**Изучение электрохимических свойств катодного материала на основе δ-MnO2 в цинк-ионных аккумуляторах**

***Попов А.Ю., 1 Каменский М.А.1***

*Студент, 2 курс бакалавриата*

*1Санкт-Петербургский государственный университет, Институт химии,*

*Санкт-Петербург, Россия*

*E–mail: ayysbeirg@yandex.ru*

В наше время актуальной является проблема создания практичных и экологичных перезаряжаемых источников энергии. В данный момент широко распространены литий-ионные аккумуляторы, но зачастую материалы, используемые в них, являются токсичными и дорогими, а также легко воспламеняемыми.

Альтернативными металл-ионными системами являются цинк-ионные аккумуляторы (ЦИА), которые могут стать более безопасными и дешевыми за счет использования в качестве анода металлического цинка, обладающего высокой гравиметрической емкостью, а также применения водных растворов электролитов. Один из важных вопросов при создании водных цинк-ионных аккумуляторов – разработка катодного материала.

Одним из первых катодов для водных ЦИА в 2011 году был предложен применяемый в щелочных батарейках диоксид марганца MnO2 [1]. Оксид марганца имеет много модификаций структуры, дёшев, нетоксичен, легко синтезируется. Однако катодные материалы на основе MnO2 растворяются в процессе работы аккумулятора, также их теоретическая ёмкость невелика (308 мАч∙г−1).

Среди различных полиморфных модификаций оксида марганца δ-MnO2 имеет слоистое строение с большим межслоевым расстоянием (до 7 Å), что позволяет ионам цинка, окружённым сольватной оболочкой воды, легче «внедряться» в кристаллографическую ячейку, что приводит к более лёгкому транспорту катионов внутри решётки и упрощённой диффузии катионов в такую структуру, что важно для лучшего функционирования катодов в ЦИА.

Целью данной работы было изучение электрохимических характеристик катодных материалов на основе двух материалов δ-MnO2 с различной степенью кристалличности. Синтез материалов осуществлялся в соответствии с имеющимися в литературе методиками [2,3] гидротермальным методом. Полученные материалы были охарактеризованы методами рентгеновской дифракции, сканирующей электронной микроскопии и термогравиметрии с целью установления структуры, морфологии материалов, а также количества кристаллизационной воды; на их основе были приготовлены электроды, которые были протестированы в макетах аккумуляторов с цинковым анодом и водным электролитом 2 M ZnSO4 / 0.1 M MnSO4. Электрохимические тесты проводили методами циклической вольтамперометрии (ЦВА) в диапазоне потенциалов 1.0 – 1.8 В отн. Zn/Zn2+ при скоростях развёртки потенциала 0.05 – 0.5 мВ∙c-1, а также методом гальваностатического заряд-разряда в диапазоне потенциалов 1.0 – 1.8 В при плотностях тока 0.1 – 5 А∙г-1 (5 циклов при одном значении тока) и в режимах 0.3/0.3 А∙г-1 и 0.3/1 А∙г-1 (200 циклов).

Благодарность выражается научному руководителю Елисеевой Светлане Николаевне за чуткое руководство и помощь в написании работы. Работа была выполнена при поддержке гранта РФФИ № 21-53-53012.

**Литература**

1. Bahloul A. et al. New composite cathode material for Zn//MnO2 cells obtained by electro-deposition of polybithiophene on manganese dioxide particles // Solid State Ionics. 2011. Vol. 204–205. P. 53–60.

2. Егорова А.А. et al. Селективный синтез полиморфных модификаций диоксида марганца гидротермальной обработкой водных растворов KMnO4 // Журнал неорганической химии. 2021. Vol. 66, № 2. P. 141–148.

3. Jin Y. et al. Joint Charge Storage for High‐Rate Aqueous Zinc–Manganese Dioxide Batteries // Adv. Mater. 2019. Vol. 31, № 29. P. 1900567.