

Отзыв

на автореферат диссертации Легких Кристины Геннадьевны на тему «Обоснование применения пирохимической и газофазной технологии переработки радиоактивных щелочных жидкометаллических теплоносителей (натрий, натрий-калий) для решения практических задач при выводе из эксплуатации реакторов на быстрых нейтронах», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.9 - «Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность».

В ходе развития ядерных технологий в России и за рубежом был введен в эксплуатацию целый ряд «быстрых» реакторов (более 10), как исследовательских, так и энергетических, использующих щелочные жидкометаллические теплоносители (ЩЖМТ). Часть из них к настоящему времени находятся на стадии окончательного останова, некоторые РУ в скором времени достигнут этого рубежа.

Одной из сложнейших задач при подготовке к выводу из эксплуатации таких объектов, где используются ЩЖМТ, является полное освобождение РУ, емкостного и другого оборудования от радиоактивных щелочных металлов и их переработка по безопасной и экономически эффективной технологии с получением кондиционированного продукта, пригодного для длительного хранения и захоронения.

К настоящему времени в промышленных масштабах (сотни куб. м.) была реализована одна технология – НОАН во Франции, которую сложно назвать оптимальной из-за выделения огромных объемов водорода и многократного увеличения объемов отвержденного продукта по сравнению с исходным натрием.

В этой связи диссертационная работа Легких К.Г. посвящена актуальной проблеме – обоснованию новых подходов к комплексному решению проблемы обращения с отработанными ЩЖМТ и охватывает различные аспекты – технологические, обоснования безопасности, экономические, что нашло отражение в представленном автореферате диссертации. Структура диссертации, отраженная в автореферате, отвечает заявленной теме и включает введение, пять глав и заключение.

В качестве научно-технических задач, решаемых в представленной работе заявлены:

- разработка способа обращения с отработавшим ЩЖМТ, загрязненным ртутью, на базе пирохимической реакции твердофазного окисления (ТФО) и локализации выделяющейся ртути;
- разработка способа газофазного окисления недренируемых остатков ЩЖМТ для перевода реакторного оборудования в пожаровзрывобезопасное состояние;
- определение характеристик продукта твердофазного окисления отработавшего ЩЖМТ на соответствие показателям качества, установленным НП-019-15;
- сравнительная оценка стоимости переработки РАО натрия первого контура РУ типа БН способами ТФО и НОАН.

К научной новизне представленной работы можно отнести предложенный способ удаления ртути из ЩЖМТ непосредственно в ходе реакции ТФО и ее локализации на пиролюзитовом фильтре. Также впервые теоретически обоснован, экспериментально отработан метод газофазного окисления недренируемых остатков ЩЖМТ, подобраны оптимальные соотношения газов-реагентов (закись азота и углекислый газ) и газа-носителя (Ar), температурные условия. К научной новизне исследования также можно отнести впервые полученные данные по механической прочности, водостойкости и скорости выщелачивания по цезию-137 продуктов ТФО отработанных ЩЖМТ различного состава (Na, Na-K, Na-K-Hg), отвержденного различными способами (МАГМА-ТФО и МИНЕРАЛ).

В тоже время, отнесение автором к научной новизне «проведение сравнительной оценки стоимости переработки РАО натрия первого контура технологиями ТФО и НОАН» вызывает сомнения.

Несомненна практическая значимость представленной работы. Важно отметить, что проведенные экспериментальные исследования по обоснованию новой технологии нашли практическое применение при модернизации модуля МАГМА-ТФО, на котором было переработано 4,5 м³ сплава натрий-калий-ртуть. Предложенный метод газофазного окисления недренируемых остатков ЩЖМТ также реализован в промышленной технологии на модуле ЛУИЗА-РАО. К настоящему времени данным способом обезврежены десятки единиц оборудования на реакторе БР-10. Полученные данные по исследованиям шлакоподобных продуктов ТФО дают

основания считать продукт ТФО компаундом, пригодным для окончательного захоронения (при условии подтверждения прочих регламентируемых показателей).

Достоверность полученных в ходе исследований данных не вызывает сомнений. Для их получения применялись адекватные аналитические методы и оборудование. Кроме того, использование полученных данных для реализации технологических решений в промышленном масштабе также свидетельствует об их достоверности.

Тем не менее, работа не свободна от некоторых недостатков, имеется ряд вопросов и замечаний по представлению материалов и полученным результатам, а именно:

Глава 1.

