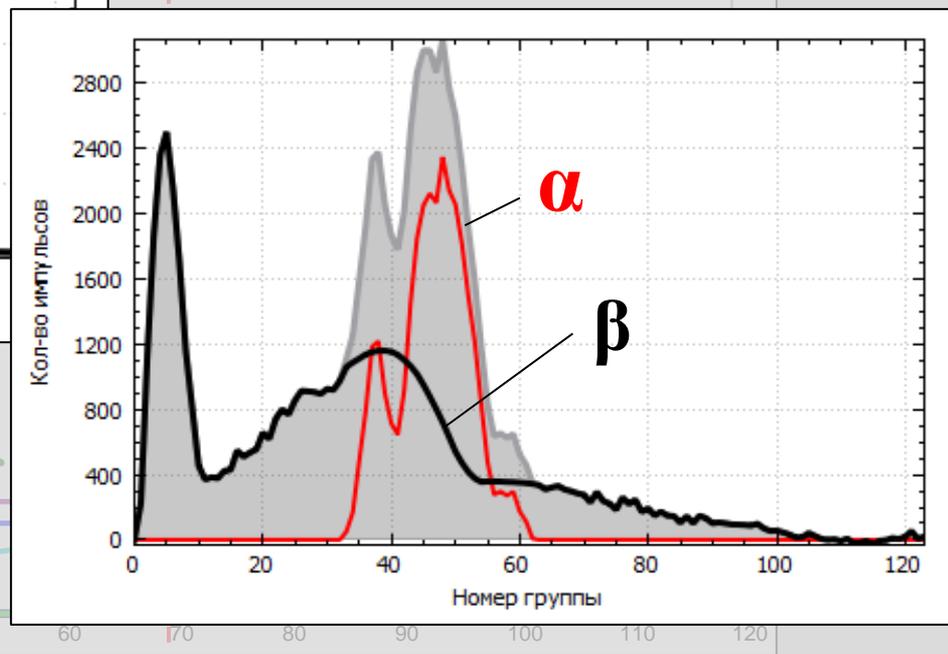
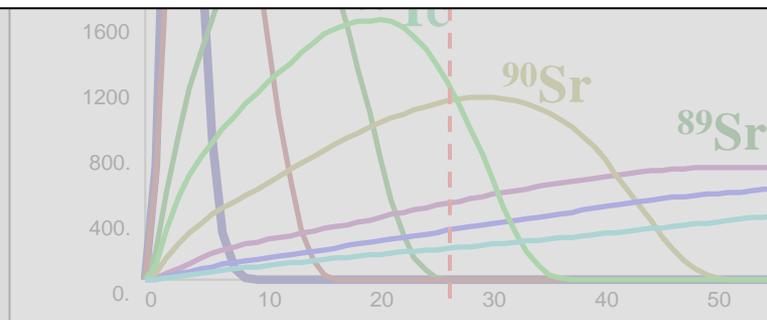


Методы решения:

- Экстракция альфа-излучателей из пробы – на этапе подготовки пробы к измерениям;
- Анализ формы импульса – при измерении;
- Анализ формы измеренного спектра.



