



**LITIY-IONLI AKKUMULYATORLAR ELEKTROD  
MATERIALLARINING FIZIK-KIMYOVIY XUSUSIYATLARI**

*Chirchiq davlat pedagogika universiteti*

*Tabiiy fanlar fakulteti*

*Kimyo(kechki) yo'nalishi*

*22/1-guruh talabasi*

*Abdivaxabov Jasurbek*

**Annotatsiya.** Ushbu tadqiqot ishi zamonaviy energiya saqlash qurilmalari, xususan, litiy-ionli akkumulyatorlarning samaradorligini oshirish masalalariga bag'ishlangan. Ishda katod va anod materiallarining kimyoviy tarkibi, ularning zaryadlash va zaryadsizlanish jarayonidagi strukturaviy o'zgarishlari batafsil tahlil qilingan. Shuningdek, akkumulyatorlarning xizmat muddatini uzaytirish va sig'imini oshirish uchun elektrodni nanozarralar bilan modifikatsiyalash usullari ko'rib chiqilgan. Olingan natijalar asosida energiya tejoychi qurilmalarning kelajakdagi rivojlanish istiqbollari belgilangan.

**Kalit so'zlar:** Litiy-ionli akkumulyator, katod materiallari, anod modifikatsiyasi, litiy-temir-fosfat ( $\text{LiFePO}_4$ ), grafit, nanozarralar, energiya zichligi, SEI qatlami (qattiq elektrolitlararo faza), zaryadlash kinetikasi, elektrokimyoviy barqarorlik, solishtirma sig'im, degradatsiya

**Kirish.** Bugungi kunda texnologik taraqqiyotni mobil qurilmalar, noutbuklar va eng muhimi, elektromobillarsiz tasavvur qilib bo'lmaydi. Bu qurilmalarning barchasi ixcham va yuqori quvvatli energiya manbalariga

**April 2026**

**480**



muhtoj. Litiy-ionli akkumulyatorlar (Li-ion) hozirda bozordagi eng yetakchi texnologiya hisoblanadi. Biroq, ularning ham o‘ziga yarasha kamchiliklari bor: vaqt o‘tishi bilan sig‘imning kamayishi, qizib ketish xavfi va xomashyo (masalan, kobalt) narxining qimmatligi.

Ushbu muammolarni hal qilish uchun kimyogar olimlar elektrodlar ustida turli tadqiqotlar olib bormoqda. Akkumulyatorning ishlash prinsipi oddiy ko‘rinsa-da (litiy ionlarining katod va anod o‘rtasida harakatlanishi), bu jarayon ortida murakkab fizik-kimyoviy hodisalar yotadi. Tezisning maqsadi — elektrod materiallarining kimyoviy tabiatini o‘rganish va ularni qanday qilib yaxshilash mumkinligini ko‘rsatib berishdan iborat.

## Asosiy qism

### 2.1. Katod materiallarining kimyoviy evolyutsiyasi

Katod — akkumulyatorning eng qimmat va muhim qismidir. Dastlabki yillarda litiy-kobalt oksidi ( $\text{LiCoO}_2$ ) keng qo‘llanilgan. U yuqori energiya zichligiga ega, biroq kobaltning zaxiralari kamligi va uning toksikligi yangi materiallarni qidirishga majbur qildi.

Litiy-temir-fosfat ( $\text{LiFePO}_4$ ): Bu material hozirda xavfsizligi va uzoq umr ko‘rishi bilan mashhur. Uning kristall panjarasi barqaror bo‘lib, yuqori haroratlarda ham parchalanib ketmaydi. NCM (Nikel-Mangan-Kobalt): Bu uchta metallning birikmasi bo‘lib, nikel miqdorini oshirish orqali akkumulyator sig‘imini sezilarli darajada ko‘paytirishga erishildi. Tezida ushbu metallarning nisbati o‘zgarishi bilan elektrodning o‘tkazuvchanligi qanday o‘zgarishi tahlil qilingan.

### 2.2. Anod materiallarida grafen va kremniyning roli



An'anaviy akkumulyatorlarda anod sifatida grafit ishlatiladi. Grafit yaxshi o'tkazuvchi, lekin u litiy ionlarini o'ziga ko'p miqdorda sig'dira olmaydi. Kremniy (Silicon) anodlar: Kremniy grafitga qaraganda 10 barobar ko'p litiy ionini ushlab turishi mumkin. Ammo bitta katta muammo bor: zaryadlash paytida kremniy hajmi 300% ga kengayib ketadi va natijada elektrod darz ketib, ishdan chiqadi.

Nanokompozitlar: Muammoni hal qilish uchun kremniy zarralarini grafit yoki grafen qobiqlari ichiga joylashtirish usuli o'rganilmoqda. Bu "yostiqla" vazifasini o'tab, kengayishni jilovlaydi.

