УДК 541.15

А.А. ПЕРСИНЕН
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)

ОБРАЩЕНИЕ С РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ КАК ВАЖНЕЙШАЯ ПРОБЛЕМА ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Обращение с радиоактивными отходами (РАО) привлекает все большее внимание специалистов, поскольку они представляют постоянную опасность для жизни и здоровья людей в течение многих лет. Общее количество радиоактивных отходов и отработавшего топлива, накопившегося только на территории Российской Федерации, по экспертным оценкам, составляет более 400 млн м^2 жидких отходов, более 200 млн м^2 твердых отходов и 8 700 т отработавшего топлива, ожидающего окончательного захоронения.

Attractive technological simplicity of radiation processing (relatively low doses in air at room temperature), possibility to vary initial viscosity of composition in a broad range, potential to obtain solid materials with various additives (up to 50 wt.%), and good operating properties of structurized compositions provide much scope fop their practical applications: from modification of paper or wood to radioactive waste management.

Острота с переработкой жидких радиоактивных отходов в настоящее время несколько спала благодаря вводу в действие установок на Дальнем Востоке и в Северо-Западном регионе, несмотря даже на их засоленность, однако остающиеся шламы и огромное количество твердых низко- и среднеактивных отходов требуют принятия срочных и неординарных решений.

Определяющим пригодность тех или иных материалов для связывания РАО параметром является химическая устойчивость отвержденных РАО к воздействию природных факторов. Эта устойчивость оценивается скоростью выщелачивания радионуклидов из отвержденного блока. Скорость выщелачивания радионуклидов представляет собой скорость вымывания наполнителя, меченого радионуклидом, определяемую по измерению активности того или иного изотопа в веществе. Скорость выщелачивания для сравнительных оценок должна приводиться на время достижения ею постоянного значения.

В силу того, что отвержденные блоки закладываются на длительное хранение и в дальнейшем не исключены механические воздействия на них, особенно при транспортировке контейнера, довольно важной характеристикой служит предел прочности на сжатие.

При выборе контейнера для длительного хранения или окончательного захоронения РАО существенное значение имеет теплопроводность среды и термический коэффициент линейного расширения.

Радиационная стойкость – комплексный параметр, учитывающий изменение основных свойств матрицы под действием внутреннего облучения. Под действием радиации происходит деструкция материалов, газовыделение, изменяется прочность, скорость выщелачивания и т.д. Часто характер этих изменений сложен, носит экстремальный характер. Для отвержденных РАО под радиационной стойкостью, как правило, понимают резкое снижение устойчивости к выщелачиванию при наборе определенной дозы.

Оценивая по приведенным характеристикам применяемые в настоящее время способы перевода жидких радиоактивных отходов в твердое состояние, можно констатировать, что практически все они не лише-

ны недостатков, т.е. не удовлетворяют всему комплексу свойств, необходимых для длительного хранения РАО. Так, наиболее простой способ отверждения РАО – цементирование – находит ограниченное применение при отверждении низкоактивных радиоактивных отходов, поскольку обладает достаточно высокой выщелачиваемостью в контакте с водой, что требует дополнительно создания надежной гидроизоляции в хранилищах. Практически все характеристики битумирования – процесса сплавления высушенных радиоактивных осадков с битумом – лучше, чем у цементирования, но процесс требует специального технологического оборудования (отгонка воды из солевых концентратов, разогрев всей массы до температуры не ниже 160 °С и т.д.), что существенно его усложняет. Самым же надежным способом отверждения РАО является остекловывание.

Анализируя существующие методы иммобилизации радиоактивных отходов мы пришли к выводу, что для этих целей может быть использована разработанная нами эпоксиакриловая композиция (ЭАК). Композиция отверждается под действием ионизирующего излучения на воздухе при комнатной температуре. Эпоксиакриловые композиции приготовляются смешением эпоксидных смол с акриловой кислотой.

Широкий спектр свойств модифицированных ЭАК можно получить путем введения специальных добавок и наполнителей. Так, вместо дифеновых смол в композицию могут включаться эпоксидно-новолачные блоксополимеры, отличающиеся повышенной радиационной стойкостью. Высокие электрические характеристики имеют эпоксидно-акрилатно-стирольные композиции. При наполнении ЭАК нитридом бора теплопроводность композиции увеличивается на порядок. Введение же в композицию трибутилфосфата придает ей негорючесть, низкую летучесть и хорошие антикоррозионные свойства.

Сравнение параметров различных методов отверждения радиоактивных отходов (см. таблицу) показывает, что ЭАК стоит на одном уровне с битумированием, а по некоторым параметрам даже превосходит его: на порядок выше радиационная стойкость, на порядок ниже скорость выщелачивания, выше теплопроводность. Кроме того, следует отметить как положительное качество ЭАК негорючесть и отверждение при комнатной температуре, что не требует дополнительных энергозатрат.

Характеристики различных методов отверждения РАО

Метод отверждения	Скорость выщелачивания, г/(см^2·сут)	Прочность на сжатие, МПа	Теплопроводность, Вт/(м·К)	Радиационная стойкость, Гр	Отверждаемые РАО	Недостатки метода
Цементирование	10^{-3}-10^{-2}	100-200	0,1-0,2	10^5	Низкоактивные	Эрозия блока, необходимость гидроизоляции
Битумирование	10^{-5}-10^{-4}	–	0,1-0,3	10^7	Среднеактивные	Пожароопасность
Остекловывание	10^{-8}-10^{-7}	500-1500	0,8-1,5	10^9	Высокоактивные	Высокая температура отверждения
Заключение в ЭАК	10^{-7}-10^{-5}	30-100	0,1-1,0	10^8	Среднеактивные	

Таким образом, основным преимуществом предлагаемого метода является его технологичность. Процесс замоноличивания остатков жидких радиоактивных отходов (шламов) может быть осуществлен непосредственно на объекте, что особенно важно для военно-морского флота, и без дополнительных капитальных затрат. После выдерживания ЭАК до отверждения под действием ионизирующего излучения самих РАО, блок транспортируется на длительное хранение (захоронение).