

**UMUMIY VA NOORGANIK KIMYO INSTITUTI  
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI  
DSc.02/05.05.2023.K/T.35.02 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

---

**IQTISODIYOT VA PEDAGOGIKA UNIVERSITETI NTM**

**ABDULLAYEV BAHODIR URAL O'G'LI**

**OROL DENGIZINING SHO'R SUVIDAN LITIY BIRIKMALARINI OLISH  
TEXNOLOGIYASINI ISHLAB CHIQISH**

**02.00.13-Noorganik moddalar va ular asosidagi materiallar texnologiyasi**

**TEXNIKA FANLARI FALSAFA DOKTORI (PhD)  
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

**Toshkent – 2024**

**Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferati mundarijasi**  
**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)**  
**Contents of dissertation abstract of doctor philosophy (PhD)**

**Abdullayev Bahodir Ural o‘g‘li**

Orol dengizining sho‘r suvidan litiy birikmalarini olish  
texnologiyasini ishlab chiqish.....3

**Абдуллаев Баходир Урал угли**

Разработка технологии получения соединений лития из  
солёных вод Аральского моря.....21

**Abdullayev Bakhodir Ural ugli**

Development of technology for producing lithium compounds  
from the salty waters of the Aral Sea .....39

**E‘lon qilingan ishlar ro‘yxati**

**Список опубликованных работ**

**List of published works.....42**

**UMUMIY VA NOORGANIK KIMYO INSTITUTI  
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI  
DSc.02/05.05.2023.K/T.35.02 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

---

**IQTISODIYOT VA PEDAGOGIKA UNIVERSITETI NTM**

**ABDULLAYEV BAHODIR URAL O'G'LI**

**OROL DENGIZINING SHO'R SUVIDAN LITIY BIRIKMALARINI OLISH  
TEXNOLOGIYASINI ISHLAB CHIQISH**

**02.00.13-Noorganik moddalar va ular asosidagi materiallar texnologiyasi**

**TEXNIKA FANLARI FALSAFA DOKTORI (PhD)  
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

**Toshkent – 2024**

**Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2024.2.PhD/T4580 raqam bilan ro'yxatga olingan.**

Dissertatsiya Iqtisodiyot va pedagogika universitetida nodavlat ta'lim muassasasida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengash veb-sahifasida ([www.tersu.uz](http://www.tersu.uz)) va «Ziyonet» axborot ta'lim portalida ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)) joylashtirilgan.

**Ilmiy rahbar:**

**Samadiy Murodjon Abdusalimzoda**  
texnika fanlari doktori, dotsent

**Rasmiy opponentlar:**

**Namazov Shafolat Sattarovich**  
texnika fanlari doktori, professor, akademik

**To'rayev Zokirjon**  
texnika fanlari doktori, dotsent

**Yetakchi tashkilot:**

**Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti**

Dissertatsiya ishi himoyasi O'zR FA Umumiy va noorganik kimyo instituti huzuridagi DSc.02/05.05.2023.K/T.35.02 raqamli Ilmiy kengashning «21» noyabr 2024 yil soat 14<sup>00</sup> dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 100170, Toshkent shahri, Mirzo Ulug'bek ko'chasi, 77-a. Tel.: (+99871) 262-56-60; faks: (+99871) 262-79-90, e-mail: [ionx@academy.uz](mailto:ionx@academy.uz)).

Dissertatsiya ishi bilan Umumiy va noorganik kimyo institutining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin. Manzil: 100170, Toshkent shahri, Mirzo Ulug'bek ko'chasi, 77-a. Tel.: (99871) 262-56-60; faks: (+99871) 262-79-90).

Dissertatsiya avtoreferati 2024 yil «7» noyabr kuni tarqatildi.  
(2024 yil «7» noyabr № 31 - raqamli reestr bayonnomasi).



**Usanbayev N.X.**

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash raisi, t.f.d., professor

**Shukurov J.S.**

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash kotibi, t.f.d., katta ilmiy xodim

**Namazov Sh.S.**

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash qoshidagi ilmiy seminar raisi, t.f.d., prof., akademik

## **KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)**

**Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati.** Dunyoda chiqindisiz texnologiyalarni va nanotexnologiyalarni rivojlantirishga, mavjud ishlab chiqarish sanoatini takomillashtirishga va “yashil energiya”ga o‘tish jarayonida samarali va arzon usullardan foydalanib litiy birikmalarini ishlab chiqarishga bo‘lgan talab ortib bormoqda. Litiy va uning birikmalari shisha va keramika sanoatida, moylash materiallari, akkumulyatorlar, sovutgichlar, kimyoviy reagentlar ishlab chiqarishda va boshqa sohalarda keng qo‘llaniladi. Litiy, XXI asrda xavfsiz yashil energetika o‘yinining asosi hisoblanib, xossalari bo‘yicha yuqori darajada energiya saqlash qobiliyatiga ega va kelajakda uglevodorodli yoqilg‘i resurslarini o‘rnini egallashi bilan muhim hisoblanadi. Shu munosabat bilan mahalliy xomashyo manbalaridan litiy karbonat olish texnologiyalarini ishlab chiqish, katta ahamiyat kasb etadi.

Jahonda yetakchi ilmiy markazlar tomonidan tarkibida litiy saqlovchi suyuq va qattiq manbalarni qayta ishlash, xomashyo tarkibini boshqa aralashmalardan tozalash, litiy karbonat olishning energiya va resurs tejamkor usullarini ishlab chiqishga qaratilgan keng ko‘lamli ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Bu borada, yuqori energiya saqlash sig‘imiga ega litiy birikmalari olishga; turli xil kimyoviy tarkibli suyuq manbalarda, litiy va qo‘shimcha elementlarning fizik-kimyoviy xossalarni aniqlashga; xomashyoni qo‘shimchalardan tozalash jarayonini boshqarishga; tozalash jarayonining pH muhit, harorat va reagentlar nisbatiga bog‘liqligini asoslashga; aniqlangan ilmiy qonuniyatlar asosida, tarkibida litiy saqlovchi suyuq manbalardan litiy birikmalarini olishning texnologik rejimlarini aniqlash va takomillashtirishga alohida e‘tibor qaratilmoqda.

Respublikamizda mahalliy xomashyolar va resurslar asosida litiy va uning birikmalarini ishlab chiqarish va kimyo sanoatini rivojlantirish bo‘yicha keng ko‘lamli chora-tadbirlar amalga oshirilib, muayyan ilmiy va amaliy natijalarga erishilmoqda. Jumladan, litiy karbonati, litiy oksidi va litiy gidroksidlarini alohida ta’kidlash mumkin. 2022-2026-yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonni Taraqqiyot strategiyasining uchinchi yo‘nalishida “...milliy iqtisodiyot barqarorligini ta’minlashga qaratilgan sanoat siyosatini amalga oshirishni davom ettirish, yalpi ishlab chiqarishda sanoatning ulushini oshirish hamda ichki mahsulot ishlab chiqarish va sanoat ishlab chiqarish hajmini 1,4 barobar oshirish...”<sup>1</sup> kabi muhim vazifalar belgilab berilgan. Bu borada, Orol dengizining sho‘r suvidan litiy karbonat olish uchun maqbul usullarini joriy qilish, hamda litiy karbonat olishning oqilona, tejamkor texnologiyasini ishlab chiqish muhim ahamiyat kasb etadi.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi PF-60-sonli “Yangi O‘zbekistonni 2022-2026 yillarda rivojlantirish strategiyasi to‘g‘risida”gi Farmoni hamda 2019-yil 3-apreldagi PQ-4265 sonli “Kimyo sanoatini yanada isloh qilish va investitsiya jozibadorligini oshirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi, 2020 yil 28 dekabrda PQ-4937 sonli “O‘zbekiston Respublikasining 2021-2023 yillarga mo‘ljallangan investitsiya dasturini amalga oshirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi va

---

<sup>1</sup> O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60 son «2022-2026 yillarda Yangi O‘zbekistonni taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida”gi Farmoni

2021-yil 13 fevraldagi PQ-4992 sonli “Kimyo sanoati korxonalarini yanada isloh qilish va moliyaviy sog‘lomlashtirish, yuqori qo‘shimcha qiymatga ega kimyo mahsulotlari ishlab chiqarishni rivojlantirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi Qarorlari, shuningdek mazkur faoliyatga tegishli meyoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni bajarishga ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

**Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlantirishi ustuvor yo‘nalishlariga mosligi.** Mazkur tadqiqot respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining VII. “Kimyoviy texnologiyalar va nanotexnologiyalar” ustuvor yo‘nalishiga muvofiq holda bajarilgan.

**Muammoni o‘rganganlik darajasi.** Ilmiy-texnik adabiyotlarda suyuq xomashyo manbalarini boyitish, qayta ishlash va ulardan litiy karbonat olish texnologiyasida, harorat va pH muhitning ta‘siri, reagentlar, suyuq va qattiq fazalar nisbati hamda boshqa aralashmalardan tozalashga qaratilgan ilmiy tadqiqotlar keng yoritilgan. Bu borada ilmiy izlanishlar Tianlong Deng, Basudev Swain, Kaiyu Zhao, Yafei Guo, Justin Wilson, W-H. Hu, Z-W. Zhao, Bogale Tadesse, Namil Um, Tetsuji Hirato, Zeqing Dong, Taegong Ryu, Junho Shin, Seyed Majid Ghoreishian, Kang-Sup Chung, Yun Suk Huh, Ernesto Julio Calvo, Biplob Kumar Pramanik, Liu-Ying Yu, Ke-Jun Wu, Radhouane Ben-Hamadou, Maria Sofia Palagonia, Yao Miao, Majid Bazrgar Bajestani, Hira Anwar, P. Chen, Z. Liu, B. Joshi, E. Prasetyo, M. Faheem va boshqa yetakchi olimlarning ilmiy maktablari tomonidan olib borilgan.

Respublikada mahalliy xomashyo resurslari, jumladan tarkibida litiy saqllovchi Orol dengizining sho‘r suvini qayta ishlash asosida litiy karbonat hamda ammoniy va natriy sulfatlari, olish texnologiyalarini ishlab chiqishga oid ilmiy-tadqiqot ishlari bo‘yicha bir qator tadqiqotlar M.A. Samadiy, Sh.S. Namazov, B.S. Zakirov I.I. Usmanov, A.U. Erkayev, B.X. Ko‘charovlarning ishlarida o‘z aksini topgan.

Ammo, muayyan natijalarga erishilgan bo‘lsada, mavjud suyuq xomashyo manbalaridan, jumladan Orol dengizi sho‘r suvini kompleks qayta ishlash va sedimentatsiya usulida litiy karbonat hamda kompleks o‘g‘it ishlab chiqarish texnologiyalari to‘g‘risida ishonchli va ilmiy asoslangan ma‘lumotlar mavjud emas.

**Dissertatsiya mavzusini dissertatsiya bajarilgan oliy ta‘lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari bilan bog‘liqligi.**

Dissertatsiya tadqiqodlari Toshkent kimyo-texnologiya instituti Yangiyer filalining ilmiy-tadqiqot ishlari rejasiga muvofiq AL-59-21122092 “Orol dengizi sho‘r ko‘lining suyuq litiy resurslaridan shpinel ionli elak yordamida litiy ekologik toza va samarali olish texnologiyasi asoslari” (2023-2024 yy.) mavzusidagi O‘zbekiston-Xitoy qo‘shma amaliy loyihasi doirasida bajarilgan.

**Tadqiqotning maqsadi** Orol dengizi sho‘r suvidan sedimentatsiya usulida litiy birikmalarini olish texnologiyasini ishlab chiqishdan iborat.

**Tadqiqotning vazifalari:**

Orol dengizi sho‘r suvidan sedimentatsiya usulida litiy birikmalarini ajratib olish imkoniyatlarini aniqlash;

$\text{Na}_2\text{CO}_3\text{-LiCl-H}_2\text{O}$  sistemasi komponentlarining o‘zaro ta‘sirini nazariy va eksperimental tahlil qilish;

Orol dengizining sho‘r suvini bug‘latish natijasida, uning kimyoviy tarkibi va

fizik-kimyoviy xususiyatlarini o'zgarish darajalarini aniqlash;

Orol dengizi sho'r suvining tarkibini, magniy, kaliy, sulfat ionlaridan tozalash jarayonining optimal texnologik parametrlarini aniqlash;

Orol dengizi sho'r suvidan litiy karbonat olish jarayonida hosil bo'luvchi karbonatli suspenziyaning fizik-kimyoviy xossalari aniqlash;

qo'shimcha aralashmalardan tozalangan va litiy xloridga to'yingan Orol dengizining suvi tarkibidagi litiy xloridni natriy karbonat bilan konversiyalab litiy karbonat cho'ktirishning optimal sharoitlarni aniqlash;

Orol dengizi suvidan sedimentatsiya usulda litiy karbonat olishning texnologik sxemasini ishlab chiqish va optimal sharoitlarini aprobatsiyadan o'tkazish;

litiy karbonat ishlab chiqarish texnologiyasining dastlabki texnik-iqtisodiy hisob-kitoblarini amalga oshirish.

