**Получение и исследование KTP-NaVO1-xPO4Fx как перспективного катодного материала для натрий-ионных аккумуляторов**

***Заболотный Н.А.1, Шраер С.Д.2, Федотов С.С.2***

*Студент, 5 курс специалитета*

*1Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,   
химический факультет, Москва, Россия*

*2 Сколковский институт науки и технологий, Москва, Россия*

*E-mail:* [*zabolotnyinik@*](mailto:zabolotnyinik@)*gmail.com*

Последние несколько лет в области химических источников тока привлекают внимание натрий-ионные аккумуляторы. Перспективными катодными материалами для них считаются полианионные соединения на основе ванадия. Материалы со структурой KTiOPO4 (КТП) и общей формулой NaVOPO4 и NaVPO4F были тщательно исследованы [1,2]. Замещение кислорода фтором увеличивает рабочий потенциал с помощью индуктивного эффекта. NaVOPO4 имеет меньшую удельную емкость по сравнению с NaVPO4F, но имеет более высокую циклируемость, согласно последним исследованиям. В попытке объединить положительные электрохимические характеристики этих материалов, было предложено частичное замещение кислорода фтором.

В данной работе выдвигается новый материал с формулой NaVO1-xPO4Fx (где x= [0.25; 0.5; 0.75]), структурой КТП и теоретической емкостью до ~143 мАч/г, а также исследование его свойств.

Однофазный материал КТП-NaVO1-xPO4Fx был получен методом твердофазного ионного обмена из NH4VO1-xPO4Fx, полученного гидротермальным синтезом из V2O5, как источника ванадия. Растровая электронная микроскопия показала преимущественно присутствие агломератов со средним размером от 10 до 20 мкм. Полученные дифрактограммы в рентгенофазовом анализе были полностью проиндексированы в пространственной группе *Pna*21 с ячейкой орторомбической сингонии, параметры ячейки для материала с «x=0,5»: *a* = 12.738(1) Å, *b* = 10.619(1) Å, *c* = 6.302(1) Å, *V* = 852.5(5) Å3. Выполнено гальваностатическое циклирование ячеек покрытых углеродом композитных материалов NaVO1-xPO4Fx/C против металлического натрия. Материалы имеют удельную емкость 90-120 мАч\*г-1 (ток 0.1C). Средний электродный потенциал равен 4.0 V для всех материалов. Твердофазный механизм (де-)интеркаляции ионов натрия был подтвержден *operando* РФА в диапазоне потенциалов 2.5-4.5В.

*Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (грант № 23-73-10125).*

**Литература**

1. Shraer et al. Development of vanadium-based polyanion positive electrode active materials for high-voltage sodium-based batteries // Nat. Commun. 2022. Vol. 13. P. 4097.

2. Shraer et al. Designing a 3D framework NaVOPO4 as a high-power, low-strain and

long-life positive electrode material for Na-ion batteries // Energy Stor. Mater. 2024. Vol. 68. P. 103358.