

ПРО МОЖЛИВІСТЬ ВИЗНАЧЕННЯ ЗАПАСІВ ТРАНСУРАНОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЗА ДАНИМИ ГАММА-КАРОТАЖУ

М. І. Панасюк, С. С. Підберезний, А. Д. Скорбун

Інститут проблем безпеки АЕС НАН України, Чорнобиль

На основі порівняльного аналізу даних гамма-каротажу та відповідних результатів радіохімічних аналізів показано, що існує надійна кореляція між кількістю ^{137}Cs , ^{238}Pu та іншими радіонуклідами в активному шарі ґрунтів навколо зруйнованого 4-го енергоблока ЧАЕС. Доведено, що дані гамма-каротажу адекватно відображають розподіл радіонуклідів у ґрунтах дослідженої території і на їх основі можна оцінювати запаси трансуранових елементів, не використовуючи трудомісткі радіохімічні аналізи.

На основі виконаного в останні роки гамма-каротажу свердловин, пробурених на території локальної зони об'єкта "Укриття", було оцінено питому активність ґрунтів, просторовий розподіл активності та підраховано запаси ^{137}Cs . А на цій основі за допомогою так званих паливних співвідношень визначено запаси інших радіонуклідів, у тому числі трансуранових елементів (ТУЕ) [1 - 3].

Проте при оцінці точності вказаних підрахунків постійно виникає ряд запитань, що стосуються як методики гамма-каротажу, яка дає концентрацію ^{137}Cs , так і використання перерахункових коефіцієнтів для визначення кількості ^{137}Cs серед інших радіонуклідів.

При розгляді методики гамма-каротажу першим виникає питання про рівномірність розподілу радіонуклідів у ґрунтах навколо свердловини. Наприклад, чи не закопаний поруч із свердловиною уламок твела, який і створює вимірюване гамма-поле. Основна відповідь на це – наявність високоактивного шару ґрунту, розповсюдженого по всій території локальної зони об'єкта "Укриття". Свідчать про це не тільки і не стільки дані гамма-каротажу, а в першу чергу наявність у кожній свердловині високоактивного ядра, піднятого відповідно з інтервалу залягання активного шару. Відповідь на запитання щодо того, наскільки рівномірно розподілені радіонукліди в ґрунті, не така очевидна, проте і це питання досліджувалось різними методами [4].

На перший погляд, використання паливних співвідношень між концентраціями радіонуклідів, що випали на територію навколо 4-го енергоблока ЧАЕС, для оцінки кількості одних по вимірюванням інших є очевидним. З іншого боку, вплив конденсаційного цезію може різко спотворювати картину [5], так само як і процеси вилуговування та міграції радіонуклідів [6 - 9]. Зроблене в [10] співставлення даних гамма-каротажу та лабораторних аналізів виявило значні розбіжності в результатах.

У даній роботі виконано порівняння даних гамма-каротажу і радіохімічних аналізів проб ядра свердловин для прояснення цих питань. Було показано, що ці розбіжності виникають при співставленні результатів для різних зон розташування ґрунту - нижче активного шару, вище активного шару і в активному шарі (зона 2). Тому нижче розглядаються результати, одержані виключно для активного шару.

Експериментальні результати

У процесі наукового супроводу буріння свердловин у локальній зоні об'єкта "Укриття" відбирались проби ядра з різних інтервалів глибин, які потім було проаналізовано в лабораторії на вміст радіонуклідів. У даній роботі розглянуто можливість оцінювання ^{238}Pu за даними вимірювання ^{137}Cs для так званого активного шару ґрунту, в якому знаходиться паливо, що випало на поверхню землі під час аварії.

