

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

Создание передовых технологий безопасного обращения с отходами ядерной энергетики по-прежнему является очень актуальной задачей в силу известных ограничений и недостатков существующих приемов изоляции этих крайне опасных для человека веществ. В основе технологий находятся две главных составляющих – форма (матрица) радионуклидов с оптимальными свойствами и способ ее промышленного изготовления в условиях реального радиохимического производства. В случае высокорadioактивных отходов это предполагает удаленное управление технологическими операциями.

В мире используется только остекловывание ВАО в печах (плавителях) джоулева или индукционного нагрева. На подходе еще одна технология – изоляция отходов в матрицы типа Синрок методом горячего прессования. Все они основаны на высокотемпературных процессах (более 1000 °С), что создает определенные проблемы с управлением производством получения матриц ВАО, снижает ресурс работы оборудования, а также энергозатратно.

Поэтому перспективен иной подход к отверждению РАО – путем формированием минералоподобных матриц в ходе низкотемпературных реакций. К таким матрицам относится и рассматриваемая в данной работе фосфатная матрица со структурой минерала струвита. Данная матрица не является новой – с 1990-х годов она изучается специалистами Аргоннской национальной лаборатории США с целью отверждения низко-активных отходов (Singh D.; Wagh A.S.; Cunnane J.; Sauria M.; Kurokawa S.; Mayberry J. Phosphate-bonded ceramics as candidate final waste form materials. In Environmental Issues and Waste Management Issues in the Ceramic Industry II; Bickford D., Bates S., Jain V., Smith G. (Eds.); American Ceramic Society: Westerville, OH, 1994; p. 165–174; Jeong S.; Wagh A.S.; Singh D. Chemically bonded phosphate ceramics for stabilizing low-level radioactive wastes. In Environmental Issues and Waste Management Technologies in the Ceramic and Nuclear Industries II; Jain V., Peeler D. (Eds.); American Ceramic Society: Westerville, OH, 1996; p. 179–188). Магний-калий-фосфатную керамику (МКФК, керамикрит) на основе фазы $MgKPO_4 \cdot 6H_2O$ (К-струвит) получают, смешивая прокаленный MgO с раствором KH_2PO_4 , согласно реакции: $MgO + KH_2PO_4 + 5H_2O = MgKPO_4 \cdot 6H_2O$.

МКФ керамика – один из наиболее многообещающих типов низкотемпературных матриц, состоящих из синтетических аналогов минералов, стабильных в геологической среде (другой вариант это геополимеры). Ее тщательному изучению как раз и посвящена диссертация С.Е. Винокурова.

Заслуга диссертанта состоит в том, что взяв за основу идею получения такой матрицы, он в течение 15 лет планомерно проводил ее исследование и создал принципиально новую технологию иммобилизации в МКФ большого класса радиоактивных отходов, провел всестороннее исследование физико-химических свойств композитов с имитаторами отходов и радионуклидами, убедительно показал широкие возможности практического применения магний-калий-фосфатной керамики для включения радиоактивных отходов. С целью снижения затрат на ее изготовление автором рассмотрен вариант получения исходного оксида магния из дешевого сырья – серпентинита. Им определено соотношение MgO , H_2O и KH_2PO_4 и количество добавок (H_3BO_3) для получения компаунда с лучшими прочностными характеристиками.

Работа изложена хорошим стилем, практически без ошибок, рисунки и таблицы, в подавляющем большинстве, легко читаются. Из редакционных замечаний к автореферату: отсутствует масштаб на рис. 13а и 28. Основное замечание по существу заключается в том, что пока еще нет оснований предлагать данную матрицу для «применения в качестве универсальной матрицы для отверждения различных типов РАО» (стр. 4 автореферата). У нее много достоинств, но все же необходимо определить оптимальные условия для ее промышленного использования. В целом, преждевременно считать закрытым и сдавать в архив дело с названием «Минералоподобная магний-калий-фосфатная матрица», есть еще интересные вопросы для ее изучения, например: расчет тепловых режимов блоков после включения в них ВАО, содержащих изотопы Cs и Sr; влияние разогрева при их распаде на изоляционные свойства; прогноз долгосрочного поведения МКФ матрицы в геологическом хранилище методом математического моделирования и т.д. Возможно, какими-то из этих задач Сергей Евгеньевич займется в будущем.

Это позволит в дальнейшем точнее определить границы возможного применения матрицы и конкретизирует цель работы, сформулированную, как: «Разработка новой низкотемпературной минералоподобной МКФ матрицы для отверждения РАО, обеспечивающей экологически безопасное долговременное хранение или захоронение отвержденных отходов различного химического и радионуклидного состава и уровня активности».

Вряд ли МКФ матрица годится для получения блоков отвержденных ВАО, содержащих Sr-90 и Cs-137. При их распаде из-за низкой теплопроводности она будет нагреваться до очень высоких температур с утратой своих свойств.

В целом же, это научно-квалификационная работа высокого качества, где на основании выполненных автором исследований изложены новые научно-обоснованные технологические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны, а именно в разработку технологии безопасного обращения с радиоактивными отходами разного состава и происхождения. Она в полной мере соответствует требованиям пп. 2.1–2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова (утв. приказом ректора МГУ им. М.В. Ломоносова № 33 от 18.01.2019 г. с изменениями, внесенными приказом ректора МГУ имени М.В. Ломоносова № 542 от 08.05.2019 г).

Основные результаты опубликованы в статьях в ведущих журналах, практическая значимость диссертации доказана испытаниями матрицы при иммобилизации различных типов отходов на радиохимических комбинатах.

С учетом сказанного, С.Е. Винокуров заслуживает присуждения ученой степени доктора химических наук по специальности 02.00.14 – радиохимия.

Юдинцев Сергей Владимирович

доктор геолого-минералогических наук

член-корреспондент Российской академии наук

главный научный сотрудник

Лаборатория радиогеологии и радиогеоэкологии

Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской академии наук

119017 Москва, Старомонетный переулок 35, ИГЕМ РАН. www.igem.ru

адрес эл. почты: yudintsevsv@gmail.com / syud@igem.ru

тел.: +7915 4365251

«17» мая 2022 года

Подпись руки Юдинцева С.В.
удостоверяется.

Заведующий канцелярией Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской академии наук МИНОБРНАУКИ России

