



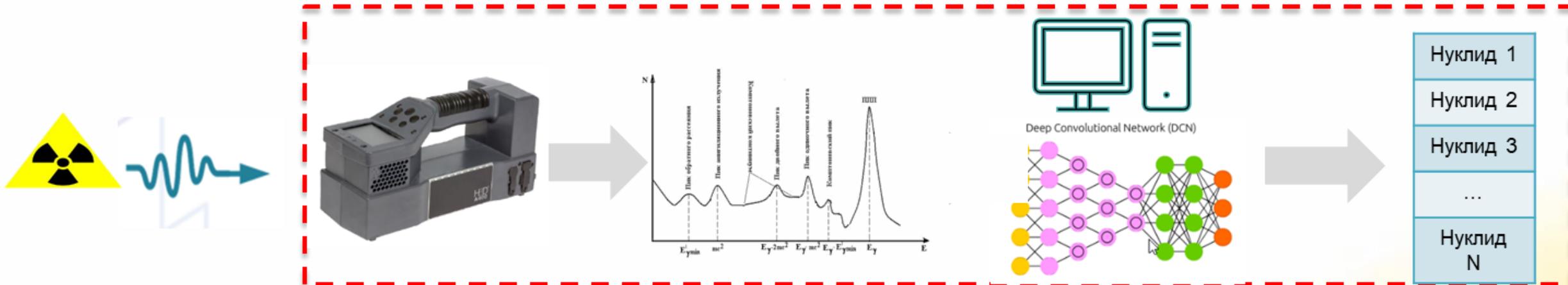
Development of machine learning algorithms for the search and identification of gamma nuclides

Бредихин Иван
ООО «ГАММАТЕК»

- КАКИЕ (Нуклид)?
- ГДЕ (ЛОКАЛИЗАЦИЯ)?
- СКОЛЬКО (АКТИВНОСТЬ)?



- КАКИЕ (Нуклид)? → ML
- ГДЕ (ЛОКАЛИЗАЦИЯ)? → ML
- СКОЛЬКО (АКТИВНОСТЬ)? → Расчёты

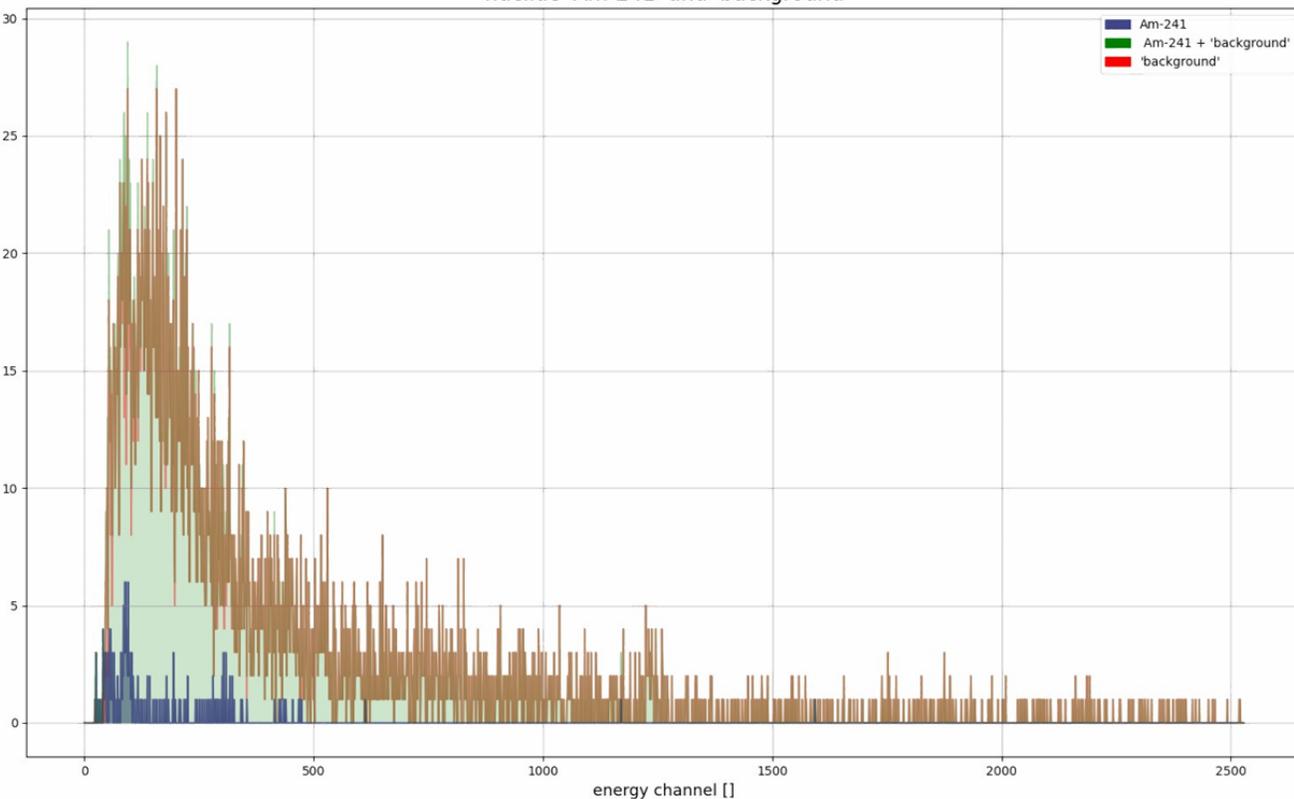


- Автоматический поиск пиков: 1-я производная, Марискотти, Робертсон, Блок;
- Сглаживания спектра;
- Вычисление подложки;
- Калибровки: энергия, форма пика, ПШПВ, эффективность;
- Идентификация матричным методом;
- Вычисление активности.