**Tadqiqotning obyekti** sifatida Orol dengizining sho'r suvi, natriy gidrofosfat, kalsiy xlorid, natriy karbonat, natriy gidroksid, natriy xlorat, natriy xlorid, kaliy sulfat va magniy-kaliy-fosfat birikmalari olingan.

**Tadqiqotning predmeti** tarkibida litiy saqlovchi Orol dengizi sho'r suvini natriy gidrofosfat, kalsiy xlorid, natriy gidroksid asosida qo'shimcha aralashmalardan tozalash, natriy karbonat yordamida sedimentatsiya usulida litiy karbonat va tarkibida Mg, K, Ca,  $SO_4^{2-}$ ,  $PO_4^{3-}$  bo'lgan kompleks o'g'it olishning texnologik sxemasini ishlab chiqishdan iborat.

**Tadqiqotning usullari.** Dissertatsiya ishida kimyoviy, fizik-kimyoviy, rentgenografik, IQ-spektroskopik, induktiv plazmali mass-spektrometriya (IPS), atom-absorbtsion spektroskopiya va skanerli elektron mikroskopiya (SEM) tahlil usullaridan foydalanilgan.

**Tadqiqotining ilmiy yangiligi** quyidagilardan iborat:

ilk bor Orol dengizi sho'r suvidan sedimentatsiya usulida, 99,50% tozalikdagi litiy karbonat olish imkoniyatlari isbotlangan;

Orol dengizi sho'r suvini natriy gidrofosfat, kalsiy xlorid va natriy gidroksid asosida magniy, kalsiy, kaliy va sulfat ionlaridan tozalash jarayoni ilmiy jihatdan asoslangan;

$Na_2CO_3$ -LiCl- $H_2O$  sistemasi keng harorat va konsentratsiya oralig'ida eruvchanlik diagrammasi qurilgan, hamda diagrammada dastlabki moddalarning va litiy karbonatning kristallanish maydonlari chegaralari aniqlangan;

Orol dengizi sho'r suvini 70% gacha bug'latish natijasida, litiy xlorid konsentratsiyasini 0,063% dan 0,20% gacha oshirish mumkinligi isbotlangan;

Orol dengizi sho'r suvidan sedimentatsiya usulida litiy karbonat va tarkibida Mg, K, Ca,  $SO_4^{2-}$ ,  $PO_4^{3-}$  saqlovchi kompleks o'g'it olish texnologiyasining optimal texnologik rejimlari aniqlangan;

qo'shimchalardan tozalangan Orol dengizi suvi va natriy karbonat asosida sedimentatsiya usulida, litiy karbonat olish texnologiyasi ishlab chiqilgan.

**Tadqiqotning amaliy natijalari** quyidagilardan iborat:

Orol dengizi sho'r suvini, natriy gidrofosfat, kalsiy xlorid, natriy gidroksid va natriy karbonat asosida, litiy karbonat va kompleks o'g'it olishning moddiy balansi va texnologik sxemasi ishlab chiqilgan;

Orol dengizi sho‘r suvining, kimyoviy tarkibidagi qo‘shimcha aralashmalarni va uning xususiyatlarini hisobga olgan holda, litiy karbonat va kompleks o‘g‘itga qayta ishlash texnologiyasining optimal texnologik parametrlari aniqlangan hamda ishlab chiqilgan texnologiya asosida litiy karbonat va kompleks o‘g‘it olingan;

taklif etilgan texnologiya asosida olingan litiy karbonat namunalari, “Navoiy kon-metallurgiya kombinati” AJ ishlab chiqarish sharoitida tajriba sinovidan o‘tkazish yo‘li bilan aprobeatsiya qilingan.

**Tadqiqot natijasining ishonchliligi** zamonaviy fizik-kimyoviy tahlil va litiy karbonat olish texnologiyasining an’anaviy tadqiqot usullari natijalari, hamda taklif etilgan yangi texnologiya asosida olingan litiy karbonat namunalari ishlab chiqarish sharoitida tajriba sinovlari bilan tasdiqlangan.

#### **Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.**

Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati Orol dengizi sho‘r suvini natriy gidrofosfat, kalsiy xlorid, natriy karbonat va natriy gidroksidi bilan qayta ishlash natijasida Mg, K, Ca,  $SO_4^{2-}$ ,  $PO_4^{3-}$  tarkibli kompleks o‘g‘it olingan va qo‘shimchalardan tozalangan Orol suvining natriy karbonati bilan reaksiya sharoitlari aniqlangan, hamda sedimentatsiya usulida litiy karbonat olish texnologiyasining ilmiy asoslari yaratilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati shundaki, ilk bor Orol dengizining sho‘r suvini magniy, kaliy va sulfat ionlaridan tozalash davomida tarkibida, Mg, K, Ca,  $SO_4^{2-}$ ,  $PO_4^{3-}$  saqlovchi kompleks o‘g‘it olish, so‘ngra yuqori tozalikdagi litiy karbonat olishning energiya va resurstejamkor texnologiyasi ishlab chiqilgan va maqbullashtirilgan, shuningdek ushbu texnologik o‘zgarish xomashyo bazasini kengaytirishga, chiqindisiz texnologiyani tadbiq qilishga, TSh. 95.1951-89 talablariga mos kelgan talab darajasidagi litiy karbonat olishga va hududning ekologik holatini yaxshilashga xizmat qiladi.

**Tadqiqot natijalarining amaliyotga tadbiqi.** Orol dengizi sho‘r suvidan sedimentatsiya usulida litiy karbonat olish texnologiyasini ishlab chiqish bo‘yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

Orol dengizi sho‘r suvini, natriy gidrofosfat, kalsiy xlorid va natriy gidroksidlari asosida, magniy, kaliy va sulfat ionlaridan tozalab, litiy karbonat olish texnologiyasi “Navoiy kon-metallurgiya kombinati” AJning “2026-2030 yillarda amaliyotga joriy etish bo‘yicha istiqbolli ishlanmalar ro‘yxati”ga kiritilgan (“Navoiy kon-metallurgiya kombinati” AJning 2024-yil 6 sentyabrdagi 23/01-01-07/522-sonli ma’lumotnomasi). Natijada, Orol dengizi sho‘r suvini magniy, kaliy va sulfat ionlaridan tozalab, litiy xloridga to‘yingan eritma olish imkonini bergan;

qo‘shimcha aralashmalardan tozalangan Orol dengizi suvi, natriy karbonati va natriy gidroksidi asosida litiy karbonatini olish texnologiyasi Navoiy kon-metallurgiya kombinati AJ ning “2026-2030 yillarda amaliyotga joriy etish bo‘yicha istiqbolli ishlanmalar ro‘yxati” ga kiritilgan (“Navoiy kon-metallurgiya kombinati” AJ ning 2024-yil 6 sentyabrdagi 23/01-01-07/522-sonli ma’lumotnomasi). Natijada, Orol dengizi suvidan amaldagi standart talablariga to‘liq javob beruvchi litiy karbonatini sintez qilish imkoniyatini bergan.

**Tadqiqot natijalarini aprobativasi.** Mazkur tadqiqot natijalari 4 ta xalqaro va 6 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida ma'ruza qilingan va muhokamadan o'tkazilgan.

**Tadqiqot natijalarini nashr etilishi.** Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 19 ta ilmiy ish nashr etilgan, jumladan O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining doktorlik dissertatsiyalarining asosiy ilmiy natijalarini chop etish uchun tavsiya etilgan mahalliy jurnallarda 2 ta, xorijiy jurnallarda 7 ta maqola chop etilgan.

**Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi.** Dissertatsiya tarkibi kirish, to'rtta bob, xulosa, foydalanilgan 167 nomli adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan tashkil topgan. Dissertatsiyaning hajmi 105 betni tashkil etib, 35 ta rasm va 15 ta jadvallardan iborat.

## DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

**Kirish** qismida o'tkazilgan tadqiqotlarning dolzarbligi va zarurati asoslangan, tadqiqotning maqsadi va vazifalari, obyekt va predmetlari tavsiflangan, respublika fan va texnologiyalari, O'zbekiston Respublikasi rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi ko'rsatilgan, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon qilingan, olingan natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, tadqiqot natijalarini amaliyotga joriy qilish, nashr etilgan ishlar va dissertatsiya tuzilishi bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning **“Litiy birikmalari olishning zamonaviy holati”** deb nomlangan birinchi bobida mavzu bo'yicha xorijiy va mahalliy adabiyotlarning ilmiy tadqiqot natijalarining tahlili batafsil bayon etilgan. Olingan ma'lumotlar umumlashtirilgan va ilmiy tahlil qilingan. Litiy karbonat olish texnologiyasi, hamda uning qo'llanilish sohalari, bozor talabi, litiy karbonat ishlab chiqarishning zamonaviy usullari va ishlab chiqarish ko'lami haqidagi ma'lumotlar muhokama qilingan, tadqiqot materiallari va usullari tanqidiy ko'rib chiqilgan. Litiy karbonat ishlab chiqarish uchun suyuq xomashyo manbalarini boshqa aralashmalardan tozalashga oid tadqiqot ishlari batafsil yoritilgan. Natijada, nashr etilgan ishlarni chuqur tahlil qilish asosida ushbu dissertatsiya ishining maqsad va vazifalari shakllantirilgan.

Dissertatsiyaning **“Birlamchi, oraliq va yakuniy mahsulotlarning tavsiflari”** deb nomlangan ikkinchi bobida tadqiqot obyektlari tasnifi, tajriba o'tkazish usullari, hamda tadqiqotning kimyoviy va fizik-kimyoviy tahlil usullari yoritilgan. Tajribalar o'tkazish uchun 1-jadvalda keltirilgan kimyoviy tarkibga ega bo'lgan Orol dengizining sho'r suvi, natriy gidrofosfat, kalsiy xlorid, natriy gidroksid hamda natriy karbonat qo'llanilgan.

### 1-Jadval

#### Orol dengizi sho'r suvining kimyoviy tarkibi

Na'muna	UET g/l	pH	Ionlar tarkibi / (g/l)							
			Li <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
Orol dengizining sho'r suvi	130,9	8,0	0,11	54,92	3,67	0,80	10,25	0,03	70,90	22,11
	UET g/l	pH	Tuzlar tarkibi / (g/l)							
	130,9	8,0	LiCl	NaCl	KCl	CaCl <sub>2</sub>	MgCl <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		
			0,66	126,20	7,01	2,22	40,57	32,70		

1-jadvalda Orol dengizi sho‘r suvining rengenofluorissent tahlil natijalari keltirilgan.

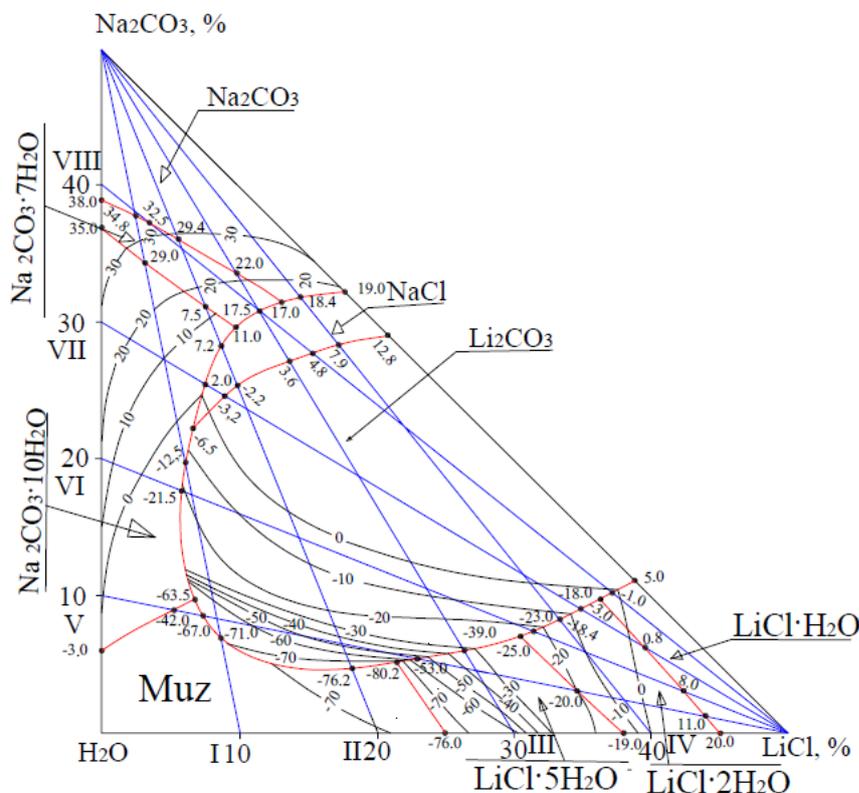
Orol dengizi sho‘r suvining zichligi 20-80 °C harorat oralig‘ida 1,115 g/sm<sup>3</sup> dan 1,083 g/sm<sup>3</sup> gacha kamayish xususiyatini nomoyon qilib, qovushqoqligi ham 1,633 mPa·s dan 0,507 mPa·s gacha kamayib boradi.

