ISNN 3030-3907

2026
MAY
ISSUE - 5
VOLUME - 4

# DEVELOPMENT OF SCIENCE

## scientific journal



# Development of science

## Ilmiy jurnal

MAY 2026
Issue - 5, VOLUME - 4

ISSN 3030 -3907

*Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.*

**BOSH MUHARRIR:**
***Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.***
**TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:**
***Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor***
***TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI***

**TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

***Bozorov G‘ayrat Rashidovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor*
***Abdurahmonov Olim Rustamovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor*
***Adizov Bobur Zamirovich***
*O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor*
***Hayitov Ruslan Rustamjonovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor*
***Jumayev Qayum Karimovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Berdiyev Dorob Murodovich***
*Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor*
***Maxmudov Rafiq Amonovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Tilloyev Lochin Ismatilloyevich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Raxmonov Qahramon Sanakulovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Barakayev Nusratullo Rajabovich***
*Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Panoyev Erali Rajabboyevich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Ataullayev Sherzod Nabiullyevich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Murodov Malik Negmurodovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Axmedova Ozoda Bahronovna***
*Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.*
***Safarov Bahri Jumayevich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Xaydarov Axtam Amonovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Safarov Jasur Alijon o‘g‘li***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*

**KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ**

***Axmedov Voxid Nizomovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor*
***Umarov Baqo Bafoyevich***
*Buxoro Davlat Universiteti, professor*
***Kodirov Abduaxad Abduraximovich***
*Qarshi davlat Universiteti, professor*
***Qurbonov Mingniqul Jumagulovich***
*Qarshi davlat Universiteti, dotsent*
***Turemuratov Sharibay Naurizbaevich***
*O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor*
***Tursunov Kaxor Shonazarovich***
*Qarshi davlat Universiteti, professor*
***Do‘stov Hamro***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor*
***Panoyev Nodir Shavkatovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Kasimov Sherzod Abduazimovich***
*Termiz Davlat Universiteti, professor.*
***Aliqulov Rustam Valiyevich***
*Termiz Davlat Universiteti, professor*
***Tropov Xamza Tursunovich***
*Samarqand Davlat Universiteti, professor*

**IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ**

***Nizamov Aslitdin Badreddinovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Boboyev Akmal Choriyevich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna***
*Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor*
***Saidaxmedova Nodira Ilxomovna***
*Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor*
***Muxsinov Bekzod Toxirovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Shakarov Qulmat Ashirovich***
*Renessans ta'lim universiteti,dotsent.*
***Jumaeva Zulfiya Qayumovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Norova Salomat Yusupovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Jalilov Jamshid G‘anijonovich***
*Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent*
***Xasanova Gulruh Djumanazarovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*

**PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ**

***Siddiqova Sadoqat G‘afforovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Zoyirov Erkin Xalilovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor*
***Gaffarov Feruz Hasanovich***
Puchon Universiteti, *professor*
***Ruziyev Davron Yuldashevich***
*Buxoro Davlat Universiteti, professor*
***Muradova Firuza Rashidovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Yunusova Gulandon Samiyevna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***To‘xtayeva Zebo Sharifovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Uzoqova Laylo Polvonovna***
*Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.*
***To‘raqulova Marjona Qiyom qizi***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Muradova Zarina Rashidovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Murodov Sanjar Aslonovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent*
***Gaffarov Laziz Hasanovich***
*Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.*

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.


ISSN 3030-3907

**Development of science** ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.


ISSN 3030-3907

# LiA SEOLITINING TOZA KIMYOVIY REAGENTLAR YORDAMIDA SINTEZI VA MIKROSTRUKTURAVIY SEM TAHLILI

**Hamidov Raxmatullo**
*Namangan davlat texnika universiteti tayanch doktoranti*
*E-mail: rakhmatullokhamidov97@gmail.com*
**Oydinov Muxlis**
*Toshkent davlat tibbiyot universiteti, 1-son Tibbiy va biologik kimyo kafedrasi katta o'qituvchisi (Phd)*
*E-mail: muxlisoydinov107@gmail.com*

