**Влияние извилистости пористых композитных электродов на электрохимические свойства катодного материала Na3V2(PO4)3 при пониженных температурах**

***Дьяконов А. К.,1 Захаркин М.В.,1 Никитина В.А.2***

*Студент, 5 курс специалитета*

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

*химический факультет, Москва, Россия*

*2Сколковский институт науки и технологии, центр энергетических технологий, Москва, Россия  
E-mail: andrdyakonov2001@yandex.ru*

Коэффициент полезного действия современных литий и натрий-ионных аккумуляторов близок к 100%, что обуславливает разнообразие применений металл-ионных аккумуляторов (МИА) в технике. Одной из наиболее актуальных задач является разработка МИА, сохраняющих высокую объемную плотность энергии в любых климатических условиях, в том числе при низких температурах. Однако, кинетические ограничения на уровне частиц электродного материала и пористого композитного электрода ведут к потерям энергоемкости. К явлениям, возникающим на уровне электродного композита, относят низкую электронную проводимость композитного электрода и концентрационную поляризацию в порах [1]. Диффузионные ограничения, приводящие к поляризации композитных электродов, вызваны увеличением длины пути иона в порах композита в сравнении таковой в объеме жидкости, т.е. извилистостью пор.

В настоящей работе проведено исследование влияния извилистости пор электродного композита на поляризационные эффекты, наблюдающиеся для электродов различной архитектуры при пониженных температурах. В качестве объекта исследования был выбран катодный материал Na3V2(PO4)3, (NVP) [2]. Этот материал демонстрирует относительно высокую теоретическую емкость 118 мАч/г, соответствующую деинтеркаляции двух ионов натрия на формульную единицу. Разработана методика создания электродов с загрузкой 20 мг/см2 с направленными перпендикулярно к поверхности электрода порами, основанная на упорядочении частиц электродного материала в магнитном поле. С помощью анализа спектров электрохимического импеданса, зарегистрированных в симметричных ячейках [3], получены зависимости извилистости композитных электродов со случайным и предпочтительным направлением пор от температуры. Также при помощи метода электрохимического импеданса оценена электронная проводимость электродов обоих типов. На основании полученных данных сделан вывод о вкладе ограничений, вызванных высокой извилистостью пор композитных электродов, на снижение энергоемкости электродов Na3V2(PO4)3, при пониженных температурах.

*Работа выполнена при поддержке РНФ (Грант № 23-13-00071).*

**Литература**

1. Hamed H., Henderick L., Choobar B. G., D'Haen J., Detavernier C., Hardy A., Safari M. A limitation map of performance for porous electrodes in lithium-ion batteries // iScience. The Author(s), 2021. Vol. 24, № 12. P. 103496.

2. Zhu Y., Xu H., Ma J., Chen P., Chen Y. The recent advances of NASICON-Na3V2(PO4)3 cathode materials for sodium-ion batteries // J. Solid State Chem. 2023. Vol. 317, P. 123669.

3. Wang W., Juarez-Robles D., Mukherjee P.P. Electroanalytical Quantification of Electrolyte Transport Resistance in Porous Electrodes // J. Electrochem. Soc. 2020. Vol. 167, № 8. P. 080510.