Orol dengizining sho‘r suvi, litiyga boy suv hisoblanib, litiy xlorid zaxirasiga ega bo‘lganligi sababli, katta strategik ahamiyat kasb etadi.

Dissertatsiyaning **“Orol dengizi suvidan litiy birikmalarini olish jarayonlarini tadqiq etish”** deb nomlangan uchinchi bobida, Orol dengizi sho‘r suvining tarkibida mavjud tuzlarning uch komponentli sistemalarda ta’sirlashuviga va magniy, kaliy, sulfat ionlaridan tozalashga oid tadqiqotlar olib borilgan. Ishning ushbu qismida Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> – LiCl – H<sub>2</sub>O eruvchanlik sistemasi keng harorat va konsentratsiya oralig‘ida o‘rganildi va politermik eruvchanlik diagrammasi qurildi. O‘rganilgan eruvchanlik sistemasida dastlabki komponentlarning va yangi fazalarning hosil bo‘lishi kuzatildi.

Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> – LiCl – H<sub>2</sub>O sistemasining eruvchanligi kuzatuv politermik usulda -80,2 dan 38,0°C harorat oralig‘ida o‘rganildi 1-rasm.

Sakkizta ichki kesimlar va dastlabki moddalarning binar sistemalari yordamida natriy karbonat – litiy xlorid – suv uchlik politermik diagrammasi qurildi. Ulardan I-IV ichki kesmalar LiCl – H<sub>2</sub>O tomonidan yuqori Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> uchiga, V-VIII ichki kesmalar Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> – H<sub>2</sub>O tomonidan LiCl uchiga o‘tkazilib tadqiq qilindi. Ushbu diagrammada eruvchanlik izotermalari -70, -60, -50, -40, -30, -20, -10, 0, 10, 20 va 30°C harorat oralig‘ida o‘tkazilgan.



**1-Rasm. Natriy karbonat – litiy xlorid – suv politermik eruvchanlik diagrammasi**

$\text{Na}_2\text{CO}_3 - \text{LiCl} - \text{H}_2\text{O}$  sistemasining fazoviy diagrammasida muzning,  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{LiCl} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{LiCl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{LiCl} \cdot \text{H}_2\text{O}$  hamda yangi kimyoviy birikma  $\text{NaCl}$  va  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  ning kristallanish maydonlari chegaralandi. Diagrammada barcha fazalar yettita uchlamchi nuqtada birlashadi, bu yerda muvozanat eritmalarining tarkibi va kristallanishiga mos keladigan haroratlar aniqlandi. Litiy karbonatning kristallanish maydoni politermik diagrammaning katta qismini egallaydi, bu esa litiy karbonatning eruvchanligini past darajasini ko'rsatadi va cho'kmaga tushgan  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  ni ajratib olish imkonini beradi.

Tarkibida litiy saqlovchi suyuq xomashyolarning, litiyga bo'lgan konsentratsiyasini oshirishda quyosh energiyasidan foydalanish samaralidir, xususan bu jarayonni o'rganish uchun Orol dengizi sho'r suvining bug'lanish darajasi, laboratoriya sharoitida o'rganildi.

Tadqiqot uchun quyidagi tarkibga ega bo'lgan:  $\text{LiCl} - 0,063\%$ ;  $\text{NaCl} - 10,27\%$ ;  $\text{KCl} - 0,61\%$ ;  $\text{CaCl}_2 - 0,19\%$ ;  $\text{MgCl}_2 - 3,49\%$ ;  $\text{Na}_2\text{SO}_4 - 3,69\%$ ; UET - 130,9; pH - 8,0 Orol dengizining sho'r suvidan foydalanildi. Jarayon davomiyligining bug'lanish darajasiga ta'siri o'rganilib, 700,5 ml suv bug'lanishi bilan litiy xlorid konsentratsiyasi 0,063% dan 0,200% gacha oshgani aniqlandi. Shu bilan birga, sarg'ish tusli oq tuz cho'kmaga tushishi kuzatildi va eritmaning zichligi  $1,162 \text{ g/sm}^3$  dan  $1,351 \text{ g/sm}^3$  gacha ortdi.

Quyidagi 2-jadvalda, Orol dengizi sho'r suvini bug'latishning undagi tuzlar tarkibiga ta'siri, zichligining o'zgarishi va natriy xloridning cho'kish darajasi keltirilgan.

## 2-Jadval

### Bug'lanish jarayonida Orol dengizi suvi tarkibining o'zgarishi

Suvning bug'lanish darajasi, %	Suyuq faza tarkibi, mas. %						Zichlik $\text{g/sm}^3$	NaCl ning cho'kish darajasi %
	LiCl	NaCl	KCl	CaCl <sub>2</sub>	MgCl <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		
0	0,063	10,27	0,61	0,19	3,49	3,69	1,162	-
10	0,065	11,41	0,67	0,21	3,87	4,10	1,170	-
15	0,070	12,08	0,71	0,23	4,10	4,34	1,177	-
20	0,075	12,83	0,76	0,24	4,36	4,61	1,198	-
25	0,080	13,69	0,81	0,25	4,65	4,92	1,201	-
30	0,085	14,67	0,87	0,27	4,98	5,27	1,218	-
35	0,092	14,48	0,93	0,29	5,37	5,67	1,232	1,51
40	0,100	14,31	1,01	0,32	5,82	6,15	1,259	3,22
45	0,109	14,15	1,10	0,34	6,34	6,70	1,267	5,03
50	0,120	14,01	1,22	0,38	7,01	7,38	1,269	7,54
55	0,133	13,89	1,35	0,43	7,76	8,20	1,287	10,32
60	0,150	13,79	1,52	0,47	8,72	9,22	1,305	13,76
65	0,171	13,70	1,74	0,54	9,97	10,54	1,325	18,14
70	0,200	13,63	2,03	0,63	11,63	12,30	1,351	23,93

Suvning bug'lanish darajasi ortib borishi, bug'latilgan Orol dengizining sho'r suvida, kaliy, kalsiy, magniy va natriy xloridlari miqdorining ortishiga sabab bo'ladi. Kaliy xlorid miqdori 0,61% dan 2,03% gacha, kalsiy xlorid 0,19% dan 0,63% gacha, magniy xlorid 3,49% dan 11,63% gacha, natriy sulfat 3,69% dan 12,30% gacha

oshadi, natriy xlorid miqdori esa 30% suvning bug‘lanish darajasiga erishilganda 10,27% dan 14,67% gacha oshadi.

30% suv bug‘latilganda, eritmaning natriy xloridga to‘yinish darajasi eng yuqori ko‘rsatgichga yetadi va to‘yingan eritmaning bug‘lanishi bilan natriy xlorid cho‘kmaga tusha boshlaydi. Bug‘lanish darajasi 70% ga yetganda, 13,63% natriy xlorid bo‘lgan to‘yingan eritma hosil bo‘ladi. Olingan ma‘lumotlar shuni ko‘rsatadiki, Orol dengizi sho‘r suvini bug‘latish orqali eritmadagi litiy xlorid miqdorini 0,20% gacha oshirish mumkin. Bunda 23,93% natriy xlorid cho‘kmaga tushadi va eritma tarkibida litiy xloriddan tashqari natriy, kaliy, kalsiy, magniy xloridlari va natriy sulfat qoladi.

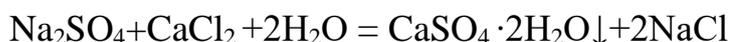
Orol dengizining sho‘r suvini aralashmalardan tozalash va toza eritmani olish uchun tadqiqotlar olib borildi. Ushbu tadqiqot natriy gidrofosfat, kalsiy xlorid va natriy gidroksid yordamida cho‘ktirish usuli bilan amalga oshirildi.

Natriy gidrofosfat, magniy va kaliy ionlarini cho‘ktirish uchun xizmat qiladi,  $\text{CaCl}_2$  esa sulfat ionini cho‘ktirish uchun qo‘llaniladi, natriy gidroksid eritmasi pH muhitni oshirish va uni nazorat qilish uchun ishlatiladi. Cho‘kmaga tushgan qattiq faza tarkibi quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:  $\text{PO}_4^{3-}$  – 10,84%;  $\text{Mg}^{2+}$  – 12,7%;  $\text{SO}_4^{2-}$  – 27,4%;  $\text{Ca}^{2+}$  – 23,6%;  $\text{K}^+$  – 2,5%.

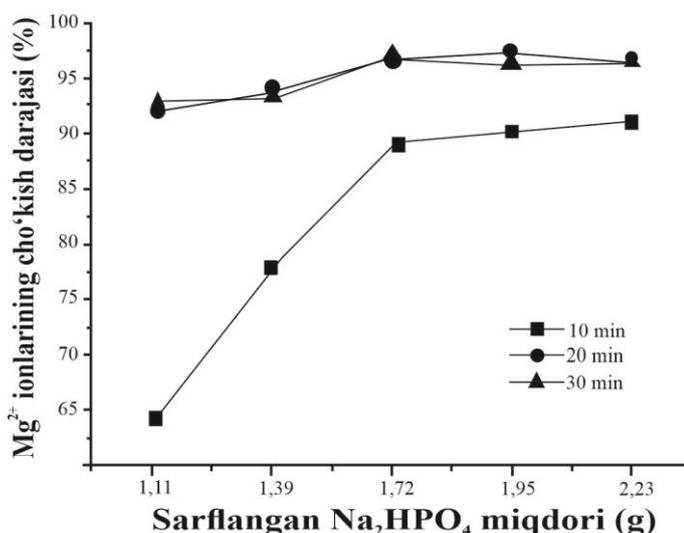
Biz natriy gidrofosfat yordamida Orol dengizining sho‘r suvi tarkibidan magniy va kaliy ionlarini cho‘ktirish usulini ishlab chiqdik va bu quyidagi reaksiya asosida amalga oshiriladi:



Sulfat ionlarini cho‘ktirish jarayoni esa ushbu reaksiyaga asosan olib boriladi:

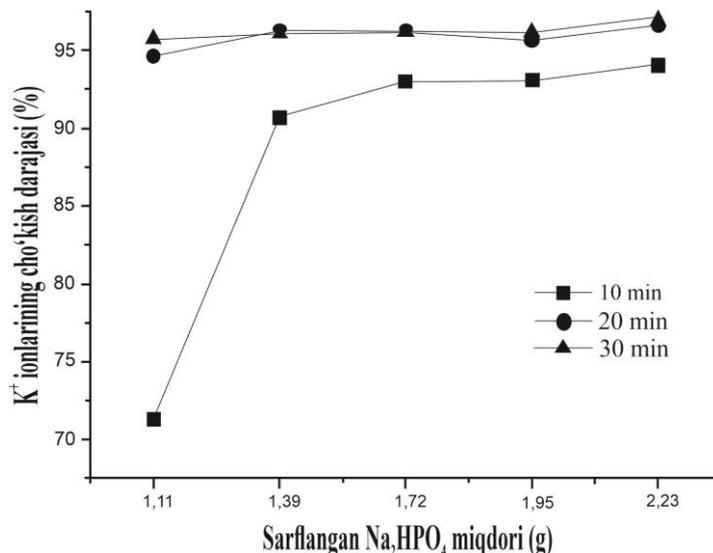


2-rasmda magniy ionlarining cho‘kish darajasiga  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  miqdorining ta‘siri ko‘rsatilgan. Natijalar shuni ko‘rsatadiki natriy gidrofosfat sarfi qanchalik ko‘p bo‘lsa magniy ionlarining cho‘kish darajasi ham ortib boradi.