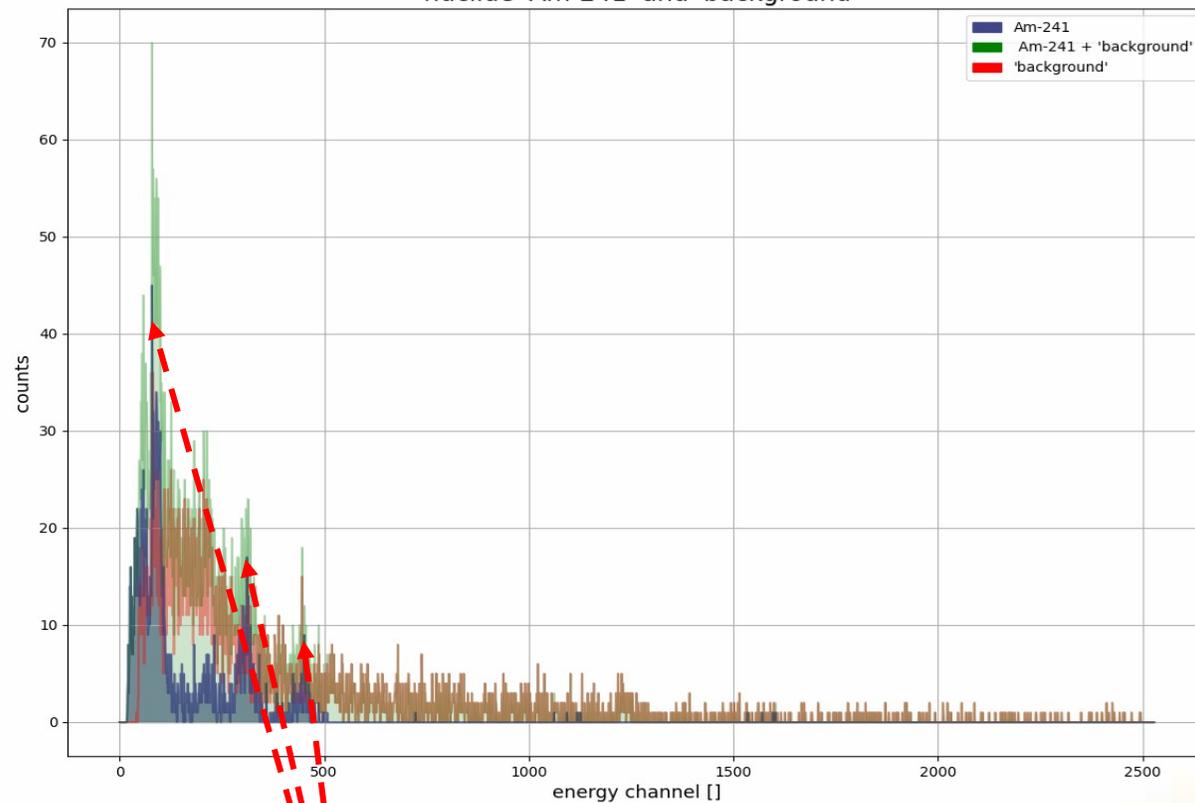


Малая статистика: сложность выделения пиков / идентификации

nuclide 'Am-241' and 'background'



nuclide 'Am-241' and 'background'



«Малая» статистика:
пики от фона и от нуклида сливаются

Достаточная статистика
(в x2.5 раза больше)
все пики можно разделить

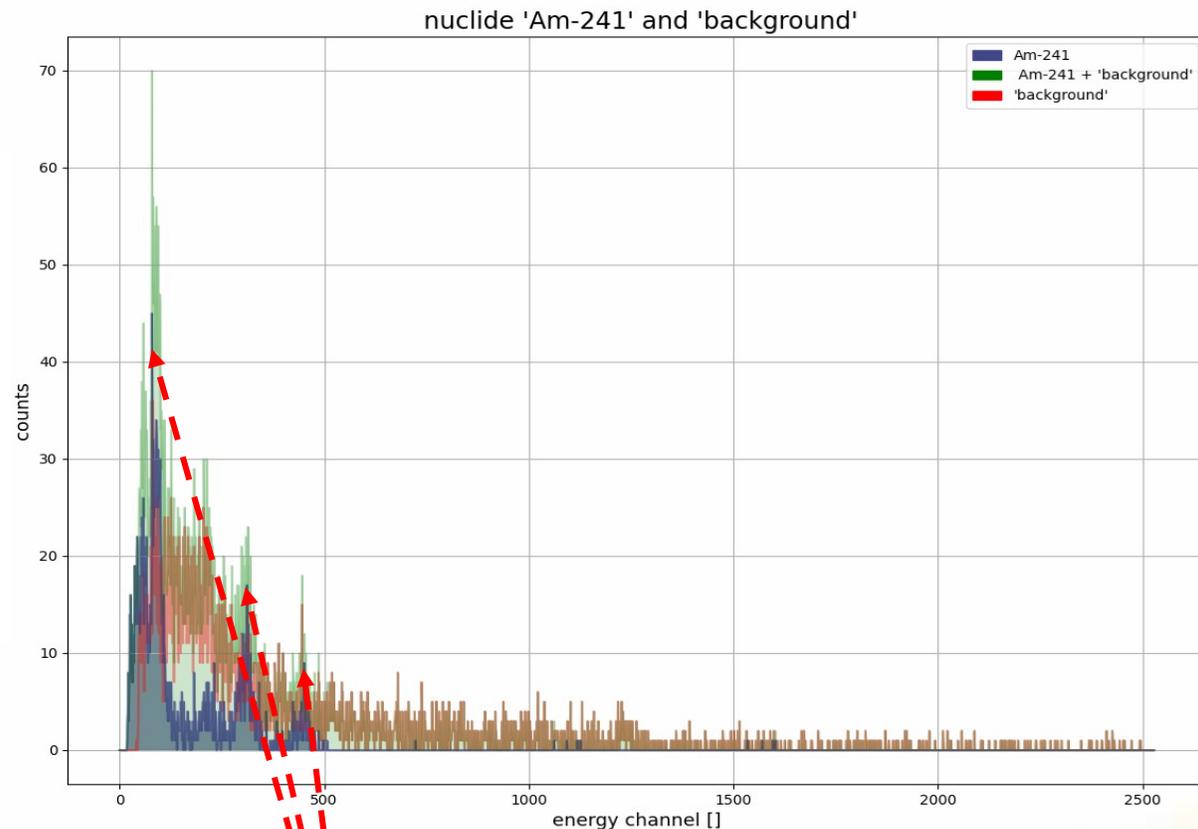
Малая статистика:

сложность выделения пиков / идентификации

>>> Увеличенное время
экспозиции

>>> Повышенные требования к
стабильности калибровок

«Малая» статистика:
пики от фона и от нуклида сливаются



Достаточная статистика
(в x2.5 раза больше)
все пики можно разделить

Идентификация:

Обычный матричный метод обработки спектров состоит в решении системы

$$\mathbf{A}[i] = \sum_j \mathbf{Q}_j * \mathbf{V}_j[i],$$

$\mathbf{A}[i]$ – измеренный спектр,

$\mathbf{V}_j[i]$ – спектры стандартов, образующие матрицу отклика,

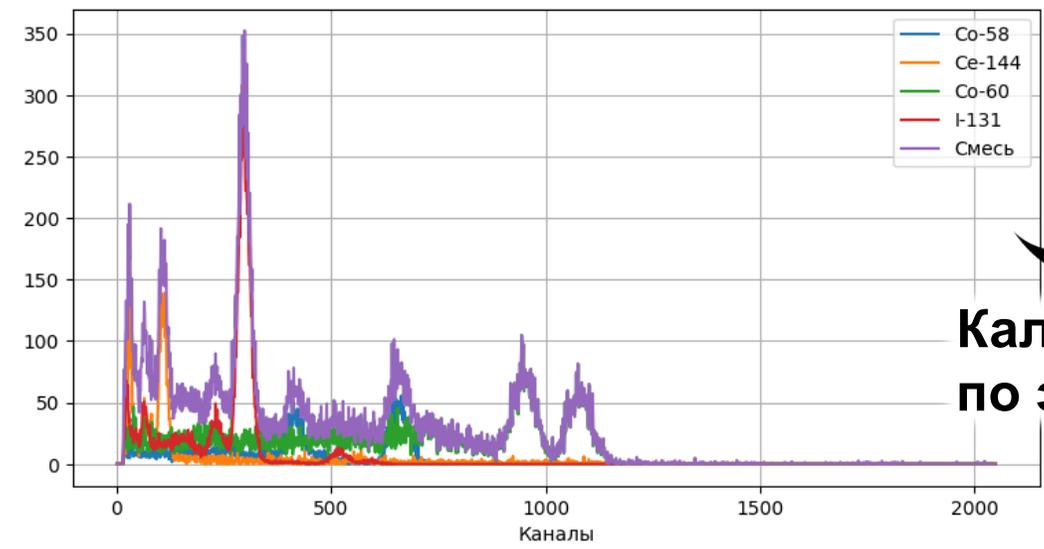
\mathbf{Q}_j – активности радионуклидов в измеряемом образце.

Сложность вычисления результата классическим методом $O(n^2)$

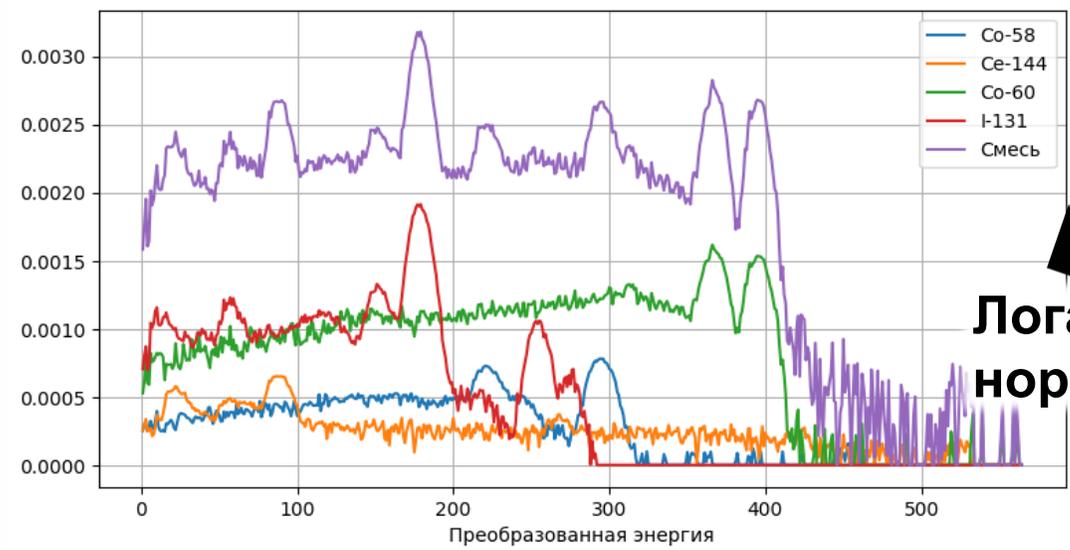
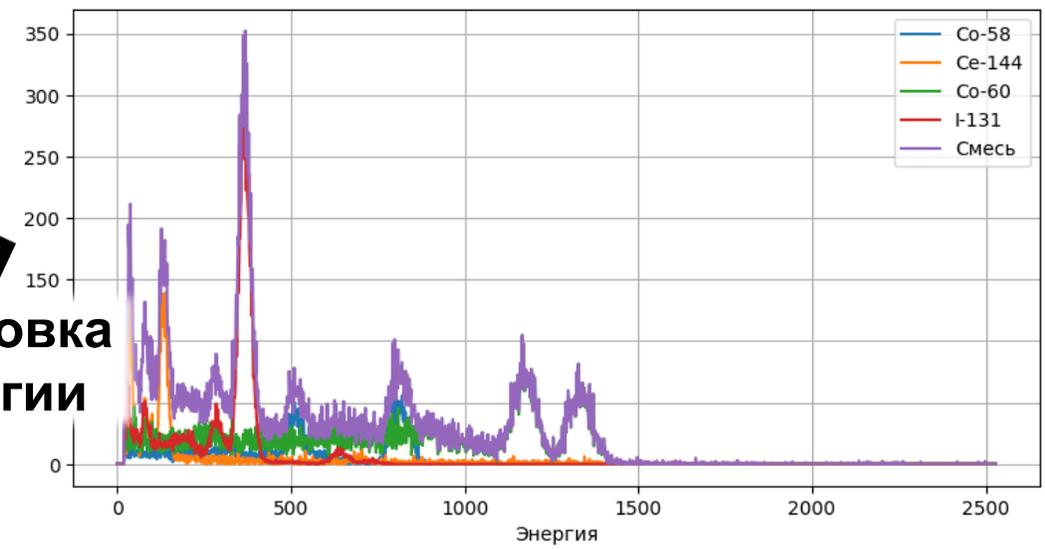
>>> Увеличенное время от измерения до получения ответа

