

Отчет по проекту «Система нейтронного *operando* мониторинга и диагностики материалов и интерфейсов для электрохимических накопителей энергии на ИЯУ ИБР-2»

М.В. Авдеев, И.А. Бобриков, И.В. Гапон, А.И. Иваньков, В.И. Петренко, Д.В. Соловьев,
С.В. Сумников, А.В. Томчук (ЛНФ ОИЯИ, Дубна)

Д.М. Иткис (МГУ, Москва)

Ф.С. Напольский (Государственный университет «Дубна», Дубна)

Активное развитие в настоящее время электрохимических накопителей энергии требует разработки особых подходов для изучения процессов, проходящих внутри данных устройств, включая электроды и скрытые границы разделения заряда, в режиме их функционирования (режим *operando*). Настоящий проект был направлен на широкую адаптацию методов нейтронного рассеяния (дифракция, рефлектометрия, малоугловое рассеяние) и систем окружения образца для изучения эволюции структуры электрохимических интерфейсов и электродных материалов в режиме *operando*.

Целью настоящего проекта являлись разработка подходов по эффективному использованию методов рассеяния нейтронов для различных видов электрохимических интерфейсов и электродов, создание специализированных экспериментальных ячеек и адаптация систем окружения образца для исследований в режиме *operando*. Высокая проникающая способность тепловых нейтронов делает возможным исследование сложных систем, наиболее приближенных к условиям в реальных аккумуляторах, топливных элементах и других электрохимических устройствах. Эксперименты по нейтронному рассеянию потребовали развития специализированных подходов к созданию электрохимических ячеек для одновременного контроля напряжения/тока на исследуемом интерфейсе/электроде и организации нейтронного пучка, проходящего через интерфейс/электрод, с последующим детектированием и анализом рассеяния. Применение общих подходов к решению задач для разных видов интерфейсов/электродов в используемых методах рассеяния позволили существенно повысить качество и масштаб структурной информации в изучении электрохимических процессов.

Эксперименты по рассеянию нейтронов проводились на реакторе ИБР-2 ЛНФ ОИЯИ на дифрактометрах ФДВР, РТД, рефлектометре ГРЭИНС, малоугловом дифрактометре ЮМО. Работа выполнялась в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ совместно с химическим факультетом Московского государственного университета (Москва) и Государственным университетом «Дубна».

Проект выполнялся в рамках темы 04-4-1121-2015/2020 «Исследования конденсированного состояния вещества с использованием современных методов нейтронографии».