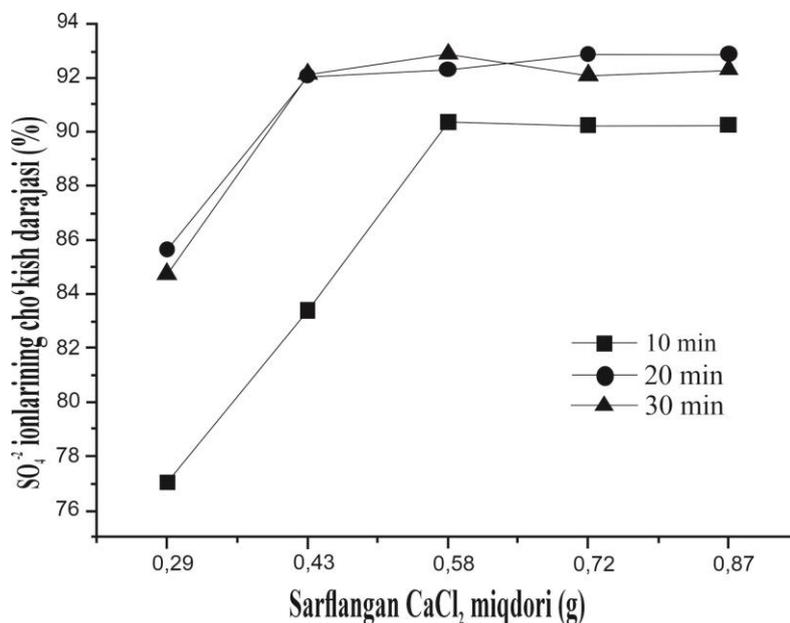
**2-Rasm. Natriy gidrofosfat miqdorining magniy ionlarini cho‘kish darajasiga ta‘siri.**

3-rasmda  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  ning  $\text{K}^+$  ionlarini cho'ktirish darajasiga ta'siri ifodalangan. Ushbu jarayonda ham sarflangan  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  miqdori va reaksiya davomiyligi ortib borishi bilan,  $\text{K}^+$  ionlarining cho'kish darajasi ham ortib boradi. Sarflangan  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  ning miqdori va reaksiya davomiyligidan kelib chiqib,  $\text{K}^+$  ionlarining cho'kish darajasi 96,3% ni tashkil etadi.



**3-Rasm. Natriy gidrofosfat miqdorining kaliy ionlarini cho'kish darajasiga ta'siri.**

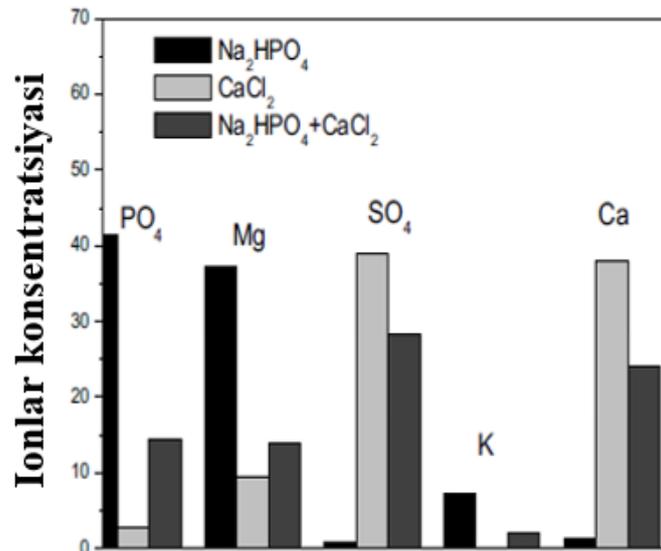
4-rasmda  $\text{CaCl}_2$  ning  $\text{SO}_4^{2-}$  ionlarini cho'ktirish darajasiga ta'siri ko'rsatilgan. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki  $\text{CaCl}_2$  ning sarfi ortishi bilan  $\text{SO}_4^{2-}$  ionlarining  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  holida cho'kmaga tushishining yuzaga kelishiga sabab bo'ladi.



**4-Rasm. Kalsiy xlorid miqdorining sulfat ionlarini cho'kish darajasiga ta'siri.**

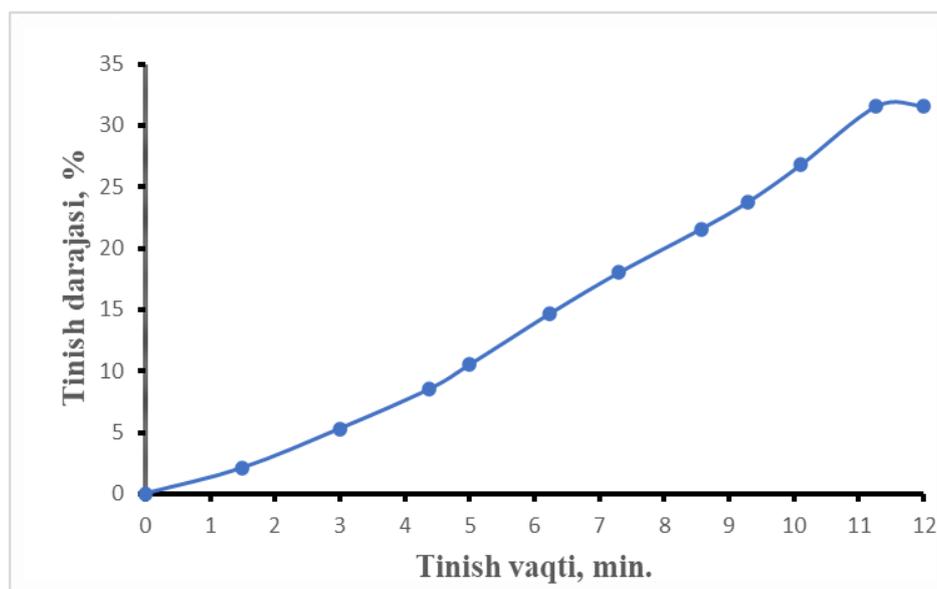
Energodispersiv rentgen spektroskopiya (ERS) tahlili ma'lumotlari asosida Orol dengizining sho'r suviga bir vaqtning o'zida kalsiy xlorid va natriy gidrofosfat bilan

ishlov berilganda cho‘kmaga tushgan qattiq faza ionlarining taqsimlanishi ko‘rsatilgan (5-rasm). Olingan natijalar shuni ko‘rsatadiki, hosil bo‘lgan cho‘kmaning tarkibi quyidagi tarkibiy qismga ega:  $\text{PO}_4^{3-}$  - 10,84%;  $\text{Mg}^{2+}$  - 12,7%;  $\text{SO}_4^{2-}$  - 27,4%;  $\text{Ca}^{2+}$  - 23,6%;  $\text{K}^+$  - 2,5%.  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  qo‘llanilmaganda cho‘kma asosan  $\text{Mg}^{2+}$  (9,3%),  $\text{SO}_4^{2-}$  (38,8%) va Ca (37,9%) ionlaridan iborat bo‘ladi. Olib borilgan tadqiqotlar natijasida aniqlandiki,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  va  $\text{SO}_4^{2-}$  ionlarini Orol dengizining sho‘r suvidan  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  va  $\text{CaCl}_2$  yordamida cho‘ktirib olish mumkin.  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  va  $\text{SO}_4^{2-}$  ionlarini Orol dengizi suvidan cho‘ktirib olish samaradorligi mos ravishda 97,1%, 96,3% va 93,4% ni tashkil etadi.



**5-Rasm. Qattiq fazada ionlarning cho‘kma holida taqsimlanish darajasi.**

Orol dengizining sho‘r suvini qo‘shimcha aralashmalardan tozalash uchun filtrlash jarayonini qiyinlashtiruvchi omillardan biri qattiq va suyuq fazalarni bir-biridan ajratish hisoblanadi. Shu sababli ularning cho‘kish va filtrlash tezligini aniqlash bo‘yicha tadqiqotlar olib borildi. Tadqiqot natijalar 6-rasmida keltirilgan.



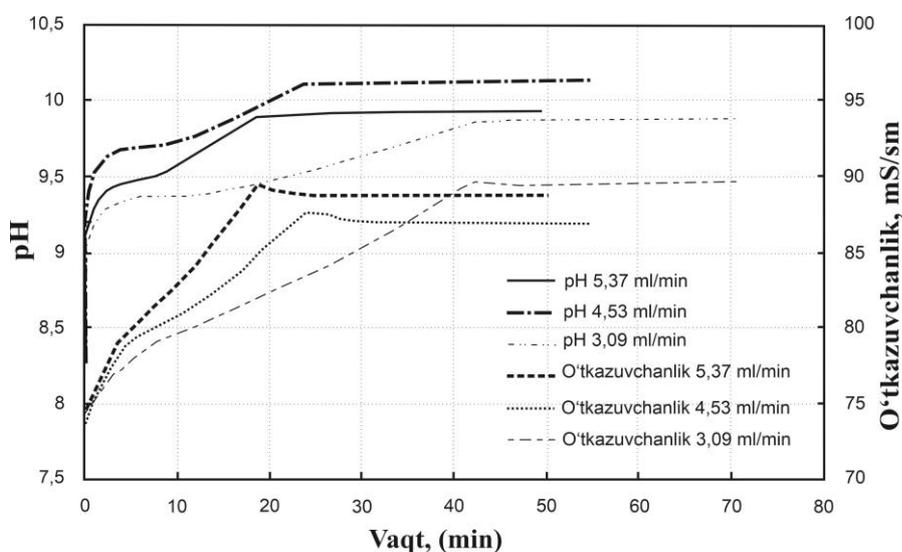
**6-Rasm. Suspenziyaning tinish vaqtiga qarab tiniqlashish darajasining o‘zgarishi.**

Tadqiqot natijasida olingan ma'lumotlar suspenziyaning yaxshi ajratilishini ko'rsatadi.

Suspenziyaning tinish tezligiga oid tadqiqotlar 12 daqiqa vaqt davomiyligida olib borildi, undan keyingi vaqtlar davomida bir xil tiniqlashish darajasi kuzatildi. Shunday qilib, Orol dengizining sho'r suvi, natriy gidrofosfat va kalsiy xloridlar o'rtasidagi reaksiya natijasida hosil bo'lgan suspenziyaning tiniqlanish darajasi 10 daqiqadan so'ng 26,78% ga yetadi va maksimal tiniqlanish darajasi 11 daqiqadan so'ng 31,60% ni tashkil etadi. Ammo, tarkibida Mg, K, Ca,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  saqlovchi murakkab o'g'it olish bosqichida suspenziyaning tiniqlashish tezligi sekin sodir bo'ladi. Tahlil natijalari shuni ko'rsatadiki, hosil bo'lgan mahsulot bir hil tarkibga ega bo'lib, boshqa aralashmalarni o'z ichiga olmaydi va juda yaxshi birikadi. Keyingi tajribalarda Mg, K, Ca,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  ni o'z ichiga olgan murakkab o'g'it suspenziyalarini ajratish uchun vakuum filtr moslamasidan foydalanildi.

