

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СПЕКТРА НЕЙТРОНОВ В ПОДКРИТИЧЕСКОЙ СБОРКЕ «ЯЛІНА–ТЕПЛОВАЯ» DETERMINATION OF THE NEUTRON SPECTRUM IN THE SUBCRITICAL ASSEMBLY “YALINA–THERMAL”

**В. А. Береснева¹, А. И. Дубровский²
V. Beresneva¹, A. Dubrousky²**

¹ОИЭЯИ-Сосны» НАН Беларуси,

²Белорусский государственный университет, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ
Минск, Республика Беларусь
vaberesneva93@gmail.com

¹“JIPNR-Sosny” NASB;

²Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus

Одним из экспериментов, проводимых на подкритической сборке «Яліна–тепловая», является измерение спектра нейтронов в экспериментальных каналах с использованием нейтронно-активационного метода. Для исследования нейтронно-физических характеристик сборки необходимо точно знать спектр нейтронов в ее объеме. Однако определение нейтронного спектра с высокой точностью – сложная и нетривиальная задача.

One of the experiments conducted on the subcritical assembly “Yalina-Thermal” is the measurement of the neutron spectrum in experimental channels using the neutron activation method. It is necessary to know exactly the neutron spectrum in the volume of assembly to study its neutron-physical characteristics. However, the determination of the neutron spectrum with high accuracy is complex and nontrivial task.

Ключевые слова: ядерно-физическая система, спектрометрия нейтронов, компьютерное моделирование, метод Монте-Карло.

Keywords: nuclear-physical system, neutron spectrometry, computer simulation, Monte Carlo method.

В настоящее время существует множество методов измерения нейтронных спектров, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки. В данной работе рассматривается метод активационных детекторов. Выбор метода обусловлен рядом причин. Средства измерения, применяемые в методе времени пролета, представляют собой громоздкие, дорогостоящие и сложные стационарные установки. Сцинтилляционный метод получил широкое распространение, однако он оказывается неработоспособным при большой мощности дозы γ -излучения. Так же, как и сцинтилляционные детекторы, водородсодержащие пропорциональные счетчики не работают в полях с высокой мощностью дозы γ -излучения. Таким образом, все указанные выше методы не позволяют проводить измерения на действующих при номинальной мощности исследовательских и энергетических ядерно-физических системах. Единственным способом измерения больших потоков нейтронов на фоне мощного γ -излучения является метод активационных детекторов, применяемый для измерения характеристик полей нейтронов еще с ранних экспериментов Ферми [1]. Можно сказать, что этот метод на сегодняшний день единственный для измерения характеристик нейтронных полей в объеме ядерно-физической системы. Это обусловлено простотой конструкции, широким диапазоном измеряемых плотностей потока и энергий нейтронов, большой радиационной и температурной устойчивостью, высоким пространственным разрешением.

Активационные детекторы изготавливают в виде фольг, проволок, таблеток, размеры которых определяются условиями эксперимента. После облучения детектора измеряется наведенная нейтронами активность. Измеряя наведенную активность активационного детектора по характерной для данного образца γ -линии, можно определить скорость реакции данного образца и использовать эту величину для восстановления спектра [2].

Существует чрезвычайно широкий набор программ, используемых для восстановления спектров по данным о скоростях ядерных реакций, имеющих разные пороги. К наиболее часто используемой программе следует отнести SAND-II, в которой реализован итерационный метод восстановления спектра нейтронов по определенным экспериментальным скоростям пороговых реакций [3]. Особенностью таких программ является использование априорной информации об измеряемом спектре нейтронов. Такая информация может быть задана в виде аналитической функции или численной информации, полученной, например, методом Монте-Карло.

Целью данной работы является реализация модельного эксперимента для получения спектра нейтронов в подкритической сборке «Яліна–тепловая». Работа осуществлялась с помощью программы расчета переноса излучения MCNP5, реализующей метод Монте-Карло, а также программы восстановления спектра нейтронов SAND-II.

Рассчитанные в программе MCNP5 и восстановленные в программе SAND-II спектры нейтронов хорошо согласуются, что доказывает корректность работы программы SAND-II и целесообразность ее применения для

восстановления спектров по экспериментальным данным скоростей реакций с использованием спектра, рассчитанного методом Монте-Карло в качестве опорного.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ломакин, С. С. Радиометрия нейтронов активационным методом / С. С. Ломакин, В. И. Петров, П. С. Самойлов. – Москва: Энергоатомиздат, 1983. – 141 с.
2. Крамер-Агеев, Е. А. Активационные методы спектрометрии нейтронов / Е. А. Крамер-Агеев, В. С. Трошин, Е. Г. Тихонов. – Москва: Энергоатомиздат, 1976. – 236 с.
3. Patrick J. Griffin. User's Manual for SNL-SAND-II Code / Patrick J. Griffin, J. G. Kelly, Jason W. VanDenburg. Sandia National Laboratories, 1994. – 104 с.