у (непрерывны и начинаются с нуля)
 й части ЖС-спектра

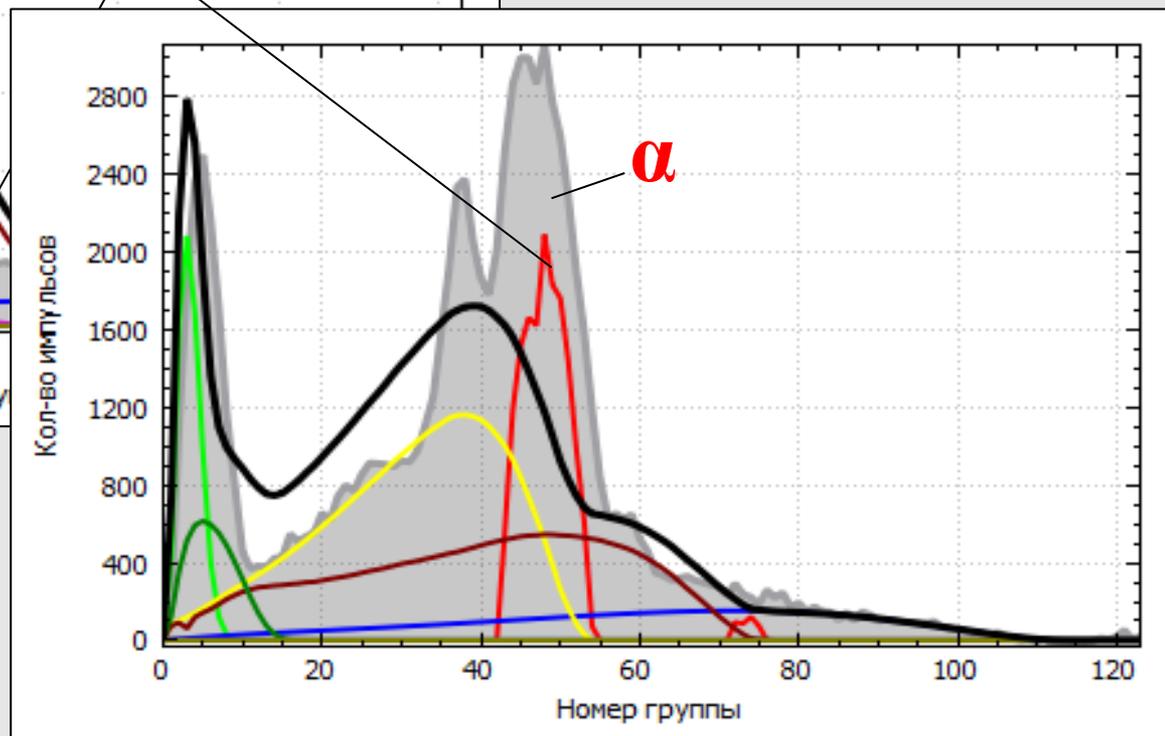
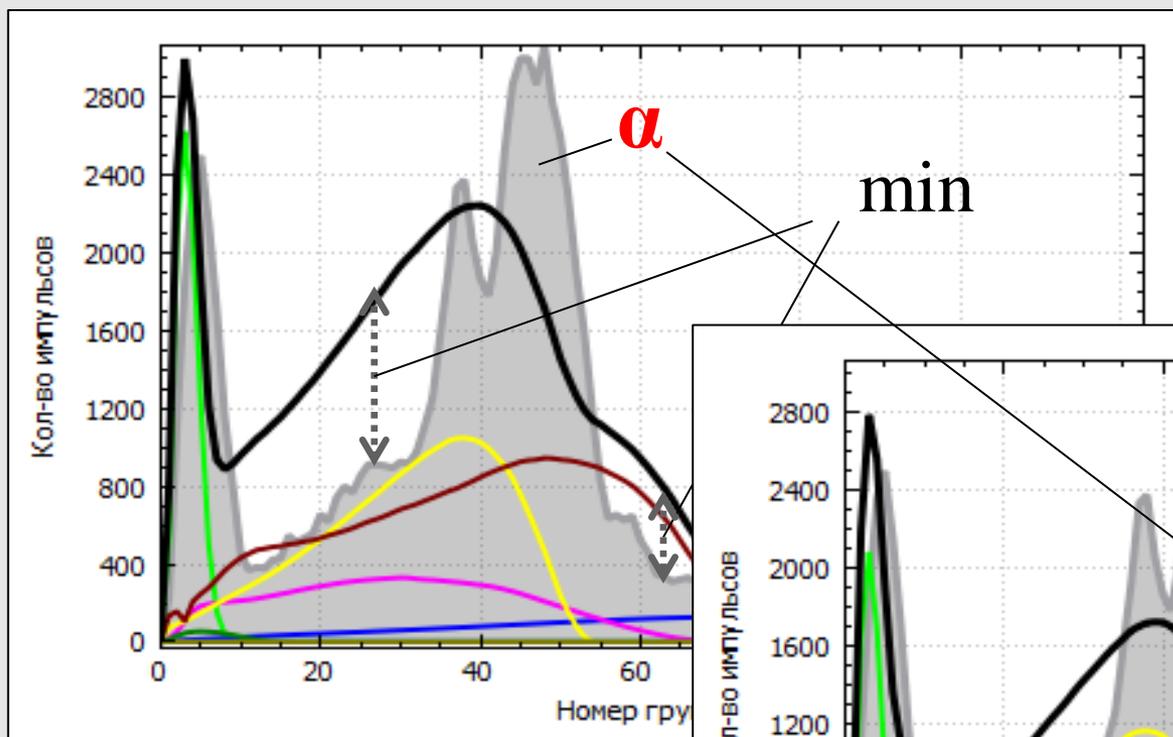