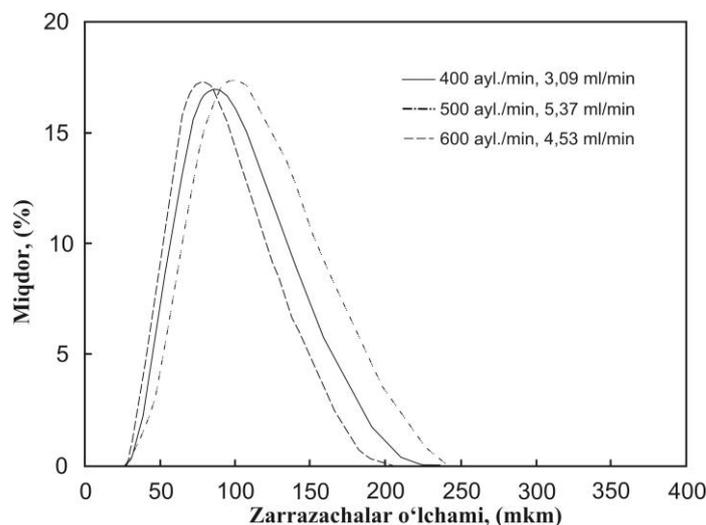
Tozalangan eritmadan litiy karbonatni cho'ktirish, yarim-davriy ishlovchi, aralashtirgichli reaktorda amalga oshiriladi. Kristal yadrolarining o'sishi, fokuslangan nurni aks ettirishni o'lchash texnikasiga asoslanib, integratsiyalangan zarrachalarni ko'rish tizimi yordamida muvaffaqiyatli amalga oshirildi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, zarrachalar hajmi aralashtirish tezligi ortishi bilan kichiklashib boradi. Shunday qilib, reaksiya maydoniga  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ning kiritilish darajasi granulometrik tarkibga sezilarli ta'sir ko'rsatmaydi. Ushbu holatda, litiy karbonatning cho'kish darajasi uchun, harorat va pH muhitning ta'siri asosiy ahamiyat kasb etadi. pH muhit va yorug'lik o'tkazuvchanlik tendensiyasining o'zgarishi 600 ayl./min. ko'rsatgichda o'rganiladi va reaksiya maydoniga natriy karbonatning kiritilishi, 3 xil tezlikda amalga oshirildi. Orol dengizining sho'r suvining dastlabki pH muhit qiymati reaksiya natijasida o'zgarib boradi. Bu esa har bir tajribaning yakuniy pH muhit ko'rsatgichining ma'lum darajada farqlanishiga sabab bo'ladi.

Ushbu holat, doimiy harorat va natriy karbonatning kiritilish darajasida turli aralashtirish tezligi uchun pH muhitning o'zgarishlarini solishtirishni qiyinlashtiradi (7-rasm).



**7-Rasm. Natriy karbonatni yetkazib berish vaqtiga qarab sho'r suvning pH qiymati va o'tkazuvchanligining o'zgarishi.**

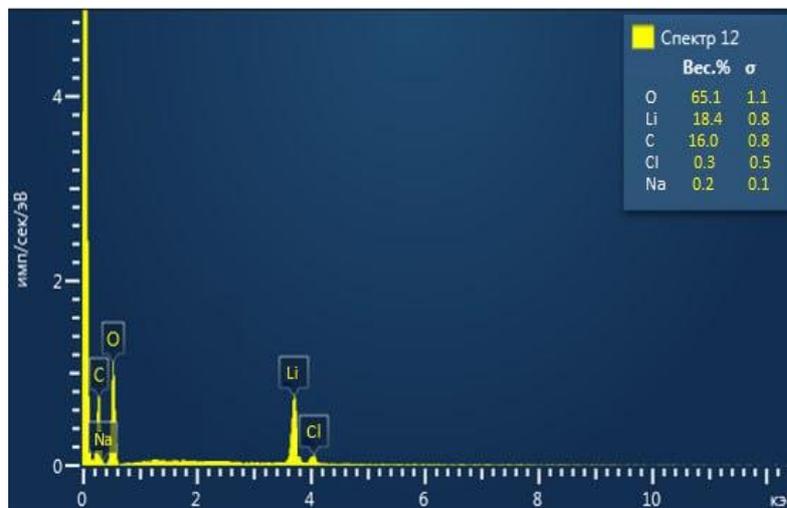
Reaksiya maydoniga  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  kiritilishining dastlabki vaqtlarida pH muhit dinamikasining keskin oshishi kuzatildi.  $\text{Li}^+$  va  $\text{CO}_3^{2-}$  o'rtasidagi reaksiya davrida pH muhitning doimiy ortishi  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ning yuqori pH darajasida ishqoriy bo'lishi bilan bog'liq. Sho'r suvning yorug'lik o'tkazuvchanligi, karbonat va litiy ionlari orasidagi reaksiya tugagunga qadar doimiy ravishda ortib boradi. Shundan so'ng, yorug'lik o'tkazuvchanlikning biroz pasayishi kuzatildi va keyinchalik reaksiya davrida o'zgarishsiz qoldi. 8-rasmda Litiy karbonat zarrachalari o'lchamlarining taqsimlanishiga oid ma'lumotlar keltirilgan.



**8-Rasm. Turli xil aralashtrish tezligi hamda  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  uzatishning har xil tezliklarida,  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  zarrachalari o'lchalarining taqsimlanishi.**

8-rasmdan ko'rinadiki 500 ayl./min tezlikda cho'kadigan zarrachalar o'lchami 600 ayl./min. tezlikda cho'kuvchi zarrachalar o'lchamidan kattaroqdir. Bir xil cho'kish natijasida olingan kristallar rentgenofluoressent analizi bilan o'rganildi. Olib borilgan tahlil natijalariga ko'ra, cho'kmaga  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  ning cho'kkanligi aniqlandi.

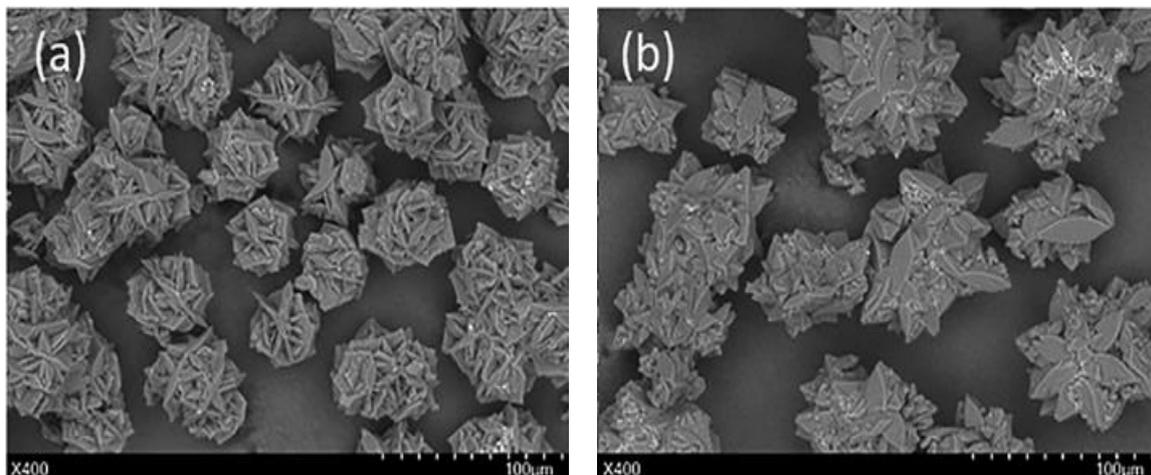
9-rasmda litiy karbonatning mikrofotogarfiyasi hamda uning elementar tarkibi ko'rsatilgan.



**9-Rasm. Litiy karbonatning elementar tahlili.**

Elementar tahlil natijalari shuni ko‘rsatadiki, litiy karbonat tarkibida 18,4% litiy, 65,15% kislorod va 16,0% uglerod mavjud bo‘lib, ular  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  birikmasi tarkibiga mos keladi.

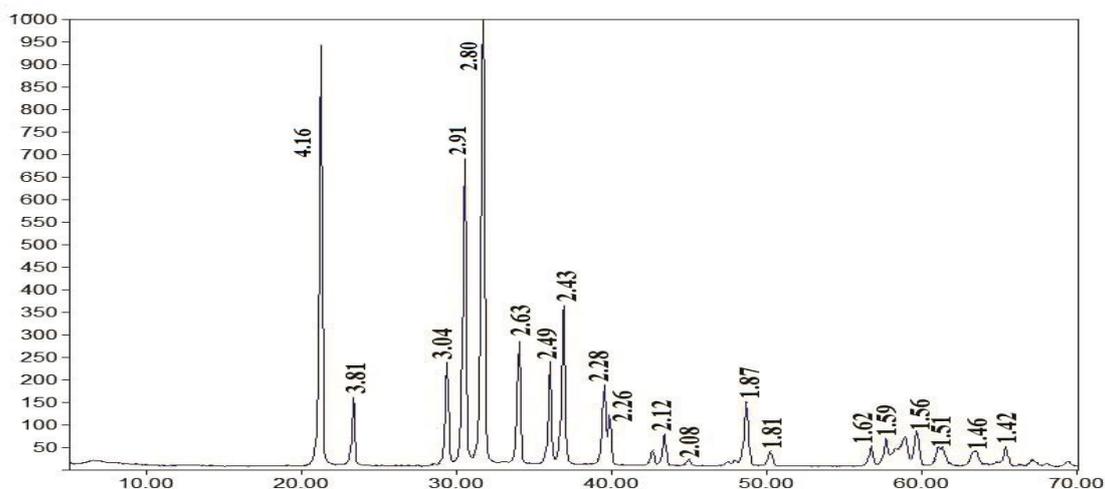
25°C va 50°C haroratda olib borilgan reaksiya natijasida, cho‘kmaga tushgan  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  kristallarining, SEM da olingan tasvirlarida ko‘rsatilganidek ular ellipsoidal hamda varoqsimon klasterlar ko‘rinishida bo‘ladi (10-rasm).



**10-Rasm. 25 °C (a) va 50°C (b) da cho‘ktirilgan  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  ning SEM qurilmasida olingan tasvirlari.**

Dissertatsiyaning «Orol dengizining sho‘r suvidan litiy karbonat olish texnologiyasini ishlab chiqish» deb nomlangan to‘rtinchi bobi Orol dengizining sho‘r suvini litiy karbonatga qayta ishlashning texnologik ko‘rsatkichlariga bag‘ishlangan.

11-rasmda litiy karbonatning rentgen nurlanish difraksiyasi keltirilgan. Litiy karbonatning rentgenogrammasida 4,16; 2,91; 2,80 Å kabi difraksion maksimumlar  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  ni ifoda qiladi.



**11-Rasm.  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  ning rentgenogrammasi.**

Olingan asosiy moddaning tarkibi haqidagi ma‘lumotlar shuni ko‘rsatadiki, hosil bo‘lgan litiy karbonat TSh. 95.1951-89 talablariga to‘liq javob beradi va 18,9% dan ortiq litiy hamda 16,1% ga yaqin karbonat angidridni o‘z ichiga oladi (4-jadval).

## Litiy karbonatning elementar tarkibi

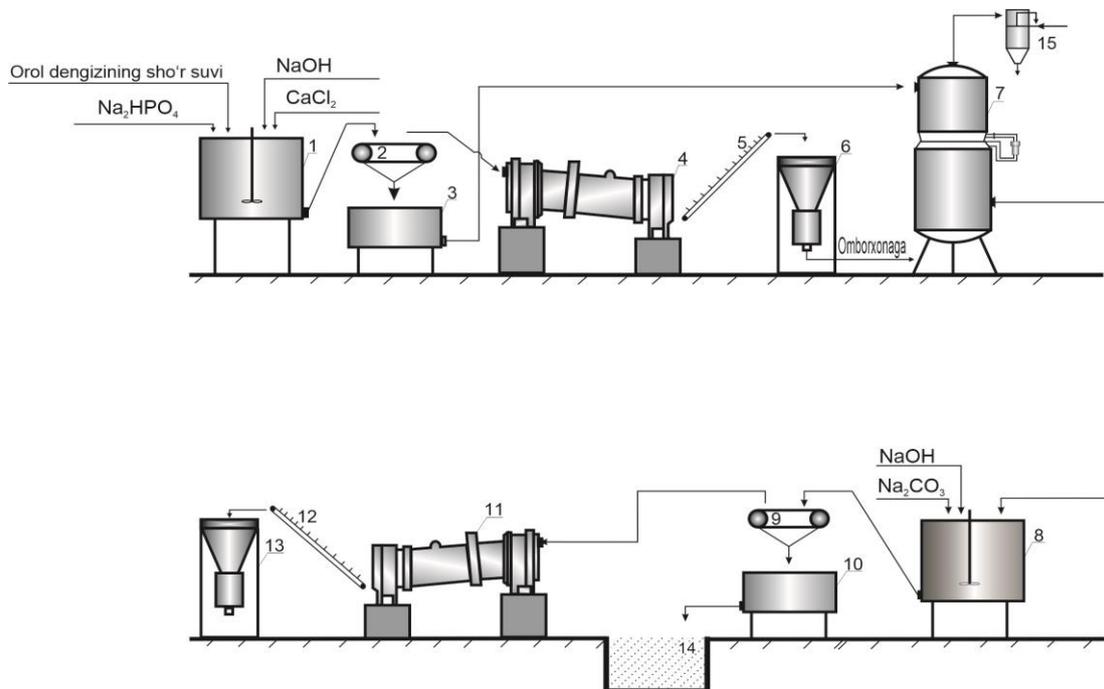
No na'm.	Li, %	Na, %	Ca, %	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , %	Cl, %	C, %	O, %	H.O., %	H <sub>2</sub> O, %
1	18,87	0,050	0,037	0,10	0,01	16,1	65,5	0,02	0,47

Laboratoriya sharoitida olingan natijalar Orol dengizining sho'r suvidan litiy karbonat olishning texnologik sxemasini ishlab chiqish, shuningdek, materiallar oqimini hisoblash va moddiy balans tuzish uchun asos bo'lib xizmat qiladi. Texnologiyaning mohiyati Orol dengizi suvidan tuzlarni cho'ktirish, qattiq fazani ajratish, litiy xloridning tozalangan eritmasini olish, suyuq fazani bug'latib, natriy karbonat yordamida litiy karbonatni cho'ktirishdan iborat.

