

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ИНТЕНСИВНОСТИ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ  
В ЕМКОСТИ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА РАСТВОРА**

С.В. Белявский

Научный руководитель: Е.П. Зеленецкая

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: [shetlandalexander@gmail.com](mailto:shetlandalexander@gmail.com)

**STUDYING OF IONIZING RADIATION DEPENDENCE ON CHANGING OF QUALITATIVE  
COMPOSITION IN VOLUME WITH SOLUTION**

S.V Belyavsky

Scientific Supervisor: E.P. Zelenetskaya

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: [shetlandalexander@gmail.com](mailto:shetlandalexander@gmail.com)

***Abstract.** In present study there is an investigation of the influence of qualitative composition of solution on the value of intensity of ionizing radiation. There were obtained values of densities for different materials (distillated water,  $CuSO_4$  solution, aluminum, lead) and compared with theoretical values. Besides there were obtained spectrum for attenuated gamma rays and compared with initial gamma-spectrum of  $Co^{60}$  source.*

**Введение.** В современном ядерном топливном цикле вопросы обращения с облученным ядерным топливом крайне важны ввиду возможности замыкания ЯТЦ, и соответственно, переработки ОЯТ в топливо для реакторов на быстрых нейтронах (БН-800, БРЕСТ-ОД 300). Однако за время хранения ОЯТ в хранилищах, радиоактивные изотопы участвуют в ядерных реакциях внутри контейнеров-хранилищ и их концентрация, а также порождаемое ими поле ионизирующего излучения изменяются.

Но вскрытие контейнера с ОЯТ с целью измерений не является эффективным методом с точки зрения безопасности. Данная процедура необходима не только для переработки ОЯТ, но и для выделения из отходов различных изотопов, необходимых в промышленности и медицине. Это достигается при помощи процесса аффинажа, в котором изотопы в растворе отделяются от осколков деления.

Следовательно, возникает необходимость в разработке системы бесконтактного определения качественного и количественного состава вещества, находящегося в контейнере. Кроме этого, подобного рода системы должны быть в состоянии определить распределение ионизирующего излучения по занимаемому ОЯТ объему.

Поэтому, целью исследования является изучение изменения интенсивности ионизирующего излучения при прохождении через растворы с различным качественным составом и определения их плотности для создания полноценной системы детектирования делящихся веществ в объеме контейнера временного хранения.

**Материалы и методы.** Экспериментальный стенд состоит из источника гамма-излучения, окруженного парафиновыми блоками, призматической прозрачной ёмкости с раствором и детектора ионизирующего излучения. В качестве источника гамма-излучения был использован изотоп  $Co^{60}$  с

энергиями испускаемых  $\gamma$ -квантов 1,1732 (1,169 в эксперименте) МэВ и 1,3325 (1,329 в эксперименте) МэВ [1]. В качестве детектора был применен сцинтилляционный детектор (NaI), подключенный к ЭВМ для обработки данных. Обработка данных детектора производилась при помощи ПО SCINTITRACT. Расстояние между детектором и источником – 8 см. Внешний вид стенда и его геометрия представлены на рисунке 1.



Рис. 1. Экспериментальный стенд

Проведены серии экспериментов по пять измерений для каждого материала. Время каждого измерения установлено экспериментально (300 секунд) исходя из времени набора оптимальной статистики (на каждый пик должно приходиться как минимум 10000 счётов).

Расчёт экспериментальных значений плотности произведен, основываясь на законе ослабления светового излучения Бугера-Ламберта-Бэра [2].

$$\rho = \frac{\ln\left(\frac{I_0}{I}\right)}{\mu_m \cdot x},$$

где  $I_0$  – интенсивность гамма-излучения до прохождения через материал;  $I$  – ослабленная интенсивность гамма-излучения после прохождения через материал;  $\mu_m$  – массовый коэффициент ослабления в исследуемом материале,  $\text{г}/\text{см}^2$ ;  $x$  – толщина материала.

Расчёт массового коэффициента ослабления для составных материалов произведен в среде MATLAB по методике, предложенной Jaroslaw Tuszynski [3]. Данная методика позволяет рассчитать различные параметры при ослаблении гамма излучения, а именно: линейный, массовый, массово-энергетический коэффициенты ослабления гамма-излучения для различных энергий гамма-квантов в широком диапазоне (0,001 МэВ – 100 ГэВ), количество поглощенных в исследуемом материале гамма-квантов, толщину исследуемого материала для ослабления излучения в 2 раза / 10 раз, а также длины пробега гамма-квантов в исследуемом материале).

