**Синтез бимодальных композитов порошков Li1+хAlхTi2-х(PO4)3 (LATP) для изготовления высоко эффективной Li-проводящей керамики**

***Кирьянова А.В.1, Яковлев И.И.2, Капитанова О.О.1, С.Сюй1***

*Студент, 4 курс бакалавриата*

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

*факультет наук о материалах, Москва, Россия*

*2 Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, Москва, Россия*

*E-mail: Vov-lena2010@yandex.ru*

В настоящее время повышение удельных электрохимических характеристик перезаряжаемых источников тока является актуальной задачей для ряда приложений, таких как портативная электроника и электромобили. Одним из важных направлений является разработка и оптимизация свойств электролитов. Так, наиболее распространенными являются жидкие электролиты на основе органических растворителей, содержащих литиевые соли, в результате их высокой ионной проводимости ~ 10-2 См/см. Однако, значимые недостатки данных электролитов, такие как электрохимическая и термическая нестабильность, экологическая токсичность значительно затрудняют их применение. Твердотельный керамический электролит термически стабилен вплоть до экстремальных условий (~500ºС), не воспламеняем и устойчив на воздухе. Так, одним из перспективных материалов для твердотельных электролитов является проводящая керамика Li1.4Al0.4Ti1.6(PO4)3 (LATP) с кристаллической структурой NASICON. При этом подходы к синтезу электрокерамики можно разделить на твердотельные и жидкофазные. Однако, ни один метод не позволяет эффективно получить наночастицы с контролируемым размером менее 50 нм. При этом снижение размера частиц открывает возможности понижения температур синтеза и спекания керамики, а также позволяет повысить ее относительную плотность. Также использование частиц LATP с бимодальным распределением по латеральному размеру (смесь нано- и микрочастиц) способно значительно повысить относительную плотность и механическую прочность получаемого твердотельного электролита.

Так, на первом этапе синтеза проводили растворение тетрабутоксититана в 8М растворе азотной кислоты при 60°С и постоянном перемешивании. Далее Ti4+ с различной концентрациейкомплексовали раствором H2O2 (30%) с образованием ярко-алого раствора. После этого в реакционную смесь добавляли соли прекурсоров (LiNO3, Al(NO3)3·9H2O и NH4H2PO4) в стехиометрических соотношениях. Стоит отметить, что после данного этапа раствор оставался прозрачным, что указывает на полное отсутствие побочных реакций осаждения. Для образования полимерной матрицы, которая зафиксирует равномерное распределение растворенных прекурсоров, использовали сополимеризацию акриламида и N,N'-метилен-бис-акриламида. В результате были получены прозрачные полимерные композиты желтого цвета с равномерным распределением Li,+ Al3+, Ti4+-солей, которые затем термически обрабатывали при 700-800°. В результате удалось получить наночастицы с размером в диапазоне от 100 до 15 нм в зависимости от концентрации компонентов композита и температуры синтеза, что ранее не было представлено в литературе. Микрочастицы с латеральных размером ~ 600 нм получали методом твердофазной реакции. Далее полученные порошки смешивали в различных соотношениях, что позволило повысить относительную плотность вплоть до 96,4% и ионную проводимость ~ 6\*10-4 См/см, что значительно выше значений, получаемых для электрокерамики с монодисперсным распределением частиц по размеру.