

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Винокурова Сергея Евгеньевича** «Минералоподобная магний-калий-фосфатная матрица для отверждения радиоактивных отходов», представленной на соискание ученой степени доктора химических наук по специальности 02.00.14 – Радиохимия

Докторская диссертация Винокурова Сергея Евгеньевича, ведущего специалиста в области обращения с радиоактивными отходами (РАО), давно ожидаема сообществом радиохимиков и посвящена решению проблемы обращения с РАО, образующимися как при переработке отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) реакторных установок, так и при выводе из эксплуатации ядерно- и радиационно-опасных объектов.

Актуальность разработки минералоподобной магний-калий-фосфатной (МКФ) матрицы для отверждения РАО не вызывает сомнения и обусловлена прежде всего известными недостатками традиционно используемых матриц (стекло, цемент, битум, полимеры), а также необходимостью отверждения новых видов отходов сложного химического и радионуклидного состава, содержащих высокотоксичные долгоживущие актинидные элементы и продукты деления ядерного топлива.

Считаю, что главным достоинством новой минералоподобной МКФ матрицы является возможность ее использования для отверждения как жидких РАО различной природы, содержащих нитраты, сульфаты или хлориды компонентов отходов, так и суспензии карбоната кальция как формы отходов с радиоуглеродом и отработавших ионообменных смол (ОИОС). При этом образующийся компаунд с отвержденными РАО обладает высокой устойчивостью, необходимой для соответствия нормативным требованиям к отвержденным РАО в России, но при этом технология его получения не требует технологически сложных высокотемпературных процессов.

Винокуровым Сергеем Евгеньевичем проделана огромная экспериментальная работа. В диссертационной работе установлены оптимальные условия получения новой низкотемпературной минералоподобной МКФ матрицы и компаундов на ее основе для отверждения жидких РАО различного химического состава, а также

тщательно и всесторонне доказана пригодность образующихся компаундов для промышленного использования. Получены данные детального исследования фазового состава, структуры и свойств матрицы и компаундов с РАО; впервые установлены формы нахождения урана, цезия, стронция, РЗЭ и других компонентов РАО (натрий, аммоний) в образцах компаунда, полученных при отверждении их нитратных и хлоридных растворов; разработаны подходы к обеспечению высокой механической прочности, гидrolитической устойчивости и термической стойкости (устойчивость к термическим циклам замораживания/оттаивания, воздействие повышенных температур до 450 °С) компаунда, в том числе установлены его теплофизические характеристики, с учетом условий размещения отвержденных отходов в хранилищах, включающих воздействие различных температур и радиационного облучения; впервые установлены характеристики гидrolитической устойчивости исследованных компаундов к выщелачиванию радионуклидов, в том числе  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{237}\text{Np}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{99}\text{Tc}$ ,  $^{131}\text{I}$ , при контакте с водными растворами различного состава и при различных температурах; показано их соответствие действующим требованиям к отверженным РАО; впервые показана устойчивость образцов компаунда, полученного в выбранных условиях, к облучению с поглощенными дозами до  $10^8$  Гр ускоренными электронами, гамма-облучения, а также внутреннего облучения альфа-частицами, в том числе подтверждено сохранение механической прочности (прочность на сжатие, Модуль Юнга, микротвердость) и гидrolитической устойчивости (как при комнатной, так и при повышенной температуре) компаунда.

Положения, выносимые на защиту, в полной мере отражают суть проведенной работы.

По результатам исследований диссертантом опубликовано 35 научных работ, в том числе 19 статей в изданиях, индексируемых в системах Web of Science и Scopus, 5 статей в изданиях из списка ВАК при Минобрнауки России и оформлены 2 патента.

Принципиальных вопросов и замечаний к автореферату нет.

Ознакомившись с авторефератом, считаю, что по объему выполненных исследований, по их актуальности и новизне, полученным научным результатам и их практической значимости диссертационная работа Винокурова С.Е. соответствует требованиям, установленным в п.2.1-2.5 «Положения о присуждении учёных степеней в Московском

государственном университете имени М.В. Ломоносова», предъявляемым к докторским диссертациям. Автор диссертации, Винокуров Сергей Евгеньевич, безусловно заслуживает присуждения ему ученой степени доктора химических наук по специальности 02.00.14 – Радиохимия.

Горбунова Ольга Анатольевна

Доктор технических наук

Доцент

Советник

Федеральное государственное унитарное предприятие «Федеральный экологический оператор» (ФГУП «ФЭО»)

119017, Москва, ул. Большая Ордынка, д. 24

<https://rosfeo.ru/>

e-mail: OAnGorbunova@rosfeo.ru

Тел.: +7 (495)710-76-48, доб. 1108

Моб.: 8 (985)783-58-66

«09» июня 2022 г.



(подпись)

Подпись Горбуновой Ольги Анатольевны заверяю.

Александр  
14.06.2022



О.М. Добровольская