

## ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, старшего научного сотрудника Хомякова Анатолия Павловича на диссертационную работу Та Ван Тхыонг на тему: «Расчетно-экспериментальные исследования композитных радиационно-защитных материалов с использованием природных минералов Вьетнама», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.9. Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность

**Актуальность темы диссертационной работы.** В связи с расширением географии сооружения государственной корпорацией «Росатом» объектов использования атомной энергии в мире актуализируется проблема поиска и оценки потенциальной возможности использования местных природных материалов для использования в составе строительных материалов, в том числе для биологической защиты, с целью снижения стоимости объектов. Диссертационная работа Та Ван Тхыонг посвящена расчетно-экспериментальным исследованиям радиационно-защитных свойств природных каменных минералов и композитных радиационно-защитных материалов с наполнителями в виде промышленных металлических отходов Вьетнама. В настоящее время «Росатом» активно сотрудничает с Институтом атомной энергии Вьетнама (VINATOM) по реализации проекта создания Центра ядерной науки и технологий (ЦЯНТ) во Вьетнаме, что еще больше повышает актуальность этой диссертации.

**Научная новизна** диссертационной работы заключается в том, что впервые проведены расчетно-экспериментальные исследования радиационно-защитных характеристик природных минералов Социалистической Республики Вьетнам для оценки потенциала их использования при сооружении биологической защиты ОИАЭ; проведены расчетно-экспериментальные исследования и моделирование радиационно-защитных свойств вьетнамских природных минералов с

использованием расчетного кода MCNP-5, программы XCOM в различных диапазонах энергий  $\gamma$ -излучения; впервые проведены расчетно-экспериментальные исследования влияния давления при изготовлении новых композитных радиационно-защитных материалов (РЗМ) на основе красной и белой глины Вьетнама на их экранирующие свойства; впервые проведены расчетно-экспериментальные исследования влияния добавок промышленных металлических отходов на радиационно-защитные свойства композитных РЗМ с матрицей в виде красной и белой вьетнамской глины.

Диссертационная работа имеет теоретическую и практическую значимость, заключающуюся в потенциальной возможности использования результатов проведенных расчетно-экспериментальных исследований местных природных минералов и композитных РЗМ с наполнителем в виде промышленных металлических отходов в составе биологической защиты при сооружении и эксплуатации АЭС во Вьетнаме, а также при использовании радиоизотопной продукции в медицинских целях.

Кроме того, результаты анализа состояния ядерной инфраструктуры Вьетнама будут использованы в качестве основы для сравнения, оценки и анализа достигнутых вех и дополнительных условий, необходимых для сооружения объектов использования атомной энергии (ОИАЭ) во Вьетнаме. Результаты разработки руководства по подготовке и экспертизе отчета об оценке воздействия на окружающую среду для проекта ЦЯНТ Вьетнама будут способствовать повышению качества экспертизы и объективности оценки, а также эффективной реализации других проектов, связанных с ядерной отраслью Вьетнама в будущем. Разработанные «Русско-вьетнамский словарь по ядерной энергетике» и русско-вьетнамский учебник «Основы ядерной энергетике» будут использованы при реализации одного из 19 элементов ядерной инфраструктуры (людские ресурсы) путем повышения эффективности подготовки вьетнамских специалистов.

**Содержание диссертационной работы.**



Диссертационная работа содержит 240 страницы машинописного текста, в том числе список литературы из 165 наименований. Материал диссертации размещен в пяти главах, включает 86 рисунков и 19 таблицы.

**Во введении** обоснована актуальность диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследования, представлена научная новизна, показана теоретическая и практическая значимость полученных результатов, представлены основные положения, выносимые на защиту, сведения об апробации результатов и публикациях по теме исследования.

**Первая глава** посвящена анализу перспектив развития атомной энергетики и ядерной инфраструктуры Вьетнама, необходимой для сооружения ОИАЭ. Была проведена разработка отдельных мероприятий по формированию этих элементов ядерной инфраструктуры. По результату анализа основных путей возникновения радиационных нагрузок на персонал АЭС определено, что основной вклад для радиоактивных загрязнений вносят долгоживущие изотопы Cs-137 и Co-60.

**Во второй главе** представлены результаты расчетно-экспериментальных и теоретических исследований радиационно-защитных свойств природных каменных материалов Вьетнама для использования в качестве защиты от  $\gamma$ -излучения. Проведение исследований позволило выявить потенциал их использования для экранирования и рекомендовать наиболее эффективные виды камней для использования в качестве наполнителя бетона при сооружении АЭС и других ОИАЭ во Вьетнаме. Исследование показывает хорошую защитную способность природных образцов камней Вьетнама по сравнению с опубликованными данными по характеристикам природных минералов в мире. По предварительным оценкам, исследуемые камни Вьетнама распространены на местном рынке и имеют невысокую стоимость, что характеризует их доступность в применении. Их использование снижает затраты на логистику на 10–15% по сравнению с импортом камней из других стран.

**В третьей главе** приведены технология изготовления образцов РЗМ на основе красной и белой глины Вьетнама и результаты расчетно-экспериментальных исследований влияния давления при изготовлении на их экранирующие свойства. Минералогический анализ показывает, что образцы РЗМ на основе красной и белой глины Вьетнама состоят в основном из иллита, каолинита, альбита и кварца. Технология обжига и изготовления образцов не оказывает существенного влияния на минералогический состав. Химический состав исследуемых образцов РЗМ на основе красной и белой глины Вьетнама был исследован с помощью электронного микроскопа TESCAN Mira3 LMU. Интегральный элементный анализ по площади показывает, что основными элементами, входящими в состав красной и белой глины Вьетнама, являются O, Al, Si, наблюдается присутствие Na, K и Fe. Содержание железа (Fe) в образцах на основе красной глины значительно больше, чем в образцах на основе белой глины. Это определяет более высокие радиационно-защитные свойства красной глины по сравнению с белой, что подтверждают результаты экспериментальных и теоретических исследований.

