

## МАТЕРИАЛ ДЛЯ ПОГЛОЩЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ И РЕЗОНАНСНЫХ НЕЙТРОНОВ

Н. В. Багдавадзе, А. В. Рустамбеков,  
Т. И. Зедгинидзе, Т. Г. Петриашвили

Тбилисский государственный университет им И. Джавахишвили  
Институт физики им. Э. Андроникашвили  
Тбилиси, Грузия  
tamuna777petriashvili@yahoo.com

Принята 29 сентября 2015 года

### Аннотация

Разработана технология получения материала, поглощающего тепловые и резонансные нейтроны, содержащего кадмий в виде бромистого кадмия и дополнительно – жидкого стекла при соотношениях исходных компонентов: бромистый кадмий 90.0 – 97.5 и жидкое стекло 2.5 – 10.0 вес. %. Материал предназначен для поглощения тепловых и резонансных нейтронов в различных ядерно-физических источниках нейтронов.

Существует очень много задач в науке и технике, в промышленности и в сельском хозяйстве, которые требуют знания элементного состава веществ как для его основных составляющих, так и для примесей. Широкий набор разнообразных методов для проведения необходимых анализов. Каждый из этих методов имеет свои преимущества и недостатки, определяющие наиболее целесообразные области их применения. Исключением не является и нейтронноактивационный анализ. Одно из направлений, в котором целесообразно этот метод использовать, относится к анализу образцов с малым содержанием примесей при небольшом количестве анализируемого вещества. Такие требования, в частности, встречаются в медико-биологических исследованиях. Желание перейти в таких исследованиях к выяснению роли тяжелых элементов в жизнедеятельности организмов и растений на клеточном и молекулярном уровне резко снижает массу вещества, которую можно представить для анализа. Накладываются ограничения и на пробоподготовку и условия проведения анализа, чтобы избежать загрязнений образца и потерь элементов из него. Предпочтительна в этом случае более инструментальная методика, которой является нейтронно-активационный анализ.

Высокие потоки нейтронов в активной зоне реактора и ядерные константы определяют только принципиальную возможность низких пределов обнаружения некоторых элементов. Реальные образцы и условия анализа создают трудности достижения этих пределов из-за сильной активации основы или отдельных элементов с нехорошими периодами полураспада или из-за потерь элементов. Преодоление теми или

иными способами этих трудностей, чтобы снизить реальные пределы обнаружения, может привести, по сути дела, к созданию новой методики анализа. Введенные и разработанные авторами способы снижения влияния мешающей активности брома путём Cd, Cd + В и CdBr фильтров, фактически приводят к созданию новой методики анализа.

Разработанная технология относится к области прикладной ядерной физики и может быть использована в качестве материала защитного фильтра-экрана в гамма-спектрометрическом инструментальном нейтронно-активационном анализе и, в частности, резонансном в нейтронно-активационном анализе для избирательной активации биологических образцов.

В настоящее время для устранения интерференционных помех, создаваемых различными радиоизотопами в гамма-спектрометрических измерениях биологических материалов, активируемых нейтронами, используется избирательная активация образцов, осуществляемая с помощью защитных экранов на основе бора [1].

Наиболее близким техническим решением является материал для поглощения тепловых и резонансных нейтронов, содержащий кадмий [2]. Однако, вышеупомянутые экраны не в состоянии поглотить поток резонансных нейтронов с энергиями 35, 54, 104 и 136 эВ, на которых происходит образование радиоизотопа  $^{82}\text{Br}$ .

Так, в биологических образцах, защищенных экраном из металлического кадмия, в процессе активации надкадмиевыми нейтронами, происходит индуцирование радиоизотопа  $^{82}\text{Br}$ , являющегося источником гама-излучения с энергиями 564 – 798 кэВ, что, в свою очередь, вызывает затруднения в идентификации радиоизотопов  $^{76}\text{As}$  и  $^{122}\text{Sb}$ , энергии гама-излучения которых соответственно равны 559 и 564 кэВ.