НАКОПЛЕНИЕ $^{238-240}\text{Pu}$ и ^{241}Am ЗЕРНОВЫМИ КУЛЬТУРАМИ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛОРУССКОГО СЕКТОРА ЗОНЫ ОТЧУЖДЕНИЯ ЧАЭС

$^{238-240}\text{Pu}$ AND ^{241}Am ACCUMULATION BY GRAIN CROPS GROWN ON THE TERRITORY OF BELARUS SECTOR OF CHERNOBYL EXCLUSION ZONE

Ю. И. Бондарь, В. Н. Забродский, В. И. Садчиков, В. Н. Калинин
Yu. Bondar, V. Zabrotski, V. Sadchikov, V. Kalinin

*Государственное природоохранное научно-исследовательское учреждение
«Полесский государственный радиационно-экологический заповедник»,
г. Хойники, Республика Беларусь
zapovednik@tut.by*

Polessye State Radiation Ecological Reserve, Khoyniki, Gomel reg., Republic of Belarus

Работа посвящена определению удельной активности ^{241}Am и $^{238,239+240}\text{Pu}$ в зерне и соломе овса, ячменя, тритикале. Рассчитаны коэффициенты накопления и перехода ^{241}Am и $^{238,239+240}\text{Pu}$ в зерно и солому этих культур из супесчаных и дерново-подзолистых почв. Полученные результаты сопоставлены с базой данных МАГАТЭ.

The work is devoted to determination of activity concentration of ^{241}Am and $^{238,239+240}\text{Pu}$ in the samples of grain crops (oat, barley, triticale) grown on the territory of Belarusian part of Chernobyl exclusion zone. The concentration ratios and aggregated transfer factors of these radionuclides from sandy-loam and sod-podzol soils to grain and straw were calculated. The comparative analysis of the received results with IAEA database is carried out.

Ключевые слова: ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{241}Am , $^{238,239+240}\text{Pu}$, коэффициенты накопления и перехода, радиоактивное загрязнение, почва, зерновые культуры, овес, ячмень, тритикале, солома.

Keywords: ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{241}Am , $^{238,239+240}\text{Pu}$, accumulation and transition factors, radioactive pollution, soil, grain crops, oat, barley, triticale, straw.

В настоящее время основными дозообразующими радионуклидами, выброшенными в окружающую среду в результате чернобыльской аварии, являются ^{137}Cs и ^{90}Sr . Вместе с тем, трансурановые элементы выделяются в группу наиболее биологически значимых радионуклидов, обладающих высокой токсичностью и большими периодами полураспада ^{238}Pu – 88, ^{239}Pu – $2,41 \cdot 10^4$, ^{240}Pu – 6540, ^{241}Am – 432 года. Высокая токсичность и продолжительные периоды полураспада определяют радиоэкологическую значимость ^{241}Am и изотопов плутония при их вовлечении в биологический круговорот. В отличие от ^{137}Cs , доза облучения от ^{90}Sr и ТУЭ формируется в основном за счет инкорпорированных в организме радионуклидов [1–4].

Аккумуляция ТУЭ основными сельскохозяйственными зерновыми культурами до сих пор изучено недостаточно, а соответствующая научная информация в настоящее время только накапливается. В научной печати имеются работы, связанные с изучением перехода плутония и америция по трофическим цепям, основные результаты которых внесены в базу данных МАГАТЭ [5–6].

Целью настоящего исследования являлось определение уровней загрязнения, коэффициентов накопления и перехода альфа-излучающих изотопов $^{238-240}\text{Pu}$ и ^{241}Am в основные сельскохозяйственные зерновые культуры (овес, ячмень, тритикале) и солому от этих культур на территории зоны отчуждения.

Объектами исследования по проекту были зерновые овса, ячменя, тритикале и солома этих культур, а также различные виды почв, соответствующие выбранным участкам полей этих зерновых культур. Отбор проб почвы и зерновых культур проводился в 2014–2015 гг. на участках, которые расположены в Полесском государственном радиационно-экологическом заповеднике на территории Хойникского р-на Гомельской области, вблизи б.н.п. Бабчин и б.н.п. Воротец на расстоянии 42 км напрямую от ЧАЭС в направлении на север.