

Студент: Эшимов Шохрух Ботир угли

Группа:М24-111

Тема:

**Влияние физико-химического состояния радиоактивных атомов на спектры
низкоэнергетических оже- и конверсионных электронов**

Научный руководитель: Тараненко А. В.к.ф.-м.н, доцент
каф.11

1. Актуальность

2. Цель исследования и методика

3. Экспериментальный метод

4. Результаты исследования

Первый этап ($^{54}\text{Mn} \rightarrow ^{54}\text{Cr}$)

Второй этап ($^{149}\text{Eu} \rightarrow ^{149}\text{Sm}$)

5. Заключение

Актуальность

В ядерной электронной спектроскопии отсутствуют точные твердотельные энергетические реперы для конверсионных и оже-электронов в области низких энергий.

Основная проблема связана с тем, что физико-химическое окружение атомов влияет на энергии электронных линий и вызывает так называемые химические сдвиги.

Поэтому актуальной задачей является разработка стабильных калибровочных бета-источников для прецизионной энергетической калибровки.

Цель исследования и методика

- **Цель исследования :**

- Изучить влияние физико-химического состояния радиоактивных атомов на спектры низкоэнергетических Оже- и конверсионных электронов.

- **Основная задача:**

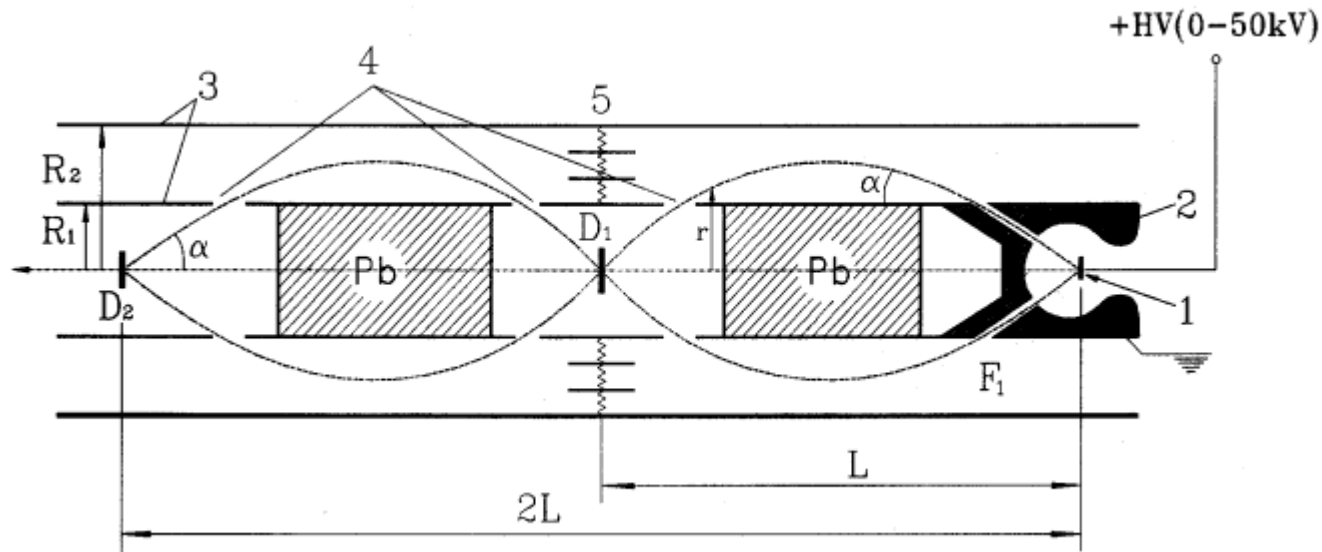
- На примере распада радиоизотопов ^{54}Mn (ЕС) ^{54}Cr и ^{149}Eu (ЕС) ^{149}Sm оценить величины ожидаемых физико-химических сдвигов энергий оже- и конверсионных электронов

- **Методика исследования включает:**

- Приготовление радиоактивных источников оже- и конверсионных электронов на основе изотопов ^{54}Mn и ^{149}Eu с различными химическими состояниями;
- Измерение спектров низкоэнергетических электронов с помощью электростатического бета-спектрометра **ESA-50**;
- Математическая обработка аппаратурных спектров с помощью программы **SOFIE**
- Анализ и интерпретация полученных результатов.