**Annotatsiya.** Ushbu ishda Na-A tipidagi seolit gidrotermal sintez usuli orqali $NaAlO_2$ va $Na_2SiO_3$ asosida olinib, keyinchalik LiCl eritmasi yordamida ko'p bosqichli ion almashinish jarayoni orqali Li-A seolitga aylantirildi. Sintez jarayoni 120 °C da 24 soat davomida olib borilib, yuqori kristallik darajaga ega Na-A seolit hosil qilindi. Ion almashinuvi 80 °C sharoitda bir necha bosqichda amalga oshirilib, natijada $Na^+$ ionlarining $Li^+$ ionlari bilan samarali almashinuvi ta'minlandi. Olingan Li-A seolit namunasi skanerlovchi elektron mikroskopiya (SEM) usuli yordamida o'rganilib, uning mikron o'lchamdagi kubik kristallardan tashkil topganligi, qisman agregatsiyalangan tuzilishga ega ekanligi va LTA strukturasiga xos morfologik xususiyatlarni saqlab qolganligi aniqlandi. Tadqiqot natijalari Li-A seolitning yuqori struktural barqarorlik va amaliy qo'llanish imkoniyatlariga ega ekanligini ko'rsatdi.

**Kalit so'zlar:** Na-A seolit, Li-A seolit, gidrotermal sintez, ion almashinuvi, LiCl, $NaAlO_2$, $Na_2SiO_3$, SEM tahlil, LTA struktura, mikroporoz materiallar, kristall morfologiya, alumosilikatlar, adsorbsiya.

**Аннотация.** В данной работе цеолит типа Na-A был получен методом гидротермального синтеза на основе $NaAlO_2$ и $Na_2SiO_3$, после чего посредством многоступенчатого ионообменного процесса с использованием раствора LiCl был преобразован в Li-A цеолит. Процесс синтеза проводился при температуре 120 °C в течение 24 часов, в результате чего был получен Na-A цеолит с высокой степенью кристалличности. Ионообмен осуществлялся при 80 °C в несколько этапов, что обеспечило эффективное замещение ионов $Na^+$ на $Li^+$. Полученный образец Li-A цеолита был исследован методом сканирующей электронной микроскопии (SEM), в результате чего установлено, что он состоит из микронных кубических кристаллов, частично агрегированных, и сохраняет морфологические особенности структуры типа LTA. Результаты исследования показывают, что Li-A цеолит обладает высокой структурной стабильностью и перспективами практического применения.

**Ключевые слова:** Na-A цеолит, Li-A цеолит, гидротермальный синтез, ионный обмен, LiCl, $NaAlO_2$, $Na_2SiO_3$, SEM анализ, LTA структура,

микропористые материалы, кристаллическая морфология, алюмосиликаты, адсорбция.

**Abstract.** In this study, Na-A type zeolite was synthesized via a hydrothermal method using $NaAlO_2$ and $Na_2SiO_3$, and subsequently converted into Li-A zeolite through a multi-stage ion-exchange process using LiCl solution. The synthesis was carried out at 120 °C for 24 hours, resulting in a highly crystalline Na-A zeolite. Ion exchange was performed at 80 °C in several stages, ensuring efficient substitution of $Na^+$ ions with $Li^+$ ions. The obtained Li-A zeolite sample was analyzed by scanning electron microscopy (SEM), which revealed that it consists of micron-sized cubic crystals with partial aggregation while retaining the characteristic morphology of the LTA structure. The results indicate that Li-A zeolite exhibits high structural stability and promising potential for practical applications.

**Keywords:** Na-A zeolite, Li-A zeolite, hydrothermal synthesis, ion exchange, LiCl, $NaAlO_2$, $Na_2SiO_3$, SEM analysis, LTA structure, microporous materials, crystal morphology, aluminosilicates, adsorption.

**KIRISH.**

Seolitlar-kristall tuzilishga ega bo‘lgan, yuqori darajadagi g‘ovaklilik va selektiv adsorbsiya xususiyatlari bilan ajralib turuvchi alumosilikat materiallar bo‘lib, ular sanoatning turli sohalarida keng qo‘llaniladi [1]. Ularning kristall panjarasi qat’iy tartiblangan bo‘lib, o‘zaro bog‘langan $SiO_4$ va $AlO_4$ tetraedrlaridan tashkil topgan uch o‘lchamli karkasni hosil qiladi. Ushbu tuzilma ichida aniq o‘lchamdagi g‘ovaklar va kanallar mavjud bo‘lib, ular molekulyar elak sifatida faoliyat ko‘rsatadi. Shu sababli seolitlar gazlarni ajratish, suvni tozalash, quritish, ion almashinish va kataliz jarayonlarida muhim ahamiyat kasb etadi [2].

