

# ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПРОДУКТІВ ФОТОЯДЕРНОЇ АКТИВАЦІЇ СОЛЕЙ МЕРТВОГО МОРЯ ТА ОЗЕРА КУНІГУНДА

**О.О. ПАРЛАГ, В.Т. МАСЛЮК, В.М. БУЗАШ\*, С.Ю. ЧУНДАК\***

Інститут електронної фізики Національної академії наук України,

88016 м. Ужгород, вул. Університетська, 21.

\*Ужгородський національний університет,

88000 м. Ужгород, вул. Підгірна, 46.

Представлено результати визначення Na, Cl та Br у зразках солі озера Кунігунда (с.м.т. Солотвино) та Мертвого моря фотоактиваційним методом та проведено їх порівняльний аналіз.

## ВСТУП

На місці виходу на поверхню куполу Солотвинського масиву кам'яної солі утворилися карстові соляні озера. Найбільше з них - озеро Кунігунда (глибина від 1 до 8 м, площа ~ 800 м<sup>2</sup>), яке містить ропу та слоабколужну мулову грязь. Озеро є природнім оздоровчим центром. Природні фактори соленого озера широко використовуються для доліковування та реабілітації хворих на псоріаз та інших хвороб [1-3]. Лікувальні властивості ропи соленого озера обумовлені її фізико-хімічним та бактеріальним складом. Його дослідженню присвячено ряд робіт [1-7].

## МЕТОДИКА ВИМІРЮВАНЬ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для дослідження зразків солей озера Кунігунда та порівняння їх з солями Мертвого моря використовувався метод неструктивного фотоактиваційного аналізу, який заснований на використанні збуджуючого випромінювання потоків фотонів високих енергій (до 30 MeV від порогових значень) [9-12]. Його перевага у порівнянні з іншими аналітичними

В представленій роботі проведено порівняльний аналіз вмісту Na, Cl та Br у зразках солей озера Кунігунда та Мертвого моря фотоядерним активаційним методом. Ці елементи відіграють життєво важливу роль у регуляції різних функцій організму [8]. Натрій в організмі відповідає за кислотно-лужний баланс, нормалізує артеріальний тиск, сприяє проникненню поживних речовин у клітину. Хлор – є одним з основних регуляторів осмотичного тиску у клітині, який підтримує необхідний водний баланс. Бром – володіє антисептичною та антистресовою дією.

методиками (наприклад: кондуктометричним, титриметричним та флуориметричним) полягає в селективності аналізу через пороговий характер фотоядерних реакцій та високій експресності, продуктивності і чутливості внаслідок можливості незначної активації елементів матриці досліджуваної речовини [9-10].

Дослідження проводилися відносним методом, тобто проводилося одночасне опромінювання зразків солей

озера Кунігунда, Мертвого моря та реперів Na, Cl та Br для контролю.

У якості зразків озера Кунігунда використовувалися:

- сухий залишок безпосередньо з ропи озера (Ропа об'ємом 0.5 л, відбір якої проведено 08.2000 р., повільно випаровувалася до утворення сухого продукту, вихід якого становив 47.24 г);
- та бальнео препаратів з НПО «Реабілітація», відібраних 06.2001 р.

У якості зразків Мертвого моря використовувалися:

- сіль відібрану 05. 2001 р. на Мертвому морі (Ізраїль) та
- комерційний продукт "Dr. Nona<sup>R</sup>" (Ізраїль).

Характеристики зразків, які використовувалися при проведенні досліджень представлені у Таблиці 1.

Таблиця 1. Характеристики експериментальних серій та зразків, які використовувалися в дослідженнях.

