

# МОДЕЛЬ ФЛУКТУАЦИИ НЕЙТРОННОГО ФОНА В ГЕОСИСТЕМАХ

Масенко С.А.

Научный руководитель: Беденко С.В., к. ф.-м. н., доцент  
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30  
E-mail: Mongusch-S@mail.ru

Использование атомной энергии в мирных целях позволяет обеспечить в должной мере возрастающие потребности в электроэнергии в связи с ростом технического прогресса, где каждый дом имеет большое количество потребителей энергии такие как: холодильники, микроволновки, компьютеры, телевизоры, смартфоны и др. Однако рост использования ядерных источников энергии требует постоянного контроля над ними. Актуальным требованием к атомной энергетике является повышение безопасности систем, эксплуатирующих источники энергии. Для этого необходимо повысить точность регистрации частиц и мониторинг флуктуации радиоактивного фона в экосистеме, который сигнализирует о наличие радиоактивных веществ в окружающей среде. Существующие работы [1,2,3], связанные с регистрацией актинидов в почве основаны на практическом методе отбора проб с длительной их подготовкой к измерению. Описанная в настоящей работе модель выхода нейтронов из мелкозернистой смеси применима для флуктуации нейтронного фона в геосистемах и позволит определять наличие актинидов в почве, иловых отложениях в более короткие сроки. Физический расчет модели производился в программной среде Phits, разработанной группой институтов JAEA, RIST, KEK. Данная среда позволяет моделировать перенос частиц с использованием метода Монте-Карло в широком диапазоне энергий с применением библиотек ядерных данных [4].

Для верификации модели рассматривались источники с мелкозернистой смесью диоксидов Am, Pu и Be. Данные источники нашли широкое применение из-за минимальных габаритных размеров и относительного длительного срока эксплуатации, который определяется в частности периодом полураспада. Выход нейтронного излучения из таких источников обеспечивается реакцией  $(\alpha, n)$ , а также они имеют свой характерный спектр, который изменяется в зависимости от размера зерен, состава и наличием примеси легких элементов в смеси. Из представленных на рынке источников радиоизотопных источников выбрали Amersham X.14 с известным составом активной части и конструкционного материала. Габаритные размеры активной капсулы составляли в диаметре 2,52 см и в высоту 5,52 см. Относительный вес, входящих в состав элементов мелкозернистой смеси активной части, указан в работе [5]. Толщина оболочки капсулы источника 0,24 см, выполненной из нержавеющей стали [Amersham/Searle 1976], которая имеет следующий состав (% wt): C – 0.004; Mn – 1.59; P – 0.011; S – 0.008; Si – 0.37; Cr – 16.96; Ni – 13.61; Mo – 2.29; Fe – 65.16.

Выход нейтронов в активной части определялся реакцией  $(\alpha, n)$  и спонтанным делением. Спектр нейтронов радиоизотопного источника рассчитан в 52 группах. Интегральный поток нейтронов в активной части составил  $2,03 \cdot 10^7$  см<sup>2</sup>. Наибольшая доля нейтронов в спектре приходится на диапазон энергии 4-6 МэВ. Интегральный ток нейтронов с поверхности источника составил  $1,69 \cdot 10^7$  см<sup>2</sup>, что хорошо согласуется с реальным значением в работе [6].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Romanchuk Anna Yu, Vlasova Irina E., Kalmykov Stepan N. Speciation of actinides in groundwater samples collected near deep nuclear waste repositories // Journal of Environmental Radioactivity — 2018 — Vol. 192 — pp. 334—341.
2. Camacho A. Distribution of uranium isotopes in surface water of the Llobregat river basin (Northeast Spain). // Journal of Environmental Radioactivity — 101 — 2010.
3. Walencik A. Long lived natural radioactive elements in spa waters of southern Poland. // Acta physica polonica — 2 — 2013.
4. T.Furuta, T. Sato. Implementation of tetrahedral-mesh geometry in Monte Carlo radiation transport code PHITS. // Phys. Med. Biol., — 62 — 4798-4810 — 2017.
5. Tsujimura, Norio; Yoshida, Tadayoshi. Calculation of anisotropy factors for radionuclide neutron sources // JAEA-Research 2008-034 — pp. 43.
6. A. Saeeda, Sherif S. Nafeea, Salem A. Shaheena, Gehan A. Raouf b, Y. Al-Hadeethi, Salahuddin M. Kamal, M.A.N. Razvi. Calculating the ambient dose equivalent of fast neutrons using elemental composition of human body // Applied Mathematics and Computation. – 2016 – Vol. 274 – pp. 604-610.