# TEXNOGEN CHIQINDILAR TARKIBIDAN LITIY MAHSULOTLARINI EKSTRAKSIYA QILISH TEXNOLOGIYASINI TAKOMILLASHTIRISH

**Komilov Botir Asqar o‘g‘li**
Qarshi davlat texnika universiteti, assistent
Email**:** b.komilov@kstu.uz
Doi: https://doi.org/10.5281/zenodo.20228546

**Annotatsiya.** Mazkur tadqiqot ishida texnogen chiqindilar tarkibidan litiy mahsulotlarini ekstraksiya qilish texnologiyasini takomillashtirish masalalari o‘rganildi. Tadqiqot obyekti sifatida foydalanish muddati tugagan litiy-ionli batareyalar va litiy saqlovchi texnogen chiqindilar tanlab olindi. Ish davomida namunalarni termik aktivlashtirish, kislotali eritish hamda adsorbsion ajratish jarayonlari amalga oshirildi. Gidrometallurgik jarayonlarda sulfat va xlorid kislotali eritmalardan foydalanilib, harorat, reagent konsentratsiyasi, eritish davomiyligi hamda pH muhitining litiy ionlarining eritmaga o‘tish darajasiga ta’siri baholandi. Tadqiqot natijalari termik ishlov berish metall oksidlarning faol yuzasini oshirishi va litiy ekstraksiyasi samaradorligini yaxshilashini ko‘rsatdi. $Li_2TiO_3$ va $H_2TiO_3$ asosidagi ion elaklari yuqori selektivlikka ega ekanligi aniqlandi. Rentgen-difraksion va SEM tahlillar adsorbentlarning barqaror kristall tuzilishi hamda rivojlangan g‘ovak yuzaga ega ekanligini tasdiqladi. Olingan natijalar texnogen chiqindilarni qayta ishlashda gidrometallurgik va adsorbsion texnologiyalarning istiqbolli ekanligini ko‘rsatdi.

**Kalit so‘zlar:** texnogen chiqindilar, litiy ekstraksiyasi, gidrometallurgiya, ion elagi, $Li_2TiO_3$, adsorbsiya, litiy-ionli batareyalar.

