

## Отзыв

официального оппонента кандидата технических наук Антона Михайловича Кобелева на диссертацию 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.

Диссертационная работа Мутаз Валид Али Аладаилах связана с расчетно-экспериментальными исследованиями композитных защитных материалов, которая является важной частью системы ограничения дозы радиации для персонала, поскольку недостаточно полагаться на пределы дозы для достижения приемлемого уровня защиты.

Тема диссертационной работы, несомненно, актуальна в связи с необходимостью разработки новых эффективных нетоксичных композитных материалов с полимерной матрицей, стекол для радиационной защиты на объектах использования атомной энергии и при использовании радиационных технологий в медицине и промышленности.

Тематика исследования соответствует утвержденным на федеральном уровне приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники Российской Федерации (пункт 8 - Энергоэффективность, энергосбережение и атомная энергетика).

Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения и списка литературы.

**Во введении** обоснована актуальность выполненных диссертантом исследований, сформулирована цель работы, изложены научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, положения и результаты, выносимые на защиту. Также приведены данные по апробации диссертационной работы и публикациях по теме исследования.

**Первая глава** посвящена анализу литературных данных об исследованиях, проведенных к настоящему времени по тематике, связанной с расчетными и экспериментальными исследованиями композитных радиационно-защитных материалов (РЗМ) с полимерными матрицами. Рассмотрены преимущества и недостатки используемых матриц



(полипропилен, хлорированный поливинилхлорид, полиэтилен высокой плотности), различных добавок и их способность изменять радиационно-защитные свойства композиционных материалов. В обзоре обобщены возможности полимеров и полимерных композитных материалов на их основе, с использованием в качестве наполнителей различных химических соединений, в том числе наночастиц. На основании этого сделано заключение о необходимости проведения дальнейшего исследования.

**Во второй главе** приведены результаты исследований радиационно-защитных свойств образцов полидиметилсилоксана с наполнителями из наночастиц ZnO и TiO<sub>2</sub>, проведенных автором диссертации во время стажировки в Иорданском университете науки и технологий (JUST) в институте нанотехнологий. Обнаружено, что увеличение линейного коэффициента ослабления при повышении доли наночастиц оксида цинка (ZnO) от 0 % до 15% при энергии 0,02216 МэВ составило 240 %, при энергии 0,661262 МэВ – 10,36 %. Увеличение доли оксида титана при энергии 0,02216 МэВ до 15 % TiO<sub>2</sub> привело к повышению коэффициента линейного ослабления на 73.87 %, при энергии 0,6616 МэВ – на 9.41 %.

**В третьей главе** представлена теоретическая оценка с использованием моделирования методом Монте-Карло радиационно-защитных свойств образцов полипропилена и хлорированного поливинилхлорида с наполнителем в виде сланцевой золы, полученной из исследовательской лаборатории из региона Аттарат в Иордании. Диссертантом получены следующие результаты:

1. При энергии 0,02216 МэВ уменьшение слоя половинного ослабления при повышении доли сланцевой золы до 40 % составило 89 %, при энергии 0,6616 МэВ – 22 %.

2. При энергии 0,0221 МэВ уменьшение слоя половинного ослабления при увеличении доли сланцевой золы в хлорированном поливинилхлориде до 30 % составило 30 %, при энергии 0,6616 МэВ – 7.5 %.

**В четвертой главе** изложены результаты экспериментальных и теоретических исследований изготовленных полимерных композитных материалов из полиэтилена высокой плотности с наполнителями в виде нанопорошков ZnO, TiO<sub>2</sub>.

Диссертантом получены следующие результаты:



1. Образец 15% ZnO - HDPE является наиболее эффективным РЗМ против гамма-излучения среди всех подготовленных образцов.

2. При энергии 0,0595 МэВ уменьшение слоя половинного ослабления при увеличении доли наночастиц оксида цинка в матрице до 15 % составило 66 %, при энергии 1,332 МэВ – 34 %.

3. При энергии 0,0595 МэВ уменьшение слоя половинного ослабления при увеличении доля наночастиц оксида титана до 15 % составило 41 %, при энергии 1.332 МэВ – 29 %

**В пятой главе** приведены результаты экспериментальных и теоретических исследований образцов РЗМ, с полимерной матрицей из полиэтилена высокой плотности ExxonMobil HMA 018 и наполнителем в виде пуццолана из северных регионов Иордании с содержанием до 50%.

Диссертантом получены следующие результаты:

1. Добавление 50 мас. % пуццолана увеличивает значения линейного коэффициента ослабления образцов HDPE-P в 6,8 раза, 1,7 раза и 1,3 раза для энергий гамма-излучения 59 кэВ, 662 кэВ и 1252 кэВ, соответственно.

2. Сравнение значений массового коэффициента ослабления для HDPE-P50, с 30-ю образцами полимерных РЗМ с различными наполнителями по опубликованным данным показало, что образец HDPE-P50 обладает лучшими экранирующими свойствами, уступая только образцу из полиэтилена высокой плотности с содержанием 50% наночастиц РbO при 662 кэВ.

**В шестой главе** изложены результаты расчетных исследований и моделирования экранирующих свойств для семи различных стеклянных систем, направленных на оценку изменения экранирующих свойств стекол при их модификации и проведенных по согласованию с управлением по атомной энергии Иордании. В итоге были определены составы, которые потенциально могут быть использованы для радиационной защиты и могут быть рекомендованы для углубленных экспериментальных исследований. Установлено, что увеличение содержания Dy с 0 до 13,4 мас. % увеличивает массовый коэффициент ослабления образцов стекол на 9 % при энергии гамма-излучения 0,02 МэВ и на 2,01 % при энергии гамма-излучения 1 МэВ. Увеличение содержания GeO<sub>2</sub> от 0 до 30 %, снижает значение слой половинного ослабления образцов фосфатного стекла на 80 % при энергии гамма-излучения 0,02 МэВ и на 18 % при энергии гамма-излучения 1 МэВ.