**В четвертой главе** представлены описание изготовления и результаты расчетно-экспериментальных исследований композитных РЗМ на основе красной и белой глины Вьетнама с наполнителем в виде промышленных металлических отходов. Во всех изготовленных образцах РЗМ соотношение эпоксидной смолы и отвердителя составляет 2:1. Обозначения образцов РЗМ с красным глинистым минералом – RW0, RW20, RW40, RW50 и RW70; с белым глинистым минералом – WW0, WW20, WW40, WW50 и WW70 (доля промышленных металлических отходов в каждом образце составляет 0, 20, 40, 50 и 70%, соответственно). Добавление промышленных металлических отходов в изготовленные образцы на основе красной и белой глины позволяет получать новые РЗМ с более высокой экранирующей способностью по сравнению с другими РЗМ из глины. Исследование показывает высокую защитную способность изготовленных



образцов РЗМ. При этом образцы РЗМ серии RW обладают более высокими радиационно-защитными свойствами, чем образцы РЗМ серии WW.

**В пятой главе** представлены материалы по разработке автором диссертации отдельных составляющих элементов ядерной инфраструктуры (ЯИ) Вьетнама:

- Разработка руководства по подготовке и экспертизе отчета об ОВОС для проекта ЦЯНТ Вьетнама. Эти руководства создаются в соответствии с нормативными документами Вьетнама; документами о руководстве по подготовке и экспертизе отчета об ОВОС Агентства по охране окружающей среды и Комиссии по ядерному регулированию США, РФ, ЕС, МАГАТЭ; при сотрудничестве с Департаментом по экспертизе и оценке воздействия на окружающую среду Вьетнама, Министерства природных ресурсов и окружающей среды Вьетнама (MONRE) и группой экспертов-экологов Вьетнама. На основании анализа и исследования вьетнамских и международных материалов, правил и норм в области атомной энергии, группа специалистов Института по атомной энергии Вьетнама (VINATOM) при непосредственном участии автора диссертации разработала основное содержание руководства по подготовке и экспертизе отчета об ОВОС для проекта ЦЯНТ.

- Разработка и подготовка к изданию специализированной учебной русско-вьетнамской литературы («Русско-вьетнамский словарь по ядерной энергетике» и русско-вьетнамский учебник «Основы ядерной энергетике»).

**В заключении** приведены итоги выполненной работы и перспективы дальнейшего продолжения исследований.

**Общая оценка диссертации** в целом положительная. Цель исследования была достигнута. Поставленные задачи были решены. Научные и практические результаты исследования представляют несомненный интерес для научных, проектных и инженерных организаций, специализирующихся на методах и технологиях повышения эффективности и экранирующей способности различных радиационно-защитных материалов и применении этих материалов.

Благоприятное впечатление производит факт широкой апробации основных результатов работы. Они представлены в 22-ти публикации, из них 9 статей в рецензируемых научных изданиях, определенных ВАК РФ и Аттестационным советом УрФУ, включая 7 статей 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.

#### **Замечания и вопросы:**

1. Образцы из глины, полученные в ходе диссертационного исследования, были изготовлены путем прессования подготовленных материалов под определенным давлением и последующего высыхания естественным путем без нагревания. Нагревание изготовленных образцов РЗМ из глины после процесса изготовления, очевидно, изменит их физические свойства. Будут ли автором диссертации в будущем проводиться исследования по влиянию температуры нагревания на экранирующие свойства изготовленных образцов РЗМ?

2. Почему автор диссертации при экспериментальных исследованиях экранирующих свойств камней (п.2.2.2) и образцов, изготовленных на основе глины (п.4.2.2), использовал различные установки с детекторами NaI (Тl)? В чем разница между этими установками?

3. В чем разница между анализом минералогического и анализом химического состава изготовленных образцов РЗМ из глины в диссертации?

5. В ходе диссертационного исследования было бы желательно сделать конкретный расчет экономической эффективности (стоимость закупки, логистики и т.д.) при использовании местных природных каменных материалов во Вьетнаме для радиационной защиты по сравнению с их импортом из других стран.

6. В тексте диссертации встречаются термины, не используемые в научно-исследовательской работе, например, «...превосходные экранирующие свойства...» (стр.145).



## Заключение

Диссертация «Расчетно-экспериментальные исследования композитных радиационно-защитных материалов с использованием природных минералов Вьетнама» соответствует специальности 2.4.9. Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность. Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, и соответствует требованиям пункта 9 положения о присуждении учёных степеней в УрФУ. Автор диссертации, Та Ван Тхьонг, заслуживает присвоения 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, ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», заведующий кафедрой машин и аппаратов химических и атомных производств Химико-технологического института.

  
\_\_\_\_\_ Хомяков Анатолий Павлович

Адрес:

620002, Свердловская область, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 19,

тел. +7 (343) 375-44-44,

E-mail: [contact@urfu.ru](mailto:contact@urfu.ru)

«17» июня 2024 г.

Подпись Хомякова Анатолия Павловича заверяю

Ученый секретарь УрФУ

  
В.А. Морозова