Альтернатива классическим методам: Машинное обучение

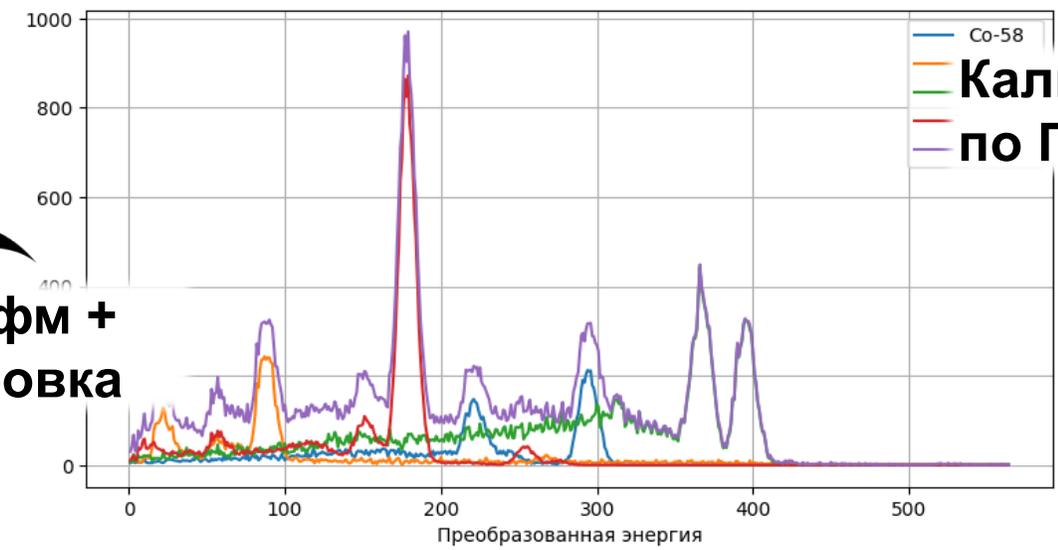
**Занимайтесь НАУКОЙ,
а рутину оставьте нейронным сетям**



