

А. А. Колібіденко

студент IV курсу ОР Бакалавр

Спеціальність **G2** «*Технології захисту навколишнього середовища*»

науковий керівник: **А. Я. Співак**

канд. фіз.-мат. наук, ст. викл. кафедри екології та охорони довкілля

МОДЕЛЮВАННЯ ДЕТЕКТУВАННЯ РАДІОНУКЛІДІВ У СЕРЕДОВИЩАХ ІЗ ШАРУВАТОЮ СТРУКТУРОЮ ЗА ДОПОМОГОЮ ГАММАЛАБ

Актуальність роботи: Через складність отримання точних аналітичних розв'язків для більшості практичних завдань у теоретичній дозиметрії та радіометрії, широкого поширення набули чисельні методи моделювання, зокрема імітаційні підходи [1-3]. Ці методи дають змогу ефективно аналізувати складні фізичні процеси, які відбуваються при взаємодії іонізуючого випромінювання з речовиною [3,4]. У зв'язку із наявністю у реальних середовищах (зокрема у ґрунтах) нерівномірного розподілу радіонуклідів за глибиною, виникає практичний інтерес до вивчення процесу детектування подібних середовищ за допомогою імітаційних моделей [5].

Мета роботи: Розробити та опробувати методику чисельного моделювання процесів детектування радіонуклідів у середовищах із шаруватою структурою за допомогою програмного комплексу GammaLab, з урахуванням впливу структурних та фізичних параметрів середовища на формування спектрів випромінювання.

Результати досліджень та їх аналіз: У рамках дослідження було проведено опрацювання функціональних можливостей програмного комплексу GammaLab з метою створення та моделювання нових джерел іонізуючого випромінювання. Зокрема, здійснено попередній аналіз ефективності алгоритмів, реалізованих у GammaLab, для формування фізичного спектра джерел із заданими параметрами.

Моделювання джерел іонізуючого випромінювання в середовищах із шаруватою структурою за допомогою GammaLab. У роботі представлено підхід до моделювання детектування радіонуклідів у багатошарових середовищах із використанням програмного комплексу GammaLab. У випадку відсутності необхідного матеріалу в базі даних GammaLab, його введення здійснюється вручну в режимі адміністратора. Модель джерела формується у вигляді контейнера, стінки якого складаються з кількох шарів матеріалів (до дев'яти), із заданими товщинами. Важливим конструктивним елементом є наявність повітряного зазору всередині контейнера, що забезпечує наближено однорідне поле випромінювання в детекторі. Для

досягнення симетрії розміщення джерела, висота контейнера повинна бути співрозмірною з його діаметром.

Подальше моделювання передбачає створення зразка, додавання джерела, вибір типів детектора, коліматора і параметрів зразка. Розрахунок фізичного спектра виконується з урахуванням кількісного складу ізотопів і відповідної матриці відгуку спектрометра.

Обчислення реалізовано в модулі PhysSpec.dll з використанням інтерфейсу PSGen, який забезпечує побудову спектрів у діапазоні 50 кеВ – 3 МеВ з кроком 50 кеВ. Для кожної енергії враховуються внески розсіяного, нерозсіяного та анігіляційного випромінювання з контролем статистичної похибки (1% для піків, 10% для континууму).

Щоб створити шаблон, програма спочатку формує квазіфізичний спектр – модель випромінювання, яке створює радіоактивна речовина. Цей спектр показує, які енергії випромінюються. Далі він обробляється з урахуванням особливостей детектора, який спотворює сигнал. Для цього використовується матриця відгуку — набір даних, що описує реакцію приладу на випромінювання різної енергії. Вибір джерела випромінювання викликається через кнопку "Джерело" у головному вікні модуля) обирається джерело, розраховане саме для обраного зразка.

