

## ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, старшего научного сотрудника Ремеза Виктора Павловича на диссертационную работу Мутаз Валид Али Аладаилах на тему: «Расчетно-экспериментальные исследования композитных радиационно-защитных материалов с использованием природных минералов и промышленных отходов Иордании», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.9. Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность.

**Актуальность темы.** Диссертационная работа посвящена решению актуальной научно-технической задачи, связанной с обеспечением безопасности персонала и населения при использовании радиационных технологий. Экранирование является наиболее распространенным способом обеспечения радиационной защиты и снижения дозовых затрат персонала. В диссертационной работе приведены результаты разработки новых полимерных композитных радиационно-защитных материалов (РЗМ) с использованием наночастиц ZnO и TiO<sub>2</sub>, природных минералов и отходов промышленного производства Иордании с улучшенными экранирующими способностями.

**Объем и структура работы.** диссертационная работа состоит из введения, 6 глав, заключения, основных выводов, списка сокращений, обозначений и списка цитируемой литературы. Диссертация изложена на 163 страницах, включая 73 рисунка, 54 таблицы. Список цитируемой литературы содержит 113 наименований.

**Во введении** обосновывается актуальность темы диссертации, формулируются цель и задачи исследования, представлена научная новизна, показывается теоретическая и практическая значимость полученных результатов, излагаются основные положения, выносимые на защиту, сведения об апробации результатов и публикации по теме исследования.

**В первой главе** представлен обзор литературных данных о проведенных на сегодняшний день исследованиях по темам, связанным с расчетными и экспериментальными исследованиями полимерных композитных радиационно-

защитных материалов. Обобщены преимущества и недостатки, радиационно-защитные характеристики потенциальных добавок для повышения экранирующей способности композиционных материалов, особенности различных полимерных матриц (полиэтилена высокой плотности, поливинилхлорида и т.д.), используемых в мире для изготовления радиационно-защитных материалов используемых в различных областях применения радиационных технологий.

**Во второй главе** приведена технология изготовления образцов с матрицей из полидиметилсилоксана с нанопорошками  $\text{TiO}_2$  и  $\text{ZnO}$  в качестве наполнителей, реализованная автором диссертации в ходе стажировки в Иорданском университете науки и технологий в 2021-2022 гг. и представлены результаты расчетных исследований и моделирования изготовленных образцов. Теоретическая оценка массового коэффициента ослабления  $\mu_m$  образцов полимерных композитных материалов проводилась для спектров энергий изотопов  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{58}\text{Co}$ ,  $^{198}\text{Au}$ ,  $^{54}\text{Mn}$  и  $^{24}\text{Na}$  с помощью программного обеспечения ХСОМ и моделирования методом Монте-Карло (MCNP 6.2).

**В третьей главе** рассматривается технология изготовления полимерных композитных материалов из полипропилена и хлорированного поливинилхлорида с наполнителем в виде золы горючих сланцев и представлены результаты расчетных исследований и моделирования их радиационно-защитных свойств с использованием метода Монте-Карло. Следует отметить важность данного исследования не только с точки зрения получения новых радиационно-защитных материалов, но и с точки зрения утилизации отходов промышленного производства. Полученные результаты показывают заметное улучшение экранирующих свойств образцов, особенно при малых энергиях. Работы были проведены автором диссертации на химическом факультете университета Аль-Албайт (г. Аль-Мафрак, Иордания).

**В четвертой главе** описана технология изготовления полимерных композитных материалов из полиэтилена высокой плотности с наполнителями в виде нанопорошков  $\text{ZnO}$ ,  $\text{TiO}_2$ , реализованная автором диссертации в университете Аль-Албайт (Мафрак, Иордания) на химическом факультете и факультете естественных наук в феврале 2022 г. в координации и сотрудничестве

с Иорданским управлением по атомной энергии. Представленные результаты проведенных расчетно-экспериментальных исследований радиационно-защитных свойств образцов, показывают эффективность использования примененных наполнителей, в частности образец 15% ZnO-HDPE обладает самым высокими значениями коэффициентов ослабления и самым низким значением слоя половинного ослабления среди подготовленных образцов.

**Пятая глава** посвящена описанию технологии изготовления образцов полимерных композитных материалов с матрицей из полиэтилена высокой плотности HDPE с использованием в качестве наполнителя пуццолана из северо-восточной Иордании с различной концентрацией (от 0 до 50%). и результаты расчетно-экспериментальных исследований Образцы изготовлены автором диссертации в университете Аль-Байт в Мафраке (Иордания) на химическом факультете.