Калибровка
по энергии

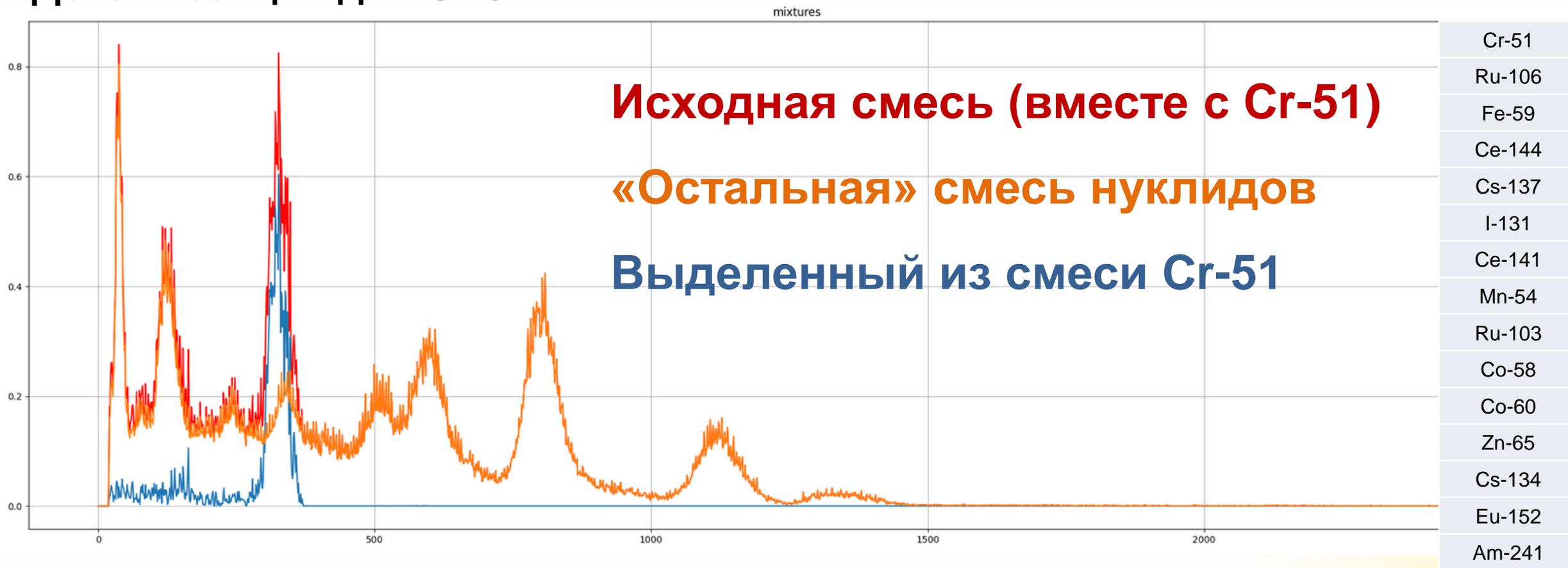


Логарифм +
нормировка

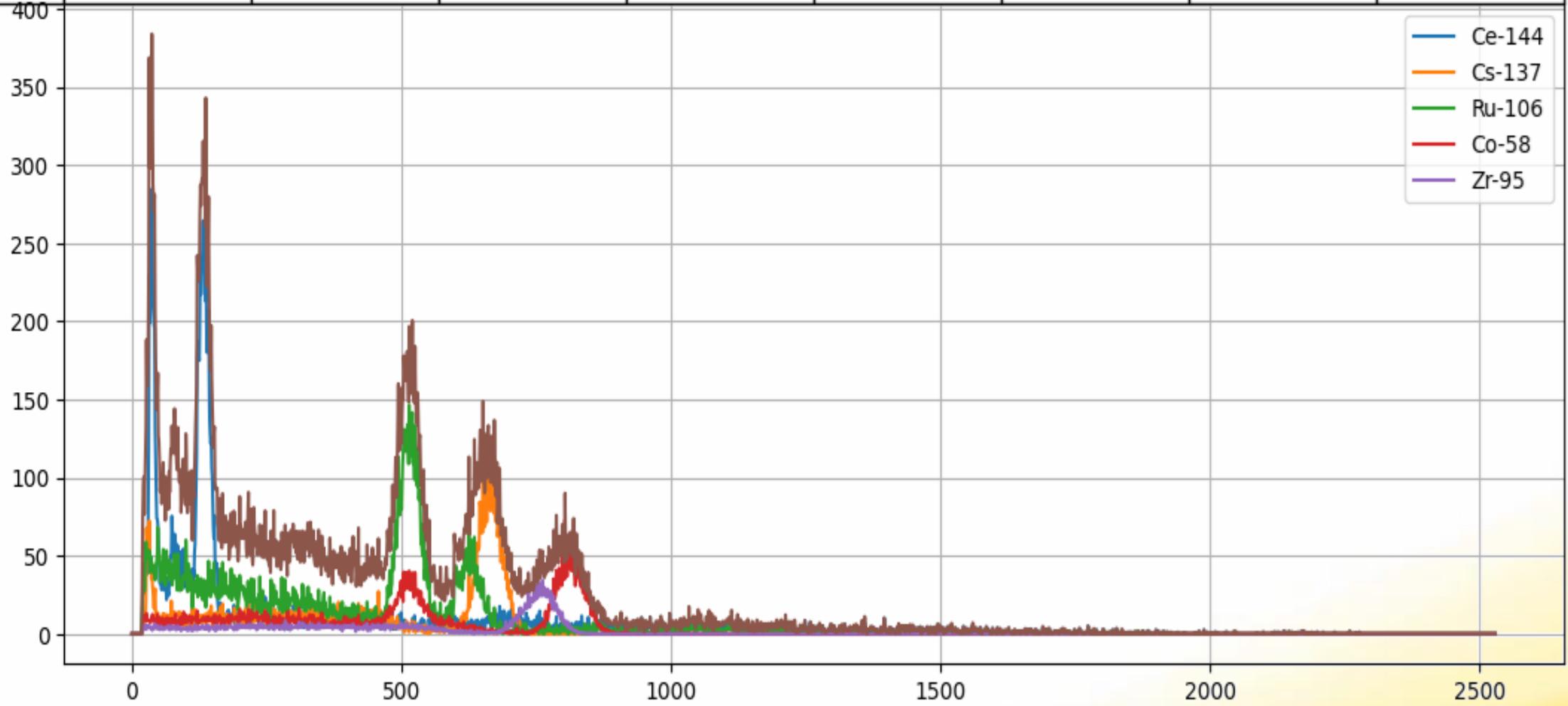


Калибровка
по ПШПВ

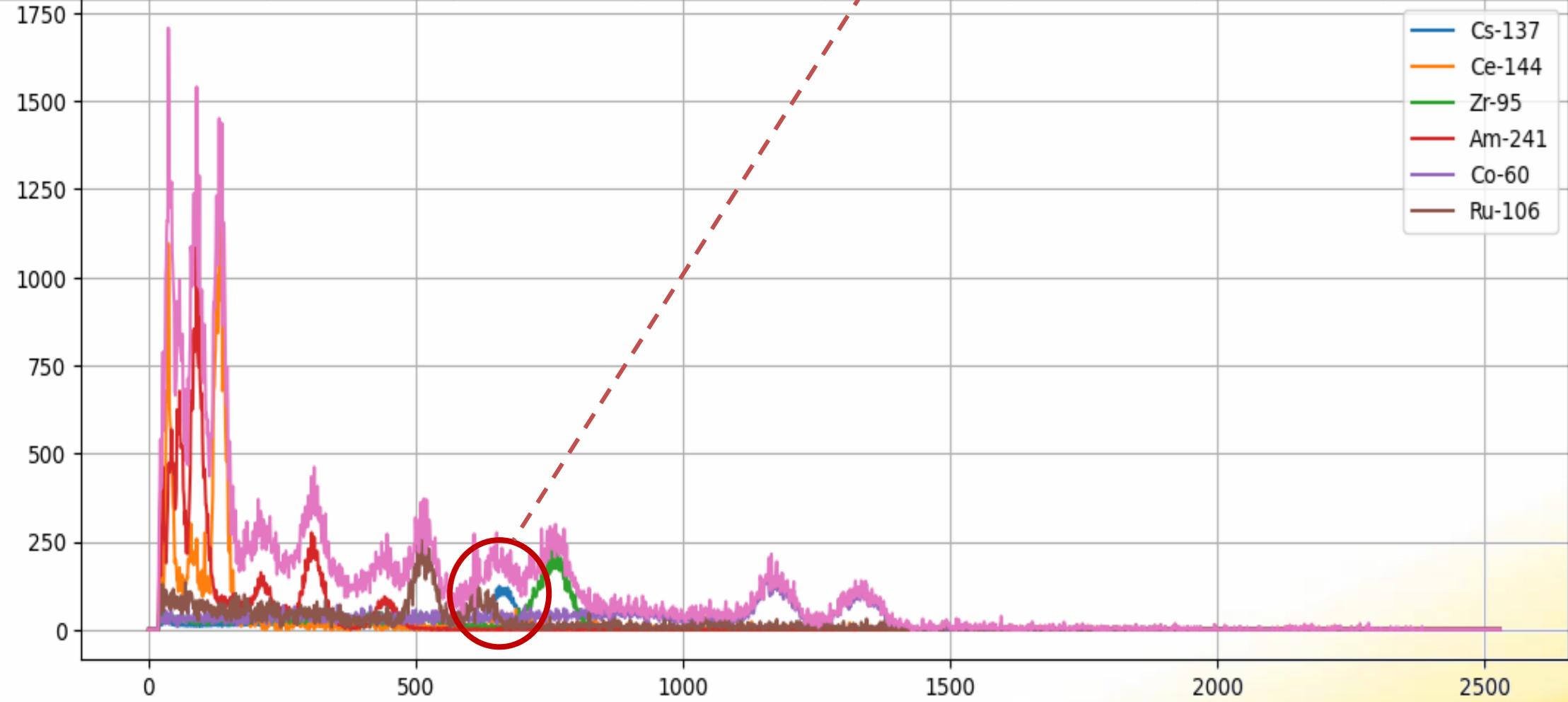
Выделение спектра выбранного нуклида из смеси (1D U-NET):
Декомпозиция для Cr-51



