**Матрицы для иммобилизации радиоактивных отходов, содержащих цирконий и ниобий**

***Матвеенко А.В.***

*инженер*

*МГУ имени М.В.Ломоносова, Химический факультет, Москва, Россия*

*e-mail: avd.msk11@mail.ru*

После эксплуатации и временного хранения на АЭС топливных каналов (ТК) и каналов средств управления и защиты (СУЗ) РБМК на внутренней поверхности их труб появляются отложения, обусловленными оседанием продуктов коррозии первого контура реактора. В основном это следующие виды достаточно долгоживущих γ-излучающих радионуклидов: Nb-94, Nb-95, Zr-95, Mn-54 и Co-60. В связи с этим, после переработки ТК и каналов СУЗ, целесообразно разделение смеси радионуклидов на четыре вида РАО по отдельным радионуклидам. При этом продукты коррозии легко удаляются, а основное усилие требует разделение и иммобилизация циркония и ниобия. При рассмотрении возможных матриц стоит обратить внимание на природные минералы ниобия и циркония, поскольку они просуществовали в условиях окружающей среды без заметного изменения в течение сотен тысяч лет.

В данной работе в качестве матриц были рассмотрены минералоподобные композиты NZP, циркон и магний-калий фосфатная матрица (МКФ), а также цемент, так как он используется в хранилищах РАО как основной конструкционный материал [1,2]. Были получены образцы, содержащие до 10 масс.% оксидов ниобия и циркония в качестве имитаторов отхода.

Для синтеза NZP навески исходных реагентов NaCl, ZrO2 и NH4H2PO4 [3] с добавлением Nb2O5 перетирали в агатовой ступке в течение 10 мин, после чего переносили в фарфоровый тигель. Полученную смесь отжигали в течение 8 ч сначала при 600 °С, затем при 800 °С с перетиранием между стадиями отжига.

Циркон готовили, совместно перетирая со спиртом (10 мл на 10 г) смесь оксидов кремния и циркония [4] с избытком ZrO2, затем сушили в течение часа при 700 °С, прессовали в таблетки и спекали их при 1300 °С в течение 8 часов.

Образцы МКФ матрицы синтезировали из заранее подготовленных компонентов при массовом соотношении MgO : H2O : KH2PO4 как 1 : 2 : 3 при комнатной температуре [5] с добавлением на стадии совместного перетирания сухих компонентов ZrO2.

Для приготовления цементных образцов с включением оксида цирконияиспользовали портландцемент и дистиллированную воду в массовом соотношении 2 : 3 [6].

С целью описания и сравнения образцов использовали рентгенофазовый анализ при помощи рентгеновского дифрактометра Ultima-IV фирмы Rigaku (Япония). Судя по полученным данным, сами матрицы представлены типичными для них минеральными фазами.

**Литература**

1. Craeye B. et al. Cement-waste interactions: Hardening self-compacting mortar exposed to gamma radiation // Progress in Nuclear Energy. 2015. Vol. 83. P. 212–219.
2. Orlov V.K. et al. Extra-Heavy Concrete and Cermet: Protective Materials with Enhanced γ-Ray Absorption // Atomic Energy. 2015. Vol. 117, № 4. P. 243–250.
3. Савиных Д.О. и др. Синтез и тепловое расширение фосфатов Na-Zr-Cu и Ca-Zr-Cu. Неорганические материалы, 2020. Т. 56. № 4. С. 408-414.
4. Spearing D.R., Huang J.Y. Zircon Synthesis via Sintering of Milled SiO2 and ZrO2 // JACerS. 1998. Vol. 81, № 7. P. 1964–1966.
5. Vinokurov S.E. et al. Solidification of high level waste using magnesium potassium phosphate compound // Nucl. Eng. Technol. 2019. Vol. 51, № 3. P. 755–760.
6. IAEA, Improved Cement Solidification of Low and Intermediate Level Radioactive Wastes, Technical Reports Series No. 350, IAEA, Vienna (1993)