

## ПОИСК КЕРАМИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

Григорьев А.С.<sup>1,2</sup>, Чубреев Д.О.<sup>2</sup>, Антоненко М.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30  
<sup>2</sup>ФГУП «Горно-химический комбинат», 662972, г. Железногорск, Красноярского края,  
ул. Ленина, д. 53  
E-mail: grigorev\_92@mail.ru

Надежное, безопасное и эффективное обращение с радиоактивными отходами (РАО) на конечной стадии топливного цикла – необходимый компонент ядерной индустрии. Проблема РАО поднимается в различных областях науки, промышленности, медицины, где используются радионуклиды. Так или иначе, РАО образуются в настоящее время практически во всех промышленных странах, и проблема обращения с ними стоит достаточно остро.

При обращении с РАО учитываются два критерия. Первый – РАО не должно оказывать вредного воздействия на человека и окружающую среду, второй – ответственность за обеспечение безопасности РАО лежит на современных получателях выгоды от использования ядерной энергии и не должна перекладываться на следующие поколения [1].

Проводя обзор методов обращения и хранения РАО, можно утверждать, что только включение их в твердые матрицы с получением монолитной структуры обеспечивает надежную защиту окружающей среды. Наиболее распространенными методами отверждения РАО являются цементирование, битумирование, остекловывание (витрификация) и включение в керамические формы. В компактной остеклованной (битумированной, цементированной, и пр.) форме такие отходы легче хранить, надежно обеспечивая их изоляцию на длительное время.

Впервые включать продукты деления в стекловидную матрицу было предложено в 1951 году, так как стекло при нагревании способно растворять, а при последующем охлаждении прочно удерживать смесь продуктов деления. Было подтверждено, что получаемый продукт обладает высокой химической и радиационной стойкостью, является изотропным и непористым. В то же время определился главный недостаток стекла – его термодинамическая нестойкость – «расстекловывание» под действием высокой температуры, поддерживаемой радиоактивным распадом. Явление «расстекловывания» ухудшает первоначальные свойства продукта, в частности, возрастает скорость его выщелачивания [1].

Наряду с остекловыванием развиваются и другие методы отверждения отходов, предназначенные для получения более стойких форм, способных сохранять длительное время механическую и химическую стойкость. К таким формам относят стеклокерамику, керметы и др. Идея, заложенная в основу иммобилизации различных радиоактивных отходов в керамику, основана на использовании устойчивых в земной коре минералов, основная масса которых достаточно хорошо изучена. Следует отметить, что керамические формы позволяют включать в них до 50-65 % [1] отходов по массе, что значительно больше, чем стекло.

Таким образом, стоит выделить несколько критериев, которыми необходимо руководствоваться при выборе стекла или керамики для иммобилизации радиоактивных отходов:

1. Преимуществом остеклованной формы является одноэтапность технологического режима приготовления. Энергоемкость и сложность технологии керамики делает ее приготовление более дорогостоящей.

2. Достоинством керамики является ее термодинамическая стабильность и более высокая гидротермальная и радиационная стойкость, особенно в отношении актинидов. Однако использование керамики ограничивается составом РАО.

3. Стекло менее чувствительно к изменению состава в потоках отходов. Так, боросиликатное стекло допускает изменения в содержании Fe, Al, Mn, Ca и Ni в 2-3 раза без значительного снижения выщелачиваемости.

4. Несмотря на то, что керамика превосходит стекло в отношении термической и механической стабильности, эти показатели стекла достаточно высоки, чтобы оно было приемлемой формой для безопасного включения РАО.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бекман И.Н. Ядерная индустрия. Курс лекций. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 867 с.