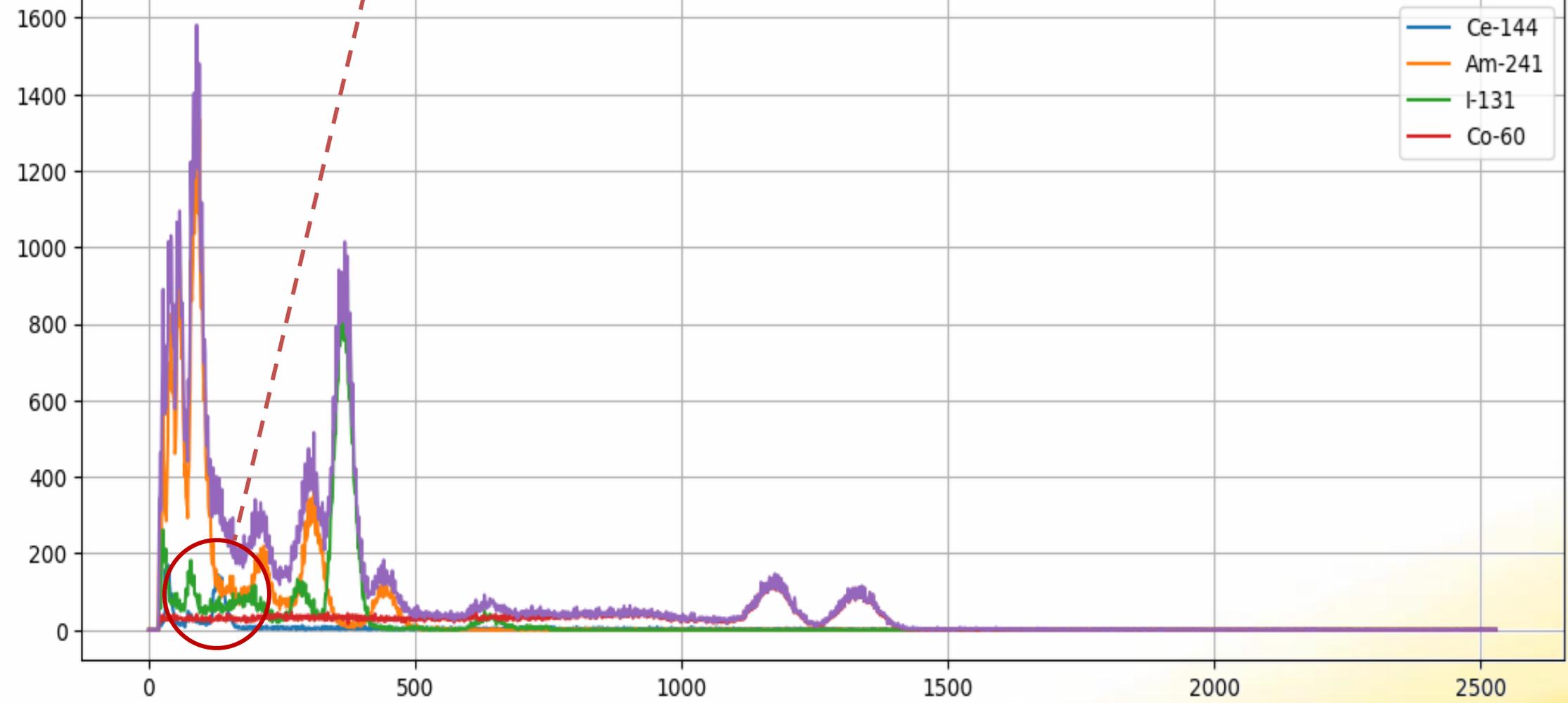
	Am-241	Ce-144	Co-58	Co-60	Cs-137	I-131	Ru-106	Zr-95
Вес в смеси	0	0.31	0.14	0	0.16	0	0.32	0.07
Наличие	0	1	1	0	1	0	1	1
Вероятность наличия	0.00	1	1	0.00	1	0.00	1	1



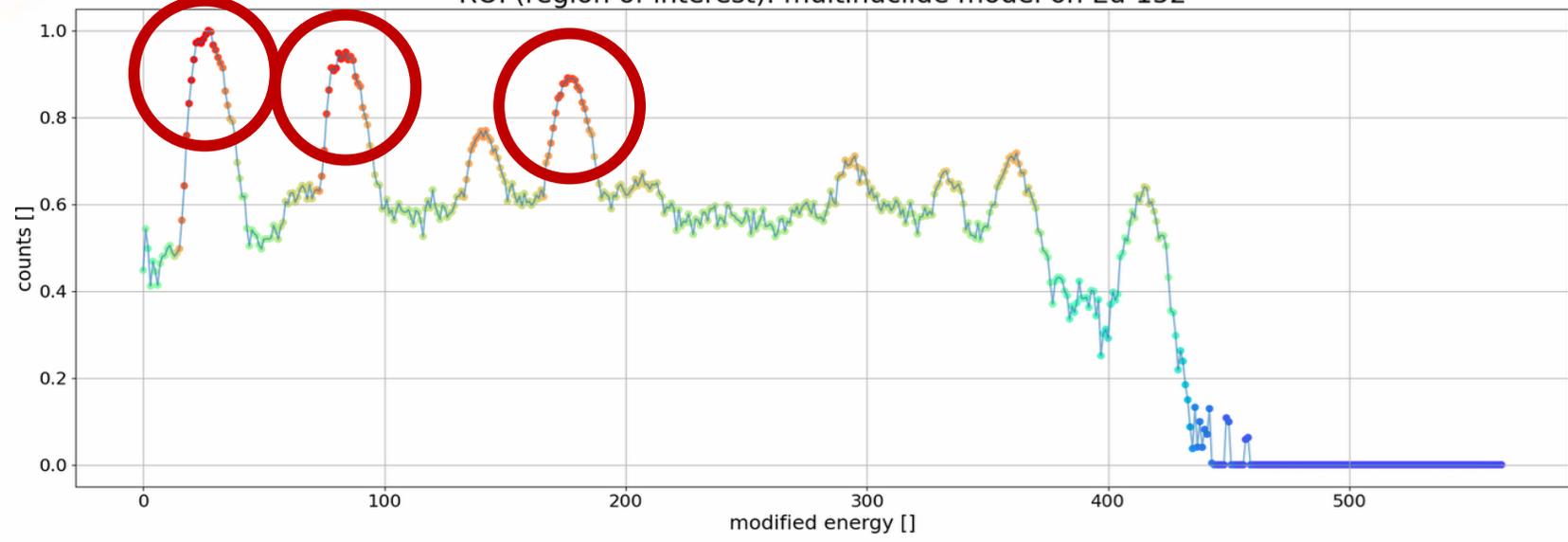
	Am-241	Ce-144	Co-58	Co-60	Cs-137	I-131	Ru-106	Zr-95
Вес в смеси	0.26	0.21	0	0.21	0.05	0	0.17	0.11
Наличие	1	1	0	1	1	0	1	1
Вероятность наличия	1	1	0.00	1	1	0.00	1	1