Экспериментальный метод

На данном слайде представлена схема электронного спектрометра ESA-50, который используется для регистрации низкоэнергетических электронов.



Основные элементы установки:

- 1 — радиоактивный источник;
- 2 — внешняя сфера замедлителя;
- 3 — внешний и внутренний цилиндры;
- 4 — круговые диафрагмы;
- 5 — изоляторы;
- Pb — свинцовая защита.

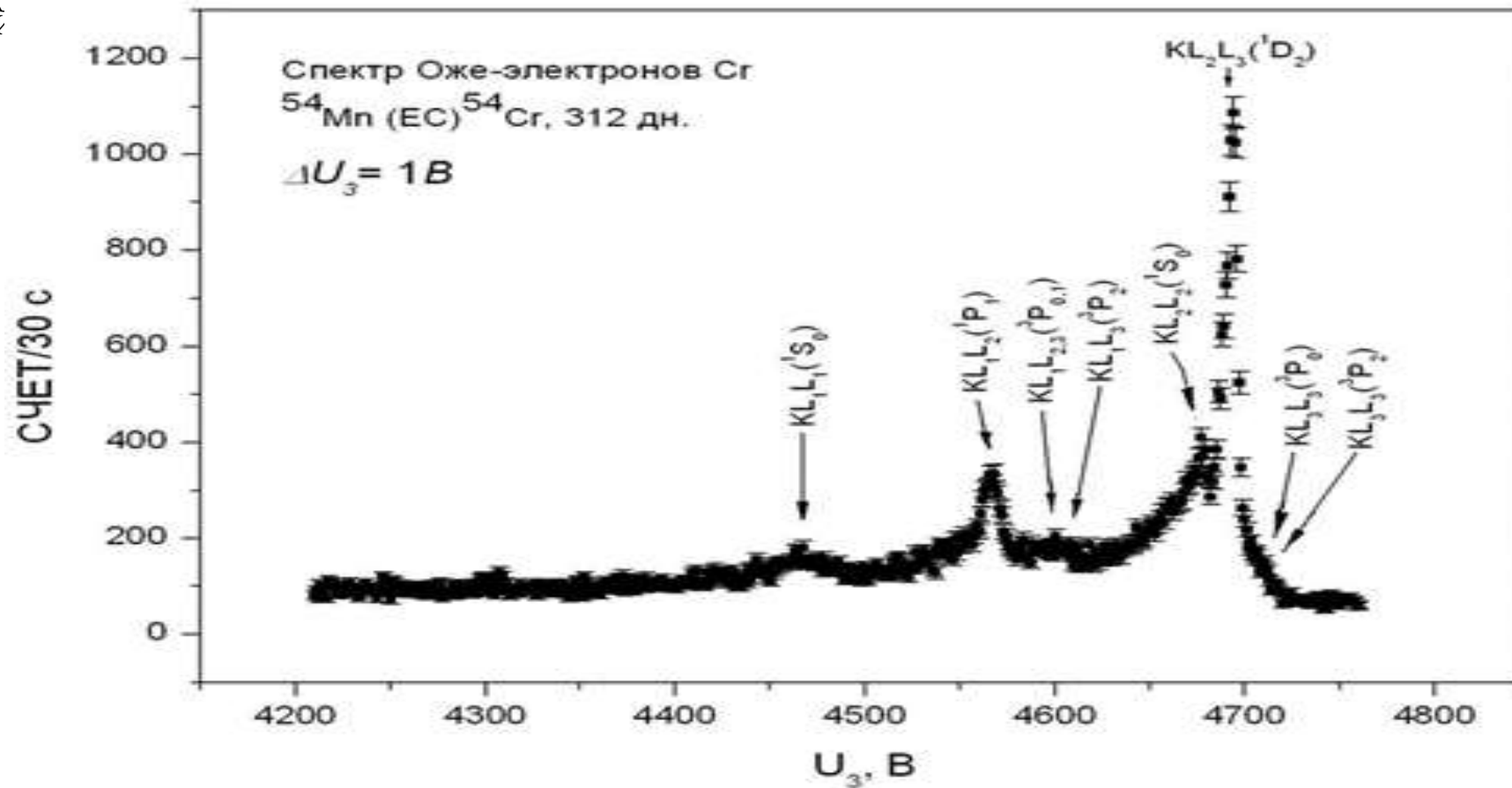
Источник испускает электроны, диафрагмы формируют электронный пучок, а цилиндрические электроды создают электростатическое поле, в котором электроны разделяются по энергиям.