Litiy karbonat ishlab chiqarish texnologiyasi quyidagi bosqichlardan iborat:

- Orol dengizi suvini mexanik va boshqa aralashmalardan filtrlash;
- reagentlar yordamida magniy, kaliy va sulfat ionlarini cho'ktirish;
- hosil bo'lgan suspenziyani filtrlash;
- tozalangan eritmani bug'latish;
- litiy karbonatni cho'ktirish;
- cho'ktrilgan litiy karbonatni filtrlash;
- litiy karbonatni quritib, so'ngra qadoqlash.

12-rasmda Orol dengizining sho'r suvidan litiy karbonat olishning prinsipial texnologik sxemasi keltirilgan.



**12-Rasm. Orol dengizining sho'r suvidan litiy karbonat olishning prinsipial texnologik sxemasi**

1, 8 – aralashtirgichli reaktor, 2, 9 – vakuum filtr, 3, 10 – yig'uvchi bak, 4, 11 – barabanli quritgich, 5, 12 – transporter, 6, 13 – qadoqlovchi qurilma, 7 – bug'latish qurilmasi, 14 – yig'uvchi hovuz, 15 – distillyator.

Mexanik va boshqa aralashmalardan filtrlangandan so'ng, suv natriy gidrofosfat, kalsiy xlorid va natriy gidroksid bilan ta'minlangan reaktorga (1) uzatiladi. Reaksiya natijasida hosil bo'lgan suspenziya filtrlash uchun vakuum filtrga (2) beriladi. Ajratib olingan qattiq faza barabanli quritgichda (4) quritilib, so'ngra qadoqlanadi va kompleks o'g'it sifatida omborga yuboriladi. Suyuq faza bug'latish uchun bug'latish qurilmasiga (7) uzatiladi so'ngra natriy karbonat va natriy gidroksidi bilan taminlangan reaktorga (8) beriladi. Reaksiya natijasida hosil bo'lgan suspenziya filtrlash uchun vakuum filtr (9) qurilmasiga beriladi. Filtrlab olingan litiy karbonat barabanli quritgichda (11) quritilib so'ngra qadoqlash (13) qurilmasida qadoqlanadi.

Sinov tadqiqot natijasida olingan litiy karbonat TSh 95.1951-89 bo'yicha litiy karbonatga qo'yiladigan talablarga to'liq javob beradi va quyidagi tarkibni o'z ichiga oladi (%):  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  - 99,54; Ca - 0,037; Na - 0,050;  $\text{SO}_4^{2-}$  - 0,10,  $\text{H}_2\text{O}$  - 0,47.

Olib borilgan sinov tadqiqot natijalaridan ko'rinadiki, Orol dengizining sho'r suvidan litiy karbonat olish texnologiyasi, texnologik jihatdan sodda, maxsus qo'shimcha jihozlarni talab etmaydi, energiya va resurs tejankor texnologiya hisoblanadi.

Natijada kompleks o'g'itning narxi ham hisobga olinganda, 1 tonna litiy karbonat ishlab chiqarishdan olinadigan foyda 1 mlrd. 97 mln. so'mni tashkil etadi.

Shunday qilib, amalga oshirilgan texnik-iqtisodiy hisob-kitoblar litiy karbonat ishlab chiqarishni rentabelligining yuqori ekanligini ko'rsatadi.

## XULOSA

1. Orol dengizi sho'r suvining kimyoviy tarkibi va fizik-kimyoviy hossalarni o'rganish natijasida 0,11 g/l miqdorida litiy mavjudligi va u xlorid holda ekanligi aniqlandi. Suvning zichligi 1,115 g/sm<sup>3</sup>, qovushqoqligi 1,633 mPa·s, umumiy qattiqligi 1195,00 mg-ekv/l, karbonat qattiqligi 13,00 mg-ekv/l, kislorodga bo'lgan biologik ehtiyoj 120,50 mg O<sub>2</sub>/l, ekanligi va u xlorid va sulfat sifatida xarakterlanishi aniqlandi.

2. Suvli muhitda litiy birikmalari, natriy karbonat, natriy xlorat, ammoniy xlorid, kaliy sulfat kabi politermik tizimlar tarkibiy qismlarining o'zaro ta'siri, turli konsentratsiya va haroratlarda o'rganildi. Natijada yangi birikmalarning hosil bo'lish maydonlari aniqlandi va mavjudligi fizik-kimyoviy tahlil usullari yordamida tasdiqlandi. Olingan ma'lumotlar suvli manbalardan  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  olish uchun asos bo'lib xizmat qiladi.

3. Orol dengizi sho'r suvidan sanoat miqiyosida litiy karbonat va Mg, K, Ca,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  tarkibli murakkab o'g'it olish mumkinligi tadqiq etildi. Ilk bor Orol dengizi sho'r suvini,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  va  $\text{CaCl}_2$  asosida qo'shimcha aralashmalardan tozalash natijasida, kompleks o'g'it olindi.

4. Orol dengizi sho'r suvi tarkibidan kompleks o'g'it va litiy karbonat olishning maqbul texnologik ko'rsatgichlari o'rnatildi. Bunda, Mg, K, Ca,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  saqlovchi kompleks o'g'it olish, 100 ayl./min, 25°C harorat, reaksiya davomiyligi 40 minut va pH muhit 10 bo'lgan sharoitda olib borildi. Orol dengizining tozalangan suvidan litiy karbonatni cho'ktirish uchun optimal sharoitlar 50°C harorat, reaksiya davomiyligi 20 minut, 600 ayl./min va pH muhit 10 ekanligi aniqlandi.

5. Litiy karbonat ishlab chiqarish bosqichida suyuq va qattiq fazalarni ajratish jarayonini o'rganishlar shuni ko'rsatadiki, suspenziyaning tinish darajasi dastlabki birinchi daqiqada intensiv sodir bo'ladi va 80-100 soniyadan keyin deyarli o'zgarmaydi, 200 soniyadan keyin maksimal tiniqlanish darajasi 88,07% bo'lganda, 100 soniyada 86,3%ni tashkil etdi. Filtrlash tezligi 20-60 °C harorada, 300 mm sm. us. bosimda 3011,67-3270,68 kg/m<sup>2</sup>·s tashkil etishi aniqlandi.

6. Orol dengizining sho'r suvidan sedimentatsiya usulida litiy karbonat olishning texnologik sxemasi ishlab chiqildi. Litiy karbonat ishlab chiqarish texnologiyasining alohida bosqichlari "Navoiy kon-metallurgiya kombinati" AJda laboratoriya, na'munaviy va tajriba qurilmalarida sinovdan o'tkazildi va Orol dengizining sho'r suvini qayta ishlash natijasida litiy karbonat olish jarayonining belgilangan maqbul texnologik parametrlari tasdiqlandi.

7. Dastlabki o'tkazilgan texnik-iqtisodiy hisob-kitoblarga ko'ra, ishlab chiqilgan texnologiya bo'yicha olinadigan 1 tonna litiy karbonat, komplekt o'g'it tannarxi bilan hisoblanganda xorijiy mahsulotga nisbatan 1 mlrd. 97 mln. so'm yoki 86,012 ming AQSh dollarga arzon tushadi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.02/05.05.2023.К/Т.35.02 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ИНСТИТУТЕ ОБЩЕЙ И  
НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

---

**НОУ УНИВЕРСИТЕТ ЭКОНОМИКИ И ПЕДАГОГИКИ**

**АБДУЛЛАЕВ БАХОДИР УРАЛ УГЛИ**

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ ЛИТИЯ  
ИЗ СОЛЁНЫХ ВОД АРАЛЬСКОГО МОРЯ**

**02.00.13–Технология неорганических веществ и материалы на их основе**

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD)  
ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

**Ташкент – 2024**

**Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при министерстве Высшего образования, науке и инноваций Республики Узбекистан под номером B2024.2.PhD/T4580.**

Диссертация выполнена в негосударственном образовательном учреждении «Университет экономики и педагогики».

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице научного совета [www.tersu.uz](http://www.tersu.uz) и на информационно-образовательном портале «ZiyoNet» по адресу [www.ziyo.net.uz](http://www.ziyo.net.uz).

<b>Научный руководитель:</b>	<b>Самадий Муроджон Абдусалимзода</b> доктор технических наук, доцент
<b>Официальные оппоненты:</b>	<b>Намазов Шафоат Саттарович</b> доктор технических наук, профессор, академик <b>Тураев Зокиржон</b> доктор технических наук, доцент
<b>Ведущая организация:</b>	<b>Навоийский государственный горно-технологический университет</b>

Защита диссертации состоится «21» ноября 2024 г. в «14<sup>00</sup>» часов на заседании Научного совета DSc.02/05.05.2023.К/Т.35.02 при Институте общей и неорганической химии АН РУз по адресу: 100170, г. Ташкент, ул. Мирзо Улугбека, 77-а. Тел.: (+99871) 262-56-60; e-mail: [ionx@academy.uz](mailto:ionx@academy.uz)

С диссертацией можно ознакомиться в информационно-ресурсном центре Института общей и неорганической химии. (Адрес: 100170, г. Ташкент, ул. Мирзо Улугбека, 77-а). Тел.: (+99871) 262-56-60.

Автореферат диссертации разослан «7» ноября 2024 года  
(реестр протокола рассылки № 31 от «7» ноября 2024 года).



**Н.Х. Усманбаев**  
Председатель научного совета по присуждению  
ученых степеней, д.т.н., профессор

**Ж.С. Шукуров**  
Ученый секретарь научного совета по присуждению  
ученых степеней, д.т.н., старший научный сотрудник

**Ш.С. Намазов**  
Председатель научного семинара  
при научном совете по присуждению  
ученых степеней, д.т.н., проф., академик

## Введение (аннотация к диссертации доктора философии (PhD))

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В мире с развитием безотходных технологий и нанотехнологий, совершенствованием существующей промышленности и переходом на «зеленую энергетику» растет спрос на производство соединений лития эффективными и недорогими методами. Литий и его соединения широко используются в стекольной и керамической промышленности, смазочных материалах, аккумуляторах, хладагентах, химических реагентах и других отраслях промышленности. Литий в XXI веке является основой развития безопасной зеленой энергетики, обладая высокими характеристиками по способности хранения энергии и играя важную роль в замене углеводородных топливных ресурсов в будущем. В связи с этим разработка технологий получения карбоната лития из местных сырьевых источников имеет большое значение.

В мире ведущие научные центры проводят масштабные научно-исследовательские работы, направленные на переработку жидких и твердых источников, содержащих литий, очистку состава сырья от других примесей и разработку энергетически и ресурсосберегающих методов получения карбоната лития. В этом направлении особое внимание уделяется получению литиевых соединений с высокой емкостью хранения энергии, определению физико-химических свойств лития и дополнительных элементов в жидких источниках с различным химическим составом, управлению процессом очистки сырья от примесей, обоснованию зависимости процесса очистки от pH среды, температуры и соотношения реагентов, а также определению и совершенствованию технологических режимов получения литиевых соединений из жидких источников, содержащих литий, на основе установленных научных закономерностей.