Xususan, A-tip seolitlar (LTA strukturasi) o‘zining bir xil o‘lchamdagi mikrog‘ovaklari va yuqori ion almashinish sig‘imi bilan ajralib turadi [3]. Bu turdagi seolitlar sanoatda keng qo‘llanilib, ayniqsa gaz aralashmalarini ajratish va quritish jarayonlarida samarali hisoblanadi. Ushbu turkumga mansub LiA seoliti natriy kationlarining litiy ionlariga almashishi natijasida hosil bo‘ladi va o‘zining kichik ion radiusi tufayli yuqori selektivlik xususiyatini namoyon etadi [4]. LiA seolitining bu xususiyati uni kislorod va azot gazlarini ajratishda, shuningdek, yuqori samarali adsorbent sifatida qo‘llash imkonini beradi [5].

So‘nggi yillarda LiA seolitini sintez qilishda toza kimyoviy reagentlardan foydalanish muhim ahamiyat kasb etmoqda, chunki bu usul mahsulotning kristallik darajasi, faza tozaligi va takrorlanuvchanligini sezilarli darajada oshiradi [6]. An’anaviy sintez usullarida tabiiy xomashyolar, masalan, kaolin yoki kul asosidagi materiallardan foydalanilganda qo‘shimcha aralashmalar va nomaqbul fazalar hosil bo‘lishi mumkin [7]. Bu esa sintez qilingan seolitning


ISSN 3030-3907

strukturaviy va adsorbtsion xossalariga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Shu sababli, qat’iy nazorat qilinadigan sharoitlarda, aniq molyar nisbatlarda tayyorlangan toza reagentlardan foydalanish ilmiy va texnologik jihatdan ustuvor yo‘nalish hisoblanadi [8].

LiA seolitining fizik-kimyoviy va morfologik xossalarini chuqur o‘rganishda zamonaviy tahlil usullaridan foydalanish alohida ahamiyatga ega. SEM tahlili orqali sintez jarayonining samaradorligi, kristallarning bir jinsliligi va ularning shakllanish mexanizmi haqida muhim ma’lumotlar olish mumkin [9-10]. Bundan tashqari, ushbu usul yordamida yuzada yuzaga kelgan nuqsonlar, notekisliklar va fazalararo farqlar ham aniqlanadi. LiA seolitining morfologik va strukturaviy xususiyatlari uning adsorbsiya, ion almashinish va katalitik samaradorligiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi [11]. Masalan, kristallarning o‘lchami va shakli gaz molekulalarining g‘ovaklarga kirish tezligini belgilaydi, bu esa umumiy adsorbsiya kinetikasiga ta’sir qiladi. Shu bois, sintez jarayonining har bir bosqichini — gel tayyorlashdan tortib kristallanish sharoitlarigacha — puxta optimallashtirish orqali yuqori sifatli va funksional xossalarga ega seolit olish muhim vazifa hisoblanadi [12].

Turli ilmiy tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, sintez sharoitlari, xususan harorat, vaqt, pH muhiti va reagentlar nisbatining to‘g‘ri tanlanishi kristallarning o‘sishi va shakllanishiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi [11]. Optimal sharoitlarda sintez qilingan LiA seolitlari yuqori kristallik darajasi, aniq morfologik shakli va barqaror fizik-kimyoviy xossalarga ega bo‘ladi. Shu nuqtai nazardan, mazkur ishda toza kimyoviy moddalar asosida LiA seolitini sintez qilish va uning morfologik tuzilishini SEM usuli yordamida kompleks tahlil qilish dolzarb ilmiy vazifa sifatida qaraladi.

Mazkur ishning asosiy maqsadi -toza kimyoviy moddalar asosida LiA seolitini sintez qilish va uning morfologik tuzilishini SEM usuli yordamida tahlil qilishdan iborat. Ushbu tadqiqot natijalari seolit materiallarini samarali qo‘llash imkoniyatlarini kengaytirishga xizmat qiladi.

