

УДК 543.429.3+612.129.1+519.257

## ФАКТОРИЗАЦІЯ ДАНИХ ПРИКЛАДНОЇ ЯДЕРНОЇ ГАММА-СПЕКТРОМЕТРІЇ КРОВІ ЛЮДИНИ В ЗАДАЧАХ ОЦІНКИ СТАНУ ПАЦІЄНТІВ

<sup>1</sup>Поп О.М., <sup>1</sup>Стець М.В., <sup>1</sup>Маслюк В.Т., <sup>1</sup>Шпеник О.Б., <sup>2</sup>Бойко Н.В.,  
<sup>3</sup>Великокклад Л.Ю., <sup>3</sup>Кочмарь О.Ю., <sup>2</sup>Коваль Г.М., <sup>2</sup>Сірчак Є.С., <sup>2</sup>Сіксай Л.Т.

<sup>1</sup>Інститут електронної фізики НАН України, 88017, м. Ужгород, вул. Університетська, 21, [oksana\\_por@i.ua](mailto:oksana_por@i.ua).

<sup>2</sup>Ужгородський національний університет, 88000, м. Ужгород, вул. Підгірна, 46.

<sup>3</sup>Лікарня СМЗ УМВС України в Закарпатській області, 88000, м. Ужгород, вул. Грибоєдова, 12.

### Вступ

На сьогодні чітко розглядається перспектива значного скорочення природних паливних ресурсів. У зв'язку з цим, виникає об'єктивна передумова для використання атомної енергії в господарській діяльності людини. В ядерній енергетиці, тобто дійсно мирному використанню енергії ядра, існують 2 проблеми: захоронення радіоактивних відходів і збереження здоров'я та життя людини. Перша проблема являється чітко інженерною і тут все залежить від часу та засобів. Друга проблема потребує нових знань, які на сьогодні відсутні, про дію радіоактивного опромінення на організм людини. Всі одиниці вимірювання доз характеризують лише властивості випромінювання, але не дію його на організм [1].

Незважаючи на інтенсивні дослідження, які проводилися більше 20 років (після аварії на Чорнобильській АЕС) по дослідженню природної активності крові людини методами прикладної ядерної гамма-спектрометрії (ПЯГС) ряд медико-біологічних аспектів залишаються недостатньо вивченими.

Останнє десятиліття деякі дослідники розглядають іонізуюче випромінювання, як фактор ризику розвитку хвороб [2]. Так, наприклад, навіть на протязі 20 років не

вдалося виявити помітного виходу торія із організму людини. З часом він починає накопичуватися. При цьому можливий розвиток пухлинного процесу. Експозиція урану підвищує ризик смертності від серцево-судинних захворювань [3].

Найбільш радіочутливою є кров людини [4].

### Експериментальна частина

Нами була здійснена ПЯГС крові людини для отримання відносних та абсолютних значень питомої активності нуклідів Ac228, Bi212, Tl208, Ra226, Pb214, Bi214, K40, Cs137 та уламки поділу Ba133, Sb125, Cs134, Ag110m, Co60, Eu154. Як видно з даного переліку, в склад крові входять ізотопи із рядів Th232, U238. Активності цих ізотопів можуть змінюватися, а відповідно і співвідношення між ними, що свідчить про порушення радіоактивної рівноваги (РАР).

Мета роботи: розглянути РАР в зразках крові людини та провести факторизацію, яка факторизує дані на фактор-множини (див. далі). Ці фактор-множини можуть надати нову інформацію для медиків.

Встановлено, що математичні, статистичні, графічні та інші можливості Excel дозволяють в певній мірі здійснювати систематизацію даних (значень  $A_i$ ), виявляти

факти факторизації (класифікації, як групової ідентифікації). Факторизація – декомпозиція (розклад) або агрегація (об'єднання) досліджуваних множин (вибірок) на фактор-множини (множини, однорідні по певному фактору – значенню ознаки) лежить в основі теорії вимірювань. Ця факторизація проявляється графічно у вигляді скупчень точок. Ці скупчення точок, які є фактор-множинами, об'єднані відношенням близькості (подібності) [5, 6].

Виявлення таких послідовностей, як трендів (регресійних залежностей між значеннями в термінах Excel) є процедурою виявлення фактор-множин, об'єднаних відношенням функціональної залежності [7].