Свинцовая защита уменьшает фоновое излучение. Таким образом, данная установка позволяет проводить энергетический анализ электронов и калибровку спектров.

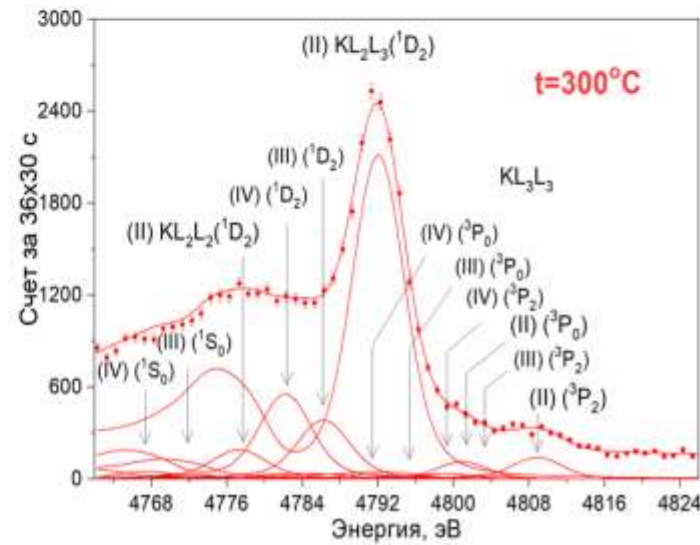
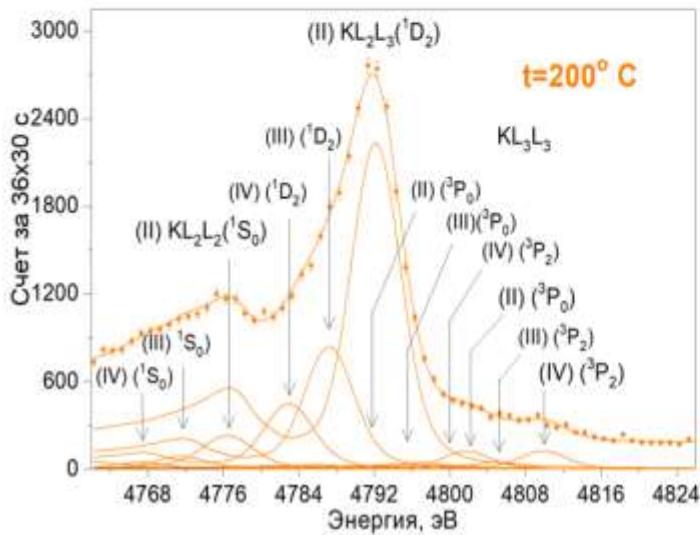
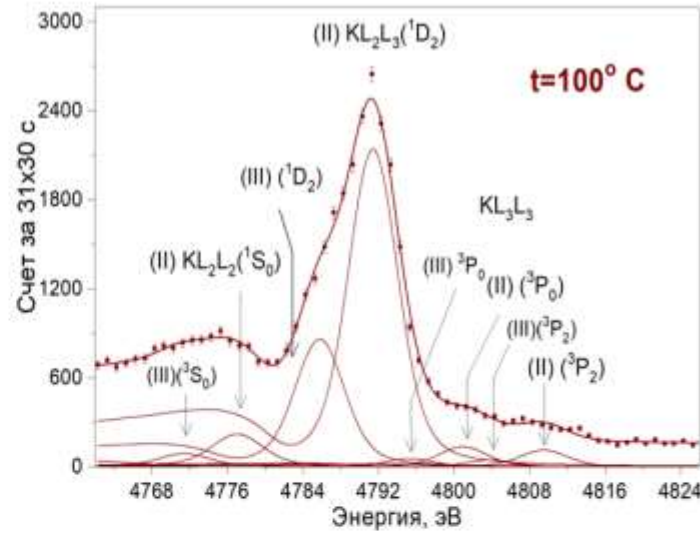
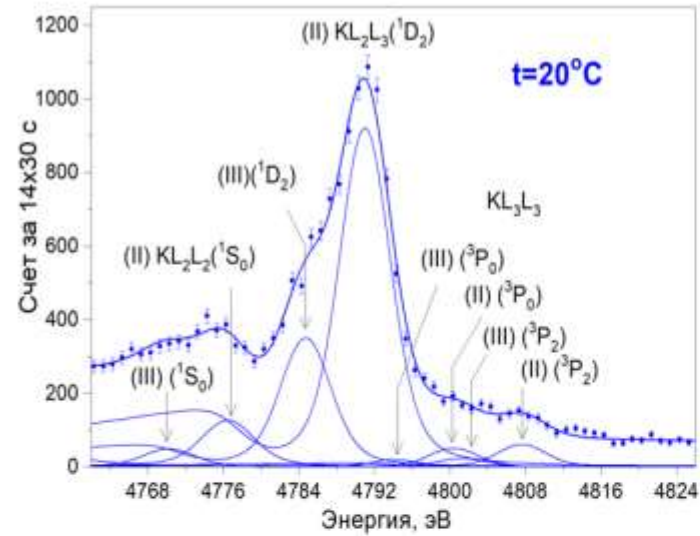
Результаты исследования