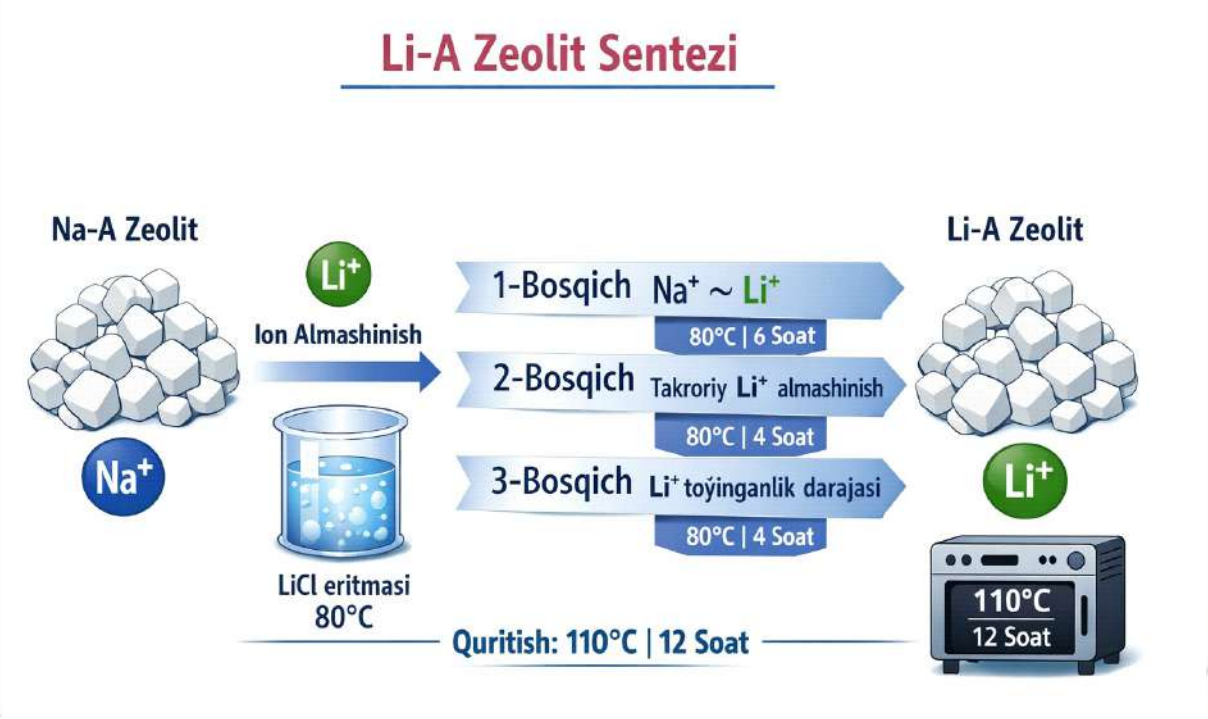
**NATIJA VA MUHOKAMA.**

Na-A tipidagi seolitlar yuqori ion almashinish sig‘imi, tartibli kristall panjarasi va aniq o‘lchamdagi mikrog‘ovaklari bilan ajralib turuvchi alumosilikat materiallar hisoblanadi. Ularning ushbu xususiyatlari suvni yumshatish, gaz aralashmalarini selektiv ajratish hamda katalitik jarayonlarda keng qo‘llanishini ta’minlaydi. Na-A seolit tarkibidagi natriy kationlarini litiy ionlariga almashtirish orqali Li-A shaklini olish mumkin bo‘lib, bunday modifikatsiya qilingan materiallar yuqori selektiv adsorbsiya xossalari hamda elektrokimyoviy tizimlarda qo‘llash istiqbollari bilan alohida ahamiyat kasb etadi.


ISSN 3030-3907

Na-A seolit sintezi gidrotermal usul asosida amalga oshirildi. Dastlab natriy aluminat ($NaAlO_2$) va natriy silikat ($Na_2SiO_3$) eritmalari mos ravishda 23.8 mmol va 52.1 mmol miqdorlarda tayyorlandi. Alumosilikat gel hosil qilish uchun $NaAlO_2$ eritmasi asta-sekin $Na_2SiO_3$ eritmasiga qo‘shilib, tizimda Si/Al =1 molyar nisbat ta’minlandi. Olingan aralashma 40 °C haroratda 2 soat davomida uzluksiz aralashtirildi, natijada bir jinsli gel hosil bo‘ldi. Keyinchalik ushbu gel 120 °C da 24 soat davomida gidrotermal sharoitda kristallantirildi. Hosil bo‘lgan qattiq faza filtrlanib, neytral muhitgacha (pH=7) yuvildi hamda 100 °C da 6 soat davomida quritildi. Natijada yuqori kristallik darajaga ega Na-A tipidagi seolit muvaffaqiyatli sintez qilindi (1-rasm).

