

УДК 543.522

МІРИ НАЛЕЖНОСТІ В ЗАДАЧАХ АКТИВАЦІЙНОГО АНАЛІЗУ

Стець М.В.¹, Стець М.М.¹, Бузаш В.М.², Чундак С.Ю.², Бриков О.О.²

¹Інститут електронної фізики Національної академії наук України,
88016, м. Ужгород, вул. Університетська, 21

²Ужгородський національний університет,
88000, м. Ужгород, вул. Підгірна, 46

1. Проблематика якісного аналізу

Важливою метою розробки будь-якої аналітичної методики є доведення її до стадії регламентації (стандартизації) – задання послідовності процедур, яка мінімізує появу похибок різних типів, та дозволяє відтворити (повторити) цю методику як автором методики, так і іншим дослідникам. При розробці методики активаційного аналізу, регламентації підлягають як процедури опромінення, вимірів наведеної активності, так і процедури обробки отриманих експериментальних даних.

Використання напівпровідникових детекторів реєстрації гамма – випромінювання та багатоканальних (до 8192 каналів) аналізаторів спонукало інтенсивне використання ЕВМ для обробки таких великих апаратурних гамма – спектрів (АГС). Поява програм обробки АГС спонукала в свою чергу, жорстку регламентацію алгоритмів, що лежать в основі цих програм. Ця регламентація не оминула і алгоритми однієї з найбільш відповідальних процедур обробки даних – якісного аналізу – ідентифікації, результатом чого стала можливість появи неконтрольованих систематичних похибок у визначенні нуклідного та елементного складу речовини.

Програми обробки АГС, куди входять і програми ідентифікації, як правило, є частиною програмного забезпечення сучасних спектрометричних установок (див., наприклад [1,2]). Не дивлячись на великий (але регламентований) діапазон пропонованих послуг, вони є комерційними (і відносно дорогими) програмними продуктами, тобто

програмами із закритим доступом до кодів, і жорстко прив'язані до “заліза”.

Деяку інформацію про програми обробки АГС можна знайти в Інтернеті, зокрема по адресам:

www.-rsicc.ornl.gov./gamma;

www.radon.ru/cipt/soft/spectradec.htm;

www.akp.kiev.ua/cat/rus;

www.tkk.fi/units/AES/projects.

Ускладнення аналітичних задач (зокрема, внаслідок глобального забруднення довкілля, масового трансферу великої кількості матеріалів (в т.ч. і радіоактивних)), висока вартість сучасних аналітичних приладів і установок, їх експлуатації, вимагають зменшення тривалості розробки та експлуатації аналітичних методик. Тому актуальними є розробки нових підходів, зокрема алгоритмів, в т.ч., алгоритмів ідентифікації, котрі були б максимально адаптивними до розмаїття задач, та використовували кількісні характеристики якісного аналізу (ідентифікації).

В якості таких величин можуть бути використані міри належності (поняття належності та її кількісна характеристика – міра – є фундаментальним поняттям теорії множин – основи математики, , теорій класифікації, таксономії [3]). Ці міри належності повинні бути, по можливості, простими, придатними для подальших розрахунків, використовуючи мінімум зовнішньої (ап'юріорної) інформації, максимально при цьому використовуючи всю інформацію, котра знаходиться в АГС. Ми спробуємо розглянути цю проблематику, для того, щоб сформулювати трохи детальніше задачу ідентифікації.

1.1. Проблеми ідентифікації в деяких задачах ПЯГС

Прикладна ядерна гамма – спектрометрія (ПЯГС), як видно із назви, є предметною областю, де спектрометричні методи реєстрації гамма – випромінювання використовуються для вирішення як фундаментальних, так і прикладних задач. До таких задач відносяться задачі гамма – спектрометричних варіантів нейтронно – активаційного та гамма – активаційного (НАА і ГАА, відповідно) аналізу нуклідного та елементного складу речовини

1.1.1. Фундаментальною гіпотезою, на котрій ґрунтується аналітична хімія, в тому числі НАА і ГАА нуклідного та елементного складу речовини, є елементна гіпотеза Вернадського – Ноддаків (ЕГВН; див. [4]):

- в будь-якому зразку є всі хімічні елементи (ХЕ);
- належність будь-якого ХЕ до зразка = 1;
- немає причин, для того щоб належність будь-якого ХЕ до зразка = 0.

Зауваження. Можна зробити певні експерименти по вилученню якогось ХЕ із зразка (тобто зробити так, щоб його належність до зразка = 0). В такому випадку ми однозначно знаємо, котрий ХЕ не належить до зразка; з іншого боку, такої методики повного вилучення не існує (тобто належність цього ХЕ до зразка = 1). Тому інша формула ЕГВН: нема причин для того, щоб належність ХЕ до зразка = 0.

Таким чином, зразок можна розглядати як аналог повної групи подій (ПП); ХЕ є елементами цієї групи (зразка як множини ХЕ); належність їх до множини рівна 1 (іншими словами, загальною властивістю (одномісним предикатом) зразка (як множини) є властивість складатись із всіх ХЕ; з іншого боку, властивістю кожного ХЕ є належність до зразка). Множина всіх ХЕ, як повна група подій – по своїй природі кон'юнктивна .

Для зразка виконується правило сум: сума концентрацій c_i всіх XE_i в зразку рівна 1. Таким чином, кожний XE_i характеризується двома величинами: належністю (котра завжди рівна 1), та концентрацією c_i (котра може змінюватись від 0 до 1); згідно ЕГВН, концентрація будь-якого ХЕ завжди більше 0. Завважимо, що концентрація c теж є мірою належності,

тому, що є кількісною характеристикою залежності. позаяк характеризує, “скільки” речовини елемента XE_i належить зразку.

1.1.2. Серед стабільних ХЕ таблиці Менделєєва 20 ХЕ – моноізотопні; решта ХЕ – багатоізотопні. Ми можемо сформулювати нуклідну гіпотезу Вернадського – Ноддаків (НГВН):

- в будь-якому зразку є всі ізотопи, що входять в природну суміш (ХЕ);
- належність будь-якого ізотопу, котрий входить в природну суміш, до зразка = 1;
- немає причин, для того щоб належність будь-якого ізотопу, котрий входить в природну суміш, до зразка = 0;

ЕГВН і НГВН є субстанціональними гіпотезами, котрі перевіряються не тільки в “земному” але і в космічному масштабах, і є фундаментальними гіпотезами сучасної ядерної астрофізики.

1.1.3. Крім ЕГВН і НГВН існує ще одна субстанціональна гіпотеза – гіпотеза про стабільність ізотопних вмістів. Не дивлячись на те, що для деяких ХЕ спостерігаються коливання ізотопних вмістів (S, O, Xe і деякі інші ХЕ – в межах першої десятки проміле), загалом ізотопні вмісти індиферентні до хімізму природних процесів. Цей факт може бути включений в аксіоматичний базис НАА і ГАА (та інших аналітичних методик). Разом з тим, і ця гіпотеза піддається інтенсивній експериментальній перевірці.

1.1.4. Завважимо, що серед ізотопів, котрі складають природну суміш (тобто ХЕ), є радіоактивні ізотопи, котрі характеризуються різним типом випромінювання, в т.ч. і гамма – активні нукліди (ГАН), та різними періодами напіврозпаду $T_{1/2}$. Це, зокрема, ГАН рядів Th 232, U 235, U 238, Np 237, ГАН K 40, Cs 137, та ін.

1.1.5. Крім цих природних, космогенних та техногенних ГАН, котрі входять в склад т.з. природнього гамма – фону, існує велика кількість штучних радіоактивних нуклідів, в т.ч. ГАН. Цей факт спонукає сформулювати ще одну субстанціональну гіпотезу:

- немає причин, для того, щоб належність будь-якого ГАН в зразку = 0.

1.1.6. Крім вказаних вище гіпотез, існують і інші, не менш важливі експериментальні факти (твердження), котрі в ПЯГС виконують функцію аксіом (та разом з цим, одночасно і гіпотез). Це, зокрема, твердження:

- кожному (конкретному) ГАН відповідає своє (конкретне) гамма – випромінювання.

1.1.7. ЕГВН і НГВН привіряють між собою всі зразки: елементний (та нуклідний) склади будь-якого зразка не відрізняються. Зразки відрізняються тільки кількісно – значеннями концентрацій c_i . Задачі кількісної аналітики зводяться, по суті, до визначення впорядкованості цих концентрацій. Таким чином, можемо стверджувати, що множина $\{XE_i\}$ – відома, і задачею є встановлення множини $\{XE_i; c_i\}$, де c_i – концентрація i -го ХЕ зразку, тобто відповідностей (\rightarrow):

$$XE_i \rightarrow c_i \quad (1)$$

для кожного i -го XE_i – кожному ХЕ ставиться його концентрація в зразку. Однак визначення концентрацій c_i – це задача кількісного аналізу.

1.1.8. В основі гамма – спектрометричного варіанту НАА і ГАА лежить відомий експериментальний факт утворення гамма – активних нуклідів (ГАН) – продуктів ядерних реакцій. Цей факт є базисним для декларації причинно – наслідкового зв'язку між ХЕ, ГАН та його гамма – випромінюванням, котрий потім, відповідно, використовується для встановлення інших відповідностей. В нашому випадку, зокрема, мова йде про відповідності:

$$\{XE_i; c_i\} \rightarrow \{ГАНП_i; \Delta S_i\} \quad (2)$$

$$XE_i \rightarrow ГАНП_i \quad (3)$$

$$c_i \rightarrow \Delta S_i \quad (4)$$

Ці відповідності фіксують факти опромінювання XE_i , ініціалізації ядерних реакцій (котрі характеризуються перерізами), утворення ГАН – продуктів цих реакцій (ГАНП_{*i*}), котрі характеризуються спектром гамма – випромінювання з енергіями E_i , ресстрацію цього випромінювання і отримання величин ΔS_i (ΔS – площа піка повного поглинання (ППП) в АГС). Тоді задачею ідентифікації буде встановлення відповідностей:

$$\{ГАНП_i; \Delta S_i\} \rightarrow \{XE_i; c_i\} \quad (5)$$

$$ГАНП_i \rightarrow XE_i \quad (6)$$

$$\Delta S_i \rightarrow c_i; XE_i \quad (7),$$

які, як видно, обернені до відповідностей (2), (3), (4).