Цель первого этапа

На первом этапе был проанализирован KLL Оже-спектр ^{54}Cr , который образуется при электронном захвате ^{54}Mn . Наиболее интенсивной компонентой спектра является линия $\text{KL}_2\text{L}_3(^1\text{D}_2)$, поэтому дальнейший анализ влияния термической обработки проводился на основе этой



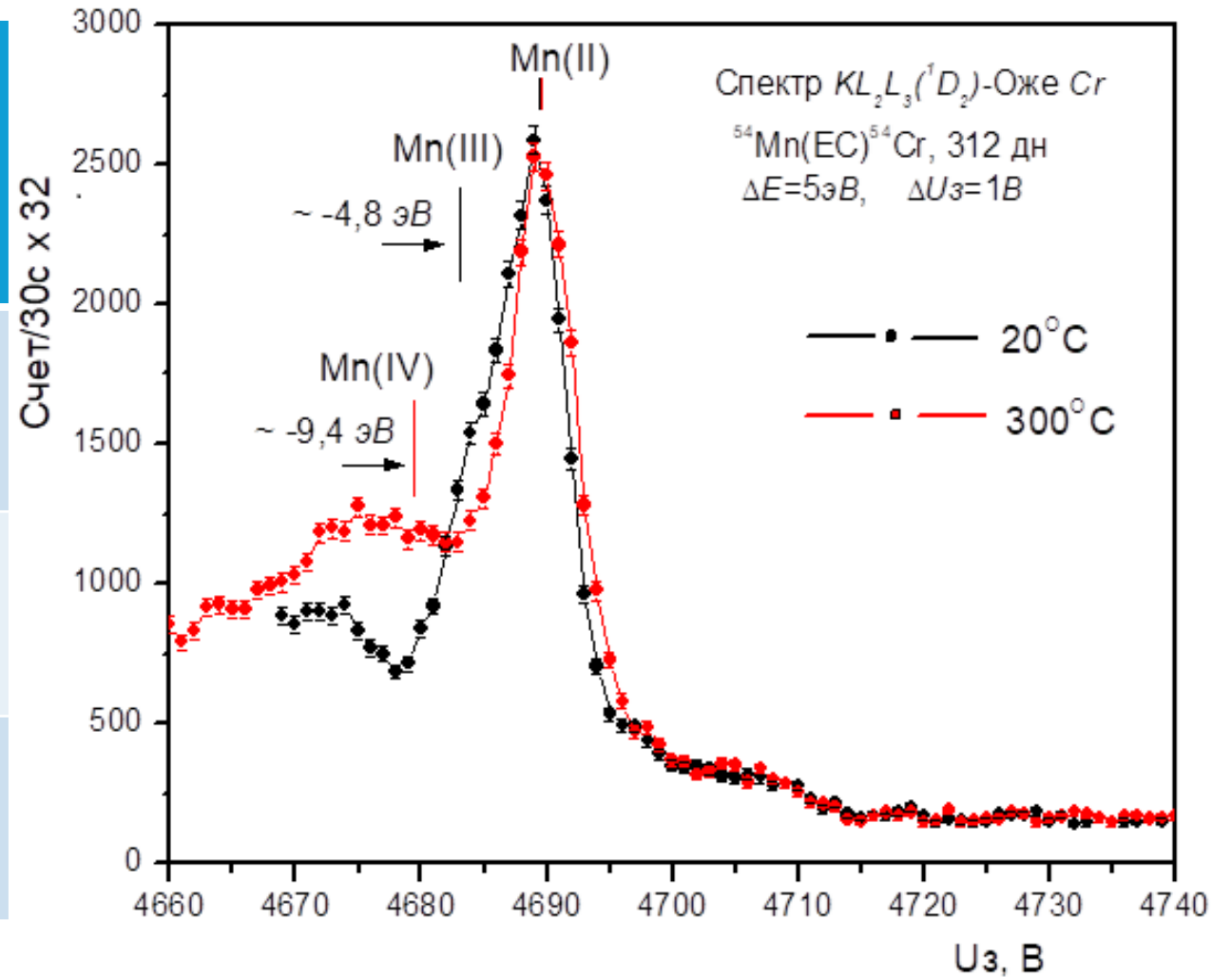
Первый этап ($^{54}\text{Mn} \rightarrow ^{54}\text{Cr}$)