	Am-241	Ce-144	Co-58	Co-60	Cs-137	I-131	Ru-106	Zr-95
Вес в смеси	0.45	0.05	0	0.24	0	0.26	0	0
Наличие	1	1	0	1	0	1	0	0
Вероятность наличия	1	0.03	0.00	1	0.00	1	0.00	0.00

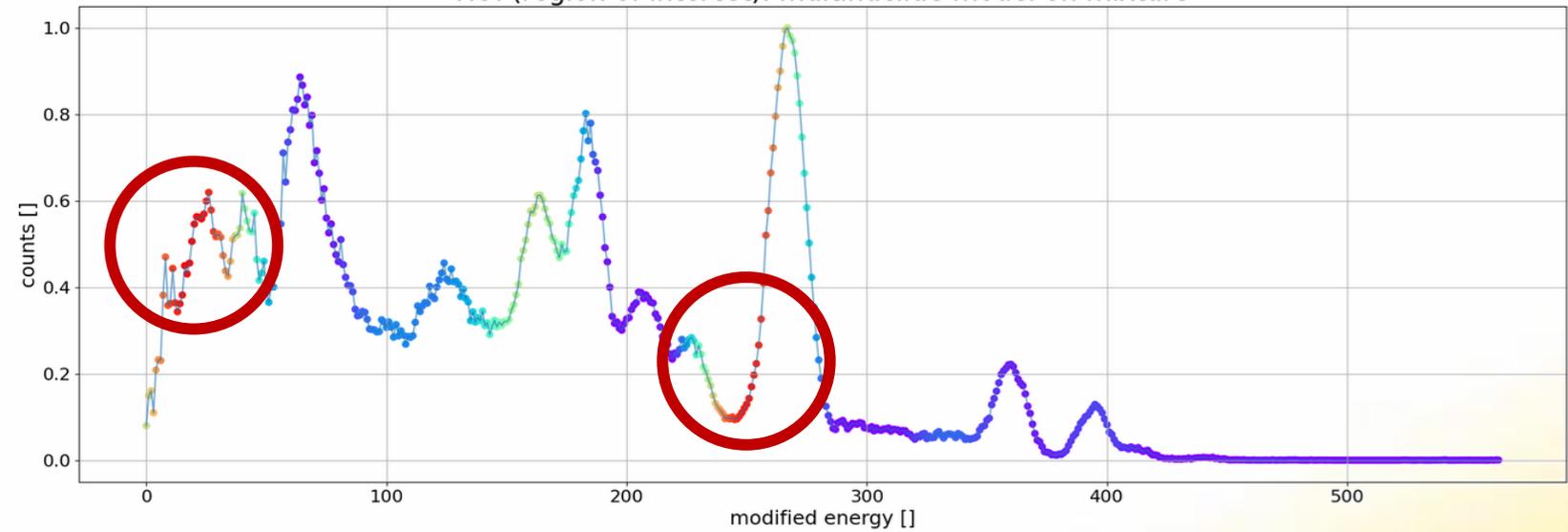


ROI (region of interest): multinuclide model on Eu-152

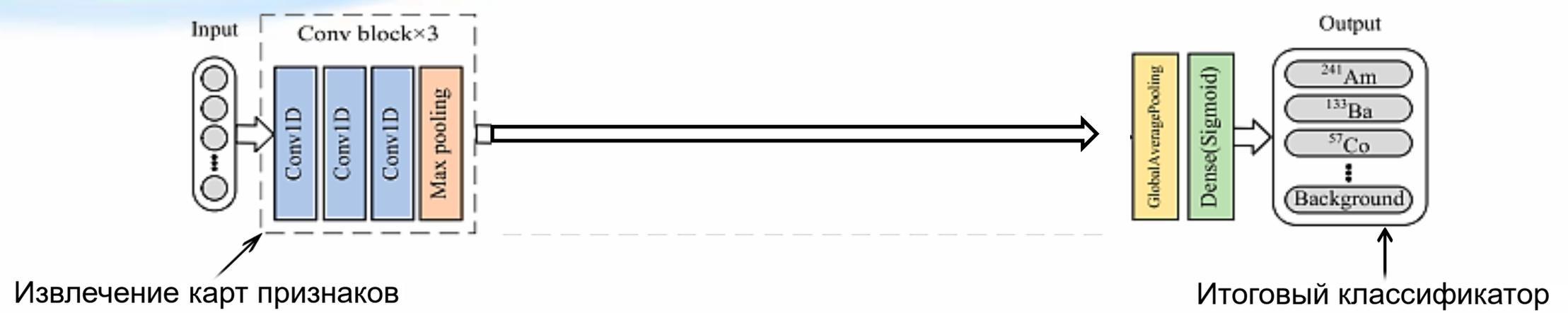


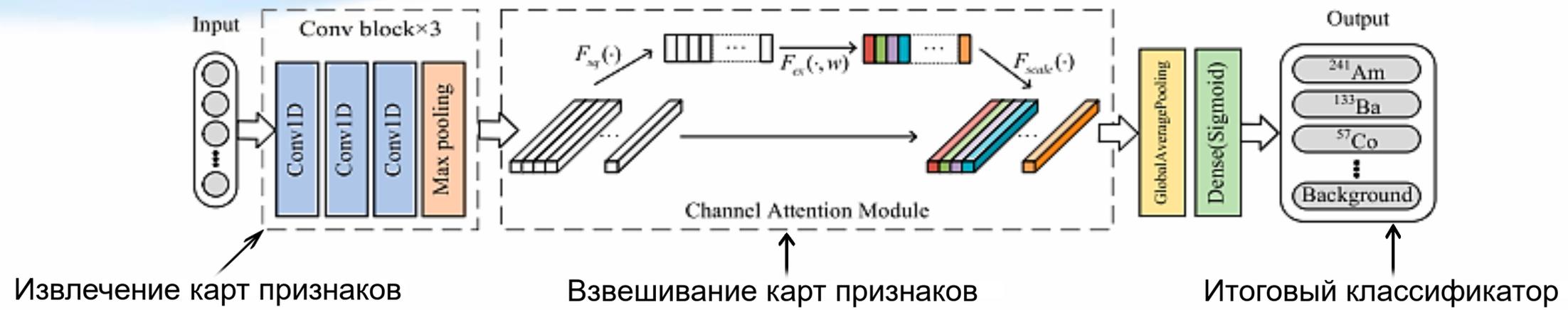
Внимание на пики

ROI (region of interest): multinuclide model on mixture

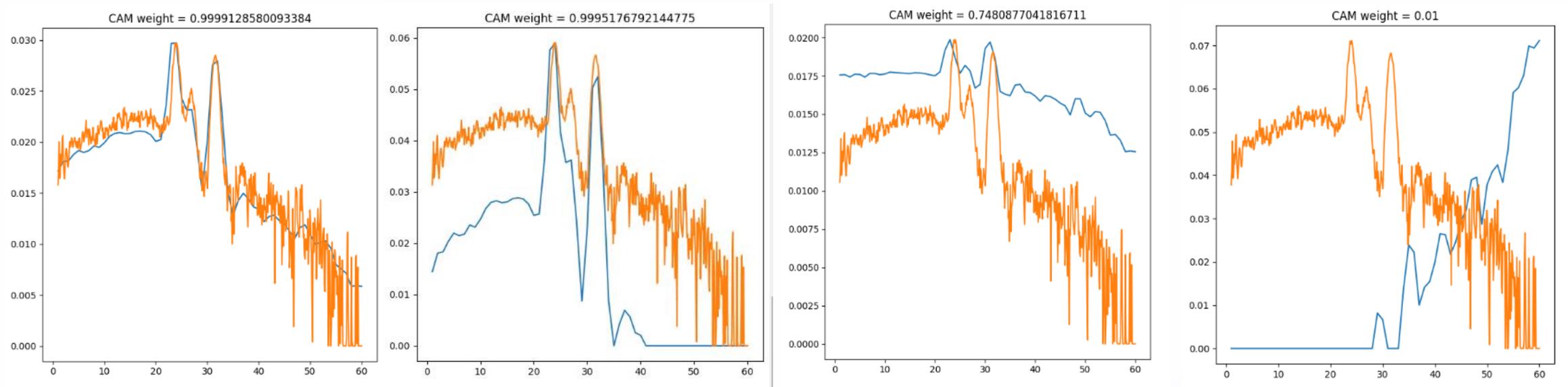


Внимание на другие элементы спектра





Примеры карт признаков с их весами



Нуклиды	Am-241	Ce-144	Co-58	Co-60	Cs-137	I-131	Ru-106	Zr-95
Наличие	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0	0.0
Вероятность наличия	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.989789	0.0



Нуклиды	Am-241	Ce-144	Co-58	Co-60	Cs-137	I-131	Ru-106	Zr-95
Наличие	1.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0