В качестве  $I_0$  было принято значение интенсивности при прохождении гамма-излучения через воздух ввиду пренебрежимо малого массового коэффициента ослабления гамма-излучения для 1,169 МэВ.

**Результаты.** После проведения серии экспериментов получены спектры гамма-излучения (рис.2) и измеренные значения интенсивности после прохождения через материал. После обработки данных получены экспериментальные значения плотностей (рис.3, таблица 1).

Таблица 1

Сравнение табличных значений плотности с измеренными при помощи стенда

	Вода	Свинец	Алюминий	Медный купорос (2,75%)
$\rho_{\text{теор}}, \text{г}/\text{см}^3$	1,00	11,34	2,70	1,03
$\rho_{\text{эксп}}, \text{г}/\text{см}^3$	0,94	9,94	2,03	1,08

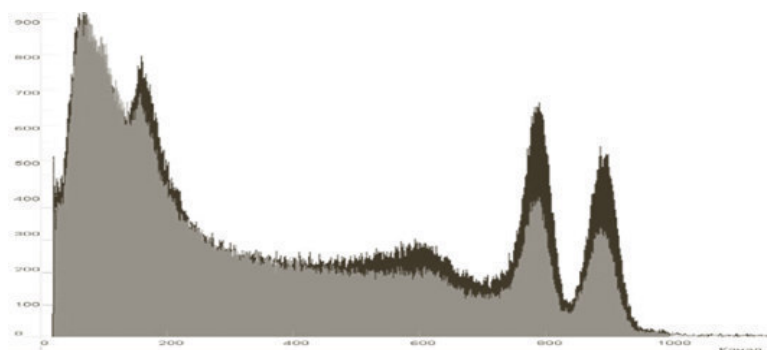


Рис. 2. Спектры  $Co^{60}$ : исходный (черный) и после прохождения через воду (серый)

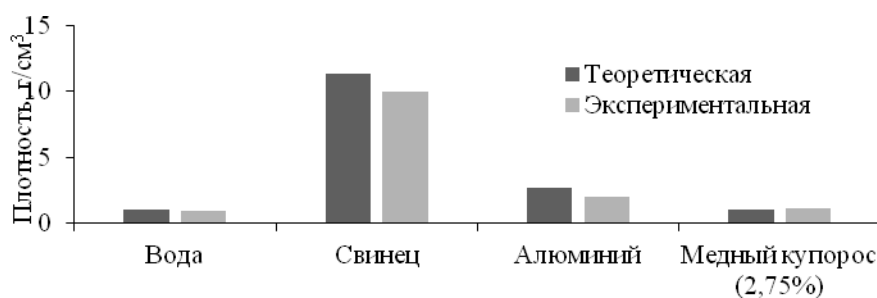


Рис. 3. Сравнение теоретических и измеренных экспериментально значений плотности

**Заключение.** Полученные данные показывают, что незначительные изменения плотности (начиная от одной сотой г/см<sup>3</sup>) отражаются на спектре: площадь пика 1,169 МэВ после прохождения излучения через слой 2,5% раствора  $CuSO_4$  уменьшилась на 400 счетов по сравнению с площадью пика 1,169 МэВ после прохождения через слой воды.

Полученные значения плотности отличаются от теоретических значений в зависимости от материала. Для воды и раствора медного купороса погрешность составила 6%. Для алюминия и свинца погрешность измерения составила около 14%. Это может быть вызвано температурными факторами, отсутствием вакуума между источником и детектором, принятой  $I_0$  интенсивность при прохождении гамма-излучения через воздух, отсутствием коллимирования пучка гамма-излучения.

Данные факторы, влияющие на погрешность, планируется принять во внимание и учесть их в существующей модели ослабления гамма-излучения для создания полноценной детектирующей установки.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Meisberger L. L., Keller R. J., Shalek R. J. The effective attenuation in water of the gamma rays of gold 198, iridium 192, cesium 137, radium 226, and cobalt 60 //Radiology. – 1968. – Т. 90. – №. 5. – С. 953-957.
2. Attix F. H. Introduction to radiological physics and radiation dosimetry. – John Wiley & Sons, 2008.
3. Jaroslaw Tuszynski. Photon Attenuation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ch.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/12092-photonattenuation>. – 25.04.08.