Програма підтримує два режими роботи: «Оператор» і «Адміністратор». У режимі оператора доступні основні функції для моделювання та роботи з вимірюваннями. Режим адміністратора надає розширені можливості, зокрема дозволяє переглядати та змінювати положення фонового випромінювання, яке в операторському режимі приховане. Крім того, адміністратор може зберігати повні налаштування сцени разом із розташуванням усіх джерел, зокрема фонових, у файлі завдання. Додатково доступне редагування параметрів макета: його розмірів, положення, а також вибір моделей об'єктів. Адміністратор має змогу налаштовувати параметри вимірювального тракту, що визначають, як апаратура впливає на вигляд змодельованого спектра. Програму можна запускати як із командного рядка, так і з зовнішніх застосунків, наприклад WorkMaster. Запуск через зовнішній інтерфейс здебільшого передбачений для користувача в режимі оператора.

У процесі аналізу спектра програма автоматично виконує пошук піків, які відповідають гамма-лініям радіонуклідів. Основою цієї процедури є обчислення згортки спектра з фільтром, параметри якого визначаються шириною піка. Фільтр будується окремо для кожної ділянки спектра відповідно до калібрування за половинною шириною. Коректність результатів пошуку залежить від точності цього калібрування. У разі, якщо всі параметри для розрахунку активності задані правильно, відкриється вікно з результатами. У табличній формі будуть представлені: енергія лінії (в кеВ),

площа піка, абсолютна похибка площі, активність у Бк, відносна похибка активності у відсотках. Окремо виділяються неідентифіковані лінії, для яких розрахунок активності не проводиться, а також фонові лінії, зазначені як «fonPeaks».

Висновки: Відпрацьовано можливості програмного комплексу GammaLab щодо створення нових джерел випромінювання. Зазначено, що для окремих етапів розрахунку, зокрема побудови фізичного спектра, потрібна значна кількість машинного часу, що слід враховувати при плануванні обчислювальних задач. Проведено вимірювання для створених джерел, результати яких були проаналізовані. На основі отриманих даних встановлено, що програмний комплекс GammaLab не враховує присутність радіонуклідів у шаруватих структурах зразків, що може впливати на точність моделювання. Це свідчить про необхідність доопрацювання моделі з урахуванням неоднорідностей середовища, зокрема пошарового розміщення матеріалів, для забезпечення більш коректного розрахунку розподілу випромінювання та формування спектрів. Окрім того, слід звернути увагу на моніторинг можливостей альтернативного програмного забезпечення, зокрема окремих онлайн застосунків (наприклад [6-8]), які дозволяють моделювати детектування параметрів радіаційних полів за наявності різноманітних екранів та джерел іонізуючого випромінювання.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Герасимов О.І., Кільян А.М. Елементи фізики довкілля: Радіоекологія : конспект лекцій. Одеса: ОДЕКУ, 2003. 134с.
2. Герасимов О.І. Елементи фізики довкілля : навчальний посібник. Одеса: ТЕС, 2004. 144с.
3. Співак А.Я. Симуляційне моделювання систем радіаційного захисту та контролю : методичні вказівки до лабораторної роботи. Одеса: ОДЕКУ, 2023. 15с.
4. Курятников В.В, Співак А.Я. Кільян А.М. Фізичні основи радіометрії та дозиметрії : збірник методичних вказівок до лабораторних робіт. Одеса: ОДЕКУ, 2008. 34с.
5. Співак А.Я. Моделювання детектування радіонуклідів в матеріалах із шаруватою структурою за допомогою гаммалаб / Матеріали 79-ї звітної наукової конференції ПВС і НП ФГМіЕ ОНУ ім. І. І. Мечникова (27–29 листопада 2024р). Одеса: ОНУ, 2024. С.157-158.
6. Geiger-MüllerTube (VirtualLab). Доступ за посиланням: https://www.gigaphysics.com/gmtube_lab.html
7. Radioactivity Simulation | FarLabs. Доступ за посиланням: <https://www.farlabs.edu.au/radioactivitysimulation/>
8. Dosimetry&Shielding H*(10) | Nucleonica. URL:<https://www.nucleonica.com/>