Li-A seolitni olish jarayoni ion almashinish usuli orqali amalga oshirildi. Buning uchun litiy xlorid (LiCl) asosida 1 M konsentratsiyali eritma tayyorlanib, umumiy 58.8 mmol $Li^+$ ionlari mavjud tizim hosil qilindi. Har bir almashinish bosqichida 20 mmol miqdorda $Li^+$ ionlari qo‘llanildi. Dastlabki bosqichda 1 g Na-A seolit (tarkibida taxminan 12.2 mmol $Na^+$ ionlari mavjud) $Li^+$ ionlariga boy eritmaga qo‘shilib, 80 °C haroratda 6 soat davomida aralashtirildi. Ushbu bosqichda $Na^+$ ionlarining asosiy qismi $Li^+$ ionlariga almashdi.




**1-rasm. Gidrotermal usulda olingan LiA seolitning sintez sxemasi.**

Keyingi bosqichda olingan mahsulot yuvilib, yana yangi LiCl eritmasiga solindi va 80 °C da 4 soat davomida qayta ishlov berildi. Bu bosqichda ion almashinish jarayoni davom etgan bo‘lsa-da, uning tezligi birinchi bosqichga nisbatan pasaygani kuzatildi. Uchinchi almashinish bosqichida ham xuddi shunday sharoitlar saqlanib, yana 20 mmol $Li^+$ ionlari ishtirokida 80 °C da 4 soat davomida jarayon olib borildi. Yakuniy bosqichda seolit strukturasidagi


ISSN 3030-3907

almashinish markazlarining to‘yinganligi sababli ion almashinish tezligi sezilarli darajada kamaydi.

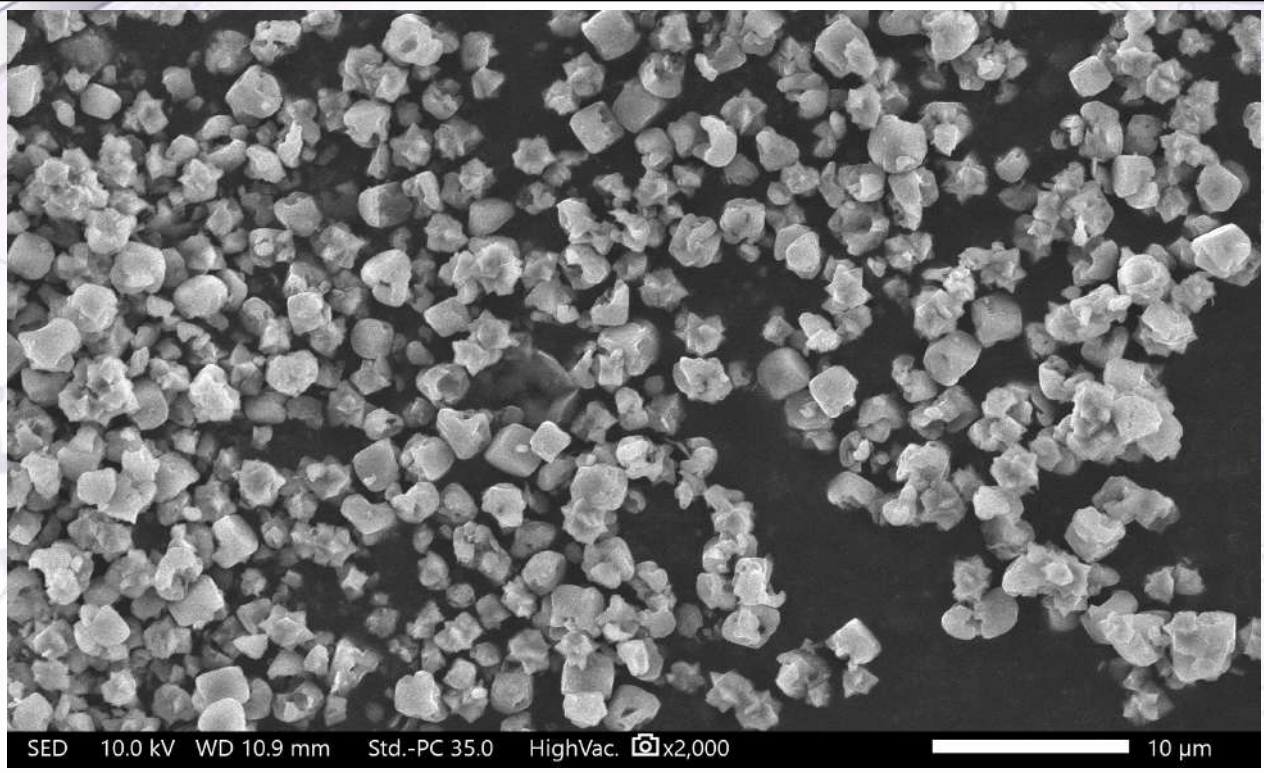
Jarayon yakunida olingan Li-A seolit namunasi 110 °C da 12 soat davomida quritildi. Natijada yuqori darajada ion almashinishga uchragan va strukturaviy jihatdan barqaror Li-A seolit hosil qilindi.