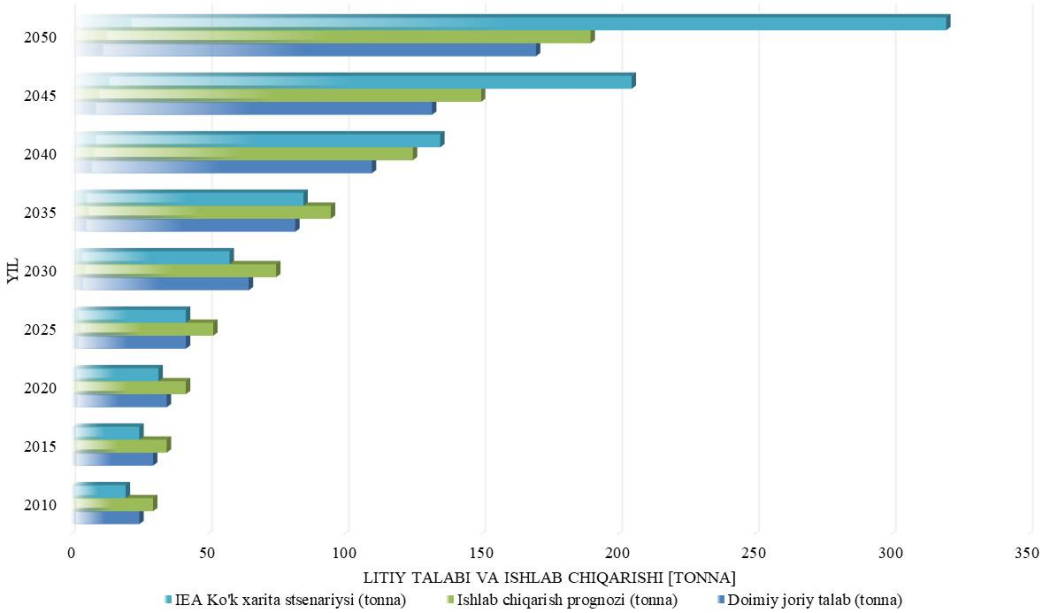
## KIRISH

So‘nggi yillarda dunyo miqyosida litiy va uning birikmalariga bo‘lgan talabning keskin ortishi elektr transport vositalari, energiya saqlash tizimlari hamda yuqori texnologik qurilmalar ishlab chiqarish hajmining kengayishi bilan izohlanmoqda. Litiy-ionli batareyalar yuqori energiya sig‘imi, uzoq xizmat muddati, kam massasi va yuqori samaradorligi sababli zamonaviy elektronika, elektrotransport va qayta tiklanuvchi energiya tizimlarida keng qo‘llanilmoqda. Jahon bozorida litiy strategik ahamiyatga ega bo‘lgan muhim xomashyo sifatida qaralib, uning iste’moli yil sayin ortib bormoqda. Tadqiqotlarga ko‘ra, yaqin yillarda litiyga bo‘lgan global ehtiyoj bir necha barobarga oshishi prognoz qilinmoqda, bu esa yangi xomashyo manbalarini izlash va ikkilamchi resurslarni qayta ishlashni dolzarb masalaga aylantirmoqda.

Hozirgi vaqtda litiy asosan tabiiy rudalar va sho‘r suv manbalaridan olinmoqda. Biroq bunday resurslarning cheklanganligi, qazib olish xarajatlarining yuqoriligi hamda ekologik muammolar alternativ manbalardan foydalanish zaruratini yuzaga keltirmoqda. Shu nuqtai nazardan texnogen chiqindilar, jumladan foydalanish muddati tugagan litiy-ionli batareyalar, sanoat chiqindilari va texnologik qoldiqlar litiy olish uchun istiqbolli ikkilamchi xomashyo hisoblanadi. Mazkur chiqindilar tarkibida litiy bilan bir qatorda kobalt, nikel va marganes kabi qimmatbaho metall komponentlar ham mavjud bo‘lib, ularni qayta tiklash iqtisodiy va ekologik jihatdan muhim ahamiyat kasb etadi.

Texnogen chiqindilarni qayta ishlashda gidrometallurgik usullar yuqori selektivligi, nisbatan kam energiya sarfi va ekologik xavfsizligi bilan boshqa texnologiyalardan ajralib turadi. Ayniqsa, kislotali eritish, ekstraksiya, cho‘ktirish va ion almashinish jarayonlariga asoslangan texnologiyalar litiy mahsulotlarini samarali ajratib olish imkonini beradi. Gidrometallurgik usullarda texnologik parametrlarni optimallashtirish orqali metallarning

eritmaga o‘tish darajasini oshirish, reagent sarfini kamaytirish va yuqori tozalikdagi litiy mahsulotlarini olish mumkin.




**1-rasm. 2010–2050 yillarda jahon bo‘yicha litiy talabi va ishlab chiqarish prognozining o‘zgarishi**

Mazkur tadqiqot ishining maqsadi texnogen chiqindilar tarkibidan litiy mahsulotlarini ekstraksiya qilish texnologiyasini takomillashtirish, gidrometallurgik jarayonlarning samaradorligini baholash hamda optimal texnologik sharoitlarni aniqlashdan iborat. Tadqiqot natijalari ikkilamchi xomashyodan oqilona foydalanish, qimmatbaho metall resurslarini qayta tiklash va ekologik xavfsizlikni ta’minlashga xizmat qiladi.

## TADQIQOT METODOLOGIYASI

Mazkur tadqiqotda texnogen chiqindilar tarkibidan litiy mahsulotlarini ekstraksiya qilish jarayonining samaradorligini oshirishga qaratilgan gidrometallurgik va adsorbsion usullar qo‘llanildi. Tadqiqot obyekti sifatida foydalanish muddati tugagan litiy-ionli batareyalar hamda litiy saqlovchi texnogen chiqindilar tanlab olindi. Dastlab namunalar mexanik maydalash, elash va quritish jarayonlaridan o‘tkazilib, ularning granulometrik tarkibi bir xillashtirildi. Elektrod materiallari tarkibidagi organik birikmalar hamda bog‘lovchi moddalarni parchalanishga uchratish maqsadida namunalar 500–700 °C harorat oralig‘ida termik ishlov berildi. Termik aktivlashtirish metall oksidlarning faol yuzasini oshirish hamda keyingi eritish bosqichida metallarning eritmaga o‘tish darajasini yaxshilash uchun amalga oshirildi.