Вероятность наличия	0.998432	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0



Нуклиды	Am-241	Ce-144	Co-58	Co-60	Cs-137	I-131	Ru-106	Zr-95
Наличие	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	0.0
Вероятность наличия	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0

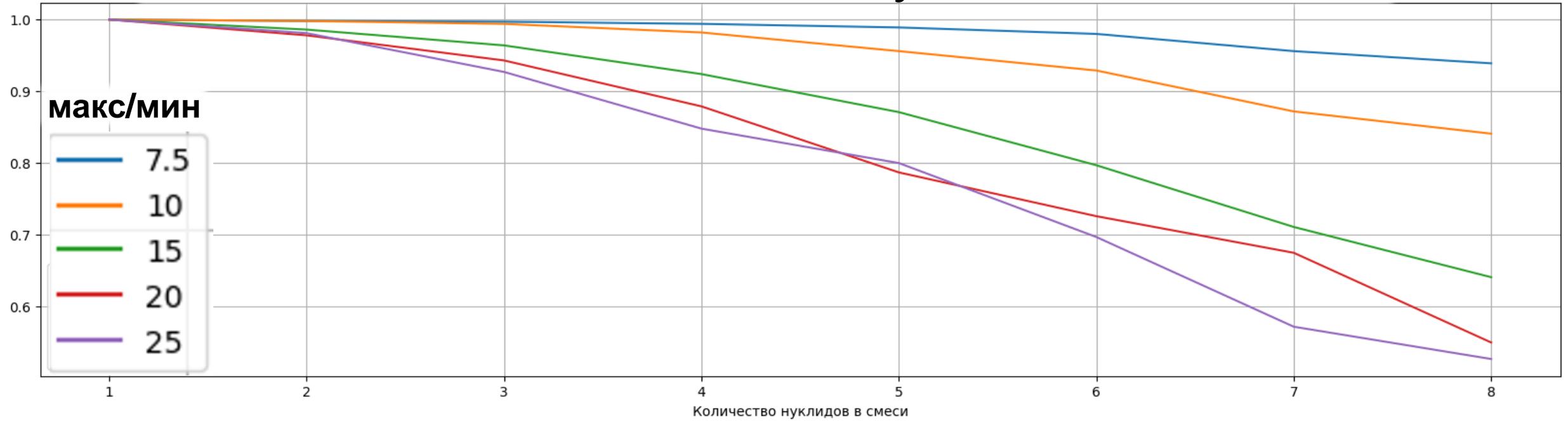


Стандартная метрика	Наша метрика «честная»
1	1
1	1
7/8	0
Итого: 23/24	2/3

Критерий успеха: Вероятность наличия > 0.5

Итого:

Точность в зависимости от кол-ва нуклидов и макс/мин долей нуклидов



Валидация
результатов
классическими
методами

Расширение границ
применимости моделей –
работа на «неизвестных»
детекторах

Обучение на
реальных
данных

Новые вызовы.
Расширение областей
применения



Иван Бредихин

Ivan.Bredikhin@gammatech.pro

www.gammatech.pro

+7-905-765-0009

**Занимайтесь НАУКОЙ,
а рутину оставьте нейронным сетям**