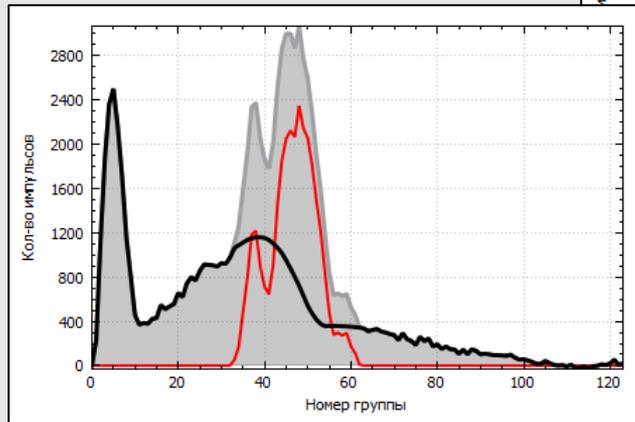
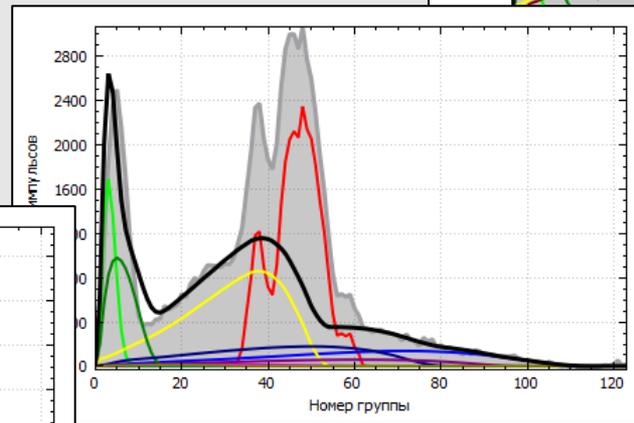
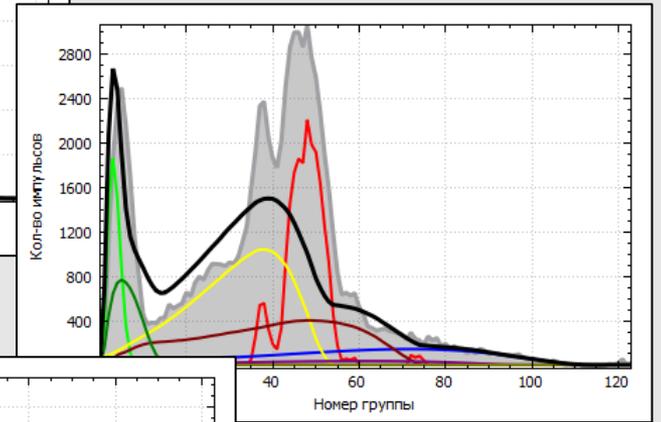
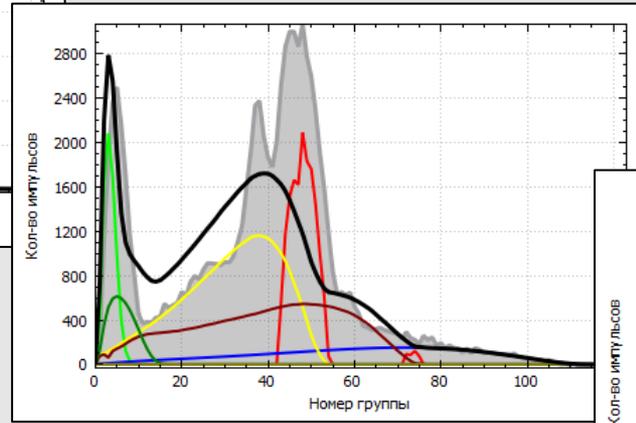
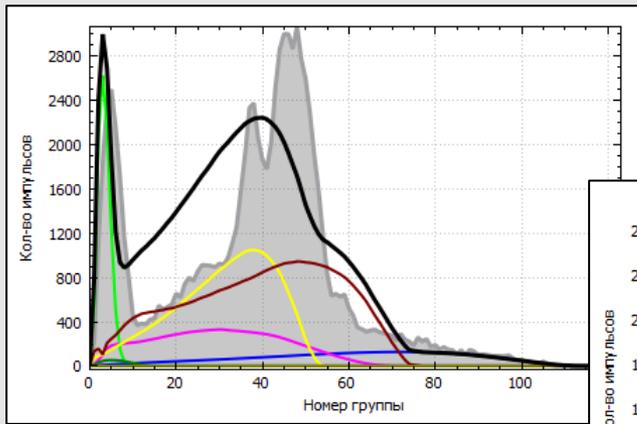
Метод решения:

- сформировать подложку из характерных непрерывных спектров;
- выделить на её фоне альфа-составляющую ЖС-спектра;
- получить бета-составляющую вычитая из спектра альфа-составляющую.