В республике осуществляются широкомасштабные мероприятия по технологии производства лития и его соединений на основе местных сырьевых источников и ресурсов, а также по развитию химической промышленности, что приводит к определенным научным и практическим результатам. В частности, особо следует отметить карбонат лития, оксид лития и гидроксид лития. В третьем направлении стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы отмечены важные задачи, направленные на «...продолжение реализации промышленной политики, направленной на обеспечение стабильности национальной экономики, увеличение доли промышленности в валовом внутреннем продукте и роста объема производства промышленной продукции в 1,4 раза...»<sup>1</sup>. В этой связи важно внедрить оптимальные методы получения карбоната лития из соленой воды Аральского моря, а также разработать рациональную и экономически эффективную технологию получения карбоната лития.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указе Президента Республики

---

<sup>1</sup> Указ Президента Республики Узбекистан УП-60 от 28 января 2022 года «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы»

Узбекистан УП-60 от 28 января 2022 года «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы» и Постановлениях Президента Республики Узбекистан ПП-4265 от 3 апреля 2019 года «О мерах по дальнейшему реформированию и повышению инвестиционной привлекательности химической промышленности», ПП-4937 от 13 февраля 2021 года «О мерах по реализации инвестиционной программы Республики Узбекистан на 2021-2023 годы», ПП-4992 от 13 февраля 2021 года «О мерах по дальнейшему реформированию и финансовому оздоровлению предприятий химической промышленности, развитию производства химической продукции с высокой добавленной стоимостью», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

**Соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики.** Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий в республике VII - «Химические технологии и нанотехнологии».

**Степень изученности проблемы.** В научно-технической литературе широко освещены научные исследования, направленные на обогащение, переработку жидкого сырья и получение карбоната лития, с учетом влияния температуры и pH среды, реагентов, соотношения жидкой и твердой фаз, а также очистку от других примесей. В этой области научные исследования проводились научными школами таких ведущих ученых, как Tianlong Deng, Basudev Swain, Kaiyu Zhao, Yafei Guo, Jastin Wilson, W-H. Hu, Z-W. Zhao, Bogale Tadesse, Namil Um, Tetsuji Hirato, Zeqing Dong, Taegong Ryu, Junho Shin, Seyed Majid Ghoreishian, Kang-Sup Chung, Yun Suk Huh, Ernesto Julio Calvo, Biplob Kumar Pramanik, Liu-Ying Yu, Ke-Jun Wu, Radhouane Ben-Hamadou, Maria Sofia Palagonia, Yao Miao, Majid Bazrgar Bajestani, Hira Anwar, P. Chen, Z. Liu, B. Joshi, E. Prasetyo, M. Faheem и другие.

В Республике ряд научно-исследовательских работ, направленных на разработку технологий получения карбоната лития, а также сульфатов аммония, калия, натрия на основе переработки местных сырьевых ресурсов, включая литийсодержащие соленые воды Аральского моря нашли свое отражение в работах М.А. Самадий, Ш.С. Намазова, Б.С. Закирова, И.И. Усманова, А.У. Эркаева и Б.Х. Кучарова.

Однако, несмотря на достигнутые определённые результаты, достоверные и научно обоснованные данные о технологиях комплексной переработки жидких сырьевых источников, в том числе солёных вод Аральского моря, с получением карбоната лития и комплексных удобрений методом осаждения, отсутствуют.

**Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в соответствии с тематическими планами научно-исследовательских работ Янгирский филиал Ташкентского химико-технологического института и в рамках совместного Узбекско-Китайского прикладного проекта AL-59-21122092 «Основы технологии

экологически чистого и эффективного извлечения лития из жидких литиевых ресурсов соленого озера Аральского моря с помощью шпинельного ионного сита» (2023-2024 гг.).

**Целью исследования** разработка технологии получения соединений лития методом седиментации из соленой воды Аральского моря.

**Задачи исследования:**

определение возможностей извлечения соединений лития из соленой воды Аральского моря методом седиментации;

теоретические и экспериментальные исследования взаимодействия компонентов в системы  $\text{Na}_2\text{CO}_3\text{-LiCl-H}_2\text{O}$ ,

исследование влияния процесса выпарки на химический состав и физико-химические характеристики воды Аральского моря;

установление оптимальных технологических параметров процесса очистки воды Аральского моря от соединений магния, калия и сульфат ионов;

определение физико-химических свойств карбонатной суспензии, образующейся в процессе получения карбоната лития из солёной воды Аральского моря;

определение оптимальных условий осаждения карбоната лития путем конверсии хлорида лития карбонатом натрия из воды Аральского моря, очищенной от дополнительных примесей и насыщенной хлоридом лития;

разработка технологической схемы получения карбоната лития из воды Аральского моря методом седиментации и апробация оптимальных условий получения;

проведение предварительных технико-экономических расчётов эффективности технологии производства карбоната лития.

**Объектом исследования** являются соленая вода Аральского моря, гидрофосфат натрия, хлорид кальция, карбонат натрия, гидроксид натрия, хлорат натрия, хлорид натрия, сульфат калия и соединения магний-калий-фосфата.

**Предметом исследования** являются разработка технологической схемы получения карбоната лития методом седиментации с использованием карбоната натрия, а также получение комплексного удобрения, содержащего Mg, K, Ca,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ , путём очистки солёной воды Аральского моря, содержащей литий, от дополнительных примесей с применением гидрофосфата натрия, хлорида кальция и гидроксида натрия.

**Методы исследования.** В диссертации использованы методы химического, физико-химического, рентгенографического, ИК-спектроскопического, масс-спектрометрического с индуктивно связанной плазмой (ИПС), атомно-абсорбционной спектроскопии и сканирующий электронно-микроскопического (СЭМ) анализов.

**Научная новизна диссертационного исследования** заключается в следующем:

впервые доказано, что из соленой воды Аральского моря методом седиментации можно получить карбонат лития с чистотой 99,50%;

научно обоснован процесс очистки соленой воды Аральского моря от ионов магния, кальция, калия и сульфатов с использованием гидрофосфата натрия, хлорида кальция и гидроксида натрия;

построена политермическая диаграмма растворимости систем  $\text{Na}_2\text{CO}_3\text{-LiCl-H}_2\text{O}$ , в широком диапазоне температур и концентраций, а также на диаграмме определены границы областей кристаллизации исходных веществ и карбоната лития;

доказана возможность увеличения концентрации хлорида лития с 0,063% до 0,20% путем выпаривания 70% воды Аральского моря;

определены оптимальные технологические режимы получения карбоната лития и комплексного удобрения, содержащего Mg, K, Ca,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ , из соленой воды Аральского моря методом седиментации;

разработана технология получения карбоната лития седиментационным методом на основе очищенной воды Аральского моря и карбоната натрия.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

разработаны материальный баланс и технологическая схема получения карбоната лития и комплексного удобрения на основе соленой воды Аральского моря, гидрофосфата натрия, хлорида кальция, гидроксида натрия и карбоната натрия;

установлены оптимальные технологические параметры переработки Аральского моря в карбонат лития и комплексное удобрение с применением различных веществ. Разработанная технология позволяет получить не только лития, но и комплексного удобрения;

технология получения карбоната лития и твердого комплексного удобрения апробирована в производственных условиях АО «Навоийский горно-металлургический комбинат» с выпуском опытных партий продукции.

**Достоверность результатов исследования** результаты современных физико-химических анализов и традиционных методов исследования технологии извлечения карбоната лития, а также образцы карбоната лития, полученные на основе предложенной новой технологии, подтверждены экспериментальными испытаниями в производственных условиях.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость результатов исследования объясняется тем, что в результате переработки соленой воды Аральского моря с использованием гидрофосфата натрия, хлорида кальция, карбоната натрия и гидроксида натрия было получено комплексное удобрение, содержащее Mg, K, Ca,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ , а также определены условия очистки от примесей воды Аральского моря с использованием карбонатом натрия и установлены научные основы технологии получения карбоната лития методом седиментации.

Практическая значимость результатов исследования заключается в том, что впервые разработана и оптимизирована энергосберегающая и ресурсосберегающая технология получения комплексного удобрения, содержащего Mg, K, Ca,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ , при очистке соленой воды Аральского моря от ионов магния, калия, сульфата и получения высокочистого карбоната

лития. Это технологическое изменение способствует расширению сырьевой базы, внедрению безотходной технологии, получению карбоната лития, соответствующего требованиям ТУ. 95.1951-89 и улучшению экологического состояния региона.

**Внедрение результатов исследования.** На основе полученных научных результатов по разработке технологии получения карбоната лития методом седиментации:

технология очистки воды Аральского моря от сопутствующих примесей магния, калия и сульфата с использованием гидрофосфатом натрия и хлористого кальция в присутствии гидроксида натрия включена в «Перечень перспективных научных разработок для реализации в 2026-2030 годах» на АО «Навоийский горно-металлургический комбинат» (Справка АО «Навоийский горно-металлургический комбинат» от 06 сентября 2024 г. № 07/522). В результате чего, позволило очистить соленую воду Аральского моря от ионов магния, калия и сульфатов, и при этом получив раствор, насыщенный хлоридом лития;

технология получения карбоната лития из очищенной от примесей воды Аральского моря с использованием карбонатом натрия в присутствии гидроксида натрия включена в «Перечень перспективных научных разработок для реализации в 2026-2030 годах» на АО «Навоийский горно-металлургический комбинат». (Справка АО «Навоийский горно-металлургический комбинат» от 06 сентября 2024 г. № 07/522). В результате даёт возможность получения карбоната лития полностью соответствующего требованиям действующих стандартов.

**Апробация результатов исследования.** Результаты исследований были доложены и обсуждены на 4 международных и 6 республиканских научно-практических конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертации опубликовано 19 научных работ. Из них 9 научные статьи, в том числе 2 в республиканских и 7 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы из 167 наименований и приложения. Объем диссертации составляет 105 страниц, включает 35 рисунков и 15 таблиц.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**Во введении** обоснованы актуальность и востребованность темы диссертационной работы, детализируются цель и задачи, объекты и предметы исследования, раскрывается потенциал научно-исследовательской работы по ведущим направлениям развития науки и техники в республике, показаны и описаны научная новизна и практические результаты исследования, раскрыта научная и практическая значимость полученных результатов, представлена исследовательская информация о внедрении результатов работы, приведена

информация об опубликованных работах и структуре диссертации.

В первой главе диссертации под названием «**Современное состояние в области получения соединений лития**» подробно описаны результаты научных исследований по теме, анализ зарубежной и отечественной литературе. Полученные данные обобщены и подвергнуты научному анализу. Обсуждены технология получения карбоната лития, области его применения, рыночный спрос, современные методы и масштабы производства карбоната лития, а также критически рассмотрены материалы и методы исследования. Подробно освещены исследования по очистке жидких сырьевых источников для производства карбоната лития от других примесей. В результате критического анализа опубликованных работ были определены цели и задачи исследования.

Во второй главы диссертации под названием «**Характеристика исходных, промежуточных и конечных продуктов**» посвящена характеристике используемых в работе исходных материалов, методами проведения исследований и приведены методы химических анализов и физико-химических исследований. Для исследований использовали соленая вода Аральского моря, химический состав которой приведен в таблице 1, а также гидрофосфат натрия, хлорид кальция, гидроксид натрия и карбонат натрия. Плотность воды в интервале температур 20-80 °С изменяется от 1,115 г/см<sup>3</sup> до 1,083 г/см<sup>3</sup> и имеет прямолинейный характер. Вязкость при этом снижается с 1,633 мПа·с до 0,507 мПа·с.

В табл. 1 приведены данные рентгенофлуорисцентного анализа воды Аральского моря. Аральское море представляет собой низкосолёный, богатый литием рассол с запасами хлорида лития, что имеет большое стратегическое значение.

Таблица 1

**Химический состав соленой воды Аральского моря**

Образец	СС (г/л)	рН	Ионный состав / (г/л)							
			Li <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
Вода Аральского морья	130,9	8,0	0,11	54,92	3,67	0,80	10,25	0,03	70,90	22,11
	СС (г/л)	рН	Солевой состав / (г/л)							
			LiCl	NaCl	KCl	CaCl <sub>2</sub>	MgCl <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		
	130,9	8,0	0,66	126,20	7,01	2,22	40,57	32,70		

В третьей главы диссертации под названием «**Исследование процесса получения соединений лития из соленых вод аральского моря**» посвящена изучению химического состава и физико-химических свойств воды Аральского моря, изучению взаимодействия в трехкомпонентных водных системах, включающих соли лития, очистке воды Аральского моря от примесей магния, калия и сульфат ионов. В данном разделе работы визуально-политермическим методом изучена растворимость компонентов в системе карбонат натрия – хлорид лития – вода при различных температурах и в широком диапазоне концентраций.

Растворимость в системе Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>–LiCl–H<sub>2</sub>O изучена с использованием восьми внутренних разрезов. Разрезы I-IV проведены от вершины Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> на сторону LiCl–H<sub>2</sub>O, а V-VIII от вершины LiCl на сторону Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>–H<sub>2</sub>O.