Целью настоящей работы является повышение эффективности поглощения тепловых и резонансных нейтронов с энергиями 35, 54, 104 и 136 кэВ.

Поставленная цель достигается тем, что материал для поглощения резонансных нейтронов, содержащий кадмий, содержит бром в виде бромистого кадмия  $\text{CdBr}_2$  и раствор жидкого стекла  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  при следующих соотношениях исходных компонентов (вес. %): бромистый кадмий 90.0 – 97.5 и жидкое стекло 2.5 – 10.0. Поглощающий материал изготавливают по следующей технологии: к порошку бромистого кадмия добавляют необходимое количество, предпочтительно 5 вес. %, 25 % водного раствора жидкого стекла, смесь тщательно перемешивают и формуют гранулы – брикеты под давлением 100 кг / см<sup>2</sup>. Брикеты термически обрабатывают при 200 – 300 °С в течение 0.5 – 1.0 ч, а затем размалывают в порошок с удельной поверхностью 2500 см<sup>2</sup> / г. Порошок увлажняют 3 – 5 % воды и формуют изделие необходимой формы под давлением 500 кг / см<sup>2</sup>, которое затем обжигают в электрической муфельной печи при температуре 500 °С в течение 1 – 2 ч. Охлаждение изделия производят на воздухе.

Применение 2.5 – 10.0 вес. % и 25 % водного раствора жидкого стекла обусловлено следующим: гомогенно распределенное в массе бромистого кадмия, жидкое стекло выполняет роль связки, которая придает брикету необходимую прочность, причём количество 2.5 вес. % является тем минимальным пределом, при котором наблюдается прочность брикета. Применение жидкого стекла выше 10 вес. % нежелательно, т.к. смесь получается излишне влажной и требует дополнительную сушку, а также уменьшается содержание основного материала – поглотителя  $\text{CdBr}_2$  в единице объема. Оптимальным количеством добавляемого жидкого стекла является 5.0 вес. %. При этом сырьевая смесь формуется удовлетворительно, и брикет обладает достаточной механической прочностью.

В процессе термической обработки жидкое стекло полностью обезвоживается, скрепляя зерна бромистого кадмия в монолитное тело. Например, к 9.75 г порошка бромистого кадмия добавляют 0.25 мл 25 % водного раствора жидкого стекла, смесь перемешивают и формируют брикет размером  $10 \times 40 \times 10$  мм под давлением  $100 \text{ кг / см}^2$ , который обжигают при температуре  $300 \text{ }^\circ\text{C}$  в течение 1.0 ч. По окончании обжига брикет размалывают в порошок с удельной поверхностью  $2500 \text{ см}^2 / \text{г}$ , увлажняют 5 % воды и формируют изделие в виде диска с  $d = 28$  мм и  $h = 5$  мм с центральным углублением для закладки образца диаметром 5 мм и высотой 1.5 мм. Изделие обжигают при температуре  $500 \text{ }^\circ\text{C}$  в течение 2 ч. Аналогичным образом готовят материал и с большим содержанием жидкого стекла, т.е. составы с 5 и 10 вес. %.

Предлагаемая композиция обладает необходимыми для резонансного нейтронно-активационного анализа биологических материалов комбинированными свойствами поглощать тепловые нейтроны с энергией  $\leq 0.4$  эВ благодаря наличию в ней элемента кадмия и резонансные нейтроны с энергией 35, 54, 104 и 136 эВ, при которых происходит образование радиоизотопа  $^{82}\text{Br}$  за счет присутствия элемента Br (Рисунки 1 и 2).