Досліджувалися зразки крові людей, які піддавалися радіоактивному опроміненню під час ліквідації наслідків аварії на Чорнобильській АЕС та тих, які не мали контакту з іонізуючим випромінюванням. Отже, наш масив даних становив 147 зразків.

Отже ми отримали дві групи: перша група (1) відповідає зразкам, які піддавалися радіоактивному опроміненню, а друга група (2) – зразкам, які не піддавалися радіоактивному опроміненню. Відповідним чином позначенні і рисунки.

ПЯГС зразків здійснена на спектрометричному комплексі «напівпровідниковий Ge(Li) детектор ДГДК-100В + аналізатор NTA-512 В і АМА-02 Ф». Кожен із зразків вимірювався 4 год [8, 9].

В результаті ми отримали фотопік ( $dS$ , імп) і фотопік фонових вимірів ( $dS_{фон}$ , імп). Робочими виразами для розрахунків питомої активності  $An$  є вирази:

$$\frac{dS - dS_{фон}}{m} = A,$$

де  $dS$  – фотопік.  $dS_{фон}$  – фотопік фонових вимірів.  $m$  – маса зразка.  $A$  – активність (імп/кг)

$$\frac{A}{TC_{ж}} \cdot TB = An$$

де  $A$  – активність (імп/кг).  $TC_{ж}$  – живий час.  $TB$  – метрологічний коефіцієнт для цієї лінії та цієї маси  $K$  гомогенного зразка.  $An$  – питома активність (Бк/кг).

Після розрахунку питомих активностей ми отримали таблицю відповідних  $An$  нашого масиву даних. Він представлений у вигляді

нуклідних спектрів типу зразка (НСТ) на рис. 1-4 та нуклідних спектрів зразка (НСЗ) на рис. 5-8.

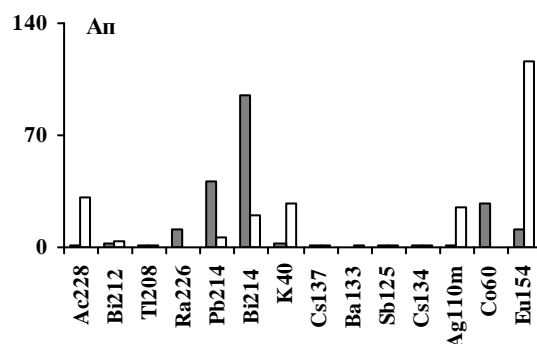


Рис.1. НСТ зразка №15 (сірий колір) та №89 (прозорий) першої групи.  $An$ , Бк/кг.

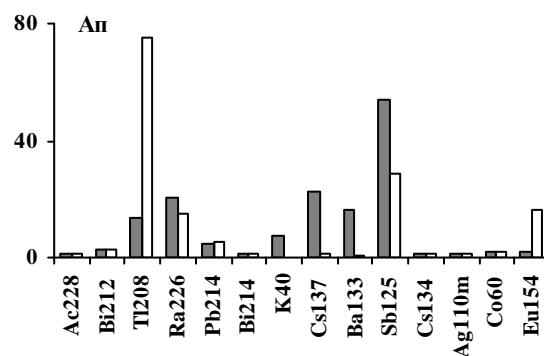


Рис.2. НСТ зразка №55 (сірий колір) та №122 (прозорий) першої групи.  $An$ , Бк/кг.

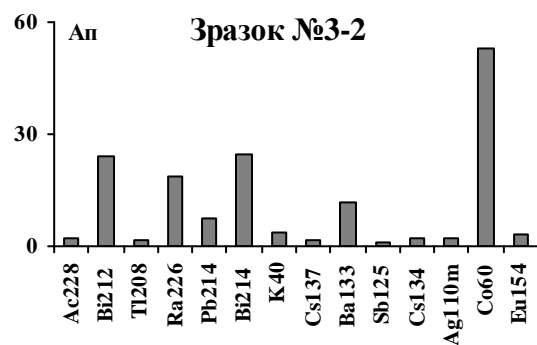


Рис.3. НСТ зразка №3 другої групи.  $An$ , Бк/кг.

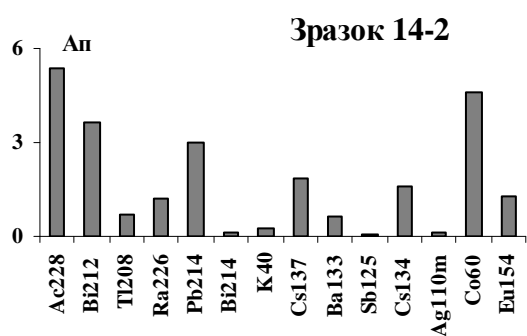


Рис.4. НСТ зразка №3 другої групи. *Ап*, Бк/кг.