На рисунке показано, что при повышении температуры в спектре появляются новые дополнительные сателлитные линии. Это связано с окислением источника, в результате которого изменяются электронное состояние и химическое окружение вещества. Особенно после 200°C новые компоненты становятся более заметными. Это указывает на усиление процесса окисления при высокой температуре и образование дополнительных спектральных линий.

Первый этап ($^{54}\text{Mn} \rightarrow ^{54}\text{Cr}$)

Компонент	Параметр	20 °C	100 °C	200 °C	300 °C
Mn (II) , сат.+3	$\Delta E, \text{ эВ}$	0	0	0	0
Mn (III) , сат.+3	$\Delta E, \text{ эВ}$	- 5,5	-5,1	-4,8	-4,8
Mn (IV) , сат.+3	$\Delta E, \text{ эВ}$	-	-	-9,4	-9,4



Результаты исследования

Цель второго этапа

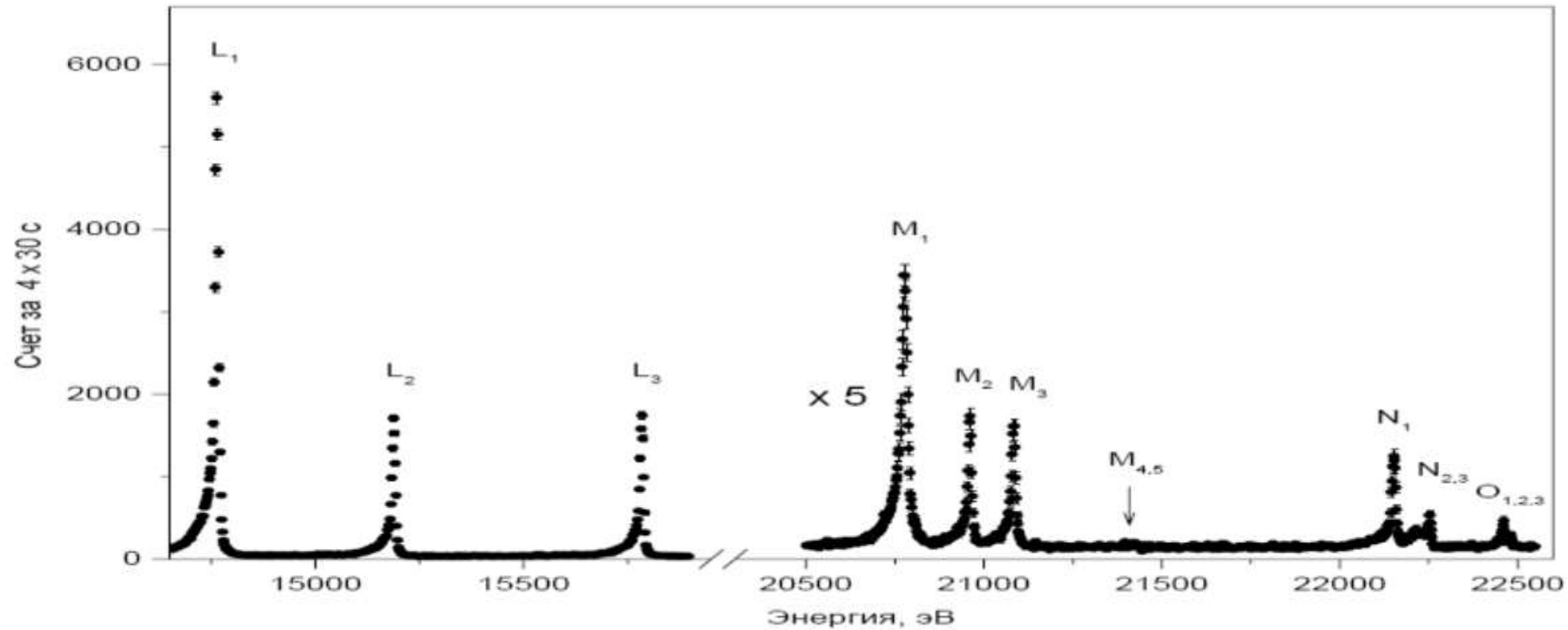
На втором этапе исследовалось, как изменение лигандного окружения влияет на спектр конверсионных электронов ^{149}Sm .