Увеличение содержания  $\text{GeO}_2$  от 0 до 30 %, снижает значение слоя половинного ослабления образцов борат-фосфатного стекла на 81,2 % при энергии гамма-излучения 0,02 МэВ и на 15 % при энергии гамма-излучения 1 МэВ.

**В заключении** подведены итоги выполненной диссертантом работы.

**Научная новизна** диссертационной работы Мутаз Валид Али Аладаилах заключается в том, что:

1. Проведена расчетная оценка и моделирование влияния добавок наночастиц  $\text{ZnO}$  и  $\text{TiO}_2$  в качестве наполнителей на радиационно-защитные свойства полидиметилсилоксана.
2. Впервые проведены расчетные исследования и моделирование радиационно-защитных свойств полипропилена и хлорированного поливинилхлорида с использованием в качестве наполнителя золы горючих сланцев.
3. Проведены исследования радиационно-защитные свойства ПКМ на основе матрицы из полиэтилена высокой плотности с наполнителем в виде наночастиц  $\text{ZnO}$  и  $\text{TiO}_2$ .
4. Впервые синтезированы и экспериментально исследованы радиационно-защитные свойства ПКМ на основе матриц из полиэтилена высокой плотности с наполнителем в виде пуццолана из Иордании.
5. Проведены расчетные исследования и моделирование радиационно-защитных свойств новых составов стекол для защиты от гамма-излучения.

**Теоретическая и практическая значимость** диссертационной работы Мутаз Валид Али Аладаилах заключается в том, что:

- Результаты исследований радиационно-защитных характеристик композитных радиационно-защитных материалов с наполнителями в виде пуццоланы и золы горючих сланцев будут использованы при оценке потенциальной возможности их применения в составе строительных материалов при сооружении биологической защиты радиационно-опасных объектов Иордании.



- Результаты исследований влияния добавок наночастиц ZnO и TiO<sub>2</sub> в качестве наполнителей на экранирующие свойства полидиметилсилоксана будут использованы при изготовлении РЗМ.

- Результаты теоретических исследований новых составов радиационно-защитных стекол будут использованы для выбора среди них наиболее эффективных для проведения экспериментальных исследований.

**Достоверность результатов**, полученных Мутаз Валид Али Аладаилах, не вызывает сомнений. Она обеспечена применением известных, зарекомендовавших себя методов моделирования и расчета, поверенного программного обеспечения, поверенных приборов и измерительных комплексов, хорошим согласованием полученных результатов, полученных экспериментально, с результатами моделирования, а также с результатами других исследователей.

Основные результаты диссертационного исследования представлены в 21-ти публикации, из них 8 статей опубликованы в зарубежных изданиях, входящих в международные базы цитирования Scopus и Web of Science; 13 публикаций в сборниках тезисов и трудов международных и российских научных конференций.

По диссертационной работе имеются следующие замечания и вопросы:

1. Чем обусловлен выбор наполнителей TiO<sub>2</sub> и ZnO?
2. В главе 1 не были достаточно рассмотрены достоинства и недостатки использования монолитных плит, состоящих из чистых элементов, таких как барий, алюминий, медь и железо, для защиты от радиации.
3. На странице 27, в таблице 2.2, обнаружена опечатка в отношении содержания Ti-22 в ПДМС (поли(диметилсилоксан)), которое указано как 0.000000. Вероятно, это опечатка.
4. На стр.34 в тексте присутствует некорректная ссылка на рисунок 2.8. Спектры пропускания образцов ПДМС-ПДМС-ZnO<sub>15</sub>.
5. В таблице 2.6 на стр.44 при значении энергии 0,16061 МэВ Δ% увеличивается до 0,19 % для ПДМС, 0,20% для ПДМС (TiO<sub>2</sub>)<sub>2.5</sub>, 0,18 % для ПДМС (TiO<sub>2</sub>)<sub>5</sub> и ПДМС (TiO<sub>2</sub>)<sub>7.5</sub>, 0,17% для ПДМС (TiO<sub>2</sub>)<sub>15</sub>, с чем это может быть связано?

6. В той же таблице при значении энергии 0,30285 МэВ  $\Delta\%$  увеличивается до 0,24 % для ПДМС (TiO<sub>2</sub>)<sub>10</sub>, какие факторы могут быть причиной такого увеличения?

7. В тексте имеются ошибки в написании слов.

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», представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную тему, и соответствует требованиям п. 9 положения о присуждении учёных степеней в УрФУ, а ее 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:

Кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизированных систем противопожарной защиты, полковник внутренней службы, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский институт Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий».



Кобелев Антон Михайлович

24 мая 2023 г.

620062, Россия, г. Екатеринбург, ул. Мира, дом 22  
тел./факс: тел: (343) 360-81-46  
e-mail: [antonkobelev85@mail.ru](mailto:antonkobelev85@mail.ru)

Подпись к.т.н. А.М. Кобелева заверяю:  
Ученый секретарь Уральского института  
ГПС МЧС России

кандидат педагогических наук, доцент  
полковник внутренней службы



М. Г. Контобойцева