В тексте автореферата указано, что на рис. 1 представлены химический и радионуклидный состав отработавших ЩЖМТ, однако, на рис. 1 данные по радионуклидному составу отсутствуют.

Утверждается, что цезий при реакции с компонентами шлака образует нелетучие алюмосиликаты и иммобилизуется в матрице конечного продукта, однако не приводится доказательств данного утверждения, например, измерением содержания Cs-137 в пиролюзитовых фильтрах.

Глава 2.

В данном разделе констатируется только сам факт использования пиролюзитовых фильтров, однако не содержится никакой информации о режимах их использования в установке ТФО (температура, скорость газа и т.д.) и форме, в которой использовался пиролюзит, в связи с чем не ясно, какие показатели процесса адсорбции паров ртути оптимизировались автором работы в ходе исследований.

Глава 3.

Указано, что методом ТФО переработано 4,5 м³ сплава натрий-калий-ртуть, при этом не приведены данные по содержанию ртути в сплаве.

Термин «захоронение в бетонный могильник» не используется в отношении ПЗРО той или иной конструкции.

Не приведен состав модельных образцов компаунда переработки натрия технологией НОАН, показатели качества которых сравниваются с продуктами ТФО.

Глава 5

При оценке объемов цементного компаунда в случае применения технологии НОАН принято, что его удельный вес составляет $\sim 1,03 \text{ г/см}^3$, в то время как этот показатель для отвержденных методом цементирования ЖРО составляет в среднем $1,7-1,8 \text{ г/см}^3$. Таким образом, объем компаунда завышен по крайней мере в 1,5 раза.

В таблице 4 (Границы классов твердых РАО для некоторых изотопов) и соответственно, в табл. 5 (Расчетные оценки удельных активностей, объемов, класса РАО и стоимости захоронения переработанного ЩЖМТ РУ БР-10, БН-350, БН-600) приведены без учета изменений, внесенных в ПП от 19.10.2012 № 1069 постановлением Правительства от 29.10.2022 № 1929.

Соответственно, потребуются корректировка классификации по некоторым продуктам в табл. 5 и оценок стоимости их захоронения.

Также в главе 5 заявлена оценка стоимости переработки РАО натрия первого контура, по факту процессы переработки не рассматриваются, оцениваются только затраты на захоронение конечных продуктов переработки.

Отмеченные выше замечания не влияют на высокую научную и практическую оценку диссертационной работы в целом.

Результаты исследования отражены в 14 научных работах, из них 6 статей в журналах по перечню ВАК и 1 в международном издании, работа апробирована на различных всероссийских конференциях, получен 1 патент. Публикации автора полностью отражают содержание работы.

Диссертационная работа Легких К.Г. «Обоснование применения пирохимической и газофазной технологии переработки радиоактивных щелочных жидкометаллических теплоносителей (натрий, натрий-калий) для решения практических задач при выводе из эксплуатации реакторов на быстрых нейтронах» выполнена на высоком научно-методическом уровне, является законченной научно-квалификационной работой, в которой представлены научно обоснованные предложения по решению проблем обращения с отработанными ЩЖМТ БР, соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, указанным в «Положении о присуждении ученых степеней» от 24.09.2013 №842.

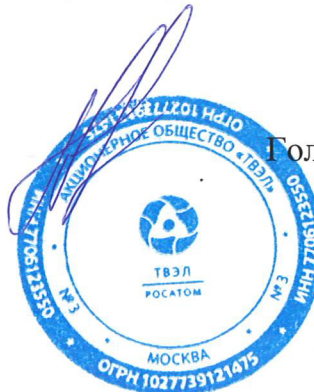
Автор диссертации, Легких Кристина Геннадьевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.9 - «Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность».

Главный эксперт
Отдела по НТД ВЭ ЯРОО
АО «ТВЭЛ», к.х.н.


21.07.2025

Ермаков Александр
Иванович

Личную подпись Ермакова А.И. заверяю
Главный эксперт группы по управлению
трудовыми отношениями Департамента по
управлению эффективностью кадровых
ресурсов АО «ТВЭЛ»



Голубева Я.В.

Адрес организации: 115409, г. Москва, Каширское ш., д. 49
Тел.: +7 495 988-8282 (доб. 76-20)
E-mail: AleIvaErmakov@tvel.ru