Узагальнюючи, можемо записати, що задачею ідентифікації є встановлення відповідності:

$$\beta_i \rightarrow c_i; XE_i \quad (8),$$

тобто створення множини:

$$\{c_i; XE_i; \beta_i\} \quad (9),$$

де: β_i – деякі міри належності.

Для деяких ХЕ (але не відомих апріорі): $c < c_{\text{визн}}$; ($c_{\text{визн}}$ – межа визначення).

Формально, встановлення відповідностей в схемах ідентифікації є процедурами між наборами даних (таблиць, списків, тощо) тобто певним чином орієнтоване на використання файлів даних та процедур над ними і між ними. Такий підхід широко використовується в реляційних базах даних, де в якості міри відповідності використовується відношення належності, для якого, як правило використовується два числових значення: 1 (є відповідність) та 0 (нема відповідності).

Розглянемо деякі вживані підходи, котрі використовують, в тій чи іншій степені, міри належності.

1.2. Статистичний підхід (чіткі множини)

1.2.1. Нехай ми маємо те, що називається ППП. (Наприклад, для кубика (6 граней) повною групою буде 6 подій: або одна грань, або друга грань, і т.д.).

Можна стверджувати, що ППП в статистичному підході має, в основному, диз'юнктивну природу.

Коли ми виконаємо достатньо велику кількість реалізацій цієї ППП (теоретично ця кількість реалізацій повинна бути нескінченно великою, для чіткої реалізації кожного елемента з цієї повної групи. Тоді можна ввести величину $w(i) = (m_i \text{ реалізацій } i\text{-того елемента}) / (\text{сума всіх реалізацій всіх елементів})$. Величина $w(i)$ називається ймовірністю (в її класичному, частотному означенні). Для величин $w(i)$ виконується правило суми: $\sum w(i) = 1$.

Ймовірність w є мірою [3].

1.2.2. Поняття ймовірності суттєво ґрунтується на не менш фундаментальному понятті – рівноправності всіх елементів повної групи. Всі елементи цієї повної групи повинні належати до цієї повної групи. Це не тавтологія, а констатація того факту, що склад ППП (множини) повинен бути відомим апріорі, до початку реалізації (до початку

визначення ймовірностей $w(i)$). Якщо правило сум не виконується: $\sum w(i) < 1$, тоді це свідчить, що не враховано якийсь елемент із цієї повної групи. Таким чином, ми стверджуємо, що ці елементи належать до ППП; ця величина, яка є мірою належності, може бути прийнята рівною 1; якщо ж елемент не належить до цієї множини, тоді ця величина (міра належності), може бути прийнята рівною 0. Але тоді, зрозуміло, що повна група змінилась (в ній нема цього елемента). Очевидним є чіткий дихотомізм належності: 1; 0.

1.2.3. Таким чином, елементи ППП (яка є множиною) характеризуються двома величинами: належністю, котра завжди рівна 1 (тобто є властивістю, одномісним предикатом), і ймовірністю, котра завжди більша 0; рівність $w=0$ знов таки означає, що елемент не належить до цієї повної групи.

1.2.4. Каузальні зв'язки (відповідності) в ядерній фізиці мають часто статистичну природу, тому використання статистичних методів тут – річ необхідна. Це використання ґрунтується на тезі, що статистичні висновки правильні; ця теза, в свою чергу, базується на попередніх експериментах, та теоретичних викладках (де є можливість здійснити нескінченно велику кількість реалізацій подій). У випадку одноразовості виміру, така екстраполяція (прогноз), часто неможлива.

1.3. “Нечіткий” підхід (нечіткі множини)

1.3.1. Л. Заде [5] відмовився від умов дихотомізму належності (1;0) і ввів нову міру (функцію) належності: $\mu = 0 \div 1$ (вербальні синоніми: не належить; приблизно належить; можливо належить; суттєво належить; належить і т.д.), тобто ввів неперервну градацію властивостей. ППП, як множина, стала нечіткою, розмитою (англ. fuzzy).

1.3.2. Л. Заде ввів і поняття нечіткої ймовірності, відмовившись від правила сум ($\sum w(i) = 1$), що зрозуміло, бо якщо не виконуються умови чіткості множин, тоді стає нечітким і кількісне значення ймовірності.

1.3.3. Теорія нечітких множин, як і Байєсів підхід до ймовірносних мір належностей [6], ґрунтується на суб'єктивних (тобто заданих апріорі експертом) величинах: мірах (функціях) належностей в теорії нечітких множин, або ймовірностях в Байєсовому

підході. В нашому випадку ми, розглядаючи конкретний об'єкт (напр. зразки Мужієвського поліметалічного родовища) можемо сказати, що (на думку експертів), концентрація Аурума знаходиться в межах $c_1 \div c_2$; концентрація Алюмінію – в межах $c_3 \div c_4$ і т.д., і деяким чином, впливаємо на результати ідентифікації. Однак цей шлях – тупиковий, навіть в цьому конкретному випадку, і є логічно некоректним в принципі [4].

1.4. Структурний підхід

Встановлення відповідностей (5), (6), (7) можна розглядати з точки зору теорії розпізнавання образів [6], як відновлення прообраза $\{XE_i; c_i\}$ по образу $\{ГАНП_i; \Delta S_i\}$. Серед великої кількості методів цієї теорії можна відмітити т.з. структурний (інші назви – лінгвістичний, граматичний, синтаксичний) підхід, в якому образ розглядається як певний фінішний текст, а прообраз – як стартовий текст, над котрим здійснені певні перетворення, в межах фіксованих правил.

Лінгвістичний (граматичний) підхід лежить в основі роботи компіляторів, інтерпретаторів, та трансляторів ЕВМ.

Цей підхід, з прикладом практичного застосування, ми зараз і розглянемо. Розгорнутий виклад можливостей підходу для ідентифікації ГАН, з використанням мір належностей, приведено в [7]; подальші можливості підходу для ідентифікації ГАНП і ХЕ розглянуто в [8].

2. Структурний підхід в задачах ідентифікації ПЯГС

2.1. Теоретичні слова

2.1.1. Факт “кожному (конкретному) ГАН відповідає своє (конкретне) гамма – випромінювання” можна відобразити різними способами: таблично, графічно, а також, наприклад, у вигляді впорядкованого певним чином тексту. Так, для ГАН=ГАН:

$[n_1(E_1) n_2(E_2) n_3(E_3)]$, де n – квантовий вихід випромінювання (напр., у відсотках) з енергією E (напр., в КеВ), можна записати:

$$\text{ГАН} [n_1(E_1) n_2(E_2) n_3(E_3)], \quad (10)$$

якщо $E_3 < E_2 < E_1$;

$$\text{ГАНІ} [n_3(E_3) n_2(E_2) n_1(E_1)], \quad (11)$$

якщо $E_1 < E_2 < E_3$;

$$\text{ГАНІ} [E_3(n_3) E_2(n_2) E_1(n_1)], \quad (12)$$

якщо $n_1 < n_2 < n_3$.

2.1.2. Для ГАН з різним складом випромінювання, тексти відповідно теж будуть різними. Так для ГАН = Се 139, котрий має тільки одну лінію $E=165,9$ KeV, можна записати : Се 139 [165,9 (79,1)]. Для ГАН=Ва 139 котрий має декілька ліній випромінювання, можна записати : Ва 139 [165,81 (21) 1420 (0,25) 1255 (0,031) 1311 (0,016)]. (13)

2.1.3. Приведені вище приклади текстів мають деякі риси подібності з іншими відомими синтаксичними структурами – числом в позиційній системі числення та словом звичайної мови. В нашому випадку текст (13) є, в певній мірі, проміжною структурою, в порівнянні із числовою, та словесною синтаксичними структурами. Так, з одного боку, кожний символ, що має числове значення, є тільки символом (знаком, скриптом), і може бути позначений іншим, будь-яким, зручним знаком, наприклад, буквами А, В, С,... (N-1)...N,....

З іншого боку, кожний з цих символів (букв) займає свою позицію в тексті, котра визначається розрядом $r = n$. Таким чином, текст (13) можна тлумачити як деяке слово, котре складається з букв, позиція яких у слові визначається їх розрядом.

2.1.4. Переозначимо для зручності символи, котрі позначають енергії, через прописні букви латинського алфавіту А, В, С,...(N-1), N, розуміючи, що розряд r_A (квантовий вихід n_A) > розряду r_B > розряду r_C >...> розряду r_{N-1} > розряду r_N , для цих букв.

Довільні букви будемо позначати через X, Y.

2.1.5. Записи:

$A(r_A)B(r_B)C(r_C)...(N-1)(r_{N-1})N(r_N)....$ (14),
або:

$ABC...(N-1)N...$ (15),

будемо називати теоретичними (табличними) словами (ТС), котрі складаються із теоретичних (табличних) букв (ТБ), розуміючи під цим, що отримані нами слова є впорядкованим записом в певному вигляді табличних даних для ГАН. Вкажемо, що ми тут фактично використали дві шкали [9]: номінальну шкалу (шкалу найменувань) для позначення ТБ, та шкалу порядків (ординальну шкалу) для впорядкування цих ТБ в ТС.

2.1.6. Домовленості. Ми не використовуємо у записі ТС знаки конкатенації (напр. “*”) між ТС, та знаки множення (напр. “•”) у математичних виразах, сподіваючись на зрозумілість контексту цих та текстових виразів. Для математичних виразів будемо використовувати лінійний (“ одноповерховий”) спосіб запису ,а також деталізовану нумерацію цих виразів.

2.1.7. Розглянемо відносні розряди:
 $r_{AN} = r_A / r_N = n_A / n_N$; $r_{BN} = r_B / r_N = n_B / n_N$;
 $r_{CN} = r_C / r_N = n_C / n_N$;...; $r_{(N-1)N} = r_{N-1} / r_N = n_{N-1} / n_N$;
 $r_{NN} = 1$. (16)

Тоді (14) можна записати як :

$A(r_{AN}) B(r_{BN}) C(r_{CN})...N(r_{NN})...=$
 $=A(n_A/n_N)B(n_B/n_N)C(n_C/n_N)...(N-1)(n_{N-1}/n_N)$
 $N(1)...$ (17)

2.1.8. Завважимо, що відносні розряди (16) є інваріантами:
 $r_X / r_Y = \delta r_{XY} = \text{const}$, (18)
для будь-яких ТБ X, Y. Саме цей факт є одним із чинників для використання структурного підходу, позаяк вираз (18) задає жорстку структуру ТС.