Sintez qilingan LiA tipidagi seolit namunasi skanerlovchi elektron mikroskopiya (SEM) usuli yordamida tahlil qilindi. Olingan tasvirlar namunada hosil bo‘lgan kristallarning morfologiyasi, o‘lchami va agregatsiya darajasini baholash imkonini berdi. SEM tasvirlar 10 μm o‘lchov shkalasi asosida zarrachalar o‘lchamlarini aniqlash imkoniyati yaratildi.

Tahlil natijalariga ko‘ra, LiA seolit namunasi asosan mikron diapazondagi kristallardan tashkil topganligi aniqlandi. Zarrachalarning o‘lchami taxminan 1–5 μm oralig‘ida bo‘lib, ayrim mayda fraksiyalar bundan ham kichik o‘lchamlarga ega ekanligi kuzatildi. Bunday o‘lcham taqsimoti kristallanish jarayonining faol kechganligini ko‘rsatadi, biroq tizimda to‘liq monodisperslikka erishilmaganligini ham bildiradi. Kristallarning morfologik tahlili ularning asosiy qismi kubik yoki kubikga yaqin shaklda ekanligini ko‘rsatdi, bu esa A-tip (LTA struktura) seolitlar uchun xos belgi hisoblanadi. Shu bilan birga, ayrim kristallarda shaklning qisman deformatsiyalanganligi va notekisligi kuzatildi. Bu holat kristall o‘sish jarayonining barcha zarrachalar uchun bir xil sharoitda kechmaganligi, ya’ni lokal kinetik va diffuziya omillari ta’sirida yuzaga kelgan bo‘lishi mumkin.

SEM tasvirlarda zarrachalarning ma’lum darajada agregatsiyalanganligi ham aniqlanadi. Kristallarning bir-biriga yopishib, klasterlar hosil qilishi, ehtimol, yuqori konsentratsiyali gel muhitida kristallanish jarayonining borishi hamda keyingi quritish bosqichida kapillyar kuchlarning ta’siri bilan izohlanadi. Agregatsiya darajasi materialning umumiy sirt maydoniga va adsorbsiya samaradorligiga ma’lum darajada ta’sir ko‘rsatishi mumkin (2-rasm).


ISSN 3030-3907




**2-rasm. LiA tipidagi seolitning skanerlovchi elektron mikroskop (SEM) orqali olingan morfologik tasviri**

Zarrachalar yuzasining strukturaviy xususiyatlari ham muhim ahamiyatga ega. SEM tasvirlardan ko‘rinib turibdiki, kristall yuzasi nisbatan g‘adir-budur va notekis tuzilishga ega. Bu esa kristall o‘sishi jarayonida ionlarning notekis taqsimlanishi yoki ion almashinuvi jarayonida yuzaga kelgan lokal strukturaviy o‘zgarishlar bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin. Ma’lumki, $Na^+$ ionlarining $Li^+$ ionlariga almashishi kristall panjarada qayta taqsimlanish jarayonlarini yuzaga keltiradi, bu esa sirt morfologiyasining o‘zgarishiga olib keladi.