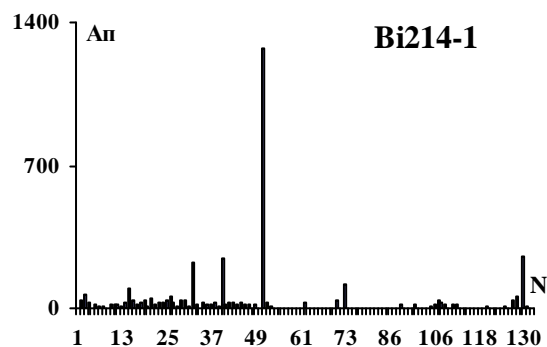


Рис.7. НСЗ Bi214 для зразків першої групи. *Ап*, Бк/кг. *N* – номери зразків.

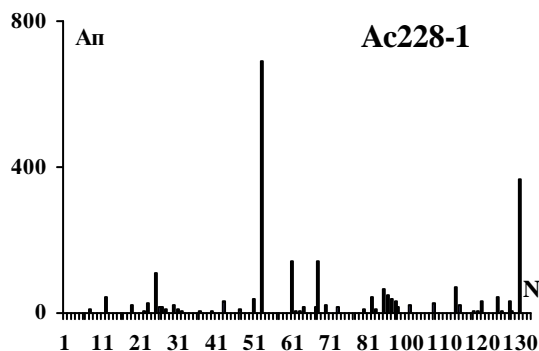


Рис.5. НСЗ Ac228 для зразків першої групи. *Ап*, Бк/кг. *N* – номери зразків.

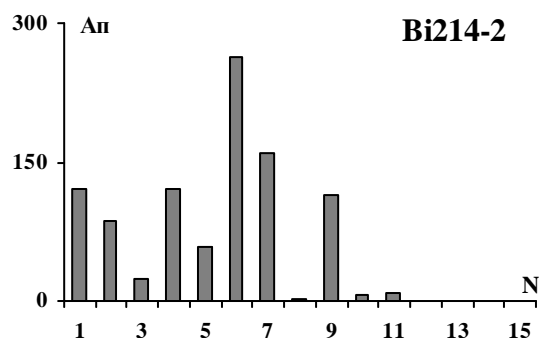


Рис.8. НСЗ Bi214 для зразків другої групи. *Ап*, Бк/кг. *N* – номери зразків.

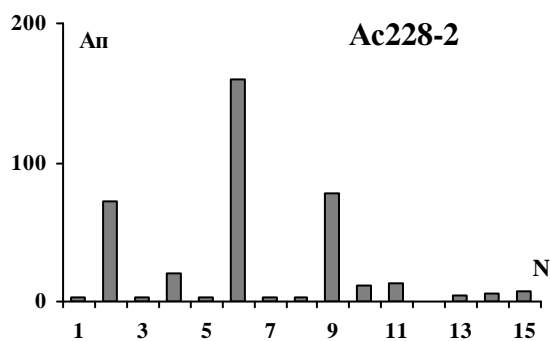


Рис.6. НСЗ Ac228 для зразків другої групи. *Ап*, Бк/кг. *N* – номери зразків.

Питома активність у деяких зразків першої групи (№15, №89) значно вища, ніж у другій. Однак є зразки першої групи (№55, №122), в яких *Ап* майже така ж як і в другій. Це свідчить про те, що зразки першої групи розпадаються на підгрупи, можливо за типом робіт, які вони виконували. Крім того, як видно з наведених рисунків, радіоактивна рівновага у цих зразках порушена, як в ряді Th232, так і в ряді U238. Порушення РАР різне в кожному зразку, що свідчить про особливості кожного зразка.

НСЗ відображають *Ап* певного радіонукліду у цілому масиві даних. Однак і тут наглядно видно, що зразки першої групи мають значно вищі *Ап*. Деякі зразки мають порівняно з іншими досить високі *Ап* радіонуклідів. Перша група, як бачимо, розбивається на декілька підгруп.