Litiy ionlarini eritmaga o‘tkazish jarayoni gidrometallurgik usullar asosida olib borildi. Erituvchi reagent sifatida sulfat va xlorid kislotali eritmalardan foydalanildi hamda ayrim tajribalarda qaytaruvchi reagent sifatida vodorod peroksid qo‘llanildi. Eritish jarayonlari laboratoriya reaktorida 50–90 °C harorat oralig‘ida amalga oshirilib, kislota konsentratsiyasi, qattiq va suyuq faza nisbati, aralashtirish tezligi hamda jarayon davomiyligining litiy ajralish samaradorligiga ta’siri o‘rganildi. Eritmadan olingan namunalardagi litiy ionlari miqdori atom-absorbtsion va rentgen-spektral tahlil usullari yordamida aniqlandi. Olingan natijalar asosida litiy ionlarining eritmaga o‘tish kinetikasi va optimal texnologik parametrlar baholandi.

Tadqiqotning keyingi bosqichida litiy ionlarini selektiv ajratib olish uchun adsorbsion texnologiyalar qo‘llanildi. Adsorbent sifatida litiy-titanat asosidagi $Li_2TiO_3$ va $H_2TiO_3$ ion elaklari sintez qilindi. Adsorbentlar qattiq fazali sintez usulida tayyorlanib, $Li_2CO_3$ va $TiO_2$

aralashmalari yuqori haroratda kaltsinatsiya qilindi. Jarayon davomida quyidagi reaksiya asosida litiy-titanat birikmasi hosil qilindi:

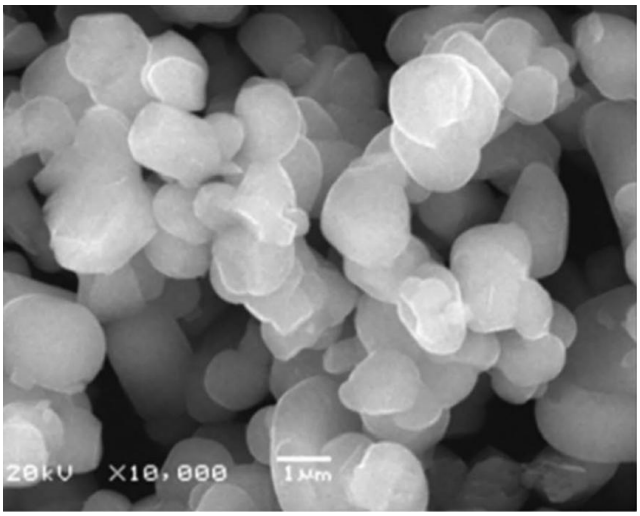
$$Li_2\ CO_3\ +TiO_2\ \rightarrow Li_2\ TiO_3\ +CO_2$$

Hosil qilingan $Li_2TiO_3$ namunalariga kislota bilan ishlov berish orqali $H_2TiO_3$ ion elagi olindi va uning litiy ionlariga nisbatan selektiv adsorbsion xususiyatlari o‘rganildi. Tadqiqot davomida adsorbentning adsorbsiya sig‘imi, ion almashinish samaradorligi hamda regeneratsiya imkoniyatlari baholandi. Adsorbentlarning fazaviy tarkibi rentgen-difraksion tahlil, morfologik tuzilishi esa skanerlovchi elektron mikroskop yordamida tadqiq qilindi.