**Шестая глава** диссертации посвящена теоретическим исследованиям и моделированию с помощью метода Монте-Карло экранирующих свойств ряда стеклянных систем, выбор которых был произведен по согласованию с Иорданским управлением по атомной энергии. Основной задачей этих исследований являлась оценка изменений радиационно-защитных свойств стеклянных систем  $\text{SiO}_2\text{-Na}_2\text{O-P}_2\text{O}_5\text{-CaO-MgO}$ ;  $\text{Y}_2\text{O}_3\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-P}_2\text{O}_5$ ;  $\text{B}_2\text{O}_3\text{-Bi}_2\text{O}_3\text{-SrO}$  с добавками  $\text{Nd}_2\text{O}_3$ ,  $45\text{SiO}_2\text{-15CaO-(40-x)BaO-(x)ZnO}$ ,  $\text{PbO-B}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$  с добавками оксида диспрозия (III) ( $\text{Dy}_2\text{O}_3$ ), фосфатные и борат-фосфатные стекла  $40\text{Na}_2\text{O-(60-x)P}_2\text{O}_5\text{-xGeO}_2$  и  $40\text{Na}_2\text{O-10B}_2\text{O}_3\text{-(50-x)P}_2\text{O}_5\text{-xGeO}_2$ ,  $85\text{TeO}_2\text{-(15-y)Bi}_2\text{O}_3\text{-yHfO}_2$ . Проведение теоретических исследований радиационно-защитных свойств указанных стеклянных систем позволило выявить перспективы и потенциал их использования для экранирования фотонного излучения и рекомендовать наиболее эффективные составы для дальнейших экспериментальных исследований.

**Научная новизна** работы заключается в следующем:

– Проведены расчетные исследования и моделирование влияния добавок наночастиц ZnO и  $\text{TiO}_2$  в качестве наполнителей на радиационно-защитные свойства полидиметилсилоксана.

- Впервые проведены расчетные исследования и моделирование радиационно-защитных свойств полипропилена и хлорированного поливинилхлорида с использованием в качестве наполнителя золы горючих сланцев.
- Проведены исследования радиационно-защитные свойства ПКМ на основе матрицы из полиэтилена высокой плотности с наполнителем в виде наночастиц ZnO и TiO<sub>2</sub>.
- Впервые синтезированы и экспериментально исследованы радиационно-защитные свойства ПКМ на основе матриц из полиэтилена высокой плотности с наполнителем в виде пуццоланы из северо-восточной Иордании.
- Проведено исследование влияния технологии изготовления полимерных композитных материалов на их экранирующие свойства.
- Проведены расчетные исследования и моделирование радиационно-защитных свойств новых составов стекол для защиты от гамма-излучения.

**Теоретическая и практическая значимость** работы заключается в том, что ряд задач, решенных в ходе проведенных исследований, был сформулирован по согласованию с ведущими университетами и управлением по использованию атомной энергии Иордании, и результаты исследований радиационно-защитных характеристик изготовленных композитных материалов с наполнителями в виде местных природных минералов и промышленных отходов, а также наночастиц ZnO и TiO<sub>2</sub> могут быть использованы при оценке потенциальной возможности их применения в составе биологической защиты объектов использования атомной энергии Иордании. Широкое применение моделирования в ходе диссертационной работы позволило определить наиболее перспективные направления исследований модифицированных составов радиационно-защитных стекол для более детального изучения, в частности с использованием дорогостоящих экспериментальных методов.

**Достоверность результатов работы** обеспечивается использованием известных, зарекомендовавших себя методов расчета, моделирования, проверенного программного обеспечения, а также сравнением полученных данных с результатами эксперимента и данными других авторов.

Основные результаты диссертационного исследования представлены в 21-й публикации, из них 8 статей опубликованы в зарубежных изданиях, входящих в

международные базы цитирования Scopus и Web of Science; 13 тезисов и полнотекстовых докладов – в сборниках международных и российских научных конференций.

**Замечания и вопросы:**

1. Планируется ли исследование российских природных материалов для использования в составе радиационной защиты объектов использования атомной энергии?
2. Планируется ли изготовление образцов с наполнителями в виде наночастиц ZnO и TiO<sub>2</sub> самостоятельного (глава 2) и промышленного (глава 4) изготовления в составе одинаковых полимерных матриц и проведение их испытаний? Это необходимо для объективного сравнения характеристик образцов.
3. В работе отсутствуют какие-либо оценки стоимости изготовления различных образцов защитных материалов.
4. В диссертационной работе не проведены исследования радиационной стойкости полимерных композитных радиационно-защитных материалов в длительном промежутке времени.
5. В таблицах, приведенных в диссертации, указываются различное количество значащих цифр после запятой (например, в табл.4.6 – от двух до четырех, в табл. 4.7 – от двух до 6!).

**Заключение.** Сделанные замечания не снижают общего благоприятного впечатления от диссертационной работы.

Диссертационная работа Мутаз Валид Али Аладаилах «Расчетно-экспериментальные исследования композитных радиационно-защитных материалов с использованием природных минералов и промышленных отходов Иордании», соответствует специальности 2.4.9. Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность. Представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную тему, имеющую существенное значение для реализации программы развития атомной энергетики и других радиационных технологий в Иордании, и соответствует требованиям п. 9 положения о присуждении учёных степеней в УрФУ, а её автор, Мутаз Валид Али Аладаилах, заслуживает присуждения ему

ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.9. Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность.

Официальный оппонент:

Доктор технических наук, старший научный сотрудник, ООО «Научно-производственное предприятие ЭКСОРБ», директор.

 Ремез Виктор Павлович

Адрес: 620014, г. Екатеринбург, Красный пер., 8Б, 11,

телефон: 89090164422

e-mail: victor.remez@gmail.com

Подпись Ремеза Виктора Павловича

заверяю:

17 мая 2023 г.

Отдел кадров, ООО «Научно-производственное предприятие ЭКСОРБ»

 Желтоножко Евгения Валерьевна