Ion almashinuvi jarayonining ko‘p bosqichli amalga oshirilganligi ham kristall tuzilishiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Xususan, dastlabki bosqichlarda $Na^+$ ionlarining intensiv ravishda $Li^+$ ionlariga almashishi natijasida panjara nisbatan barqaror saqlanadi, keyingi bosqichlarda esa almashinish markazlarining to‘yinganligi tufayli jarayon sekinlashadi va bu holat kristall yuzasida qisman deformatsiyalarning yuzaga kelishiga sabab bo‘lishi mumkin.

SEM tahlil natijalari sintez qilingan LiA seolit namunasi muvaffaqiyatli hosil qilinganligini tasdiqlaydi. Namuna yetarli darajada kristallangan bo‘lib, LTA struktura uchun xos bo‘lgan kubik morfologiya elementlari saqlanib qolgan.

**XULOSA.**

Ushbu tadqiqotda Na-A tipidagi seolit gidrotermal sintez usuli orqali muvaffaqiyatli olinib, keyinchalik LiCl eritmasi yordamida ko‘p bosqichli ion almashinuvi jarayoni orqali Li-A seolitga aylantirildi. Sintez jarayonida $NaAlO_2$ va $Na_2SiO_3$ asosida hosil qilingan alumosilikat gel 120 °C sharoitda


ISSN 3030-3907

kristallantirilib, yuqori kristallik darajaga ega Na-A struktura olindi. Keyingi bosqichda olib borilgan ion almashinuvi natijasida $Na^+$ ionlarining $Li^+$ ionlari bilan samarali almashishi ta'minlanib, strukturaviy barqaror Li-A seolit hosil qilindi. Skanerlovchi elektron mikroskopiya (SEM) tahlili natijalari sintez qilingan Li-A seolit namunasi mikron o'lchamdagi kubik kristallardan iborat ekanligini, zarrachalar qisman agregatsiyalanganligini hamda LTA tipiga xos morfologik xususiyatlarni saqlab qolganligini ko'rsatdi. Kristall yuzasining notekisligi va agregatsiya darajasi sintez sharoitlari hamda ion almashinuvi jarayonining ko'p bosqichli kechishi bilan izohlanadi. Olingan natijalar gidrotermal sintez va ion almashinuvi usullarining Li-A seolit olishda samarali ekanligini tasdiqlaydi. Ushbu material yuqori selektivlik, ion almashinish qobiliyati va rivojlangan sirt xossalari tufayli adsorbsiya jarayonlari, kataliz hamda elektrokimyoviy tizimlarda qo'llanish uchun istiqbolli hisoblanadi.

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Breck D.W. Seolite Molecular Sieves: Structure, Chemistry, and Use. — New York: Wiley, 1974.
2. Szostak R. Molecular Sieves: Principles of Synthesis and Identification. — Springer, 1998.
3. Cundy C.S., Cox P.A. The hydrothermal synthesis of seolites. — Microporous and Mesoporous Materials, 2003.
4. Flanigen E.M. Seolites and molecular sieves: an historical perspective. — Studies in Surface Science and Catalysis, 2001.
5. Querol X. et al. Synthesis of seolites from coal fly ash. — International Journal of Coal Geology, 2002.
6. Davis M.E., Lobo R.F. Seolite and molecular sieve synthesis. — Chemistry of Materials, 1992.
7. Goldstein J. et al. Scanning Electron Microscopy and X-ray Microanalysis. — Springer, 2003.
8. Reimer L. Scanning Electron Microscopy: Physics of Image Formation. — Springer, 1998.
9. Ruthven D.M. Principles of Adsorption and Adsorption Processes. — Wiley, 1984.
10. Barrer R.M. Hydrothermal Chemistry of Seolites. — Academic Press, 1982.
11. Jacobs P.A., Martens J.A. Synthesis of high-silica seolites. — Studies in Surface Science, 1987.
12. Mintova S., Olson N.H. Crystal growth in seolites. — Microporous Materials, 1995.


ISSN 3030-3907