2.2. Експериментальні тексти

2.2.1. Аналогічним чином можна розглядати як певний текст і кожен АГС, котрий природньо інтерпретувати як експериментальний текст (ЕТ), що складається з експериментальних букв (ЕБ). Так, спектр, зображений на рис.1, можна записати у вигляді (тут і далі жирними латинськими буквами будемо позначати ЕБ):

ЕТ: $A(r_A)B(r_B)C(r_C)(N-1)(r_{N-1})N(r_N)$ (19),

причому : $r_A > r_B > r_C > r_N$.
Тут під ЕБ А (і відповідно В, С, (N-1), N) розуміємо: $A = E_A \pm \Delta E$, де E_A – експериментальне значення енергії ПППА в АГС; ΔE – похибка визначення E_A .

2.2.2. Зрозуміло, що під терміном ППП ми розуміємо також, що ППП – це монопик (синглет), задовільною моделлю форми якого є тільки один гауссіан (а не два, три, якщо цей пік – мультиплет). Таким чином, тут присутня одна важлива вимога: в інтервалі $E_A \pm \Delta E$ має бути тільки одна ЕБ А

2.2.3. В якості розрядів r_A і відповідно r_B , r_C , r_N , можуть бути використані значення ΔS (площі ППП):

$$\Delta S = \sum N_i - \Phi \quad (20)$$

N_i – число відліків в i – тому каналі;
 Φ – фон (площа під ППП). Тоді (19) можна записати у вигляді:

$$ET: A(\Delta S_A) B(\Delta S_B) C(\Delta S_C) (N-1) (\Delta S_{N-1}) N(\Delta S_N), \quad (21)$$

або :

$$ET: A(\Delta S_A/\varepsilon_A) B(\Delta S_B/\varepsilon_B) C(\Delta S_C/\varepsilon_C) (N-1) (\Delta S_{N-1})/\varepsilon_{N-1} N(\Delta S_N/\varepsilon_N), \quad (22)$$

де $\varepsilon = f(E)$ – ефективність реєстрації гамма – кванта в ППП. Завважимо, що коректним є вираз, в якому замість ε стоїть вираз $\varepsilon = (\Omega / 4\pi) B$, де $\Omega / 4\pi$ – відносний тілесний кут, що враховує геометрію “зразок – детектор” ; B – коефіцієнт, що враховує поглинання гамма – квантів в матеріалі зразка, конструкційному матеріалі детектора, тощо. Будемо вважати ці міркування врахованими..

Відмітимо, що впорядкування ЕБ по ΔS (21) може відрізнятись від впорядкування ЕБ по $\Delta S/\varepsilon$ (22).

2.2.4. В ЕТ (19), (21), (22) ЕБ $N(\Delta S_N)$ займає особливе місце, позаяк вона може бути видимою (виділеною алгоритмом обробки АГС), якщо $\alpha_N > \alpha_0$, або невидимою (не виділеною алгоритмом обробки АГС), якщо $\alpha_0 > \alpha_N$; величина α_X визначається для кожної ЕБ $X(\Delta S_X)$, і задається виразом:

$$\alpha_X = \Delta S_X / (\Delta S_X + 2\Phi)^{0.5} \quad (23).$$

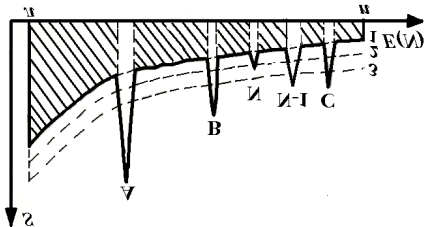


Рис.1. Апаратурний гамма-спектр АГС (відліки в каналах N з енергією E , визначений від l до n). А, В, С, (N-1), N- експериментальні букви ЕБ. Незаштриховані ділянки під ЕБ – їх власні фоні Φ . 1 – огинаюча власного фону в цьому АГС; 2, 3 – огинаючі фонів $\Delta S+\Phi$ для двох різних значень α_0 .

2.2.5. Величину α , котру теж можна назвати фактором належності [10] (конкретного нукліда до досліджуваного зразка, позаяк вона таку функцію виконує), використовують, як коефіцієнт надійності [11]: при значенні $\alpha=1$ вважають, що довірча ймовірність надійного виділення сигналу ΔS із суміші $(\Delta S+2\Phi)$ становить 68%; при значенні $\alpha=2$ така ймовірність становить відповідно 95 %.

Крім коефіцієнтів надійності α , на практиці використовуються і інші статистичні коефіцієнти надійності виділення; однак це не міняє суті розгляду.

2.2.6. Із виразу (23), задаючи конкретне значення α_0 , можна визначити значення ΔS_0 :

$$\Delta S = 0,5 (\alpha_0^2 + (\alpha_0^4 + 8\alpha_0^2\Phi)^{0.5}) \quad (24).$$

Значення ΔS_0 можна, в принципі, визначити поканално, для кожного каналу в АГС, беручи до уваги, що Φ – площа. Таким чином можна отримати огинаючі лінії – лінію 1 власного фону Φ АГС (Φ – це експериментальна величина; вона визначає α із (23)); це лінії 2,3, задані значеннями $\Delta S_0+\Phi$ (розуміючи, що ΔS_0 – теж площа), які визначаються із (24) для різних значень α_0 , і можуть інтерпретуватися теж як лінії фонів (значень $\Delta S_0+\Phi$). На рис.1. штриховими лініями проведені значення фонів (значень $\Delta S_0+\Phi$) для 2-х значень α_0 .

Завважимо, що ці огинаючі лінії проходять і через ЕБ, задаючи тим самим, значення ΔS_{0A} , ΔS_{0B} , ΔS_{0C} , $\Delta S_{0(N-1)}$, ΔS_{0N} .

2.2.7. Графічно, огинаючі фонів розділяють АГС (і відповідно, ЕТ) на видиму частину (видимі ЕБ), котра знаходиться над ними (огинаючими), та невидиму частину (невидимі ЕБ), котра знаходиться під ними, або на їх рівні. Більше того, огинаючі фонів розділяють АГС на визначену (верхню), та невизначену (нижню) частини. Нижня частина АГС – це, в певній мірі інформаційний “шум”, в якому ми не можемо встановити точне значення ΔS .

2.2.8. Таким чином, якщо $\Delta S_N > \Delta S_{0N}$, тоді N – видима ЕБ, і навпаки, якщо $\Delta S_{0N} > \Delta S_N$, N – перша невидима ЕБ.

Будемо надалі вважати, що ЕБ (N-1) – остання видима ЕБ, а N – це перша невидима ЕБ в ЕТ; таким чином, $r_N = r_{0N} = \Delta S_{0N}$.

Відмітимо, що ЕБ N може знаходитись в будь-якому місці АГС, не “зайнятому” видимими ЕБ. Тому мова йде не про одну ЕБ N , а про певну множину таких невидимих ЕБ, котрі знаходяться в різних місцях АГС, і відповідно, відрізняються значеннями ε_N , r_N .

Зрозуміло, що на ЕТ (на кількість ЕБ) впливає значення огинаючої фонів $(\Delta S_0+\Phi)$.

Зрозуміло також, що після N будуть знаходитись і інші невидимі ЕБ ($N+1$, $N+2$,...).

2.2.9. Ми розглядаємо ЕТ як впорядковану послідовність кількісних характеристик ППП: енергій E (як ЕБ), та їх площ ΔS (як розрядів). Однак в АГС є піки, котрі за ознаками не відрізняються від ППП, але ними не являються. Це піки одиночного, подвійного вильоту гамма – квантів, піки спів падань (в першу чергу, співпадань каскадних гамма – квантів), піки рентгенівських гамма – квантів, тощо. Виявлення цих ліній – окрема, багатоетапна процедура ідентифікації (ідентифікації піку саме як ППП). Деякі з цих піків можуть бути використані в ЕТ.

2.3. Інтерференції

2.3.1. Ми розглядаємо ЕБ A (і, відповідно всі інші ЕБ в ЕТ) як деякий інтервал значень енергій E : $A = E_A \pm \Delta E$. Така “розмитість” значень енергії обумовлена не тільки похибками визначення енергії максимуму ППП (як за рахунок енергетичної калібрівки, так і за рахунок похибки точного визначення максимуму ППП), але і обмеженою роздільною здатністю спектрометра. Але навіть при високій роздільній здатності, точному визначенню максимуму ППП та точній енергетичній калібрівці, залишається основний фактор, що обумовлює “розмитість” значень ЕБ A . Цей фактор – інтерференції. Інтерференції, які є одним із основних джерел систематичних похибок – реальний, але в кожному випадку невідомий апріорі факт, з якого витікає, що для ЕБ A (r_A) необхідно записати:

$$A = A_1 \oplus A_2 \oplus A_3 \dots \oplus \quad (25),$$

$$r_A \leq \sum_{m=1}^{na} r_{Am} \quad (26),$$

або:

$$\Delta S_A \leq \sum_{m=1}^{na} \Delta S_{Am} \quad (27):$$

- розряд r_A ЕБ A (площа ΔS_A) є, можливо, сумою розрядів r_{Am} (сумою площ ΔS_{Am}). ЕБ A_m належать до інтервалу $A = E_A \pm \Delta E$; похибками визначення енергії максимуму похибками визначення енергії максимуму. \oplus - знак “склеювання”.

2.3.2. Висновки для ЕБ A , зрозуміло, справедливі для будь-якої ЕБ X з ЕТ. Тому, впорядкований ЕТ ABC , можливо, є сумою (суперпозицією) елементарних текстів: $ABC = A_1 B_1 C_1 \oplus B_2 A_2 C_2 \oplus C_3 A_3 B_3 \oplus \dots (28)$,

або:

$$ET = ET1 \oplus ET2 \oplus ET3 \oplus \dots \quad (29);$$

ЕТ 1, ЕТ 2, ЕТ 3, ... – впорядковані тексти.

