**Формирование твердых фаз Np(V) в карбонат-содержащих растворах в присутствии катионов щелочных и щелочно-земельных металлов**

***Тетерин Ю.А.,1,2 Кузенкова А.С.1***

*Студент, 3 курс специалитета; аспирант, 3 год обучения*

*1Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,*

*химический факультет, Москва, Россия*

*2Национальный исследовательский центр “Курчатовский институт”, Москва, Россия*

*E-mail: iurii.teterin@chemistry.msu.ru*

Захоронение радиоактивных отходов является важной научной и социальной задачей, которую еще предстоит полностью решить. Одним из способов решения этой задачи является захоронение радиоактивных отходов в глубинных геологических хранилищах. Зачастую защитными барьерами в таких хранилищах служат глины и бетон, которые содержат большое количество карбонатных минералов. Одним из требований к таким хранилищам служит долговечность и устойчивость перед вымыванием, которое может привести к миграции радионуклидов на значительные расстояния. Поведение ионов в окружающей среде в значительной степени контролируется реакциями адсорбции во внутренней и внешней сферах, ионного обмена, соосаждения или структурного включения в минералы. Таким образом для обеспечения безопасности хранилища радиоактивных отходов, необходимо понимание миграционного поведения радионуклидов на молекулярном уровне.

Нептуний является высокорадиоактивным и токсичным радионуклидом, который входит в состав ядерных отходов уранового топливного цикла. Исследования его поведения в карбонат-содержащих средах позволят предсказывать область распространения нептуния в окружающей среде с учетом его физико-химических форм. Таким образом, целью работы стало исследование поведения Np(V) в карбонат-содержащих растворах в присутствии катионов натрия, кальция и аммония.

В рамках работы были синтезированы фазы карбонатов Np(V) с натрием с различными соотношением Np/CO32-. Синтез фаз проводили из раствора Np(V) концентрацией 10-3 – 10-2M путем добавления 0,05M NaHCO3 и NaOH до pH⁓8. Были проведены эксперименты по исследованию возможности катионного обмена твёрдой фазы Na-Np-CO32- с катионами кальция и аммония в растворе. Для этого твёрдая фаза Na-Np-CO32- хранилась в растворах 0,1М хлоридов кальция или аммония в течение трех дней. Твёрдые фазы были характеризованы методами синхротронной рентгеновской дифракции (РФА), спектроскопии рентгеновского поглощения (XANES, EXAFS), растровой электронной микроскопией (РЭМ) и термогравиметрии (ТГ).

Было выяснено, что соотношение Np/CO32- в синтезе влияет на состав карбонатов нептуния. При соотношении Np/CO32- = 1 образуется твёрдая фаза, дифракционная картина которой совпадает с известной фазой Na0,6NpO2(CO3)0,8·xH2O, а при увеличении количества карбонатов в системе до соотношения Np/CO32- = 0,04 образуется фаза состава NaNpO2CO3·3,5H2O. В результате экспериментов по катионному обмену обнаружено, что кальций полностью замещает натрий в структуре карбоната, что было доказано при помощи РЭМ.

Возможность образования кальций карбонатных фаз Np(V) также исследовалась в режиме недонасыщения. К 0,1М раствору CaCl2 добавляли раствор Np(V) (финальная концентрация Np(V)= 0,001М), после чего устанавливали значение pH⁓8 при помощи NaOH. В процессе осаждения нептуния из раствора проводился постоянный контроль значений pH и Eh раствора, а также оценивалась степени осаждения с использованием жидкостно-сцинтилляционной спектрометрии.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ №22-73-10056.