Маючи таблиці значень питомих активностей, можна визначити ще одну групову характеристику типу: розподіли частотей (РЧ) – відносну кількість (частість) появи того чи іншого значення *Ап*. В MS

Excel ми використовуємо функцію НОРМРАСП:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}}, x \in (-\infty, \infty)$$

Вона буде графік розподілу ймовірностей, які ми інтерпретуємо як частоти [5, 6].

На рис. 9 та рис. 10 наведено РЧ. На даних рисунках також наглядно продемонстрована відмінність між першою та другою групою.

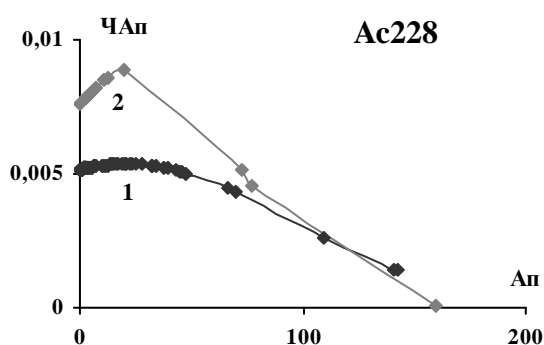


Рис.9. РЧ Ac228 для зразків першої (1) та другої (2) груп. Ап, Бк/кг.

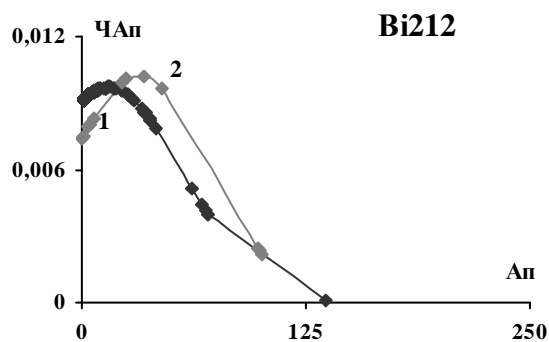


Рис.10. РЧ Bi212 для зразків першої (1) та другої (2) груп. Ап, Бк/кг.

На рис.11 наведений весь масив даних – до факторизації.

На рис. 12-14 наведені підгрупи, на які розпадається масив даних. З даних рисунків видно, що друга група зразків групується між собою і не корелює з першою (рис. 12). Перша група, в свою чергу, розпадається на сім підгруп (рис. 13, 14). Це свідчить про те, що люди знаходились в різних місцях чи

виконували різну роботу по ліквідації наслідків аварії на Чорнобильській АЕС.

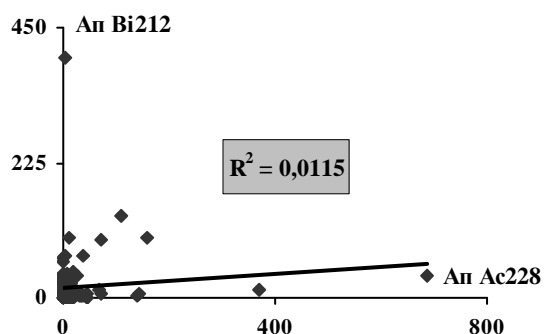


Рис.11. Діаграма “Апі-Апї” An Ac228/Bi212 для зразків першої та другої груп до факторизації.

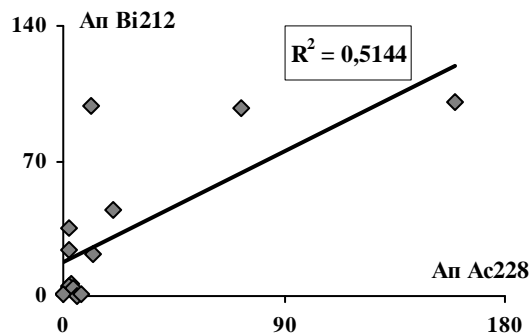


Рис.12. Діаграма “Апі-Апї” An Ac228/Bi212 для зразків першої та другої груп після факторизація.

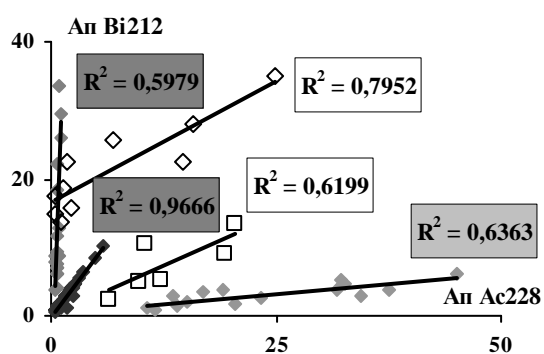


Рис.13. Діаграма “Апі-Апї” An Ac228/Bi212 для зразків першої та другої груп після факторизація.