Вирази (25), (28) є констатацією факту, що АГС є складною сумою (суперпозицією) елементарних АГС (спектрів окремих ГАН).

2.3.3. Вкажемо і на інший тип інтерференції, котрий можна записати, наприклад, як:

$$ET = ET1 \oplus ET1 \oplus ET2 \oplus ET2 \oplus ET2 \oplus ET3 \oplus \dots \quad (30);$$

Видно, що в ЕТ (30), можливо, є однакові ЕТ (копії): ЕТ1, ЕТ2. Це констатація факту, коли один і той же ГАН утворюється внаслідок різних ядерних реакцій. Можливі і інші шляхи утворення таких копій.

2.4. Використання шкал

2.4.1. Ми вже використовуємо шкалу найменувань та шкалу порядків. Для визначення відносних розрядів ТБ в ТС у виразах (16), (17) ми фактично використали ще одну шкалу – шкалу відношень, в якій в якості “одиниці” (“1”) використовується значення розряду $r_N = n_N$ (або $r_N = n_N \varepsilon_N$) ТБ N . Наявність значень ΔS_0 дає можливість знову використати шкалу відношень (ШВ), а також і шкалу інтервалів (ШІ), якщо тлумачити значення ΔS_0 , як “1” в ШВ, або як “0” в ШІ.

Використовуючи в якості “1” значення ΔS_{0N} , і приймаючи, що $r_N = r_{0N} = \Delta S_{0N}$, ми здійснюємо прив’язку ТБ N до ЕБ N , а потім, відповідно, і інших ТБ, тобто всього ТС до ЕТ, здійснюючи цим, фактично, перехід від масштабу одиниць, в яких вимірюють розряди ТБ, до масштабу одиниць розрядів ЕБ.

Завважимо, що в якості “1” може бути використано значення $r_{N-1} = \Delta S_{0(N-1)}$ і здійснена прив’язка ТБ $(N-1)$ до ЕБ $(N-1)$, і в принципі, в будь-якій іншій парі відповідних ТБ і ЕБ.

2.4.2. Прив’язка може бути здійснена не фіксовано, заміною r_N на $r_N = \Delta S_{0N}$, а шляхом заміни $r_N = \Delta S_{0N}' < \Delta S_{0N}$ (“м’яка” прив’язка).

Прив’язка може бути здійснена, шляхом заміни r_X на r_X , для будь-якої пари МБ X і ЕБ X .

Прив’язка може бути здійснена і без фактичної заміни r_N на r_N .

Зрозуміло, що прив’язки змінюють певним чином розряди ТБ в ТС.

243 Якщо ШВ показує, у скільки разів одна величина відрізняється від іншої величини, то ШІ, крім цього, показує *наскільки* ці величини відрізняються. Між ШВ і ШІ існує зв'язок (напр., $\log "1"_{ШВ} = "0"_{ШІ}$). Для розрахунків, ми, в основному використовуємо ШВ; для графіки – ШІ (див. рис 2,3).

2.5. Модельні слова

2.5.1. Над ТС можливі деякі операції, зокрема, скорочення справа, аналогічні операціям округлення для чисел, та скорочення для слів (із збереженням їх семантики). Наприклад, ТС для ГАН = Ва 139 (див. вище) може бути скорочено : Ва 139 [165,81 (21) 1420 (0,25)].

Однак, на відміну від числових, або словесних структур, ТС можуть бути змінені більш ґрунтовно, з врахуванням конкретних експериментальних умов. Якщо експериментальні дослідження виконувались в інтервалі енергій гамма – квантів $E_{Л} \div E_{П}$ ($E_{Л} < E_{П}$), тоді частина ТБ в ТС може бути відсутня. Наприклад, якщо $E_{Л} = 200$ KeV, $E_{П} = 1400$ KeV, тоді ТС Ва 139 буде записано в вигляді :

МС Ва 139 [1255 (0,031) 1311 (0,016)].

2.5.2. Ми вже вказували на використання ШВ і ШІ, де здійснюється прив'язка ТБ до ЕБ, і таким чином, відбувається зміна розрядів ТБ.

Певні перетворення ТС можливі, наприклад, шляхом заміни $p \rightarrow n$, здійснюючи таким чином прив'язку до конкретики гамма – спектрометричного експерименту. Тоді вираз (12) можна записати у вигляді:

МС ГАН [А ($n_A \epsilon_A$) В ($n_B \epsilon_B$) С ($n_C \epsilon_C$)... (N-1)($n_{N-1} \epsilon_{N-1}$) N($n_N \epsilon_N$)] (31),

причому: $n_A \epsilon_A > n_B \epsilon_B > n_C \epsilon_C > \dots > n_{N-1} \epsilon_{N-1} > n_N \epsilon_N$.

2.5.3. Вираз (31) будемо називати модельним словом (МС), а букви відповідно модельними буквами (МБ), розуміючи під використанням терміну “модельний” факт, що перетворене певним чином ТС є моделлю (образом) для подальшого його пошуку в конкретному АГС (конкретному ЕТ).

2.5.4. Кожній МБ МС повинна відповідати певна ЕБ в ЕТ. Це означає, що, E_A (А) повинна попадати в інтервал $A = E_A \pm \Delta E$.

2.5.5. Загалом розряду r_X кожної МБ X ставиться в відповідність значення ΔS_X :

$$r_X = n_X \epsilon_X \quad \kappa = \Delta S_X \quad (32),$$

де κ – певний коефіцієнт; (для одного МС, $\kappa = \text{const}$, однак різними МС відповідають різні значення, тому, наприклад: $\kappa_{МС1} \neq \kappa_{МС2}$).

Тому МС: АВС...(N-1)N може бути представлений, як :

$$\begin{aligned} & (A (r_A) B (r_B) C (r_C) \dots (N-1)(r_{N-1}) N (r_N)) \dots = \\ & = A (n_A \epsilon_A \kappa) B (n_B \epsilon_B \kappa) C (n_C \epsilon_C \kappa) \dots (N-1) (n_{N-1} \epsilon_{N-1} \kappa) N (n_N \epsilon_N \kappa) \dots = \\ & = A(\Delta S_A) B(\Delta S_B) C(\Delta S_C) \dots (N-1)(\Delta S_{N-1}) N(\Delta S_N) \dots \end{aligned} \quad (33),$$

причому:

$$\Delta S_A > \Delta S_B > \Delta S_C > \dots > \Delta S_{N-1} > \Delta S_N > \dots$$

Вище ми відмічали, що внаслідок інтерференцій, для кожної ЕБ X з розрядом $r_X = \Delta S_X$

$$r_X = \Delta S_X \leq \sum_{m=1}^{n_A} r_{Xm} = \sum_{m=1}^{n_A} \Delta S_{Xm} \quad (34),$$

Зараз ми можемо записати, що

$$\begin{aligned} r_X = \Delta S_X \leq \sum_{m=1}^{n_A} r_{Xm} & = \sum_{m=1}^{n_A} \Delta S_{Xm} \leq \sum_{m=1}^{n_A} \Delta S_{Xm} = \\ & \sum_{m=1}^{n_A} n_{Xm} \epsilon_{Xm} \kappa_m \end{aligned} \quad (35)$$

- розряд r_X кожної ЕБ X може розглядатись як сума розрядів r_{Xm} МБ X_m ; m – кількість МБ (i, відповідно МС). Цю кількість m ми можемо розглядати і як число версій.

2.5.7. Зараз ЕТ (29) і (30) можна представити як:

$$ET = MC1 \oplus MC2 \oplus MC3 \oplus \dots \quad (36)$$

- ЕТ є сумою МС (АГС може бути змодельований МС);

$$ET = MC1 \oplus MC1 \oplus MC2 \oplus MC2 \oplus MC2 \oplus MC3 \oplus \dots \quad (37)$$

- в ЕТ деякі МС (які ми теж назвемо копіями), можуть бути присутні декілька разів.

2.5.8. Для будь-яких МБ X, Y одного конкретного МС справедливий вираз:

$$\Delta S_X / \Delta S_Y = r_X / r_Y = (n_X \epsilon_X) / (n_Y \epsilon_Y), \quad (38)$$

тому:

$$\Delta S_X = (r_X / r_Y) \Delta S_Y = (n_X \epsilon_X) \Delta S_Y / (n_Y \epsilon_Y).$$

Якщо X = A, B, C, (N-1), а Y = N, тоді МС (33) можна записати у вигляді:

$$\begin{aligned} & A((n_A \epsilon_A) \Delta S_N / (n_N \epsilon_N)) B((n_B \epsilon_B) \Delta S_N / (n_N \epsilon_N)) \\ & C((n_C \epsilon_C) \Delta S_N / (n_N \epsilon_N)) \dots (N-1) ((n_{N-1} \epsilon_{N-1}) \Delta S_N / (n_N \epsilon_N)) N(\Delta S_N) \dots \end{aligned} \quad (39)$$

2.5.9. Якщо N – перша невидима МБ в МС, тобто її нема серед ЕБ в розглядуваному ЕТ, тоді приймаючи, що $\Delta S_N = \Delta S_N$, вираз (39) можна записати у вигляді:

$$\begin{aligned} & A((n_A \epsilon_A) \Delta S_N / (n_N \epsilon_N)) B((n_B \epsilon_B) \Delta S_N / (n_N \epsilon_N)) \\ & C((n_C \epsilon_C) \Delta S_N / (n_N \epsilon_N)) \dots (N-1) ((n_{N-1} \epsilon_{N-1}) \Delta S_N / (n_N \epsilon_N)) \dots N(\Delta S_N) \dots, \end{aligned} \quad (40)$$

який фіксує прив'язку МС до ЕТ в точці **N**.

2.6. Словники модельних слів експериментального тексту

2.6.1. Зараз наші подальші дії будуть полягати в складанні списку МС для кожної ЕБ з ЕТ. Такі списки МС для ЕБ будемо називати словниками МС: для ЕБ **A** це буде **A** – словник (для інших ЕБ – будуть, відповідно **B** -, **C** -, ... – словники).