Для цих ґрунтів найбільш імовірно очікувати паливні співвідношення між нуклідами. У той же час, наприклад, забруднення ґрунтів, що залягають нижче, уже потрібно пов'язу-

вати з процесами міграції тощо. Результати лабораторних аналізів показали, що між різними ізотопами для розглянутої зони активного шару зберігається стабільне співвідношення. На рис. 1 показано співвідношення між радіонуклідами ^{137}Cs та ^{238}Pu , одержане за результатами лабораторних аналізів проб керн з різних свердловин. Як видно з рисунка, співвідношення між ними досить стабільне. Тому основним доказом можливості використання гамма-каротажу для поставленої задачі буде наявність стабільного співвідношення між кількостями ^{137}Cs , одержаними за результатами лабораторних аналізів та, відповідно, гамма-каротажу. Цей результат показано на рис. 2. Беручи до уваги проблему точної прив'язки вибраного керн до певного діапазона глибин, а також можливість його забруднення в процесі відбору, результат збігу можна вважати дуже хорошим. Таким чином, можна вважати встановленим, що результати гамма-каротажу адекватно відображають розповсюдження радіонуклідів у досліджуваних ґрунтах. У свою чергу це дає змогу використовувати дані гамма-каротажу для оцінки запасів ТУЕ за допомогою кореляційних співвідношень.

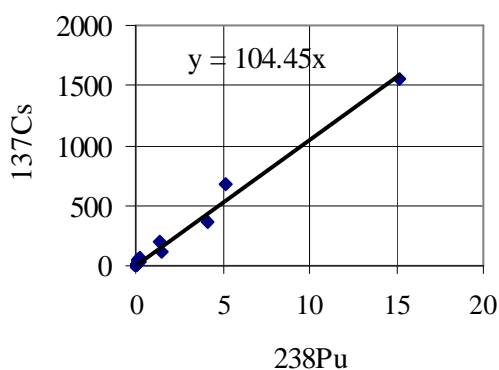


Рис. 1. Співвідношення між ^{137}Cs та ^{238}Pu для активного шару, одержане за лабораторними аналізами проб.

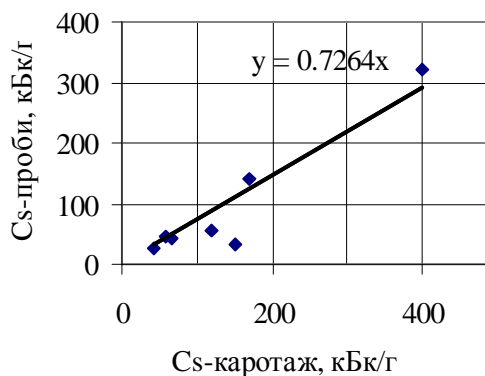


Рис. 2. Порівняння результатів вимірювання питомої активності ^{137}Cs , одержаних методом гамма-каротажу та за лабораторними аналізами проб.

Оцінка запасів ТУЕ

Використання ГІС-технологій для аналізу радіоактивного забруднення території 30-кілометрової зони навколо ЧАЕС стає все більш розповсюдженим [11 - 12]. Використання цих технологій не тільки покращує візуалізацію результатів, але й дозволяє виконувати різного роду аналізи та підрахунки.

ArcGIS 8.3 у складі ArcView 8.3, 3D Analyst і Spatial Analyst забезпечує широкий вибір функцій просторового моделювання й аналізу, який дозволяє створювати растрові дані, будувати до них запити, вести картографування й аналіз на їх основі. Виходячи з нашої основної задачі - визначення кількості даного радіонукліда на заданій ділянці промайданчика об'єкта "Укриття", було визначено необхідну послідовність операцій при роботі з ArcGIS. За допомогою модуля Spatial Analyst методом інтерполяції будуються растрові карти розподілу нукліда (рис. 3 та 4) і потужності (товщини) шару. Інструментом "Калькулятор растрів" перемножуються значення комірок одного шару на інший, і за допомогою модуля 3D Analyst вираховується об'єм даного шару, значення якого пропорційне запасам нукліда.