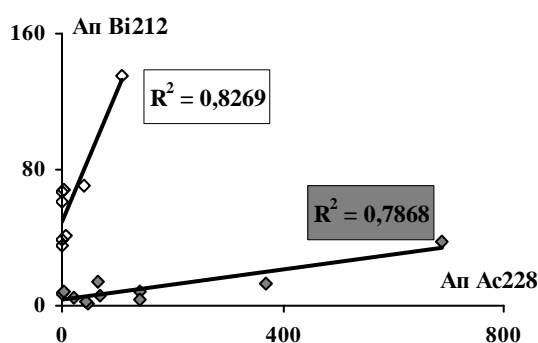


Рис.14. Діаграма “Апi-Апj”  $An\ Ac228/Bi212$  для зразків першої та другої груп після факторизація.

### Висновки

Аналіз отриманих нами даних вказує, що методами ПЯГС, статистичної обробки (регресійний аналіз) можна здійснювати діагностику та профілактику населення. Можна контролювати вміст радіонуклідів в крові людини за питомою активністю радіонуклідів у контрольній групі. Також виявлений факт порушення РАР.

### Література

1. Пшеничников Б. Дозы Чернобыля // Пост Чернобыль. – 2007. – 49, №1.
2. Радиационный риск заболеваемости и смертности от ишемической болезни сердца в когорте работников по «Маяк» / Т.В. Азизова, К.Р. Мюирхед, М.Б. Мосеева и др. // Хроническое радиационное воздействие: эффекты малых доз: Тезисы докладов IV международной конференции, 9-11 ноября 2010 г. – Челябинск, 2010. – С. 49.

3. Взаимосоотношение между профессиональной экспозицией урану и смертностью от сердечно-сосудистых заболеваний / Ж.Ф. Гарсии, И. Гусева Каню, Е. Кардис и др. // Хроническое радиационное воздействие: эффекты малых доз: Тезисы докладов IV международной конференции, 9-11 ноября 2010 г. – Челябинск, 2010. – С. 50

4. Ярилин А.А. Действие ионизирующей радиации на лимфоциты (повреждающий и активирующий эффекты) // Иммунология. – №5. – С.5-11.

5. Стець М.В., Матьовка О.М.. Пошук залежностей в масивах даних природної гамма-активності зразків довкілля // Науковий Вісник Ужгородського університету. Сер. Хімія. – 2009. – Вип. 22. — С. 158-165.

6. Пузаченко Ю.Г. Математические методы в экологических и географических исследованиях. – М: Академия, 2004. – 416с.

7. Уокенбах Дж. Диаграммы в Excel. – М: Мир, 1976. – 376с.

8. Стець М.В., Сіксаї Л.Т. Використання гамма-спектрометричних методів визначення вмісту радіонуклідів для проведення медичних досліджень функціонального стану органів людини // Проблеми економічного та соціального розвитку регіону і практика наукового експерименту. Науково технічний збірник. – Київ-Ужгород, 1994. – Вип. 10. – С.185.

9. Стець М.В., Матьовка О.М., Маслюк В.Т., Ченбай А.С., Осипенко А.П. Прикладная ядерная гамма-спектрометрия естественной гамма-активности образцов крови человека в постчернобыльский период // Тезисы докладов VII конференция по физике высоких энергий, ядерной физике и ускорителям, 21-25 февраля 2011 г. – Харьков, 2010. – С. 36.

## FACTORIZATION OF APPLIED NUCLEAR GAMMA SPECTROMETRY OF HUMAN BLOOD DATA IN PROBLEMS OF THE PATIENT ASSESSMENT

Pop O.M., Stec M.V., Maslyuk V.T., Shpenik O.B., Boiko N.V., Velykoklad L.Y., Kochmar O.U., Koval G.M., Sirchak E.S., Siksay L.T.

Specific activity of gamma-active nuclides (GAN) from Th232 and U238 series of blood samples of people who were subjected to radiation exposure during the Chernobyl accident and the people who hadn't been irradiated was determined using semiconductor gamma-spectrometry. Radioactive equilibrium in human blood samples has been established. Distributions of frequencies and factorization, which decomposes the data on the factor-sets, were constructed This factor sets can provide new information for physicians.