Ще раз відмітимо, що розглядаються тільки впорядковані ТС і МС, у відповідності із (14), (31).

2.6.2. Розглянемо ЕТ **ABC** та склад **A** – словника. Зрозуміло, що в **A** – словник будуть входити МС, котрі містять МБ **A**.

Такими МС можуть бути, перш за все МС, котрі мають головну (першу) МБ **A**: **ABC...**; **ACB...**; **AB...**; **AC...**; **A...**, де крапками вказані ті МБ, котрі не мають відповідних видимих ЕБ в ЕТ (це букви **N**, **N+1**, і т.д. – невидимі ЕБ).

В **A** – словник будуть входити МС, котрі складаються тільки з вказаних МБ: **ABC**; **ACB**; **AB**; **AC**; **A**.

В **A** – словник будуть входити МС, у котрих МБ **A** стоїть на другому місці в МС. Це МС: **VAC...**; **CAV...**; **VA...**; **CA...**, де точками вказані ті МБ, котрі не мають відповідних видимих ЕБ в ЕТ.

В **A** – словник будуть входити МС, котрі складаються тільки з вказаних МБ: **VAC**; **CAV**; **VA**; **CA**.

В **A** – словник будуть входити МС, у котрих МБ **A** стоїть на третьому місці в МС. Це МС: **VCA...**; **CAV...**; де точками вказані ті МБ, котрі не мають відповідних видимих ЕБ в ЕТ.

В **A** – словник будуть входити МС, котрі складаються тільки з вказаних МБ: **VCA**; **CAV**.

2.6.3. **A** – словник МС, в яких МБ **A** стоїть на першому місці назвемо **1A** – словником; словники МС, з МБ **A** на другому, на третьому місці – відповідно, **2A** -, **3A** - словниками, і т.д.

2.6.4. Відповідним чином можуть бути складені **1B** -, **2B** -, **3B** - словники, для ЕБ **B**, **1C** -, **2C** -, **3C** – словники для ЕБ **C**.

2.6.5. Вказані вище словники складають повний словник МС для розглянутого ЕТ **ABC**. На рис.2 приведено фрагмент такого словника.

2.6.6. Аналіз отриманого таким чином словника дозволяє зробити деякі висновки, які можна розглядати як певні граматичні правила:

- склад повного словника визначається тільки комбінаторикою МБ;

- повний словник повністю задається **1A** -, **1B** -, **1C** – словниками (всі МС для ЕТ **ABC** входять або в **1A** -, або в **1B** -, або в **1C** - словники);

- МС, що входять в повний словник, не можна вилучити з цього словника;

- кількість копій для одного МС – не визначена;

- повний словник МС не залежить від позиції ЕБ в ЕТ;

- кількість словників визначається кількістю ЕБ в ЕТ;

- ці висновки справедливі для будь – якої кількості ЕБ в ЕТ.

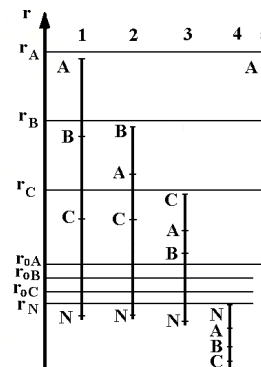


Рис.2.Словник модельних слів МС для експериментального тексту ЕТ **ABCN**. 1, 2, 3, 5 – МС для **A** – словника ЕБ **A**; 4 – МС з першою невидимою МБ **N**.

3. Міри належності

3.1. Отримання мір належності

3.1.1. Вище (див. (16), (17)), ми розглядали відносні розряди для ТС:

$$r_{AN} = r_A / r_N = n_A / n_N; \quad r_{BN} = r_B / r_N = n_B / n_N;$$

$$r_{CN} = r_C / r_N = n_C / n_N; \quad r_{NN} = 1.$$

Зараз ми ці розряди розглядаємо в якості розрядів МС **ABC... (N-1)N...**, де **(N-1)** – остання видима буква в МС, а МС **N** - перша невидима буква в МС. Тоді:

$$r_{AN} = r_A / r_N = n_A / n_N = h_{AN} = p;$$

$$r_{BN} = r_B / r_N = n_B / n_N = h_{BN};$$

$$r_{CN} = r_C / r_N = n_C / n_N = h_{CN};$$

...

$$r_{(N-1)N} = r_{(N-1)} / r_N = n_{(N-1)} / n_N = h_{(N-1)N};$$

(41)

$$r_{NN} = h_{NN} = 1,$$

де $h_{AN}, h_{BN}, h_{CN}, \dots, h_{(N-1)N}, h_{NN}$ – висоти МБ А, В, С, ..., (N-1), N відносно першої невидимої МБ N; p – довжина МС ABC...(N-1)N.

$$\begin{aligned} r_{A(N-1)} &= r_A / r_{(N-1)} = n_A / n_{(N-1)} = h_{A(N-1)} \\ r_{B(N-1)} &= r_B / r_{(N-1)} = n_B / n_{(N-1)} = h_{B(N-1)}; \\ r_{C(N-1)} &= r_C / r_{(N-1)} = n_C / n_{(N-1)} = h_{C(N-1)}; \end{aligned} \quad (42)$$

...

$$r_{(N-1)(N-1)} = r_{(N-1)} / r_{(N-1)} = 1 = h_{(N-1)(N-1)},$$

де $h_{AN}, h_{BN}, h_{CN}, \dots, h_{(N-1)N}, h_{NN}$ – висоти МБ А, В, С, ..., (N-1) відносно останньої видимої МБ (N-1).

3.1.2. Сукупність значень h та p можна розглядати як кількісні (числові) характеристики ідентифікації, котрі ми називаємо мірами належності МС ABC... (N-1)N до ЕТ. Висоти h , що входять у вирази (41), будемо позначати h^B , а висоти h , що входять у вирази (42), будемо позначати h^H (див. рис. 2).

Відповідні вирази для висот h та довжин p можна отримати, враховуючи значення ϵ (див. (31)).

Видно, що у вирази (41), (42) не входять значення ΔS (не здійснена прив'язка).

3.1.3. Ми можемо отримати значення висот із врахуванням значень ΔS , використовуючи (38). Вище ми встановили, що якщо N – перша невидима МБ в МС, тобто її нема серед ЕБ в розглядуваному ЕТ, тоді можна вважати, що $\Delta S_N \leq \Delta S_N$, і, приймаючи $\Delta S_N = \Delta S_N$ (прив'язка МС до ЕТ в точці ЕБ N):

$$\begin{aligned} (n_A \epsilon_A) \Delta S_N / (n_N \epsilon_N) &= r_{AN} = h_{AN} = p \\ (n_B \epsilon_B) \Delta S_N / (n_N \epsilon_N) &= r_{BN} = h_{BN} \\ (n_C \epsilon_C) \Delta S_N / (n_N \epsilon_N) &= r_{CN} = h_{CN} \end{aligned} \quad (43)$$

...

$$(n_{N-1} \epsilon_{N-1}) \Delta S_N / (n_N \epsilon_N) = r_{(N-1)N} = h_{(N-1)N}$$

$$\Delta S_N = r_{NN} = h_{NN},$$

$$l_{AN} = r_A / r_A = \Delta S_A / (n_A \epsilon_A) \Delta S_N / (n_N \epsilon_N) \quad (44)$$

де $h_{AN}, h_{BN}, h_{CN}, \dots, h_{(N-1)N}, h_{NN}$ – висоти МБ А, В, С, ..., (N-1), N відносно першої невидимої МБ N;

p – довжина МС ABC...(N-1)N....

l_{AN} – відстань між ЕБ А і МБ А МС ABC... (N-1)N....

3.1.4. Із виразів для довжини p та відстані l_{AN} можна отримати співвідношення між цими величинами, висотою h_{AN} та розрядом ЕБ А:

$$p \ l_{AN} = h_{AN} \ l_{AN} = r_A = \Delta S_A. \quad (45)$$

3.2. Аналіз мір належності

3.2.1. Ми отримали вирази для визначення висот h , відстаней l та довжин p .

Висота h , котру, як видно, можна отримати для будь-якої МБ декількома способами, зокрема, в залежності від прив'язки, є мірою належності. Якщо розряд r_A ЕБ А розглядати як відрізок з ординатою $r_A = \Delta S_A$ (див. рис. 2, де використано ШІ), тоді h^B (прив'язка до ЕБ N) графічно характеризує висоту (ординату) МБ А у верхньому положенні (індекс v); h^H (прив'язка до ЕБ (N-1)) графічно характеризує висоту (ординату) МБ А у нижньому положенні (індекс n). Такі висоти можна визначити і для інших МБ. Зрозуміло, що якщо висоти h для різних МС будуть різними, тоді це і є мірою належності.

Довжини $p = h^B_A$ характеризують МС, в яких А – перша МБ, в цілому, і теж є мірами належності: різні МС будуть мати різні довжини p .

Відстані l_A характеризують відстань між ЕБ А і МБ А, і теж можуть визначатися як в верхньому (l_A^B), так і в нижньому (l_A^N) положенні; крім цього, відстані l будуть визначатись не тільки для першої (тобто верхньої) МБ А (див. рис.2), але і для будь-якої іншої МБ із МС. Це важливо, коли нас цікавить МБ, яка не є головною, а входить в 2А -, 3А -, ... – словники.

3.2.2. Із виразу (45), видно, що чим більша висота h МБ А (висота МС), тим більша довжина p МС, тим менша віддаль l_A між ЕБ А і МБ А; ці величини характеризують “близькість” між образами (МС) і прообразом (ЕТ).

3.2.3. Отримані міри належності не є альтернативою іншим кількісним (або якісним) характеристикам ідентифікації. Інформативним є, наприклад, власне саме МС, кількість видимих МБ в МС, відношення видимої частини МС до всього МС (котре може мати дуже багато МБ) та ін. Зрозуміло, що такі характеристики ідентифікації повинні, при необхідності, використовуватись.