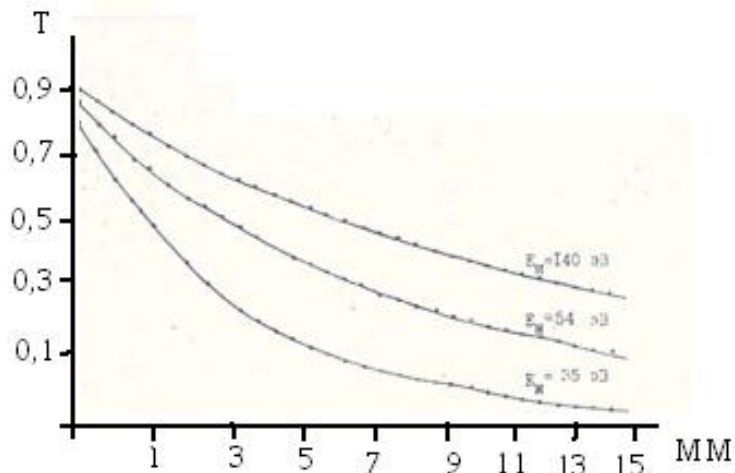


Рисунок 1. Зависимость фактора пропускания  $T$  от толщины  $\text{CdBr}_2$  экрана.

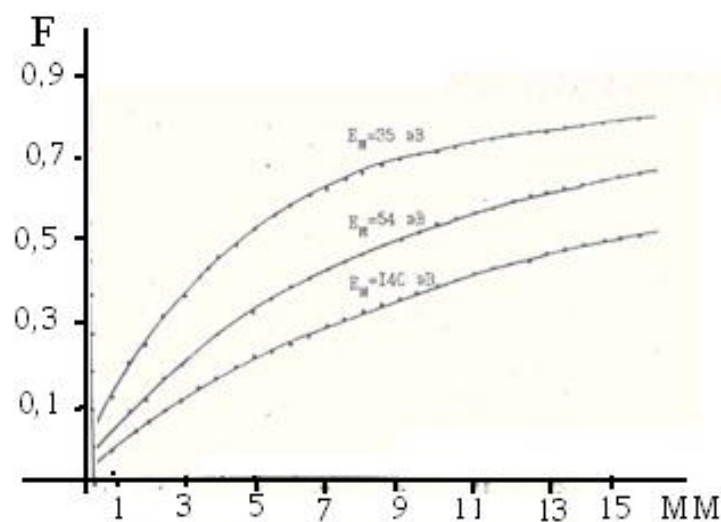


Рисунок 2. Зависимость фактора поглощения  $F$  от толщины  $\text{CdBr}_2$  экрана.

Полученная композиция обладает значительной плотностью, механической прочностью, работоспособна в окислительной атмосфере при температурах до 500 °С, радиационностойка до интегрального потока  $10^{20}$  н / см<sup>2</sup>.

Полученный материал для поглощения тепловых и резонансных нейтронов, содержащий кадмий, отличается тем, что, с целью повышения эффективности поглощения резонансных нейтронов с энергиями 35, 54, 104 и 136 эВ, содержит кадмий в виде бромистого кадмия и дополнительно жидкое стекло при следующих соотношениях исходных компонентов (вес. %): бромистый кадмий 90.0 – 97.5 и жидкое стекло 2.5 – 10.0.

Зависимость эффективности подавления активности <sup>82</sup>Br от композиции состава экрана приводится в **Таблице 1**.

**Таблица 1.**

№	Экран	Активность <sup>82</sup> Br в относительных единицах, %
1	Без экрана	4000 (100)
2	Металлический кадмий	700 (42)
	97.5 вес. % CdBr <sub>2</sub>	290 (7)
	2.5 вес. % Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	
	95.0 вес. % CdBr <sub>2</sub>	300 (7.5)
3	5.0 вес. % Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	
4	90.0 вес. % CdBr <sub>2</sub>	400 (10)
	10.0 вес. % Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	

Расчет толщины поглотителя необходимого для эффективного подавления мешающей активности получали определением критерия фактора пропускания  $T$  и поглощения  $F$  различных энергетических групп нейтронов. Для предлагаемого материала результаты приводятся в [1, 2].

### Ссылки

1. Н. В. Багдавадзе, А. В. Рустамбеков. Материал для поглощения тепловых и резонансных нейтронов. Авт. свид. СССР № 795275, 1980.
2. Н. В. Багдавадзе, О. И. Джавахишвили. Устройство для облучения эпитеpmальными нейтронами. Авт. свид. СССР № 1450639, 1988.