**Катодные материалы для натрий-ионных аккумуляторов на основе смешанных фосфатов железа и натрия**

***Усатов Н.С.1 Ябланович А.,1,2 Захаркин М.В1***

*Студент, 2 курс специалитета*

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

*химический факультет, Москва, Россия*

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

*E-mail: usatovnikita0807@gmail.com*

Натрий-ионные аккумуляторы (НИА) представляют собой новую перспективную систему накопления энергии. Ключевой задачей при коммерциализации НИА является разработка материалов, в частности катодных, позволяющих получать аккумуляторы с заданными электрохимическими характеристиками.

Одним из наиболее перспективных классов катодных материалов для НИА является группа полианионных соединений, характеризующаяся более высокой стабильностью и более высокими значениями рабочего потенциала по сравнению со слоистыми оксидами и аналогами берлинской лазури. Среди подобных систем особый интерес привлекают смешанные фосфаты – соединения, содержащие в своей структуре фосфатные (PO43-) и пирофосфатные (P2O74-) группы, в частности смешанный фосфат состава Na4Fe3(PO4)2(P2O7). Интерес к данной фазе вызван одним из самых высоких средних значений потенциала редокс пары Fe3+/Fe2+ среди полианионных соединений. Для данного соединения в литературе описан ряд методов синтеза и показано, что метод и условия синтеза значительно влияют на фазовый состав получаемых соединений и на их электрохимические свойства [1,2].

Одним из широко используемых методов синтеза электродных материалов для литий-ионных аккумуляторов является соосаждение с последующим высокотемпературным отжигом [3]. Данный метод синтеза привлекает внимание благодаря своей простоте, возможности варьирования состава осаждаемых образцов, а также возможности масштабирования. В данной работе впервые предложен синтез смешанного фосфата Na4Fe3(PO4)2(P2O7) методом соосаждения.

На первом этапе синтеза методом соосаждения получали прекурсор – фосфат железа (II) путем смешения водных растворов сульфата железа (II) и гидрофосфата натрия. По результатам фазового анализа было показано, что продуктом осаждения является соединение состава Fe3(PO4)2\*nH2O со структурой вивианита. Состав полученного кристаллогидрата был определен при помощи метода термогравиметрии. Полученный продукт смешивали с пирофосфатом натрия и подвергали высокотемпературному отжигу в разных условиях. Было показано влияние условий синтеза прекурсора, стехиометрии исходных соединений, длительности отжига, а также наличия или отсутствия предотжига с последующим измельчением в шаровой мельнице на фазовый состав и морфологию получаемых соединений. На основе синтезированных соединений были получены катодные материалы для натрий-ионных аккумуляторов, и изучены их электрохимические характеристики.

**Литература**

1. Gezović A. et al. An effective approach to reaching the theoretical capacity of a low-cost and environmentally friendly Na4Fe3 (PO4) 2 (P2O7) cathode for Na-ion batteries //Electrochimica Acta. – 2024. – Т. 476. – С. 143718.

2. Pu X. et al. Na4Fe3 (PO4) 2P2O7/C nanospheres as low-cost, high-performance cathode material for sodium-ion batteries //Energy Storage Materials. – 2019. – Т. 22. – С. 330-336.

3. Dong H., Koenig G. M. A review on synthesis and engineering of crystal precursors produced via coprecipitation for multicomponent lithium-ion battery cathode materials //CrystEngComm. – 2020. – Т. 22. – №. 9. – С. 1514-1530.