**NATIJALAR VA MUHOKAMA**

Tadqiqot davomida texnogen chiqindilar tarkibidan litiy mahsulotlarini ekstraksiya qilish jarayonining asosiy texnologik parametrlari o‘rganildi. Olingan natijalar termik ishlov berish bosqichi metallarning eritmaga o‘tish samaradorligiga sezilarli ta’sir ko‘rsatishini tasdiqladi. Namunalarni 500–700 °C harorat oralig‘ida termik aktivlashtirish natijasida organik birikmalar va bog‘lovchi moddalar parchalanib, metall oksidlarning faol yuzasi ortgani kuzatildi. Xususan, 700–850 °C haroratlarda $Li_2TiO_3$ adsorbentining shakllanish jarayoni intensivlashgani aniqlandi. Haroratning oshishi bilan kristall fazalarning shakllanish darajasi ortgani, biroq 850 °C dan yuqori haroratlarda ayrim difraksion cho‘qqilar intensivligining kamayishi kuzatildi. Bu holat yuqori haroratda zarrachalarning agregatsiyalanishi bilan izohlanadi.

Rentgen-difraksion tahlillar natijasida adsorbent tarkibining monoklinik fazada shakllanishi kuzatildi. Monoklinik tuzilma $Li^+$ ionlarining ion almashinish jarayonini yengillashtirib, adsorbentning selektivligini oshirdi. Kislota bilan ishlov berilgandan so‘ng $H_2TiO_3$ ion elagi hosil bo‘lgani va uning litiy ionlariga nisbatan yuqori selektivlikka ega ekanligi aniqlandi. Tadqiqot davomida adsorbsiya samaradorligi eritma pH muhiti va haroratga bog‘liq ravishda o‘zgargani kuzatildi. pH qiymati oshishi bilan adsorbent yuzasining manfiy zaryadi ortib, $Li^+$ ionlarining adsorbsiya darajasi yuqorilashi aniqlandi. Shuningdek, litiy ionlarining gidratatsiya energiyasi magniy ionlariga nisbatan past bo‘lgani sababli ion elaklari $Li^+$ ionlarini selektiv ravishda adsorbsiya qilishi kuzatildi.




**4-rasm. $Li_2TiO_3$ adsorbentining SEM tahlil tasviri**

Skanerlovchi elektron mikroskop tahlillari adsorbent zarrachalarining o‘rtacha o‘lchami taxminan 0,2 mkm atrofida ekanligini ko‘rsatdi. Kislota bilan ishlov berilgandan keyin adsorbent yuzasida mikro yoriqlar va g‘ovakliklarning hosil bo‘lishi kuzatildi, bu esa ion almashinish jarayonining intensivlashishiga xizmat qildi. Tadqiqot natijalari titan asosidagi

ion elaklari litiy ekstraksiyasida yuqori kimyoviy barqarorlik, yaxshi selektivlik va qayta regeneratsiya qilish imkoniyatiga ega ekanligini tasdiqladi. Shu sababli, $H_2TiO_3$ asosidagi adsorbentlardan foydalanish texnogen chiqindilar va geotermal eritmalardan litiy mahsulotlarini ajratib olish texnologiyasini takomillashtirishda istiqbolli yo‘nalish hisoblanadi.

## XULOSA

Mazkur tadqiqotda texnogen chiqindilar tarkibidan litiy mahsulotlarini ekstraksiya qilishda gidrometallurgik va adsorbsion usullarning samaradorligi o‘rganildi. Olingan natijalar termik ishlov berish jarayoni metall oksidlarning faol yuzasini oshirishini hamda litiy ionlarining eritmaga o‘tish darajasini sezilarli yaxshilashini ko‘rsatdi. Tadqiqot davomida 700–850 °C harorat oralig‘ida $Li_2TiO_3$ adsorbentining barqaror kristall tuzilmasi shakllanishi va kislota bilan ishlov berilgandan so‘ng $H_2TiO_3$ ion elagining hosil bo‘lishi aniqlandi. Shuningdek, pH muhiti va haroratning ortishi litiy ionlarining adsorbsiya samaradorligini oshirishi kuzatildi.