Основа алгоритма:

- при построении модели минимизируется только отрицательное отклонение спектра пробы от модельного спектра;
- положительное отклонение приписывается альфа-составляющей спектра.





Основа алгоритма:

- при построении модели минимизируется только отрицательное отклонение спектра пробы от модельного спектра;
- положительное отклонение приписывается альфа-составляющей спектра.
- Форма(у)лизация:

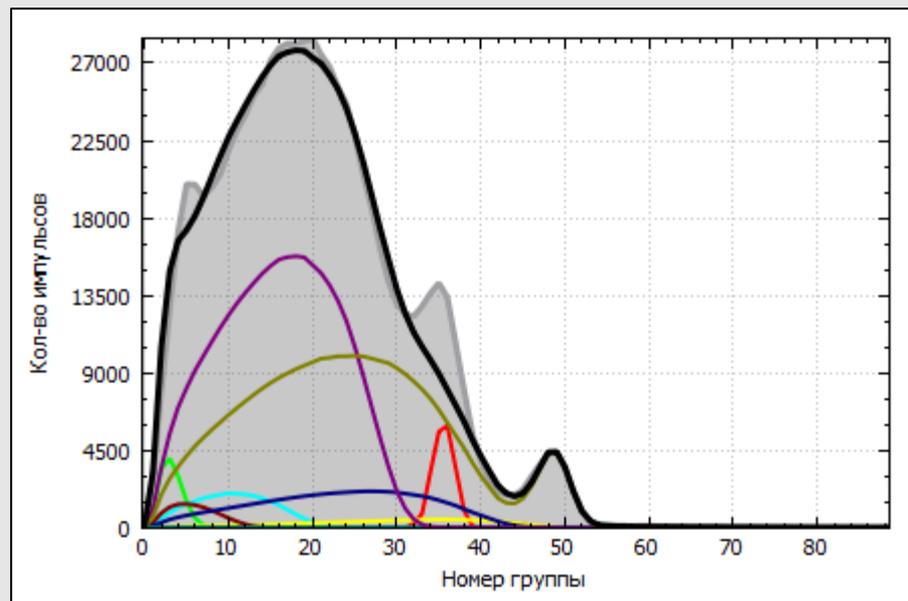
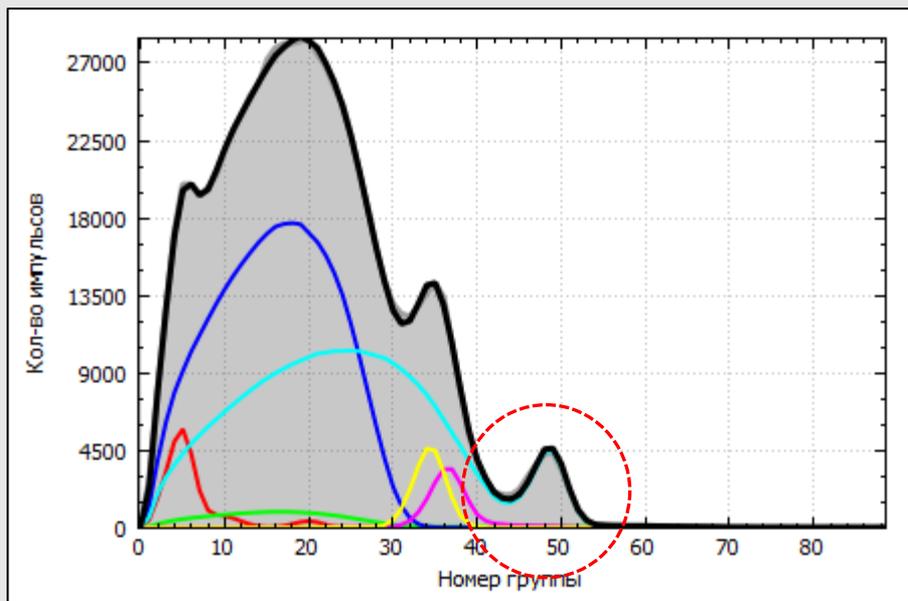
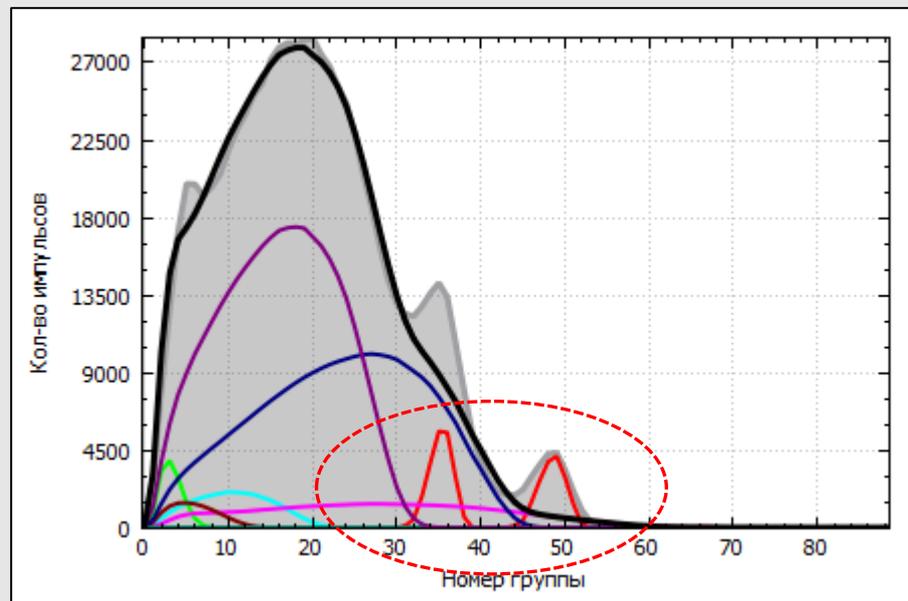
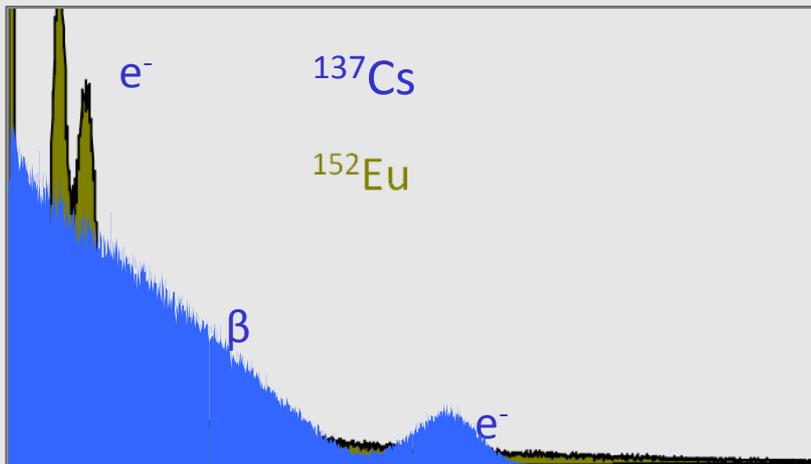
$$\sum_{i=1}^I \left(\Theta \left(\frac{N_i - \sum_{j=1}^J c_j M_{ij}}{\sum_{j=1}^J c_j M_{ij} + 10^{1-\delta}} \right)^2 i^{w-1} \right) + f_{pen}(c_1, c_2, \dots, c_J) \rightarrow \min$$