Застосування технології, заснованої на використанні ArcGIS, дає змогу не тільки виключити трудомісткі розрахунки за допомогою традиційних методів, прийнятих у геологічній практиці, але й дає принципово нову можливість використовувати при підрахунку запасів не усереднені по кількох точках дані, а проінтерпольовані по всьому об'єму. Необхідно врахувати той факт, що дані для побудови карт розподілу активності нукліда та визначення запасів беруться з мережі призначених для гідроекологічного моніторингу свердловин, які по промайданчику об'єкта "Укриття" розподілені дуже нерівномірно, що добре видно з рис. 4.

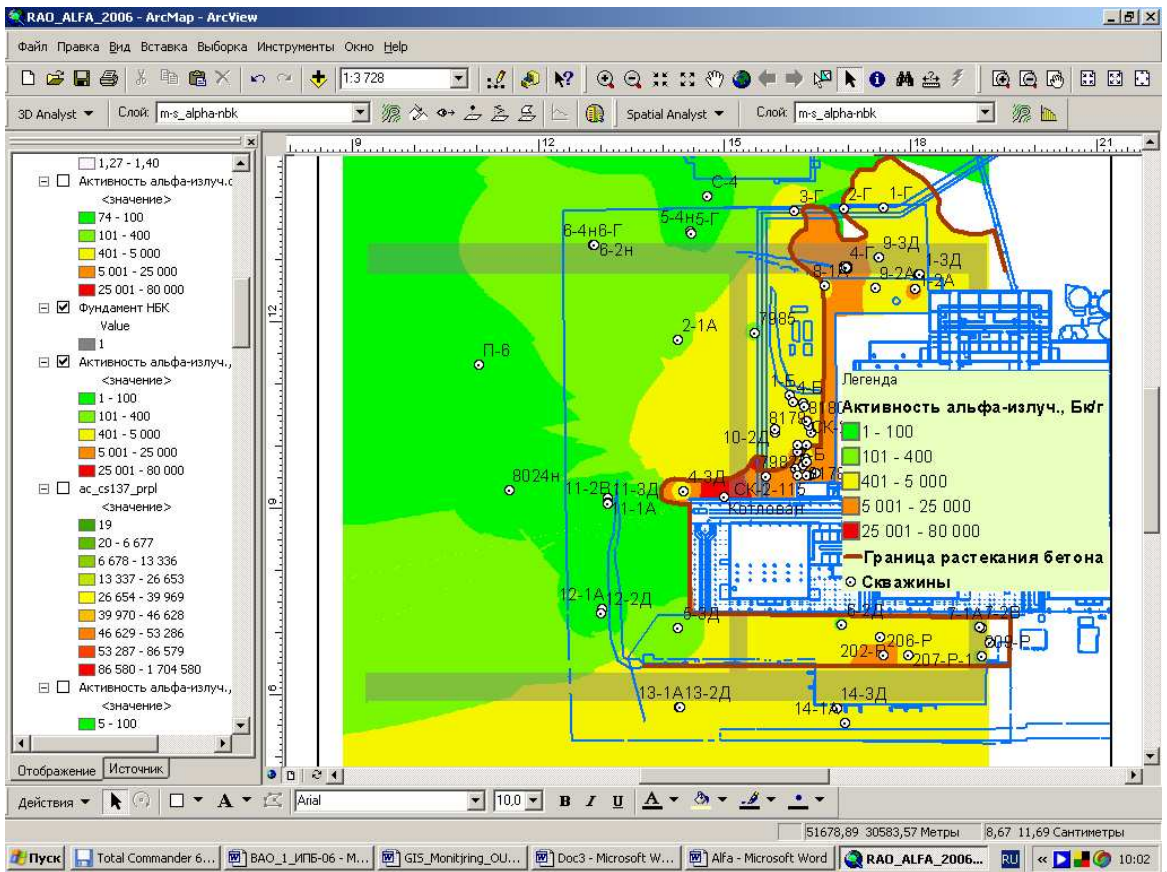


Рис. 3. Вікно інтерфейсу ArcView 8.3. Показано шари: схема проммайданчика об'єкта «Укриття» та розташування свердловин, карта розподілу ТУЕ, пляма фундаменту нового безпечного конфайнмента.

