ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНИЯ АКТИНИДОВ В МОРСКИХ И ПРЕСНЫХ ВОДОЁМАХ (НА ПРИМЕРЕ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО РЕГИОНА)

Железнова А.О.1, Рожкова А.К1, Кузьменкова Н.В.1

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

*химический факультет, Москва, Российская Федерация*

Попадание трансурановых элементов в окружающую среду связано с глобальными выпадениями и радиационными авариями. Формы нахождения радионуклидов, механизмы связывания, влияние скорости выщелачивания и их мобилизации в экосистемах играют важную роль при оценке последствий после аварий на производствах и их влияния на окружающую среду. По накоплению актинидов, попавших в водную среду после аварий и вследствие других причин, в донных осадках можно судить о биогеохимических процессах, происходящих в водоёмах, и заниматься датировкой радиационных событий. В качестве объектов исследования были выбраны залив Петра Великого (Японское море) и озеро Ханка. Данный регион представляет интерес в связи с глобальными радиоактивными выпадениями после проведения испытаний ядерного оружия, а также из-за крупных радиационных аварий поблизости (10 августа 1985, авария в бухте Чажма на АПЛ К-431; 11 марта 2011, авария на Фукусиме).

Отбор донных осадков проведён авторами в результате полевых работ 2021 года. Определено реальное содержание актинидов в донных осадках Японского моря и озера Ханка. Каждый из образцов просушивался перед проведением анализа. Np, Am и Pu определяли по следующей методике: (1) 5 г осадков озоляли и добавляли метки химического выхода 242Pu и 243Am; (2) проводили кислотное выщелачивание; (3) использовали смолу TEVA для разделения на фракции; (4) для дополнительной очистки Am использовали смолу DGA; (5) для измерений Np, Am и Pu использовали тандемный квадрупольный ICP-MS (Lanzhou University).

Сорбционное поведение актинидов изучалось на примере 237Np. Проведены кинетические эксперименты, получены зависимости сорбции от pH и изотерма сорбции. Для проведения сорбционных экспериментов выбраны образцы донных осадков верхнего горизонта колонки массой **≈** 0,15 г. Для морских осадков – 0-3 см, для пресных осадков – 0-3,5 см. Установление отношения твёрдая/жидкая фаза 1/20 проводилось в дистиллированной воде. Для кинетических и экспериментов с pH во все флаконы добавляли 237Np активностью 15 Бк, для построения изотермы – 237Np активностью от 0,3 до 300 Бк. Определение содержания 237Np в растворах проводили методом жидкостно-сцинтилляционной спектрометрии (Quantulus-1220) с использованием режима альфа- и бета-дискриминации для отделения от дочернего 233Pa.

В керне морских донных осадков содержится от 1,05 × 10–4 до 2,52 × 10–3 Бк/кг 237Np, от 1,53 × 10–1 до 6,62 × 10–1 Бк/кг 239+240Pu, от 5,9 × 10–2 до 4,68 × 10–1 Бк/кг 241Am. В керне озёрных донных осадков — от 2,55 × 10–6 до 4,43 × 10–5 Бк/г 237Np, от 1,53 × 10–1 до 6,62 × 10–1 Бк/кг 239Pu.

Было установлено, что в северной части озера Ханка содержание 237Np в осадках варьируется от 2 × 10–5 до 21,9 × 10–4 Бк/кг, а 239+240Pu — от 1 × 10–2 до 10,3 × 10–1 Бк/кг. Содержание 237Np на порядок выше, чем в юго-восточной части озера, откуда производился отбор донных осадков, а содержание изотопов Pu сопоставимо с ним. Разница в удельной активности 237Np может объясняться тем, что в северной части озера скорость осадконакопления ниже.

Для исследуемых объектов (Японское море и озеро Ханка) была установлена скорость осадконакопления: для озера — 1,6 мм/год, для залива Петра Великого — 0,43 – 0,5 мм/год.

В ходе сорбционных экспериментов определено, что сорбция 237Np на морских донных осадках происходит лучше, чем на озёрных (при pH 8 сорбция на морских осадках 60 – 70 %, на озёрных < 20%), а сорбционное равновесие на осадках устанавливается в течение 1 часа. Кривые зависимости сорбции от pH для обоих типов осадков относятся к характерному для 237Np S-типу. Установлено, что при попадании 237Np в окружающую среду его сорбция маловероятна.

*Работа выполнена в рамках гранта РНФ 21-43-00025.*