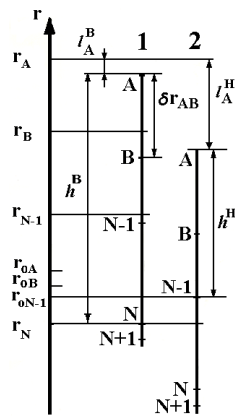


Рис.3. Модельне слово MC AB (N-1)N(N-1) в шкалі інтервалів. l, h – відстані та висоти MC у верхньому положенні (прив’язка до експериментальної букви EB N). $2 l h$ – відстані та висоти MC у нижньому положенні (прив’язка до EB (N-1)). r – розряди відповідних EB експериментального тексту ET. δr_{AB} - відстані між MB A і B.

3.3. Правила синтаксису

3.3.1. Представлення TC у впорядкованому вигляді (14), (15), (17), представлення MC у впорядкованому вигляді (39), (40), складання 1A - ,1B - , 1C - – словників MC для ET, куди входять тільки впорядковані MC, можна розглядати як певні обмеження, тобто як певні правила синтаксису, котрі є жорстким фільтром для MC, які цим правилам не задовольняють.

Тепер ми сформулюємо нові обмеження, які теж можна розглядати як правила синтаксису для MC, прив’язаних до ET, тобто із врахуванням мір належності.

3.3.2. Зрозуміло, що для розрядів r_X MB X і розрядів r_X відповідної EB X повинно виконуватись:

$$r_X \leq r_X, \quad (46)$$

$$\Delta S_X \leq \Delta S_X \quad (47).$$

Тоді для MC (A(r_A)B(r_B)C(r_C)...(N-1)(r_{N-1})N(r_N)).... можна записати:

$$\begin{aligned} r_A &= \Delta S_A \leq r_A = \Delta S_A \\ r_B &= \Delta S_B \leq r_B = \Delta S_B \\ r_C &= \Delta S_C \leq r_C = \Delta S_C \end{aligned} \quad (48)$$

...

$$r_{N-1} = \Delta S_{N-1} \leq r_{N-1} = \Delta S_{N-1}$$

$$r_N = \Delta S_N \leq r_N = \Delta S_N$$

Вирази (48) будемо називати умовами мажорювання (розряд r MB \leq розряду r відповідної EB).

Очевидними є умови (див. (35)) :

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^{na} r_{Ai} &= \sum_{i=1}^{na} \Delta S_{Ai} \leq r_A = \Delta S_A \\ \sum_{i=1}^{nb} r_{Bi} &= \sum_{i=1}^{nb} \Delta S_{Bi} \leq r_B = \Delta S_B \\ \sum_{i=1}^{nc} r_{Ci} &= \sum_{i=1}^{nc} \Delta S_{Ci} \leq r_C = \Delta S_C \\ &\dots \\ \sum_{i=1}^{n(n-1)} r_{(N-1)i} &= \sum_{i=1}^{n(n-1)} \Delta S_{(N-1)i} \leq r_{N-1} = \Delta S_{N-1} \\ \sum_{i=1}^{nn} r_{Ni} &= \sum_{i=1}^{nn} \Delta S_{Ni} \leq r_N = \Delta S_N \end{aligned} \quad (49)$$

Вирази (49) будемо називати умовами сум (сума розрядів r_X MB X \leq розряду r_X відповідної EB X).

3.4. Аналіз правил синтаксису

3.4.1. Вище ми отримали вирази для h_X^B та h_X^H для будь-якої MB X MC ABC...(N-1)N. Зрозуміло, що:

$$h_X^B > h_X^H \quad (50),$$

або: $r_X^B > r_X^H \quad (51),$

або:

$$\Delta S_N / (n_N \epsilon_N) > \Delta S_{0(N-1)} / (n_{N-1} \epsilon_{N-1}) \quad (52)$$

Умови (50), (51), (52) обмежують значення h_i “знизу”. Ці умови можна назвати умовами збереження всіх MB в MC.

3.4.2. Реально висота h_X MB X повинна знаходитись між h_X^B та h_X^H :

$$h_X^B \geq h_X \geq h_X^H \quad (53),$$

або: $r_X^B \geq r_X \geq r_X^H \quad (54).$

Умови мажорювання обмежують значення h_X “зверху”:

$$r_X \geq r_X = h_X \quad (56)$$

- висота h_X MB X не може бути більшою розряду r_X EB X.

Об’єднуючи умови обмеження “знизу” і “зверху”, отримаємо:

$$r_X \geq r_X^B \geq r_X \geq r_X^H \quad (57).$$

або:

$$\Delta S_X \geq \Delta S_N n_X \epsilon_X / (n_N \epsilon_N) \geq r_i \geq \Delta S_{0(N-1)} n_X \epsilon_X / (n_{N-1} \epsilon_{N-1}) \quad (58).$$

3.4.3. Здійснити прив’язку можна як вже було сказано і між іншими парами MB і EB, прирівнюючи між собою не r_X і r_{0X} , а прирівнюючи r_X і r_X (в якості “1” ШВ використовується r_X).

3.4.4. Для будь-яких МБ X, Y одного конкретного МС справедливий вираз (38):

$$\Delta S_X / \Delta S_Y = \gamma_X / \gamma_Y = (n_X \epsilon_X) / (n_Y \epsilon_Y),$$

із якого ми можемо визначити значення γ_X для МБ X. Зрозуміло, що кількість значень γ_X для МБ X рівна кількості видимих МБ в МС (враховуючи і МБ N), тобто рівна кількості фіксованих прив'язок.

3.4.5. Прив'язка може бути як згадувалось, і м'якою. Однак в будь-якому випадку повинні виконуватись умови мажорювання (56), збереження кількості МБ в МС (52), та об'єднані умови (57). Крім цього, в таких випадках з'являється нова вимога (правило синтаксису) – в МС не повинні з'являтися нові МБ ((N+1), (N+2),...), позаяк відповідних їм ЕБ ((N+1), (N+2),...) в ЕТ нема (при заданому значенні α_0).

3.4.6. Вибір конкретного способу прив'язки означає вибір конкретної "1" ШВ, тобто вибір конкретної ШВ. Зрозуміло, також, що міри належності, отримані в різних ШВ, можуть відрізнятися.

Тому порівняння отриманих мір належності, можливе тільки в рамках цієї конкретної ШВ.

3.5. Міри належності в повному словнику.

3.5.1. Отримавши певний алгоритм для розрахунку, ми можемо визначити міри належності (в рамках однієї конкретної ШВ) для кожного МС в повному словнику ЕТ, а саме – кожному МС поставити в відповідність число – міру належності, що дає змогу для їх порівняння, як в одному повному словнику ЕТ, так і між різними повними словниками різних ЕТ.

3.5.2. Зараз ми розглянемо проблеми ідентифікації, котрі не вирішуються в розглянутому викладі, і запропонуємо можливі шляхи їх розв'язання.

1. В повному словнику ЕТ є МС, що містять тільки одну МБ – А; В; С, тощо. Для цих МС визначення значень мір належностей (висот, відстаней, довжин) не має сенсу, позаяк для них неможливо здійснити прив'язку до ЕТ. Іншими словами, міри належностей для таких МС невизначені: наприклад, висоти h_i можуть приймати довільні значення від ΔS_{0i} до r_i (ΔS_i).

2. Ми вже вказували на тип інтерференції, внаслідок якої в ЕТ з'являються копії:

$$ET = MC1 \oplus MC1 \oplus MC2 \oplus MC2 \oplus MC2 \oplus MC3 \oplus \dots$$

Видно, що в ЕТ, можливо, є однакові МС (копії): МС1, МС2.

3. Умови мажорювання (56), які є очевидними, дозволяють, в принципі, виключити МС із повного словника ЕТ, або скоротити його, наприклад МС АВС... (N-1)N перетворити в МС АN. Умови (52) це забороняють, і, як видно, зберігають кількість МБ в МС, однак накладають обмеження на значення довжини р МС. На наш погляд, саме тут існує певний ключовий момент в розумінні ідентифікації. Якщо ми не дозволяємо виключати МС із повного словника ЕТ, ми тоді рухаємось по шляху розгляду всіх можливих версій, наприклад, приймаємо можливість ідентифікації і екзотичних, на перший погляд ГАН. Вилучення МС із повного словника ЕТ, або його скорочення можливе лише з використанням зовнішньої додаткової інформації.

3.5.3. Порівняння мір належності між собою можливе, тому, що у виразах для цих мір не фігурує невідомий коефіцієнт k , котрий входить у вираз (32): $r = pek = \Delta S$

Завважимо, що в k "знаходиться" значення шуканої концентрації c_i для ХЕ_i, тобто: $k = k_1 c_i$:

$$\Delta S = pek_1 c_i \quad (59)$$

Значення k_1 визначаються механізмом отримання ГАН; для НАА (ГАА) вони визначаються, зокрема, перерізом реакцій, періодом напіврозпаду ГАН, та ін., тобто в цьому коефіцієнті k_1 знаходиться додаткова інформація. Завважимо, що можливі інші шляхи утворення ГАН (поділ ядер, радіоактивні перетворення, та ін.).

3.5.4. Значення k_1 , зрозуміло, можуть бути різними в залежності від значення констант, які в нього входять, зокрема, можуть бути рівними 0, напр., для МС (ГАН), які утворюються в реакціях, в принципі нереалізованих в НАА та ГАА. Є і інші чинники, коли $k_1 = 0$.

Таким чином, якщо $k_1 = 0$, тоді $k = 0$, з чого випливає необхідність вилучення МС із повного словника. Однак слід завважити, що вилучення МС формально означає "віддалення" МС від ЕТ, позаяк міри належності для нього не повинні бути рівними 0 (для значення висоти), або ∞ (для значень віддалей).

3.5.5. Повний словник МС для ЕТ розділяє всю множину можливих МС на підмножину МС, котра в ньому знаходиться, та підмножину МС, котра туди не ввійшла.

В принципі, міри належності можуть бути визначені і для підмножини невидимих МС (МС, котрі не ввійшли в повний словник)

3.5.6. В більшості випадків $k_1 \neq 0$, і для різних МС, як було вказано вище, вони різні, в тому числі і для МС – копій. Цей факт дозволяє сформулювати в подальшому нові граматичні правила (умови), і в деякій мірі, вирішити проблему 1, проблему 2.

3.6. Висновки

Зробимо деякі висновки.