Для этого были выбраны два источника: $^{149}\text{Eu}_2\text{O}_3$ и $^{149}\text{EuF}_3$. В обоих соединениях европий находится в одинаковой степени окисления Eu^{3+} , однако его окружение различается: в Eu_2O_3 лигандом является O^{2-} , а в EuF_3 — F^- .

$^{149}\text{Eu}_2\text{O}_3$ — оксидный источник ^{149}Eu

$^{149}\text{EuF}_3$ — фторидный источник ^{149}Eu

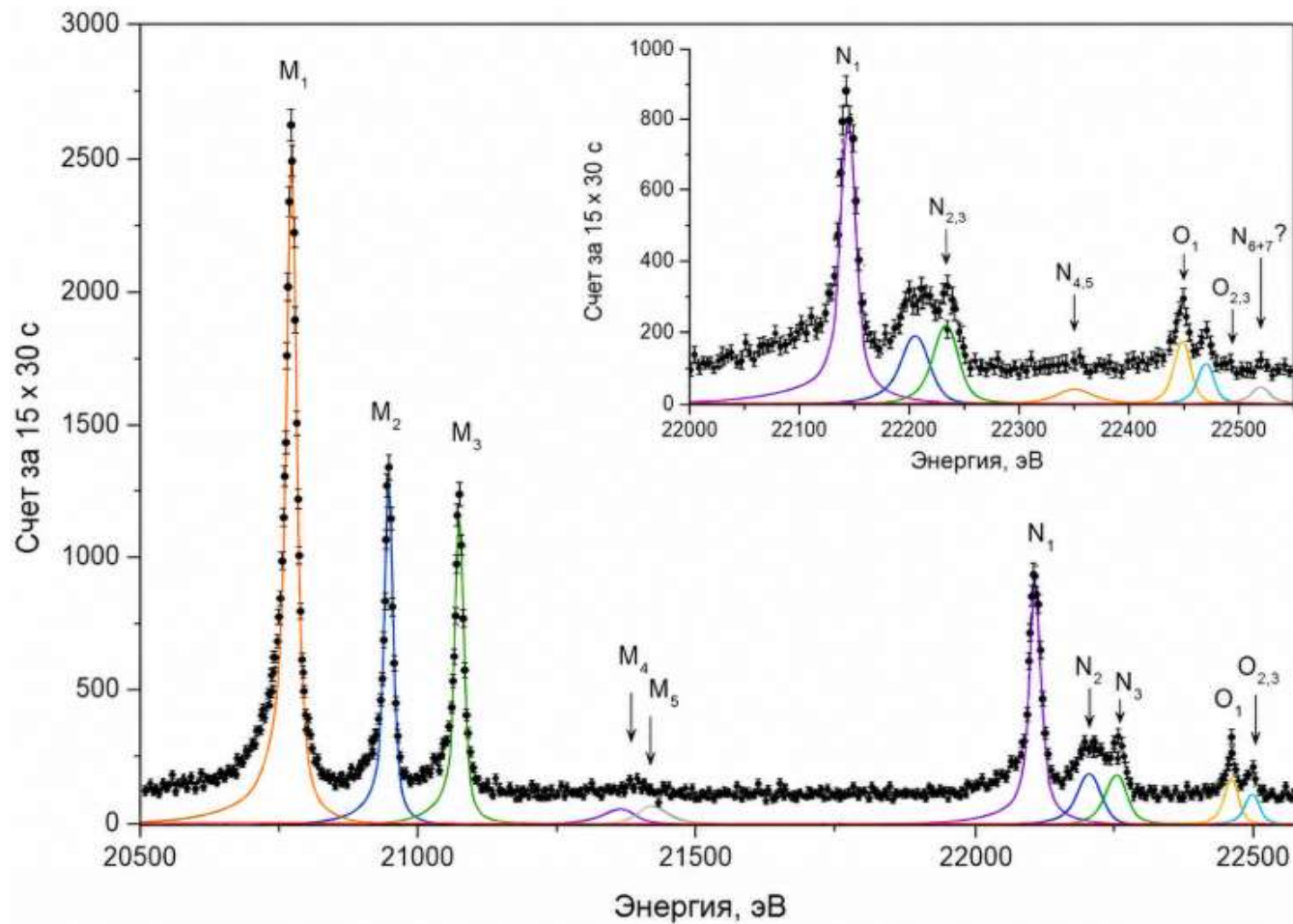
Второй этап ($^{149}\text{Eu} \rightarrow ^{149}\text{Sm}$)