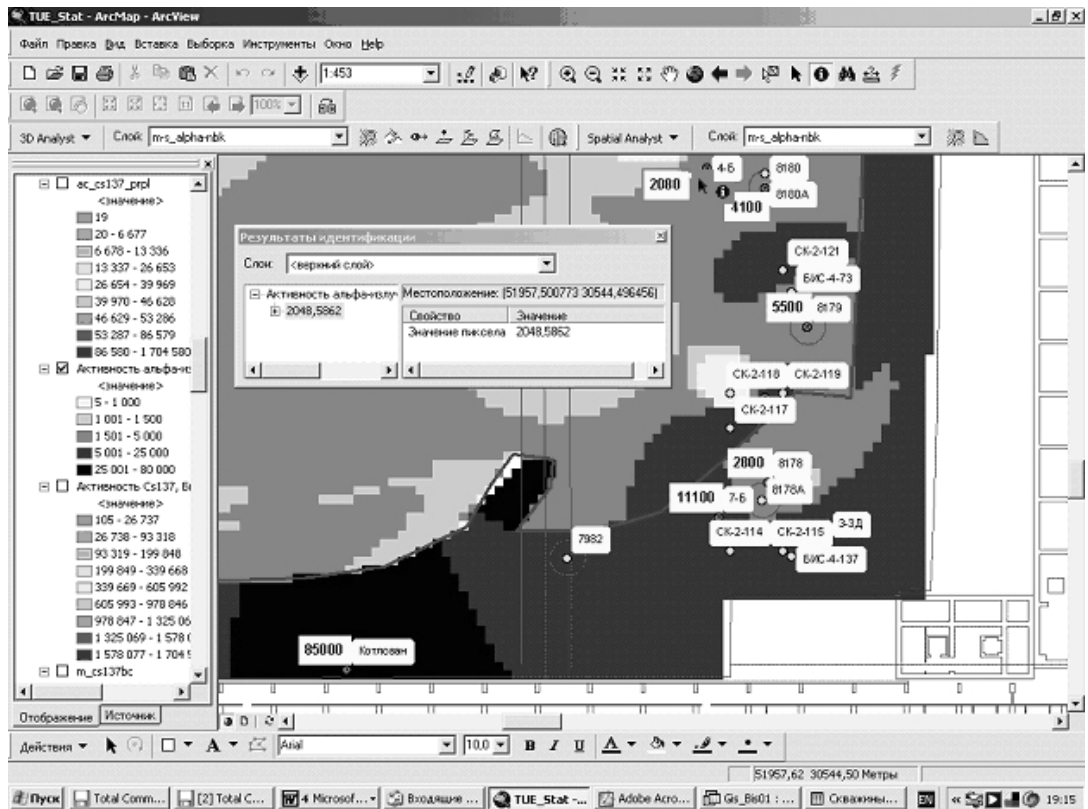


Рис. 4. Ідентифікація значення сумарної активності ТУЕ в місці розташування свердловини 4Б за даними карти розподілу ТУЕ. Жирним шрифтом показано значення активності проб ґрунту.

Використання інструмента "Ідентифікатор" модуля Spatial Analyst дозволяє одержати значення активності нукліда у будь-якій точці побудованої растрової карти. Це дає змогу вирішити задачу отримання даних просторового розподілу радіоактивних матеріалів у ґрунтах і підземних водах з використанням методів математичного моделювання, у тому числі підраховувати запаси у тих областях між свердловинами, де вимірювання не проводились.