1. Експериментальний АГС може бути заданий в вигляді певного тексту – синтаксичної структури, котра задається іменами експериментальних букв та розрядами цих букв, які в свою чергу, визначають місце цих букв в тексті. Ім'я ЕБ є значення діапазону енергій.

2. ЕТ має суттєву відмінність в порівнянні з МС. Якщо МС є жорсткою синтаксичною структурою (всі елементи (МБ) належать одному МС (одному ГАН)), то ЕТ являє собою послідовність ЕБ, апріорі не зв'язаних між собою, і в принципі, може розглядатись як випадкова.

3. Оскільки значення розрядів r для ЕБ є експериментальними величинами (значеннями ΔS ППП), тому ними можна керувати, наприклад, шляхом збільшення тривалості опромінення, вимірів. Керування ЕТ призводить до зміни ЕТ: появи нових ЕБ, зокрема до переходу невидимих ЕБ у видимі ЕБ.

4. Експериментальна частина

Для перевірки можливостей запропонованого розгляду мір належностей використані дані НАА зразків Мужівського поліметалічного родовища. [11,12]. Експеримент виконано в ІЕФ НАНУ Опромінення здійснено на мікротроні М-30: енергія прискорених електронів $E_e=18$ МеВ, середній струм прискорених електронів $I_{cp}=6$ мкА. Для отримання фотонейтронів з прискорених електронів використано складний Та – Ве – Рб – конвертор, котрий був оточений в 4 π -геометрії поліетиленовим сповільнювачем. В проміжку між конвертором та сповільнювачем

були розташовані досліджувані зразки та еталони. Попередня підготовка (подрібнення та гомогенізація) не здійснювалась.

В якості еталонів були використані зразки металічного аурума та азотнокислого аргентуму, котрі були розміщені в піску. Тривалість опромінення – 3 години.

Вимірювання наведеної гамма – активності зразків руд та еталонів здійснено на γ -спектрометричному комплексі, куди входить напівпровідниковий Ge (Li) – детектор ДГДК 100 В, багатоканальний амплітудний аналізатор NTA – 512 В.

5. Розрахункова частина

Для розрахунків необхідні ядерно-фізичні константи використано із [14-17].

5.1. Розрахунок мір належності

Для розрахунку мір належностей були використані АГС (ЕТ) зразка 1 (в основному АГС 1.1. – 1.8.). Для отримання ЕТ було використано АГС 1.1 – 1.6.

5.1.1. В таблиці 1 приведено ЕТ 1.1 – 1.6. (перші десять ЕБ). Загалом, ЕТ 1.1 містить 66 ЕБ, ЕТ 1.2 – 45 ЕБ (для $\alpha \geq 1,5$).

Відмітимо, що частина ЕБ була використана для НАА Арсену, Європію [12,13].

5.1.2. В таблиці 2 приведено словник для ЕБ 165,8 \pm 5 КеВ для ЕТ 1.1 і ЕБ 166 \pm 5 КеВ для ЕТ 1.2. Ця ЕБ була вибрана для дослідження як перша ЕБ в ЕТ 1.1, 1.2, 2.1, 2.2, 3.1, 3.2 (найбільша лінія в АГС, з відносно невеликим періодом напіврозпаду). МБ впорядковані по (). Деякі МБ виходять за межі $E \pm \Delta E$. В якості МС були вибрані ГАН, утворені в результаті (n, γ) - , та (n,2n) – реакцій.

В таблиці 2 не приведено А – словник МС з однією МБ. Ми приводимо його тут для ЕТ 1.1 і ЕТ 1.2 (формат запису див. табл.2):

Se 77 m (17,38 c) [162 (51,3)];
In 116 m2 (2,18 c) [164 (35)]; Xe 131 m (11,9д) [163,9 (1,91)]; Ce 139 (137,66 д) [165,9 (79,1)];
Ir 192 m2 (241 p) [161 (100)]; Ru 108 (4,5 хв) [165 (25,4)].

Ми не приводимо повні словники ЕТ. Вкажемо, що повний словник МС для ЕТ 1.1 містить 210 МС; для ЕТ 1.2 – 159 МС; для ЕТ 1.3 – 157 МС; для ЕТ 1.4 – 220 МС.

Для решти МС, котрі приведені в табл. 2, отримано значення висот h^B , та довжин p , з використанням виразів (41).

В таблиці 3 приведені МС ЕБ 165 ± 5 КеВ для ЕТ 1.1. – 1.8., та значення віддалей l , котрі були отримані з використанням виразу (44). А – словник не складався. МБ були впорядковані по (). Розглядалися МС (ГАН), утворення котрих невідоме

В таблиці 2 для МС Sn 123 m (відмічено *) в ЕТ 1.1. значення $h(p) = 2024$, що більше ніж значення $h(p) = 1375$ для МС Ва 139. Sn 123 m відсутній в словнику ЕТ 1.2. Разом з тим, в повних словниках нема інших МС для Sn, однак є МС для Ва.

5.1.3. Аналіз значень h^B і l дозволив використати ЕБ 165 ± 5 КеВ, як лінію 166 КеВ Ва 139 (не відкидаючи версії інших МБ, і відповідно інших МС). Цей висновок підтверджується і аналізом словників для інших ЕБ із ЕТ (АГС) 1.1. – 1.8.

5.1.4. Ми використали не весь набір умов (правил синтаксису), отриманих в розгляді, позаяк нашою основною метою був виклад деяких алгоритмів ідентифікації в рамках структурного підходу.

5.2. Визначення вмісту Ва

5.2.1. Барій Ва складається із природної суміші ізотопів (%): Ва 130 – 0,101; Ва 132 – 0,097; Ва 134 – 2,42; Ва 135 – 6,59; Ва 136 – 7,81; Ва 137 – 11,32; Ва 138 – 71,66.

Внаслідок нейтронних та фотоядерних реакцій на ізотопах Ва утворюється велика кількість ГАНП, в т.ч. і Ва 139 (основна реакція: Ва 138 (n, γ) Ва 139). Ця реакція і була використана для визначення вмісту Ва. Цим актом ми елімінували розгляд інших можливих версій, напр., утворення Ва 139 в інших реакціях, утворення його як уламка поділу, і т.д.

5.2.2. В приближенні відносного варіанту НАА, та повної термалізації фотонейтронів (див. [12,13]) отримано концентрації Ва (мг/г): зразок 1 – 23,7; зразок 2 – 37,6; зразок 3 – 12,6.

5.3. Аналіз отриманих результатів

Як видно із таблиць, розгляду підлягали декілька АГС (ЕТ). Однак певним ідеалом (а водночас і суттєвим інформаційним

обмеженням) є використання тільки одного АГС (одноразовість методики). Тому ми розглянемо отримані результати з цієї точки зору.

Експериментально встановлено, що залежності концентрацій c від тривалості охолодження TD (проміжку часу між закінченням опромінення та початком вимірів), мають вигляд, як на рис 4 – різні ХЕ 1,2,4 мають мінімуми в різних точках T : ХЕ1 – в точці $T1$; ХЕ2 – в точці $T2$; ХЕ4 – в точці $T4$; для ХЕ3 – мінімум відсутній. Одноразовість методики означає, що вимір АГС може бути реалізовано в будь-якій точці T на осі TD . Позаяк ми можемо встановити множину $\{XE_i; \beta_i\}$, і зробити оцінку концентрацій c_i , тому для цієї точки ми можемо отримати множину цих значень c_i . Тому логічним є вибір такої пари c_i, XE_i у якої значення мір належностей β_i – найкращі серед інших значень β_i (максимальна висота, мінімальна віддаль). Це гарантує, в певній мірі, мінімізацію систематичних похибок за рахунок мішаючого вкладу вмістів інших ХЕ.

Зрозуміло, що такий розгляд необхідно починати із перших ЕБ (у яких великі значення g), та МС із 1 А – словника.

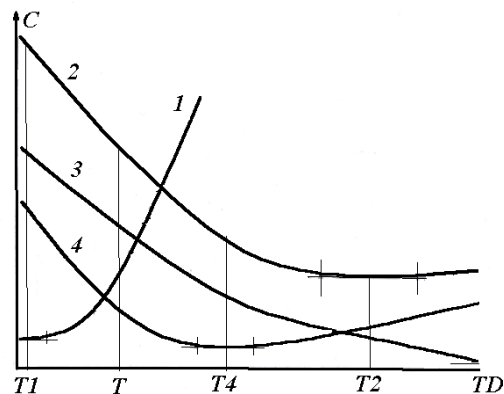


Рис.4. Типові залежності концентрації c хімічних елементів ХЕ 1,2,3,4 від тривалості охолодження TD (інтервалу між закінченням опромінення і початком вимірів). $T1, T4, T2$ – точки вимірів з мінімумом (ділянки виділено короткими вертикальними лініями) значень похибок. T – довільна точка виміру. Горизонтальні тонкі лінії – оцінки найбільш точних значень концентрації

Таблиця 1. Експериментальні тексти (перші десять експериментальних букв) для зразка 1.