Skanerlovchi elektron mikroskop va rentgen-difraksion tahlillar titan asosidagi adsorbentlarning yuqori selektivlik va kimyoviy barqarorlikka ega ekanligini tasdiqladi. Olingan natijalar $H_2TiO_3$ asosidagi ion elaklari texnogen chiqindilar va geotermal eritmalardan litiy mahsulotlarini ajratib olishda istiqbolli adsorbent sifatida samarali qo‘llanishi mumkinligini ko‘rsatdi. Mazkur texnologiya energiya sarfini kamaytirish, qimmatbaho metall resurslarini qayta tiklash va ekologik xavfsizlikni ta’minlash nuqtai nazaridan muhim ahamiyat kasb etadi.

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Chen, X., Chen, Y., Zhou, T., Liu, D., Hu, H., & Fan, S. (2015). Hydrometallurgical recovery of metal values from sulfuric acid leaching liquor of spent lithium-ion batteries. Waste Management, 38, 349–356. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.12.023
2. Contestabile, M., Panero, S., & Scrosati, B. (2001). A laboratory-scale lithium-ion battery recycling process. Journal of Power Sources, 92(1–2), 65–69. https://doi.org/10.1016/S0378-7753(00)00523-1
3. Demarco, J., Innocenti, V., Ippolito, N. M., De Michelis, I., Medici, F., & Vegliò, F. (2019). Chemical and biological treatment of spent lithium-ion batteries. Waste Management, 87, 318–326. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.02.008
4. Хужакулов, Н. Б., Рузиев, У. М., & Насирова, Н. Р. (2021). Исследования влияния качества биокека на показатели сорбционного выщелачивания. Universum: технические науки, (5-2 (86)), 20-23.
5. Li, L., Bian, Y., Zhang, X., Guan, Y., Fan, E., Wu, F., & Chen, R. (2018). Economical recycling process for spent lithium-ion batteries and macro- and micro-scale mechanistic study. Journal of Power Sources, 377, 70–79. https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2017.11.080
6. Liu, C., Lin, J., Cao, H., Zhang, Y., & Sun, Z. (2019). Recycling of spent lithium-ion batteries in view of lithium recovery: A critical review. Journal of Cleaner Production, 228, 801–813. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.304
7. Abdisamievich, S. A., Mamarasulovich, R. U., & Azamatugli, K. O. (2025). DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR OBTAINING ALUMINA FROM LOCAL RAW MATERIALS. Sanoatda raqamli texnologiyalar/Цифровые технологии в промышленности, 3(2), 105-111.
8. Meshram, P., Pandey, B. D., & Mankhand, T. R. (2014). Hydrometallurgical processing of spent lithium-ion batteries: A review. Journal of Environmental Chemical Engineering, 2(1), 8–20. https://doi.org/10.1016/j.jece.2013.11.001

9. Ruziev, U. M. (2025). Enhancing Solid–Liquid Separation In Nitric Acid Leaching Of Low-Grade Alumina Ores.
10. Ordoñez, J., Gago, E. J., & Girard, A. (2016). Processes and technologies for the recycling and recovery of spent lithium-ion batteries. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 60, 195–205. https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.363
11. Scrosati, B., Hassoun, J., & Sun, Y. K. (2011). Lithium-ion batteries. A look into the future. Energy & Environmental Science, 4(9), 3287–3295. https://doi.org/10.1039/C1EE01388B
12. Sun, L., & Qiu, K. (2011). Vacuum pyrolysis and hydrometallurgical process for the recovery of valuable metals from spent lithium-ion batteries. Journal of Hazardous Materials, 194, 378–384. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2011.07.114
13. Wang, X., Gaustad, G., Babbitt, C. W., & Richa, K. (2014). Economies of scale for future lithium-ion battery recycling infrastructure. Resources, Conservation and Recycling, 83, 53–62. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2013.11.009
14. Yang, Y., Huang, G., Xu, S., He, Y., & Liu, X. (2016). Thermal treatment process for the recovery of valuable metals from spent lithium-ion batteries. Hydrometallurgy, 165, 390–396. https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2015.09.026
15. Zhang, P., Yokoyama, T., Itabashi, O., Suzuki, T. M., & Inoue, K. (1998). Hydrometallurgical process for recovery of metal values from spent lithium-ion secondary batteries. Hydrometallurgy, 47(2–3), 259–271. https://doi.org/10.1016/S0304-386X(97)00050-9