Для оцінки кількості ТУЕ на проммайданчику об'єкта "Укриття" було використано технології і дані, викладені в [10, 13, 14]. Схему побудови карти розподілу ТУЕ можна представити таким чином: гамма-каротаж свердловин – визначення значень питомої активності ^{137}Cs в товщі активного шару ґрунту – побудова карти розподілу питомої активності ^{137}Cs в ArcGIS 8.3 шляхом інтерполяції даних – побудова карти розподілу питомої активності ТУЕ в ArcGIS 8.3, використовуючи інструмент «Калькулятор растрів». Засобами програмного забезпечення ArcGIS 8.3 (ArcView 8.3, модулі Spatial Analyst і 3D Analyst) побудовано карту розподілу питомої активності ^{137}Cs активного шару забруднених ґрунтів локальної зони об'єкта "Укриття" [1]. На основі цієї карти, використовуючи інструмент "Калькулятор растрів" модуля Spatial Analyst, побудовано карту розподілу ТУЕ (див. рис. 3) шляхом ділення значень питомої активності ^{137}Cs на коефіцієнт 21,7 (одержаний із паливних співвідношень). Отримана таким способом карта дозволяє аналізувати як просторовий розподіл, так і власне питомі активності ТУЕ, а засобами використаного пакета ArcView підраховувати їх загальну активність у заданих координатах, у першу чергу в місцях розташування фундаментів нового безпечного конфайнмента.

На рис. 4 показано, як за допомогою інструмента "Ідентифікатор" отримати дані про питому активність ТУЕ (сумарне значення ^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{240}Pu , ^{241}Am) ґрунту активного шару в місцях розташування свердловин. Курсор "Ідентифікатора" розташовано поблизу свердловини 4Б. Карту розподілу активності отримано шляхом інтерполяції даних у місцях розташування свердловин, тому розташований поблизу свердловини курсор повинен показати значення, близьке до вхідного для даної свердловини. Одночасно на рисунку показано значення питомої активності ТУЕ в місцях розташування свердловин, отримані за допомогою лабораторних аналізів проб (тобто незалежним від гамма-каротажу способом). Як видно з рисунка, значення питомої активності за даними результатів лабораторних аналізів дорівнює 2080 Бк/г, а результат ідентифікації у вікні "Ідентифікатора" - 2048 Бк/г, тобто збіг результатів достатньо задовільний.

І, нарешті, отримана таким методом активність ТУЕ в активному шарі в межах локальної зони об'єкта "Укриття" становить $7,42 \cdot 10^{13}$ Бк (у перерахунку на 1 січня 2005 р).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Панасюк Н.И., Скорбун А.Д., Павлюченко Н.И. и др. Оценка свойств радиоактивных отходов в грунтах промплощадки объекта «Укрытие» для проектирования стабилизационных мероприятий. - Чернобыль, 2002. - 24 с. - (Препр. / НАН Украины. МНТЦ «Укрытие»; 02-2).
2. Отчет по определению характеристик РАО Западной зоны. SIP К 02 01 000 INR 006 02. Консорциум КСК, Чернобыль - Киев, 2002.
3. Панасюк М.І. Радіоактивне забруднення ґрунтів і ґрунтових вод в районі об'єкта "Укриття" // Автореф. ... дис. канд. техн. наук. - Чорнобиль, 2005. - 22 с.
4. Панасюк М. І., Скорбун А. Д., Павлюченко М. І. Застосування спектрометричного гамма-каротажу для вивчення структури розподілу забруднення в ґрунтах навколо 4-го енергоблока ЧАЕС // Проблеми Чорнобиля. - 2003. - Вип. 13. - С. 116 - 119.
5. Кашиаров. В.О., Лундін С.М., Зварич С.І. та ін. Викид та забруднення території радіонуклідами у складі паливних частинок // Бюлетень екологічного стану зони відчуження та зони безумовного (обов'язкового) відселення. - 2002. - № 2 (20). - С. 22 -32.
6. Бугай Д.А., Джепо С.П., Скальський А.С. и др. Миграция стронция-90 в грунтовые воды из захоронения радиоактивных отходов "Рыжий лес" // Проблеми Чорнобильської зони відчуження. - 2001. - Вип. 7. - С. 20 - 31.

