

**Жоба атауы:** IRN AP1487188 «Бәсекеге қабілетті натрий-иондық аккумуляторларды құру үшін тиімді катодты материалды алу технологиясын әзірлеу»

**Өзектілігі:** Әлемде литий-ионды аккумуляторларға (LIB) жылдам өсіп келе жатқан сұраныс LIB-ті мобильді электронды құрылғыларда, гибридті және электрлік көліктерде, сондай-ақ баламалы энергия жүйелерінде қолданумен байланысты. Бірақ жер бетіндегі литийдің шектеулі қоры, оның жоғары құны және өсіп келе жатқан сұраныс басқа арзан және қарапайым металдар негізінде химиялық ток көздерін (ХКК) құруды талап етеді, мысалы, натрий-ионды аккумуляторларды (НИА) құру үшін натрий. ҰИА үшін тиімді катодты материалдарды алу технологиясын әзірлеу, олар негізінен батареяның соңғы энергия тығыздығы мен құнын анықтайтын НІТ негізгі құрамдастары болып табылады. Бірақ LIB-дегі катодтық материалдар LIB-мен салыстырғанда төмен энергия тығыздығын жасайды, өйткені иондары  $\text{Na}^+$  үлкен иондық радиусы мен тотығу-тотықсыздану потенциалына ие. Сондықтан ҰИА үшін натрийі бар катодты материалдарды тиімдірек алу технологиясын жасау қажет.

**Мақсаты:** қолданыстағы натрий-иондық аккумуляторлардың (НИА) сыйымдылық, меншікті энергетикалық параметрлерін литий-иондық батареялар (LIA) деңгейіне дейін арттыруға қабілетті наноматериалды қоса алғанда, тиімді катодты материалды алу технологиясын әзірлеу.

**Күтілетін және қол жеткізілген нәтижелер:**

1. Катодтық материалдың тиімділігін арттыру арқылы бәсекеге қабілетті NRA концептуалды моделі жасалады.
2. Механикалық және қатты фазалық синтез әдістерімен ҰИА үшін тиімді катодты материалдарды алу технологиялары әзірленетін болады.
3. Оптикалық, микротолқынды және лазерлік сәулеленудің әсер ету әдістерімен ҰИА үшін тиімді катодты материалдарды алу технологиялары әзірленетін болады.
4. ҰИА үшін тиімді композициялық катодты материалдарды алу технологиясы әзірленеді.
5. ҰИА үшін белгіленген бөлшектердің өлшемдері бар біртекті аралас наноматериалдарды алу үшін катодты материалдарды нанокұрылымдау технологиясы әзірленетін болады.
6. Синтезделген үлгілердің құрылымы мен электрофизикалық параметрлері зерттеледі.
7. ҰИА құрамындағы катодты материалдардың электрохимиялық көрсеткіштері мен сипаттамалары зерттеледі.
8. ҰИА үшін тиімді катодтық материалдарды іздеу критерийлерін анықтау мақсатында синтезделген үлгілерге физика-химиялық талдау жүргізіледі.
9. Синтезделген материалдар негізінде катодтар және ҰИА зертханалық моделі жасалады. ҰИА бөлігі ретінде катодтардың сынақ сынақтары, оның ішінде өмірлік сынақтар жүргізіледі.

Жобада алынған нәтижелер негізінде ScienceCitationIndexExpanded WebofScience дерекқорында индекстелген немесе Scopus деректер базасында CiteScore пайыздық көрсеткіші кемінде 50 (елу) бар рецензияланатын ғылыми журналдарда кемінде 3 (үш)

мақала немесе шолу жарияланады. , сондай-ақ COXON ұсынған рецензияланған шетелдік немесе отандық басылымда кемінде 1 (бір) мақала немесе шолу.

Жұмыс нәтижелері халықаралық конференцияларда баяндалатын болады. Осы тақырып бойынша Қазақстандық немесе Еуразиялық патенттік бюроға патент беру және шетелдік немесе қазақстандық баспаларда кітапты немесе кітаптың тарауын басып шығару жоспарлануда.

### **Оқу тобының мүшелері:**

жоба жетекшісі – Ногай Адольф Сергеевич, Hirsch Index 5 WoS, 4 Scopus.Researcher ID GWR-1390-2022; Scopus Author ID 6508031228; ORCID 0000-0003-4235-7246

зерттеу тобы:

Жобаның жетекші ғылыми қызметкері – Буш Александр Андреевич. Хирш индексі 24. Зерттеуші IDR-2287-2016; ScopusAuthor ID7201882802; ORCID0000-0003-3990-9847

Жобаның аға ғылыми қызметкері – Өскенбаев Данияр Есенқұлұлы, Хирш индексі 3. Зерттеуші ID; ScopusAuthor ID16644477500; ORCID0000-0001-6265-1376

Жобаның зерттеушісі – Ногай Артур Адольфович, Хирш индексі 2. Зерттеуші IDADV-3472-2022; ScopusAuthor ID57189518111; ORCID0000-0002-3816-9595

Жобаның зерттеушісі – Арман Болатбекұлы Өтеғұлов, Хирш индексі 2. Зерттеуші IDP-2614-2017; Scopus Author ID54950223800; ORCID0000-0003-3818-3781

Жобаның кіші ғылыми қызметкері Жақыпов Нәжмитден Берекеліұлы.