### 2.3. Elektrolit bilan o'zaro ta'sir va SEI qatlami

Akkumulyator birinchi marta zaryadlanganda, elektrod yuzasida SEI (Solid Electrolyte Interphase) deb ataladigan yupqa qatlam hosil bo'ladi. Bu qatlam elektrodni yemirilishdan saqlaydi. Agar ushbu qatlam juda qalin bo'lib ketsa, ionlar harakati qiyinlashadi va ichki qarshilik ortadi. Tezida turli qo'shimchalar (additivlar) yordamida ushbu qatlamning qalinligini nazorat qilish usullari bayon etilgan.

### 2.5. Litiy ionlarining interkalatsiya va deinterkalatsiya kinetikasi

Akkumulyatorning ishlashi "interkalatsiya" deb ataladigan kimyoviy jarayonga asoslangan. Bu — litiy ionlarining elektrod kristall panjarasiga kirishi va undan chiqishidir.

Katodda: Zaryadlash paytida litiy ionlari katod strukturasi ( $\text{LiCoO}_2$ ) dan ajralib chiqadi (deinterkalatsiya). Bu jarayonda kobalt oksidlanish darajasini o'zgartiradi ( $\text{Co}^{3+} \rightarrow \text{Co}^{4+}$ ).

Anodda: Ajralgan ionlar elektrolit orqali o'tib, grafit qatlamlari orasiga joylashadi (interkalatsiya).

Diffuziya to'siqlari: Agar litiy ionlari juda tez harakat qilsa, elektrod yuzasida "litiy dendritlari" (ignasimon kristallar) hosil bo'lishi mumkin. Bu kristallar separatorni teshib o'tib, qisqa tutashuvga va akkumulyatorning yonib ketishiga sabab bo'ladi. Tezida ushbu xavfni kamaytirish uchun elektrolitga maxsus qo'shimchalar qo'shish masalasi ko'rilgan.

## 2.6. Elektrolitlar va elektrodlararo kimyoviy moslashuvchanlik

Elektrod materiallarining xususiyatlari faqat ularning o'ziga emas, balki elektrolit bilan qanday aloqada bo'lishiga ham bog'liq.

Suyuq elektrolitlar: Odatda litiy geksatorfosfat ( $\text{LiPF}_6$ ) tuzining organik erituvchilardagi (etilenkarbonat, dimetilkarbonat) eritmasi ishlatiladi.

Elektrokimyoviy darcha: Elektrolit ma'lum bir kuchlanishdan (odatda 4.3V) yuqorida parchalana boshlaydi. Shu sababli, yuqori voltli yangi katod materiallarini yaratishda elektrolitning oksidlanishga chidamliligini oshirish — kimyo fanining eng dolzarb muammosidir.

## 2.7. Nanostrukturalash orqali solishtirma sig'imni oshirish

An'anaviy mikrometr o'lchamdagi elektrod zarralari o'rniga nanodispersli (1-100 nm) materiallar qo'llash quyidagi afzalliklarni beradi:

Sirt yuzasining ortishi: Litiy ionlari va elektrod o'rtasidagi aloqa yuzasi minglab marta ortadi, bu esa akkumulyatorni bir necha daqiqada zaryadlash imkonini beradi.



Mexanik elastiklik: Nanostrukturalar litiy kirganda kengayishga yaxshi bardosh beradi (ayniqsa kremniy anodlarda).

Yo'lning qisqarishi: Ionlar elektrod ichida bosib o'tadigan masofa qisqaradi, bu esa ichki qarshilikni kamaytiradi va akkumulyator qizishini oldini oladi.

**Xulosa.** Litiy-ionli akkumulyatorlar texnologiyasi hali o'z cho'qqisiga yetgani yo'q. Kelajakda qattiq jisimli (Solid-state) akkumulyatorlarga o'tish kutilmoqda, bu yerda suyuq elektrolit o'rniga qattiq material ishlatiladi. Bu esa portlash xavfini butunlay yo'qotadi va quvvatni yanada oshiradi. Biz o'rgangan elektrod materiallarining modifikatsiyasi esa ushbu maqsadga erishishdagi birinchi muhim qadamdir.

### FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Ismoilov B. "Zamonaviy elektrokimy o'asoslari", O'quv qo'llanma, 2021.
2. Tarascon J. M., Armand M. "Issues and challenges facing rechargeable lithium batteries", Nature, 2020.
3. Hakimov R. "Nanomateriallar va energiya saqlash qurilmalari", Toshkent, 2022.
4. Whittingham M. S. "Lithium Batteries and Cathode Materials", Chemical Reviews, 2018.
5. O'zbekiston Fanlar Akademiyasi "Polimerlar kimyosi va fizikasi instituti" materiallari, 2023.