7. *Dubchak S., Dolin V.* Migration of americium_ and plutonium isotopes in the soil of forest ecosystems in 10-km exclusion zone // Міжнар. конф. "Двадцять років Чорнобильської катастрофи. Погляд у майбутнє". 24 - 26 квітня 2006 р., Київ, Україна. Зб. доп. - К., 2006. - С. 390 - 391.
8. *Лашко А.П., Лашко Т.Н.* Экология окружающей среды и трансураниевые элементы с низкой удельной активностью. Опыт преодоления последствий Чернобыльской катастрофы // Там же. - С. 458 - 464.
9. *Бондаренко Г.Н.* Влияние геохимических процессов на эволюцию радиационной обстановки в зоне влияния Чернобыльской аварии // Там же. - С. 260 - 265.
10. *Скорбун А. Д., Панасюк М. І.* Математична модель радіоактивного забруднення ґрунтів локальної зони об'єкта "Укриття" // Проблеми Чорнобиля. - 2003. - Вип. 13. - С. 96 - 101.
11. *Вишневецький І.М., Гайдар О.В., Тришин В.В., Червонна Л.Є.* Використання гіс-технологій для дослідження чорнобильських випадів та створення комплексних систем радіоекологічного моніторингу // Міжнар. конф. "Двадцять років Чорнобильської катастрофи. Погляд у майбутнє". 24 - 26 квітня 2006 р., Київ, Україна. Зб. доп. - К., 2006. - С. 260 - 265.
12. *Ганжа Д., Назаров О., Сплошной Б.* Пошук полів підвищеної радіоактивності на територіях: спосіб радіологічного обстеження // Там же. - С. 271 - 275.
13. *Подберезный С.С., Панасюк Н.И., Оружий А.П.* Применение технологий геоинформационных систем при обработке данных радиоэкологического мониторинга в районе объекта "Укрытие" // Проблеми безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля. - 2005. - Вип. 2. - С. 99 - 103.
14. *Ключников А.А., Подберезный С.С., Панасюк Н.И. и др.* Прогноз количества радиоактивных отходов в грунтах на участке фундамента нового безопасного конфаймента // Там же. - 2006. - Вип. 6. - С. 145 - 147.

Надійшла до редакції 08.02.07

^{137}Cs

^{238}Pu

14 О ВОЗМОЖНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАПАСОВ ТРАНСУРАНОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПО ДАННЫМ ГАММА-КАРОТАЖА

Н. И. Панасюк, С. С. Подберезный, А. Д. Скорбун

На основе сравнительного анализа данных гамма-каротажа и соответствующих результатов радиохимических анализов показано, что существует надежная корреляция между количеством ^{137}Cs , ^{238}Pu и другими радионуклидами в активном слое грунтов вокруг разрушенного 4-го энергоблока ЧАЭС. Доказано, что данные гамма-каротажа адекватно отражают распределение радионуклидов в грунтах изучаемой территории и на их основе можно оценивать запасы трансураниевых элементов, не используя трудоемких радиохимических анализов.

14 ABOUT A POSSIBILITY OF TRANSURANIUM ELEMENTS RESERVES ESTIMATION USING GAMMA LOGGING DATA

M. I. Panasyuk, S. S. Pidberesnyi, A. D. Skorbun

On the base of comparative analysis of gamma logging data and corresponding results of radiochemical analyses it was shown, that a reliable correlation exists between ^{137}Cs , ^{238}Pu and other radionuclides quantities in the active layer near destroyed Unit 4 of Chernobyl NPP. In this way it was shown, that gamma-logging data adequately reflect the radionuclides distribution in territory of interesting soils, and on their base it is possible to estimate transuranium elements without use of labor-intensive radiochemical analyses.