Номер експериментальної серії	I	I	II	II	III	III
Номер зразка	1	2	3	4	5	6
Маса (г)	0.1474	0.2727	0.1322	0.5480	3.7841	5.0348
Опис зразка	Сіль для ван Dr. Nona <sup>R</sup> (Ізраїль)	Сіль, отримана шляхом випаровування ропи з озера <sup>1.)</sup> 08. 2000 р.	Сіль для ван Dr. Nona <sup>R</sup> (Ізраїль)	Бальнео препарат НПО "Реабілітац." 06. 2001 р.	Сіль Мертвого моря (Ізраїль) Пробовідбір: 05. 2000 р.	Бальнео препарат НПО "Реабілітац." 06. 2001 р.
Енергія активації (MeV)	14.9	14.9	14.9	14.9	12.0	12.0
Струм (мкА)	~ 5	~ 5	~ 5	~ 5	~ 7	~ 7
Час активації (год.)	2.00	2.00	0.42	0.42	2.25	1.90
Часи витримки (год.)	0.1 – 18.0	0.07 – 19.0	0.07 – 14.0	0.20 – 16.0	0.07 – 22.0	0.07 – 25.0
Часовий інтервал вимірів (год.)	0.83 – 1.00	0.83 – 1.00	0.83 – 1.00	0.83 – 1.00	0.83 – 1.00	0.83 – 1.00
Кількість серій вимірів	9	12	7	9	10	8
Код спектру	0417ds5.sps	0417sol5.sps	0423ds5.sps	0423sol5.sps	1221d3.sps	1221r3.sps
Час охолодження ( год.)	0.72	0.42	1.01	1.32	0.07	0.07
Час виміру (год.)	0.28	0.28	0.28	0.28	0.33	0.33
Активність по <sup>24</sup> Na (імп./сек.) <sup>2.)</sup>	-	-	-	-	0.356 (1368) 0.151 (2754)	0.443 (1368) 0.154 (2754)
Активність по <sup>34m</sup> Cl (імп./сек.) <sup>2.)</sup>	328.8 (145) <sup>3.)</sup> 10.38 (1177) 16.31 (2128)	279.8 (145.7) 8.30 (1177) 14.13 (2128)	622.8 (145.7) 18.94 (1177) 31.77 (2128)	257.4 (145.7) 6.64 (1177) 13.6 (2128)	0.017 (1642) 0.021 (2167)	0.017 (1642) 0.021 (2167)
Активність по <sup>80</sup> Br (імп./сек.) <sup>2.)</sup>	27.41 (617)	1.380 (617)	39.95 (617)	1.690 (617)	0.0894 (617)	0.0071 (617)

Примітки:

1.) Випаровувалося 0.5 дм<sup>3</sup> ропи.

2.) Інтенсивність приведена для однакових часів активації, охолодження, виміру та маси в кожній експериментальній серії.

3.) В дужках приведені енергії аналітичних ліній (кеВ) у досліджуваних гамма-спектрах.

Опромінення зразків солей здійснювалися на електронному прискорювачі ІЕФ НАН України - мікротроні М-30 в стандартних геометричних умовах при максимальній енергії електронів 12 та 14.9 МеВ і середньому струмі ~ 6 мкА. Енергія активації, часи опромінення, охолодження (витримки) та вимірів вибиралася виходячи з ядерно-фізичних

характеристик досліджуваних елементів (Таблиця 2).

Проведена оцінка оптимальних параметрів експериментальних досліджень зразків, виходячи з їх ядерно-фізичних характеристик.

Визначення вмісту Na, Cl та Br проводилося по аналітичним лініям утворених ізотопів  $^{24}\text{Na}$ ,  $^{34}\text{Cl}$ ,  $^{38}\text{Cl}$  та  $^{80}\text{Br}$ .