$$\Theta = \begin{cases} 1, & N_i < \sum_{j=1}^J c_j M_{ij} \\ 0, & N_i \geq \sum_{j=1}^J c_j M_{ij} \end{cases} \quad - \text{ функция Хевисайда}$$

$$N_i^\alpha = \begin{cases} N_i - \sum_{j=1}^J c_j M_{ij}, & N_i \geq \sum_{j=1}^J c_j M_{ij} \\ 0, & N_i < \sum_{j=1}^J c_j M_{ij} \end{cases}$$

$$N_i^\beta = N_i - N_i^\alpha$$

Проблема ^{137}Cs



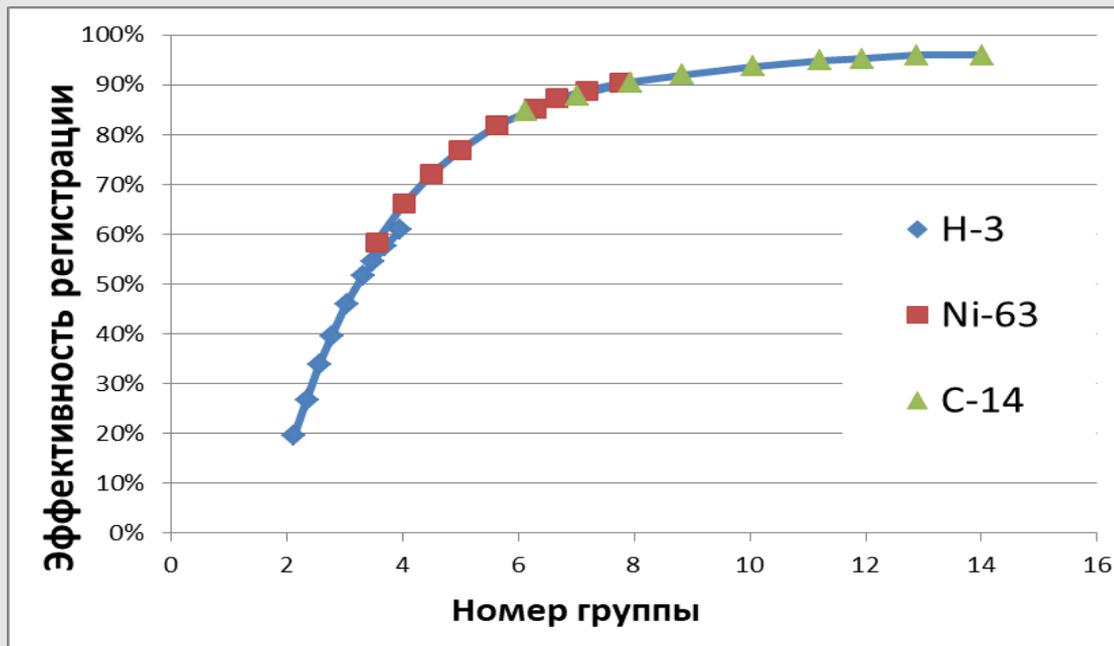
Вторая задача – расчёт суммарных альфа- и бета- активностей

Для альфа-частиц эффективность регистрации на ЖСС всегда 100%, следовательно:

$$A_{\Sigma\alpha} = \frac{\sum_i N_i^\alpha}{t_{изм}}$$

Вторая задача – расчёт суммарных альфа- и бета- активностей

Зависимость
эффективности регистрации
 ^3H , ^{63}Ni и ^{14}C от среднего
номера канала (группы
каналов) их спектров при
различных тушениях.



Р/нуклид	^3H	^{63}Ni	^{14}C	^{99}Tc	^{90}Sr
Средняя энергия, кэВ	5.7	17.1	49.5	84.6	196
Эфф. Регистрации, %	10 - 50	50 - 85	85 - 97	94 - 98	96 - 99

Эффективности регистрации зависит не от средней энергии спектра и не от радионуклидного состава, а от его среднего номера канала (группы каналов) спектра.

Вторая задача – расчёт суммарных альфа- и бета- активностей

Для бета-частиц:

$$A_{\Sigma\beta} = \frac{\sum_i N_i^\beta}{t_{\text{изм}} \varepsilon(i_{\text{ср}})}$$

где $\varepsilon(i_{\text{ср}})$ – зависимость эффективности регистрации от среднего номера канала (группы каналов) спектра.

При этом $\varepsilon(i_{\text{ср}}) = 100 \pm 5 \%$ для спектров со средней энергией $> \sim 100$ кэВ
и $\varepsilon(i_{\text{ср}}) = 100 \pm 15 \%$ для спектров со средней энергией $> \sim 50$ кэВ
и зависит от конкретного прибора только для спектров с более низкой средней энергией.

Т.о. ЖСС позволяет определить с высокой точностью суммарную бета-активность:

- вне зависимости от радионуклидного состава пробы
- для энергий выше 2 кэВ.

Проблема совместимости или проблема хорошего прибора.

Приборы, используемые в настоящее время для определения суммарных альфа- бета- активностей, имеют существенно худшие основные характеристики:

- значительно более высокий энергетический порог регистрации и
- зависимость эффективности регистрации от радионуклидного состава

Все существующие аппараты для контроля деятельности суммарных альфа- бета- активностей, приемырваны и нуждаются в приборах.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

Что делать?

Отрезать низкоэнергетическую часть
ЖС-спектра

Пересматривать нормативные акты