1	NN	1.1.	1.2.	1.3.	1.4.	1.5.	1.6.
2	TD, хв	8	138	1508	2823	4128	15643
3	TC, хв	6	20	60	60	60	60
4	A, KeB	165,8	166,3	559,1	558,6	559,8	595
5	rDS	39599	77610	42006	24847	14884	763
6	☉	133,7	197,9	119,2	136,5	108,1	17,1
7	B, KeB	844,3	557,8	121,4	104,8	104,3	124,9
8	r (Δ S)	9133	20832	5552	3389	2780	497
9	☉	63,7	106,4	24,0	19,6	16,8	7,1
10	C, KeB	656,8	844,7	267,9	269,2	268,1	240,4
11	r (Δ S)	4664	17760	4615	2914	1762	365
12	☉	38,6	106,9	24,0	24,1	16,3	6,9
13	D, KeB	556,5	121,4	658,8	412,0	657,7	566,0
14	r (Δ S)	3857	6782	4366	1979	1539	339
15	☉	27,4	24,4	32,6	15,6	23,8	10,3
16	E, KeB	102,6	964,9	102,2	123,1	411,2	96,3
17	r (Δ S)	2005	3304	4293	1966	1372	309
18	☉	8,9	32,2	22,2	10,9	15,6	5,0
19	F, KeB	121,0	1370,9	1372,1	1369,6	122,7	215,9
20	r (Δ S)	1508	2902	3705	1539	1045	271
21	☉	8,9	34,4	43,7	28,7	7,1	5,0
22	G, KeB	751,1	102,4	844,5	278,3	277,8	106,6
23	r (Δ S)	767	2873	2833	1367	984	234
24	☉	7,1	10,6	28,7	9,6	9,6	4,0
25	H, KeB	961,2	267,8	1217,2	1219,8	1214,4	496,6
26	r (Δ S)	506	2453	2735	1109	740	195
27	☉	6,3	15,1	32,1	18,7	15,2	5,4
28	I, KeB	265,8	656,9	966,4	73,9	216,7	410,9
29	r (Δ S)	455	1972	2291	873	611	180
30	☉	3,2	15,8	24,4	5,6	5,42	4,35
31	J, KeB	74,1	1806,0	409,8	840,0	238,6	165,4
32	r (Δ S)	394	1482	1920	603	523	172
33	☉	1,9	21,5	13,6	10,6	4,9	3,1

Примітка: 1.1 – 1.6 – номери експериментальних текстів ЕТ; TD, TC – тривалості охолодження, виміру відповідно; r (Δ S) – розряд (площа ППП); α – фактор надійності; латинські головні літери – умовне позначення експериментальних букв ЕБ.

Таблиця 2. А – словник МС (ГАН) для експериментальної букви 165 ± 5 КеВ експериментальних текстів 1.1 і 1.2 зразка 1.

ГАН	T 1/2	Модельне слово (E, КеВ (квантовий вихід, %))	h	p
ЕТ 1.1 для ЕБ $165,8 \pm 5$ КеВ				
1 А - словник				
Sn 123 м *	40,08 хв	160,3 (85) 381,7 (0,04)	2024	2024
Ba 139	82,7 хв	165,81 (22) 1420 (0,25) 1255 (0,03) 1311 (0,02)	1375	1375
Tb 164	2,9 хв	168,86 (23,6) 754,77 (21,8) 215,07 (19,7) 688,45 (19,7)	1,2	1,2
Ta 182 м2	15,84 хв	171,6 (45,7) 146,8 (34,8)	1,31	1,31
Re 183	70 д	162,32 (22) 291,72 (9,83)	2,24	2,24
Np 236	1150 р	160,2 (23,9) 1040 (7,37)	3,24	3,24
Ge 67	18,7 хв	166,5 (69) 915 (6)	11,5	11,5
2 А -, 3 А - словники				
Mg 27	9,46 хв	843,76 (71,5) 1014,43 (28,5) 170,68 (0,77)	1	92,9
Xe 127	36,41 д	202,4 (67,7) 172,1 (23,2) 374,6 (20,3) 145,22 (4,26)	5,46	15,9
Pm 151	28,4 год	340,07 (21) 167,72 (7,67) 275,8 (6,38)	1,2	3,29
Os 183	13 год	381,8 (88) 114,43 (23,8) 167,9 (8,8) 887,5 (4,4)	2	20
U 237	6,75 д	595,36 (34,6) 208,01 (22,4) 164,59 (1,92) 64,94 (1,25)	1,54	27,7
Sm 156	9,4 год	87,6 (24) 204 (21) 165,8 (11) 291 (2,8)	3,93	8,6
ЕТ 1.2 для ЕБ 166 ± 5 КеВ				
1 А - словник				
Ba 139	82,7 хв	165,81 (22) 1420 (0,25)	88	88
Tb 164	2,9	168,86 (23,6) 754,77 (21,8)	1,08	1,08
Ta 182 м2	15,84 хв	171,6 (45,7) 146,8 (34,8)	1,31	1,31
Re 183	70 д	162,32 (22) 291,72 (9,83)	2,24	2,24
2 А -, 3 А -, 4 А - словники				
Mg 27	9,46 хв	843,76 (71,5) 1014,43 (28,5) 170,68 (0,77)	1	92,9
Pm 151	28,4 год	340,07 (21) 167,72 (7,67) 275,8 (6,38) 718 (4,2)	1,83	5
Lu 173	1,37 р	271,97 (17,6) 78,7 (10,7) 100,74 (4,16) 171,4 (2,39) 636,1 (1,53) 179,25 (1,11) 557,4 (0,53) 285,3 (0,48)	4,98	38,3
U 237	6,75 д	595,36 (34,6) 208,01 (22,4) 164,59 (1,92) 64,94 (1,25) 332,34 (1,25)	1,16	27,7

Примітка: колонка ГАН – назва ГАН (МС); колонка $T_{1/2}$ – періоди напіврозпаду цих ГАН; колонка h – значення висоти модельної букви МБ А; колонка p – значення довжини модельного слова МС.

Таблиця 3. Значення відстаней l від модельної букви 165 ± 5 КеВ до відповідної експериментальної букви для експериментальних текстів 1.1 – 1.8 зразка 1.

	NN	1.1.	1.2.	1.3.	1.4.	1.5.	1.6.	1.7.	1.8.	
1	TD, хв	8	138	1508	2823	4128	15643	25688	35947	
2	ТС, хв	6	20	60	60	60	60	70	60	
3	ГАН	$T_{1/2} \setminus$	133,7	197,9	0,5	1,4	0,5	3,1	1,7	2,2
4	32 Ge 67	18,7 хв	335	647	-	1,8	-	4	1,9	6,4
5	56 Ba 139	84,63 хв	0,07	3,56	-	0,02	-	0,05	0,003	0,045
6	59 Pr 149	2,26 хв	240	662	-	0,085	-	1,6	3,5	74
7	61 Pm 151	28,4 год	488	90	-	0,97	-	2,56	1,3	6,8
8	62 Sm 156	9,4 год	584	1028	-	2,4	-	1,93	9,1	7,8
9	64 Gd 161	3,66 хв	17480	34647	-	14,9	-	928	387	592
10	68 Er 172	49,3 год	6359	1715	-	52	-	150,5	74,4	12,7
11	74 W 185m	1,67 хв	76	121	-	1,02	-	2,9	1,31	1,34
12	76 Os 183	13 год	1016	13177	-	51	-	71	200	57
13	78 Pt 200	12,5 год	7964	14102	-	5,9	-	38	7,3	19
14	79 Au 201	26 хв	390	268	-	4,5	-	0,5	3,1	4,9
15	81 Tl 201	72,91 год	6,7	8,9	-	0,0024	-	0,13	0,005	0,075
16	92 U 237	6,75 д	134	13567	-	82	-	102	36	74

Примітка: колонка 2 – модельні слова МС (ГАН); колонка 3 (починаючи з рядка 3) – значення періодів напіврозпаду $T_{1/2}$; рядки 2,3 – тривалості охолодження та виміру, відповідно; рядок 3 (починаючи з колонки 4) – значення фактора надійності α); колонки 4 – 11. (починаючи з рядка 4) – значення відстані l для модельних слів.

Література

1. Model S400 Genic – PC Spectroscopy System Use Genie-PC V2.3Users Manual. -1995.
2. Спектрометр гамма – излучения СЕГ–40 Ge – 1К. Инструкция по эксплуатации. НПК “Спектр”.- Киев.- 1999.
3. Ширяев А.Н. Вероятность. - М.: Наука.-1989. - 640с.
4. Стець М.В. // Наук. техн. збірн. “Проблеми економічного та соціального розвитку регіону і практика наукового експерименту.” . Вип. 16. – Київ-Ужгород-Ніредьгаза. : Карпати. - 2000. – С. 211–215.
5. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств. – М.: Радио и связь.-1982.-432с.
6. Горелик А.Л., Скрипкин В.А. Методы распознавания. – М. : Высшая школа.-1989.-232с.
7. Исследование процессов фотовозбуждения и распада состояния E1- гигантского резонанса атомных ядер. Отчет УжО ИЯИ АН УССР.-1989.- Ужгород. - с.134 - 198.
8. Стец М.В., Сикора Д.И., Рябиничев С.П. // Тез. докл. XXXVII сов. по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. Л.–1987. “Наука”. –С.569.
9. Пфанцагль И. Теория измерений - М. -Мир. - 1976. -248с.
10. Стець М.В., Бузаш В.М., Стець М.М. // Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Фізика. №13.- 2003. -с. 67-75.
11. Тустановский В.Т. Оценка точности и чувствительности активационного анализа. М. :Атомиздат.–1976. - 192 с.
12. Стець М.В., Стець М.М., Бузаш В.М., Базель Я.Р., Бриков О.О. // Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Хімія. Вип.9. 2003, с. 87-91.
13. Стець М.В., Стець М.М., Головей В.М., Бузаш В.М, Чундак С.Ю., Бриков О.О.// Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Хімія. Вип..10, 2003, с. 30-35.
14. Гусев Н.Г., Дмитриев П.П. Квантовое излучение радиоактивных нуклидов. -М.: Атомиздат. – 1977. – 397 с.
15. Схемы распада радионуклидов. Энергия и интенсивность излучения. Публикация МКРЗ. Книги 1, 2; часть 1, 2. – М.: Энергоатомиздат.1987р.
16. Беланова Т.С., и др. Радиационный захват нейтронов. -М. : Энергоатомиздат.-1970- 359с.
17. Firestone R.B., Shirley V.S. (Ed.): Table of Isotopes, 8 th edition, John Wiley & Sons, Inc.–1996.

MEASURES OF BELONGING IN ACTIVATION ANALYSIS PROBLEMS

Stets M.V¹., Stets M.M.¹, Buzash V.M.², Chundak S.Yu², Brikov O.O.²

The measures of belonging are considered, i.e. quantitative characteristics of quantitative analysis (identification) of nuclide and element composition of substance using activation methods. Apparatus gamma spectra (AGS) of irradiated sample are interpreted as a certain experimental text (ET), while an array of gamma-active nuclide (GAN) lines possible for this sample – as a certain model word (MW). MW location in ET could be estimated by quantitative values – length, height, distance – that are the measures of belonging of this MW to ET.

The use of the proposed measures of belonging for determination of Ba in samples of Muzhievo polymetal deposit.