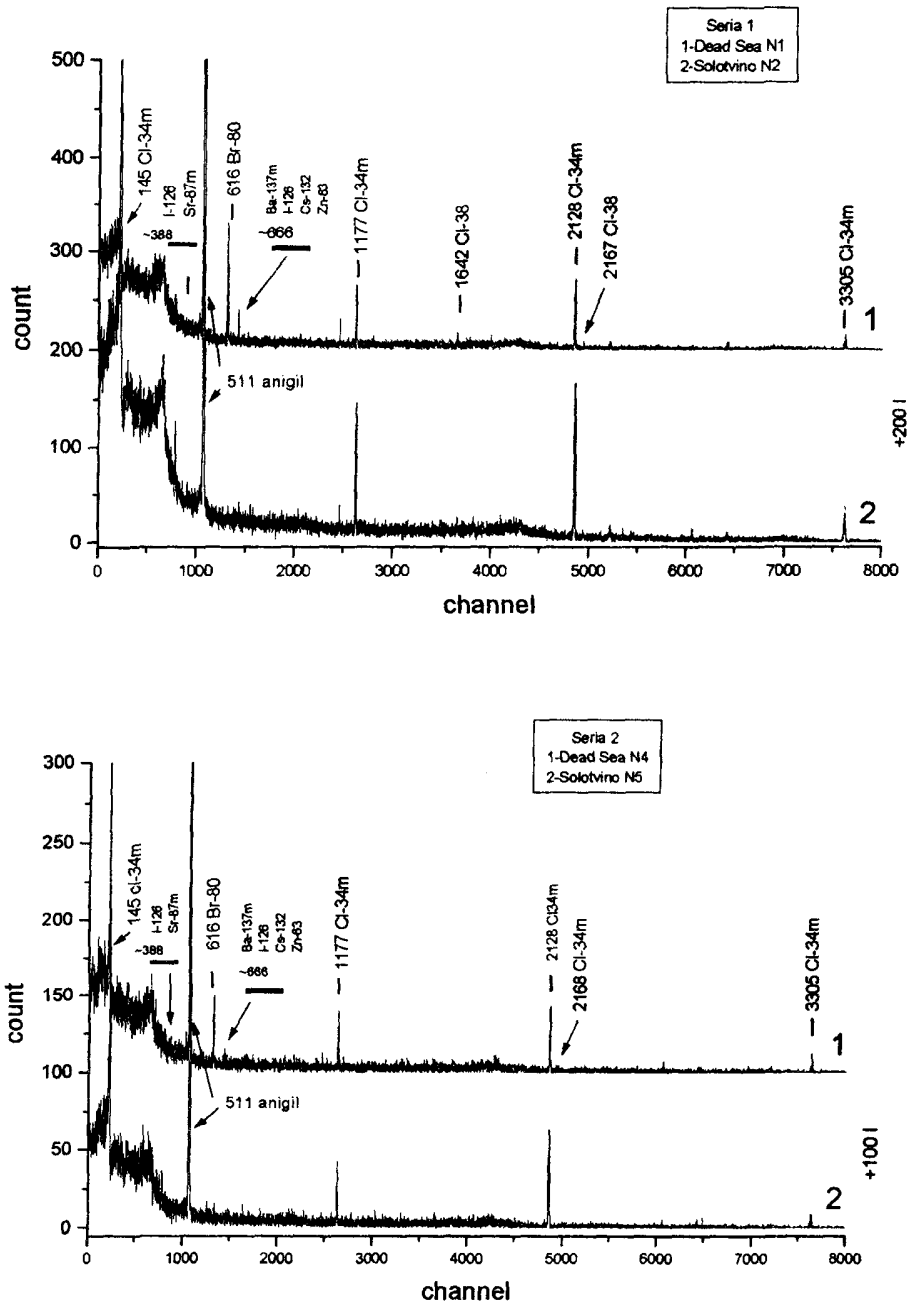


Рис. 1 Фрагменти спектрів продуктів активації солей озера Кунігунда та Мертвого моря 1-ої та 2-ої експериментальних серій.

Виміри проводилися на гамма-спектрометричному комплексі SBS-40 з напівпровідниковим Ge(Li)-детектором (ефективний об'єм 100 см<sup>3</sup>), роздільна здатність якого не перевищувала ~ 3 кеВ для лінії Co-60 1333 кеВ.

Маса конкретного елемента у досліджуваному зразку - це основна

величина, яка визначається в данному методі аналізу і залежить від його активності після збудження. Тому, експериментально вимірювана величина - це швидкість лічби у піках повного поглинання з енергіями, які відповідають енергіям аналітичних ліній активованих зразків.

Таблиця 2. Ядерно-фізичні характеристики досліджуваних елементів.

Елемент	Ізотоп	Природ. розповсюдженість (%)	Поріг реакції (МеВ)	Реакція	Продукт реакції	Період напіврозпаду	Аналітичні лінії, квантовий вихід КеВ, (%)
Хлор	Cl-35	75.53	12.78	(γ,п)	Cl-34m	32.00 м.	145.7 (35.80)* 511.0 (200) 1177. (14.20)* 2128. (48.39)*
Хлор	Cl-35	24.23	-	(п,γ)	Cl-38	37.24 м.	1642.7 (31.9)* 2167.4 (42.4)*
Бром	Br-81	49.48	10.16	(γ,п)	Br-80	17.60 м.	511.0 (5.0) 617.0 (7.20)* 665.7 (1.09)
Натрій	Na-23	100.	-	(п,γ)	Na-24	15.00 h	1368.5 (100)* 2754.1 (99.9)*

Примітка: \* - відмічені аналітичні лінії, які використовувалися в експерименті.