Полный спектр конверсионных электронов M1+E2 перехода 22,5 кэВ в ^{149}Sm измеренный при $\Delta E_{inst}=7$ эВ с шагом 2 эВ. Источник Eu_2O_3 .

В спектре наблюдаются конверсионные линии L-, M-, N- и O-оболочек ^{149}Sm . Данные линии использовались для дальнейшего анализа влияния лигандного окружения на энергетические параметры конверсионных электронов.

Второй этап ($^{149}\text{Eu} \rightarrow ^{149}\text{Sm}$)

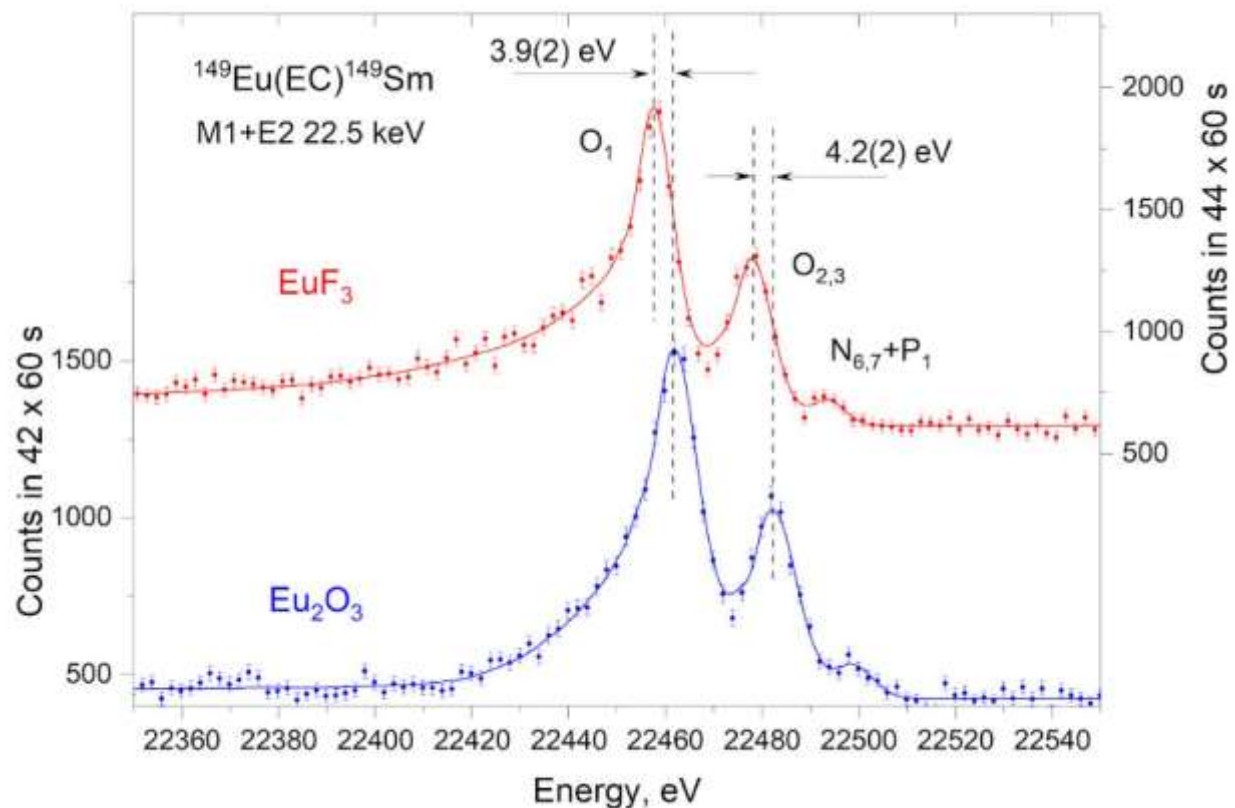


Спектр конверсионных электронов $M+N+O+P$ перехода 22,5 кэВ в ^{149}Sm измеренный при $\Delta E_{inst}=7$ эВ. Источник Eu_2O_3 . Результат обработки спектра программой Sofie показан сплошными линиями.