Жоба лаборанты – Өскенбаев Алишер Даниярович

Жоба лаборанты – Төлеуғалиев ДамирДарханұлы/

### **Әлеуетті пайдаланушылар үшін ақпарат:**

Практикалық қызығушылық SIB бөлігі ретінде 2,3-тен 4,5 В-қа дейінгі кернеу диапазонында 145–200 мАч/г меншікті энергия сыйымдылығын генерациялауға қабілетті катодты материалдар болып табылады.Қазіргі уақытта мұндай натрийі бар катодты материалдар жоқ. Сондықтан ҰИА үшін катодты материалдардың тиімділігін арттыру қажет. Біз кең кернеу диапазонында кемінде ~ 145 мАч/г үлестік энергия тұтынуы бар әзірленген катодтық материалдар негізінде SIB моделін құруды жоспарлап отырмыз. Құрамында натрийі бар тиімді катодты материалдарды жасау SIB құнын төмендетуге көмектеседі.

ҰИА үшін тиімді катодты материалдарды өндіру технологиясын патентпен қорғау жоспарлануда.Патентке ие болу Қазақстан Республикасының ірі қалаларында бәсекеге қабілетті ҰИА өндіруге арналған өндірістік қуаттарды іске қосуды жеңілдетуі мүмкін. қорғасын-қышқылды аккумуляторларды өндіру.

### **Қосымша ақпарат:**

Натрий және литий материалдарын металл-иондық аккумуляторларда (МИА) катодты материал ретінде пайдалану тиімділігін бағалау үшін осы екі түрдегі ЖАО негізгі параметрлері [1] салыстырылды (1-кесте).

Кесте 1. ПМ-дегі Na және Li катодты материалдардың негізгі сипаттамалары

Параметрлер	Катод - натрий (Na)	Катод - литий (Li)
Құны	0.07–0.37 евро кг <sup>-1</sup>	4.11–4.49 евро кг <sup>-1</sup>
Энергия сыйымдылығы	1.16 Ач/г <sup>-1</sup>	3.86 Ач/г <sup>-1</sup>
Жұмыс кернеуі	– 2.7 В	– 3.0 В
Иондық радиусы	0.98 Å	0.69 Å
Балқу температурасы	370.7 К	823.5 К
Ескерту – Дереккөз бойынша құрастырылған [1]		

Кестелік мәліметтерден шығатыны, егер SIB -дағы энергия сыйымдылығы LIB-ге дейін ұлғайса, онда SIB құны LIB-ге қарағанда айтарлықтай төмен болады. Сондықтан, SIB LIB-ге қарағанда бәсекеге қабілетті болуы мүмкін.

## Әдебиет

1. Thackeray M.M., Wolverton C., Isaacs E.D. Electrical energy storage for transportation – approaching the limits of, and going beyond, lithium–ion batteries. *Energy & Environ. Sci.* – 2012. – Vol. 5, №7. – P. 7854-7863.

## AP1487188 жобасы үшін 2022

Есеп 2022 жылдың есепті кезеңінде AP1487188 «Бәсекеге қабілетті натрий-иондық аккумуляторларды құру үшін тиімді катодты материалды алу технологиясын әзірлеу» жобасы бойынша келесі ғылыми-зерттеу тапсырмалары орындалды:

1. Катодтық материалдың тиімділігін арттыру арқылы бәсекеге қабілетті ҰИА концептуалды моделі жасалды. Бәсекеге қабілетті ҰИА тұжырымдамалық моделін құру қажет, өйткені оны пайдалана отырып, модельденетін пәндік аймақтың құрылымын және оның элементтері арасындағы қарым-қатынастарды көрнекі түрде түсінуге болады. Мұндай модель зерттеу процесін құрылымдайды, теория мен эмпирикалық деректерді байланыстыруға мүмкіндік береді, мәліметтерді жинауға және оларды кейіннен түсіндіруге басшылық етеді.

2. Механикалық және қатты фазалық синтез әдістерімен ҰИА үшін тиімді катодты материалдарды алу технологиялары әзірленді.  $\text{Na}_3\text{Fe}_2(\text{PO}_4)_3$  және  $\text{Na}_2\text{FePO}_4\text{F}$  поликристалдары қатты фазалық және механосинтез арқылы алынды. Синтезделген үлгілердің құрылымдық және электрохимиялық қасиеттері зерттелді.

Жүргізілген зерттеулердің нәтижелері бойынша халықаралық конференцияларда 2 баяндама тезистері жарияланды:

1. Ноғай А.С., Өскенбаев Д.Е., Ноғай А.А. Қатты фазалық синтез арқылы  $\text{Na}_3\text{Fe}_2(\text{PO}_4)_3$  және  $\text{Na}_2\text{FePO}_4\text{F}$  поликристалдарының алынуына термодинамикалық факторлардың әсері. Халықаралық конференция материалдары: «Сейфуллин оқулары 18(2) – 21 ғасыр ғылымы, трансформация дәуірі», В.1, С. 264-266, ҚАТУ. С.Сейфуллина, Астана, 2022 ж.

2. Ноғай А.С., Өскенбаев Д.Е., Ноғай А.А. Әртүрлі синтез әдістерімен алынған  $\text{Na}_2\text{FePO}_4\text{F}$  поликристалдарының құрылымы мен өткізгіштік қасиеттері арасындағы байланыс мәселесі бойынша. Халықаралық конференция материалдары: «Жаһандық ғылым және

инновация 2022: Орталық Азия» №3(17). Астана, қыркүйек 2022 ж., «Техникалық ғылымдар» сериясы 3-том, 34 – 35 б.

0,2 пайыздық көрсеткішпен Scopus базасына енгізілген журналдағы мақала.

3. Nogai A.S., Nogai A.A., Stefanovich S.Yu., Uskenbaev D.E. Electrochemical properties of  $\text{Na}_3\text{Fe}_2(\text{PO}_4)_3$  cathode materials produced by various synthesis methods and evaluation of the possibility of their use in sodium-ion batteries. // Eurasian Journal of Physics and Functional Materials. 2022, 6(3), P. 223-233. DOI: 10.32523/ejpfm.2022060307.