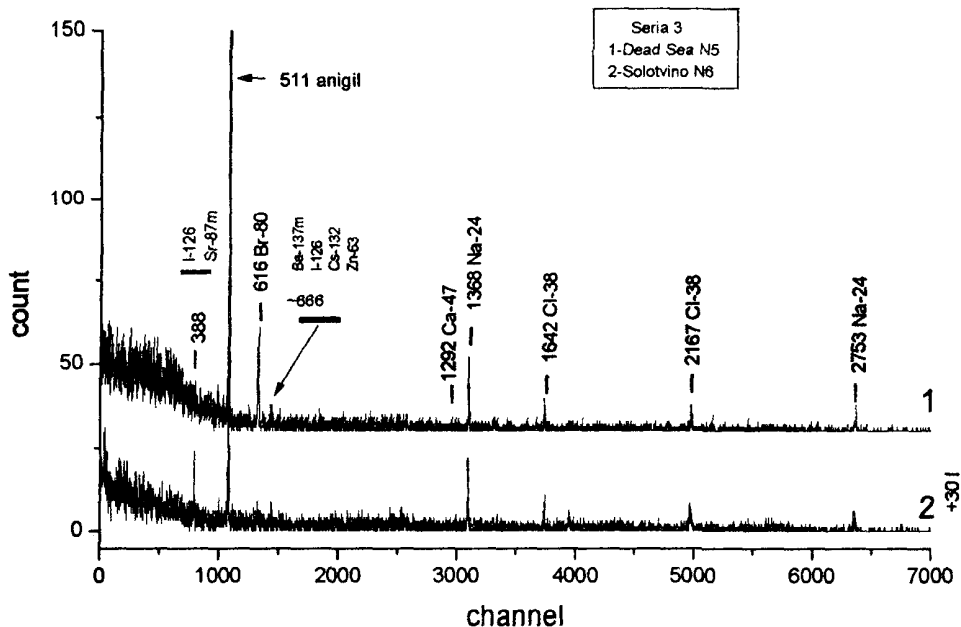


Рис.2 Фрагменти спектрів продуктів активації солей озера Кунігунда та Мертвого моря 1-ої та 2-ої експериментальних серій.

Типові гамма-спектри зразків солей Мертвого моря та озера Кунігунда активованих при енергії 14.9 МеВ представлені на Рис. 1, а при енергії 12 МеВ - на Рис. 2.

Характеристики серій дослідження зразків та результати виміру інтенсивностей піків повного поглинання, які відповідають Na, Cl та Br представлені у Таблиці 2.

Статистична похибка окремої серії вимірів обумовлена похибкою визначення активності, яка в кожному конкретному випадку залежала від точності виміру, часових інтервалів та значень ядерно-фізичних констант, які використовували для розрахунків. Розбіжність результатів визначення

вмісту натрію та хлору по різних аналітичним лініям не перевищувала 5 %.

Похибками, викликаними неоднорідністю потоку прискорених частинок, та наявністю побічних ядерних реакцій для ізотопу, який визначається, можна знехтувати в наслідок специфіки проведення експерименту.

Сумарна статистична похибка кожного окремого незалежного визначення не перевищувала ~10 %.

В результаті проведеної роботи фотоядерним активаційним методом визначено вміст Na, Cl та Br у зразках солі озера Кунігунда ( Таблиця 3). Встановлено, що вміст Na ~ 127.4 (г/кг), Cl ~ 519.0 (г/кг) та Br ~ 0.580 – 0.673 (г/кг).

Таблиця 3. Вміст елементів в розрахунку на 1 кг солі.

	Na (г/кг)	Cl (г/кг)	Br (г/кг)
Мертве море [13 – 16]	89.1 – 114.6 ~ 101.9	499.7 – 642.5 ~ 571.1	11.7 – 15.1 ~ 13.4
о. Кунігунда	~ 127.4	~ 519.0	~ 0.580 - 0.673

Таким чином вміст, бром у солях озера Кунігунда значно менший, ніж у солях Мертвого моря. Відношення вмісту Na, Cl та Br в солях Мертвого моря до

вмісту тих же іонів в солях озера Кунігунда становить: Na: ~ 0.8; Cl ~ 1.01 – 1.15; Br ~ 19.9 – 23.1.

## ВИСНОВКИ

Встановлено, що:

1 Вміст натрію та хлору в солях мертвого моря та озера Кунігунда співрозмірні, що забезпечує практично однаковий

фармакотерапевтичний ефект на організм людини.

2. Вміст бром, одержаний фотоактиваційним методом, у солях Мертвого моря значно вищий порівняно із солями озера.