На графике экспериментальный спектр показан черными точками. Цветные линии соответствуют отдельным спектральным линиям, выделенным с помощью аппроксимации.

Основные интенсивные пики наблюдаются в области M_1 , M_2 , M_3 . В правой части графика выделены более слабые линии N - и O -серий.

Второй этап ($^{149}\text{Eu} \rightarrow ^{149}\text{Sm}$)



Сравнение O+P - области конверсионных электронов

^{149}Sm для источников $^{149}\text{EuF}_3$ и $^{149}\text{Eu}_2\text{O}_3$.

На рисунке сравниваются спектры, измеренные с источниками $^{149}\text{EuF}_3$ и $^{149}\text{Eu}_2\text{O}_3$. Поскольку степень окисления **Eu** в обоих случаях одинакова, различие спектров связано с изменением лигандного окружения. Видно, что положения линий O_1 , $\text{O}_{2,3}$, а также слабой компоненты $\text{N}_{6,7} + \text{P}_1$ отличаются для двух источников. Это указывает на влияние лигандного окружения на энергетические параметры конверсионных электронов ^{149}Sm .

Второй этап ($^{149}\text{Eu} \rightarrow ^{149}\text{Sm}$)

$E_{\text{kin}}(\text{Eu}_2\text{O}_3) - E_{\text{kin}}(\text{EuF}_3)$			
Оболочка	Подоболочка		
	$s_{1/2}$	$p_{1/2}$	$p_{3/2}$
L	1.7 ± 0.1	1.7 ± 0.1	1.8 ± 0.1
M	2.8 ± 0.2	2.6 ± 0.2	2.7 ± 0.2
N	2.3 ± 0.2	--	2.3 ± 0.3
O	3.9 ± 0.2	4.2 ± 0.2	
P	5.7 ± 0.9	--	--

Разность энергий определялась по формуле:

$$\Delta E = E_{\text{kin}}(\text{Eu}_2\text{O}_3) - E_{\text{kin}}(\text{EuF}_3)$$

Положительные значения ΔE показывают, что энергии конверсионных электронов в источнике Eu_2O_3 выше, чем в EuF_3 . Поскольку электроотрицательность фтора выше, чем у кислорода, фтор сильнее притягивает электронную плотность. В результате в среде EuF_3 электроны атома Sm имеют большую энергию связи, чем в среде Eu_2O_3 . Увеличение ΔE для внешних оболочек указывает на чувствительность конверсионных электронов ^{149}Sm к лигандному окружению.

Заключение

В работе было исследовано влияние физико-химического состояния радиоактивных источников на спектры низкоэнергетических Оже- и конверсионных электронов.

На первом этапе рассмотрено влияние степени окисления ^{54}Mn на $\text{KL}_2\text{L}_3(^1\text{D}_2)$ Оже-линию дочернего атома ^{54}Cr .

Показано, что при термической обработке источника изменяется соотношение основных и сателлитных компонент:

Mn(II) остаётся практически стабильным, интенсивность **Mn(III)** уменьшается, а при **200–300 °C** появляется и усиливается компонента **Mn(IV)**.

На втором этапе изучено влияние лигандного окружения на спектр конверсионных электронов ^{149}Sm для источников $^{149}\text{Eu}_2\text{O}_3$ и $^{149}\text{EuF}_3$. В обоих случаях **Eu** имеет одинаковую степень окисления **+3**, однако различие лигандов **O²⁻** и **F⁻** приводит к изменению кинетических энергий конверсионных электронов. При этом относительные интенсивности и естественные ширины атомных уровней **Sm** существенно не изменяются.

Таким образом, полученные результаты показывают, что низкоэнергетические электронные спектры чувствительны к физико-химическому состоянию радиоактивного источника. Степень окисления и лигандное окружение могут изменять энергетическое положение спектральных линий, поэтому эти факторы необходимо учитывать при анализе Оже- и конверсионных электронных спектров.

Спасибо за внимание