1. Лемко І.С., Шаркань Й.П., Січка М.Ю та інш. Бальнеологічна характеристика соляних озер курорту Солотвино. // Бальнеологія. – 1999. – В. . – С. 87 – 93.
2. Рогач І.М., Лемко І.С., Киртич Л.П. та інш. Лікувально-оздоровче використання екологічно чистих природних територій. // Матеріали науково-практичної конференції «Шляхи розв'язання екологічних проблем Карпатського регіону в контексті спільної діяльності державних

та громадських організацій.» Закарпаття. – 2000. – С. 25 - 27.

3. Андрашко Ю.В. Використання природних факторів озера Кунігунда селища Солотвино Закарпатської області України при лікуванні хворих на псоріаз. // Український бальнеологічний журнал. – 2001. – № 1. - С. 16 – 19.

4. Шаркань Й.П., Січка М.Ю., Лемко І.С. та інш. Особливості фізико-хімічних властивостей Солотвинських озер. //

- Вісник УжНУ. Серія Хімія. – 2001. – В. 6. – С. 148 – 151.
5. Курортно-рекреаційні зони Закарпаття. Довідник. (Під ред. Киртича Л.П.) // Ужгород. – 2000. – С. 200 – 202.
6. Парлаг О.О., Маслюк В.Т., Бузаш В.М., та інші. Про спектральний склад зразків соленого озера (с.м.т. Солотвино) досліджених методом напівпровідникової гамма-спектрометрії. // Вісник УжНУ. Серія Хімія. – 2001. – В. 6. – С. 103 – 107.
7. Андрашко Ю.В., Миронюк І.С., Парлаг О.О. Результати вивчення окремих показників екологічної чистоти лікувальних факторів (мулової грязі) озера Кунігунда селища Солотвино Закарпатської області. // Укр. бальнеологічний журнал. – 2002, – №1, –С. 24-27.
8. А. П. Авцын, А. А. Жаворонков, М. А. Риш, Л. С. Строчкова. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология. // АМН СССР. - М.: Медицина. – 1991. – С. 496.
9. Тельдеши Ю., Яковлев Ю., Билимович Г. // Диагностика окружающей среды радиоаналитическими методами. М.: Энергоатомиздат. – 1985. – С. 192.
10. Kosta, M. Dermelj, J. Sluneko. High energy photon activation. Pure Appl. Chem. 37, 251-283 (1974).
11. K. Siddapa-Ganesh and K.M. Balakrishna Neutron and Gamma Activation Analyses Using Microtron Facility. // Proceedings of the 14th World Conference on Non-Destructive Testing, New Delhi. 8 – 13 December 1996. – V. 2. – P. 389 – 392.
12. Бурмистенко Ю.В. // Фотоядерный анализ состава вещества. М.: Энергоатомиздат. – 1986. – С. 200.
13. Лечебные соли и грязи Мертвого моря.  
[http://www.user.cityline.ru/~sunny\\_1/Lisa n.html](http://www.user.cityline.ru/~sunny_1/Lisa n.html)
14. Минеральные кристаллические соли Мертвого моря.  
[http://www.lisan.ru/cosmetic\\_salt.html](http://www.lisan.ru/cosmetic_salt.html)
15. Э. Г. Зак, В.М. Назаренко. Живое Мертвое море. // МПГУ им. Ленина.
16. Minerals and Chemicals found in the Dead Sea. // W.H.S.C. Ltd. – 2000.  
<http://www.deadseacosmetics4u.com>
17. Робота виконана при підтримці УНТЦ, проект № 2172

## COMPARATIVE ANALYSIS OF PHOTONUCLEAR ACTIVATION PRODUCTS OF DEAD SEA AND CUNIGUNDA LAKE SALTS

**O.O. PARLAG, V.T. MASLYUK, V.M. BUZASH\*,  
S.Yu. CHYNDAK\***

Institute of Electron Physics National Academy of Science of Ukraine,

21, Universitetska str., 294016 Uzhgorod, Ukraine. e-mail: iep@iep.uzhgorod.ua

\*Uzhgorod National University, 46, Pidgirna str., 88000 Uzhgorod, Ukraine.

9a, Kapitulna str., Uzhgorod 88000, Ukraine

Determination of the Na, Cl and Br in the Cunigunda lake (Solotvino) and Dead sea salt samples with help the photoactivation method is presented and made its comparative analysis