В таблице 2. приведены результаты влияния степени испарения воды на минеральный состав упаренных растворов, изменение плотности и степень осаждения хлористого натрия.

**Таблица 2**

**Изменение состава воды Аральского моря в процессе выпарки**

Степень испарения воды, %	Состав жидкой фазы, масс. %						Плотность г/см <sup>3</sup>	Степень осаждения NaCl, %
	LiCl	NaCl	KCl	CaCl <sub>2</sub>	MgCl <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		
0	0,063	10,27	0,61	0,19	3,49	3,69	1,162	-
10	0,065	11,41	0,67	0,21	3,87	4,10	1,170	-
15	0,070	12,08	0,71	0,23	4,10	4,34	1,177	-
20	0,075	12,83	0,76	0,24	4,36	4,61	1,198	-
25	0,080	13,69	0,81	0,25	4,65	4,92	1,201	-
30	0,085	14,67	0,87	0,27	4,98	5,27	1,218	-
35	0,092	14,48	0,93	0,29	5,37	5,67	1,232	1,51
40	0,100	14,31	1,01	0,32	5,82	6,15	1,259	3,22
45	0,109	14,15	1,10	0,34	6,34	6,70	1,267	5,03
50	0,120	14,01	1,22	0,38	7,01	7,38	1,269	7,54
55	0,133	13,89	1,35	0,43	7,76	8,20	1,287	10,32
60	0,150	13,79	1,52	0,47	8,72	9,22	1,305	13,76
65	0,171	13,70	1,74	0,54	9,97	10,54	1,325	18,14
70	0,200	13,63	2,03	0,63	11,63	12,30	1,351	23,93

Повышение степени испарения воды способствует увеличению содержания в упаренных растворах хлоридов калия, кальция, магния и натрия.

Содержание хлорида калия повышается с 0,61% до 2,03%, хлорида кальция с 0,19% до 0,63%, хлорида магния с 3,49% до 11,63%, сульфата натрия с 3,69% до 12,30% при степени упарки 70 % воды, а содержание хлорида натрия повышается с 10,27% до 14,67%, при достижения степени испарения 30% воды. При испарении 30% воды раствор достигает насыщения по хлористому натрию и при дальнейшей выпарке насыщенного раствора хлористый натрий начинает выпадать в осадок. При достижении степени выпарки 70% образуется насыщенный раствор, содержащий 13,63 % хлористого натрия.

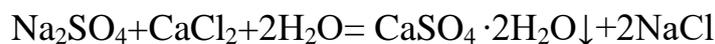
Полученные данные свидетельствуют, что путем выпарки воды Аральского моря и садки хлорида натрия можно повысить содержание хлорида лития в растворе до 0,200 %. При этом в осадок выделяется 23,93 % хлористого натрия, а раствор содержит кроме хлорида лития, хлориды натрия, калия, кальция, магния и сульфат натрия.

Исследования по получению очищенных от примесей растворов из воды Аральского моря осуществляли методом осаждения с использованием гидрофосфата натрия, хлорида кальция и гидроксида натрия. Гидрофосфат натрия служит для осаждения ионов магния и калия, CaCl<sub>2</sub> – для осаждения сульфат-ионов, а раствор гидроксида натрия – для повышения и контроля pH среды. Выпадавшие осадки содержат ионы PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> – 10,84%; Mg<sup>2+</sup> – 12,7%; SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> – 27,4%; Ca<sup>2+</sup> – 23,6%; K<sup>+</sup> – 2,5%.

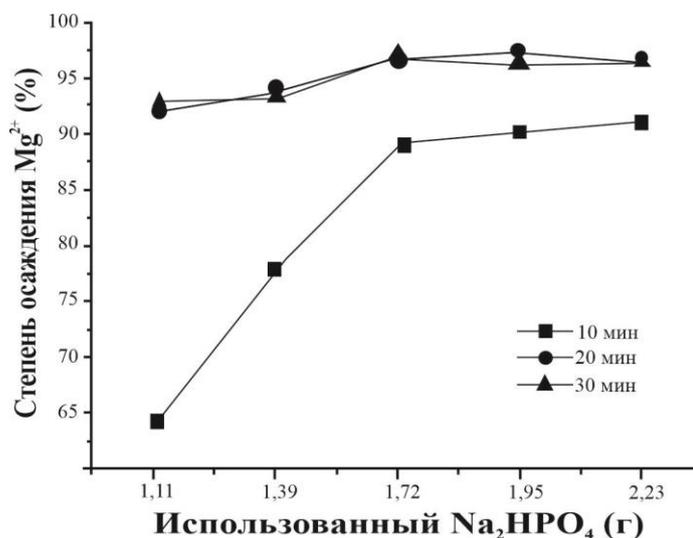
Осаждения ионов магния и калия в присутствии гидроксида натрия, гидрофосфатом натрия протекает по реакции:



а осаждение сульфат ионов протекает по реакции:

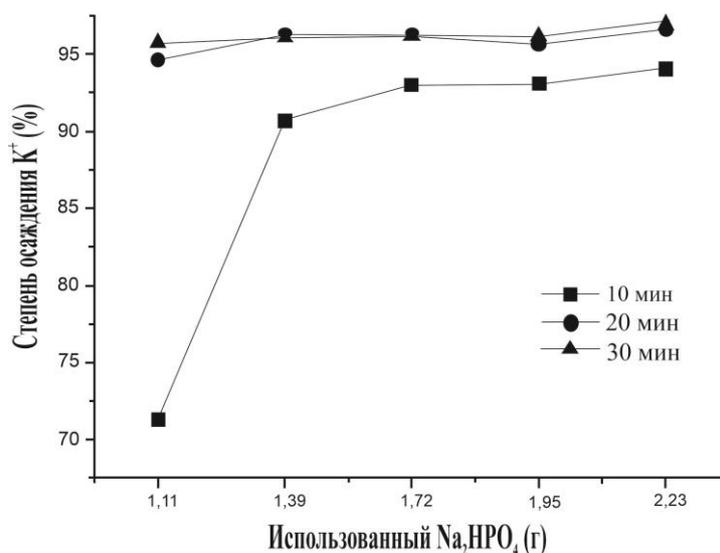


На рис. 2. показано влияние количества  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  для осаждения ионов магния.



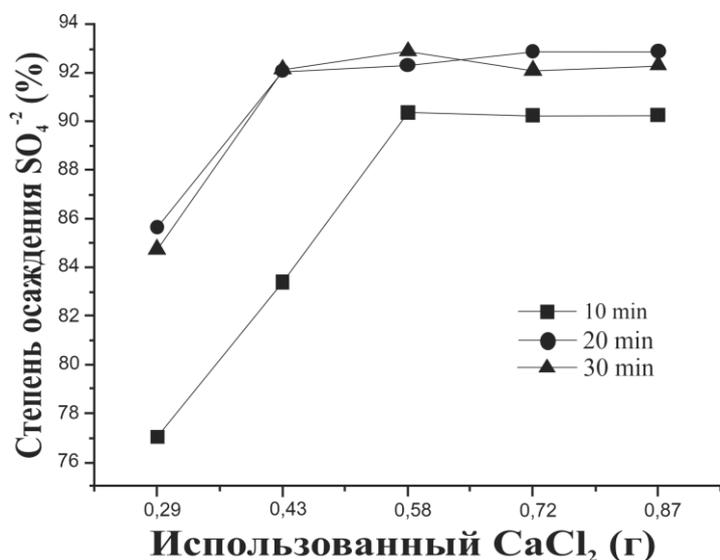
**Рис. 2. Влияние количества гидрофосфата натрия на степень осаждения ионов магния.**

Результаты показали, что чем больше расхода гидрофосфата натрия, тем больше ионов магния выпадает в осадок. На рис. 3 приведены данные влияния  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  на степень удаления ионов  $\text{K}^+$ . При этом наблюдается аналогичная закономерность, чем больше количества  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  и время перемешивания, тем выше степень осаждения ионов  $\text{K}^+$ . С применением такого же количества  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  и времени перемешивания степень удаления ионов  $\text{K}^+$  достигла 96,3%.



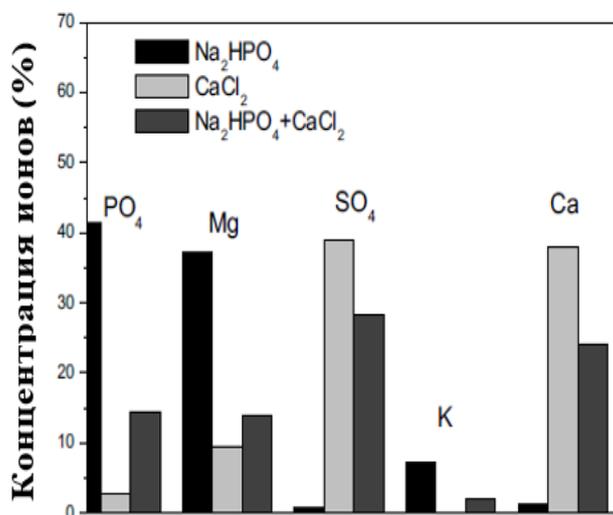
**Рис. 3. Влияние количества гидрофосфат натрия на степень осаждения ионов калия.**

На рис. 4 представлено влияние  $\text{CaCl}_2$  на степень удаления ионов  $\text{SO}_4^{2-}$ . Результаты показали, что чем больше расхода хлорида кальция, тем выше степень осаждения ионов  $\text{SO}_4^{2-}$  в виде дигидрата сульфата кальция.



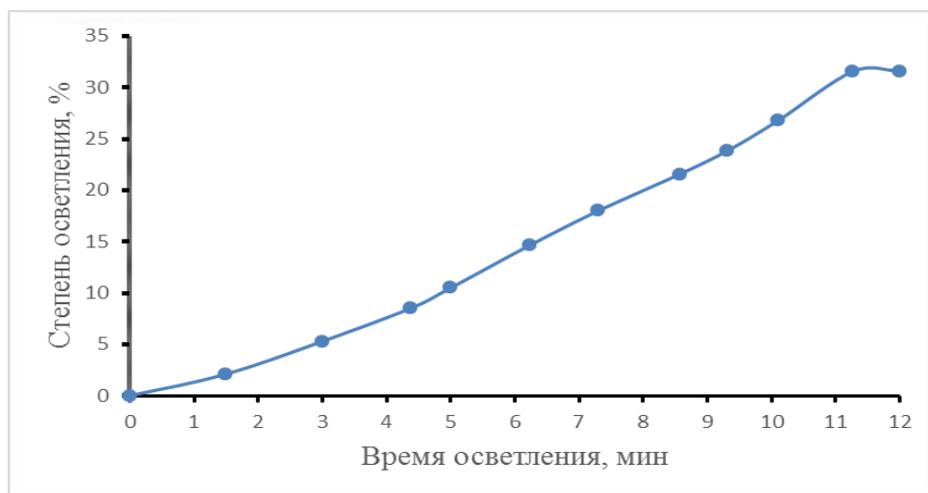
**Рис. 4. Влияние количества хлорида кальция на степень осаждения сульфат-ионов.**

На основе данных анализа энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (ЭРС) показано распределение ионов в твердой фазе при одновременном обработке соленой воды Аральского моря хлоридом кальция и гидрофосфатом натрия (рис. 5). Результаты показывают, что осадок состоит из следующих компонентов:  $\text{PO}_4^{3-}$  – 10,84%;  $\text{Mg}^{2+}$  – 12,7%;  $\text{SO}_4^{2-}$  – 27,4%;  $\text{Ca}^{2+}$  – 23,6%;  $\text{K}^+$  – 2,5%. В отсутствие  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  осадок состоит в основном из ионов  $\text{Mg}^{2+}$  (9,3%),  $\text{SO}_4^{2-}$  (38,8%) и  $\text{Ca}$  (37,9%). Результаты показали, что из рассола Аральского моря можно удалить ионы  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  и  $\text{SO}_4^{2-}$  методом осаждения с использованием  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  и  $\text{CaCl}_2$ . Эффективность удаления ионов  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  и  $\text{SO}_4^{2-}$  из морской воды составляет 97,1%, 96,3% и 93,4% соответственно.



**Рис. 5. Степень распределения ионов в сухом продукте по мере осаждения ионов.**

Одной из лимитирующих стадий процесса при получения, очищенных от примесей воды Аральского моря является разделение фаз. В связи с этим были проведены исследования по определению скорости их отстаивания и фильтрации.



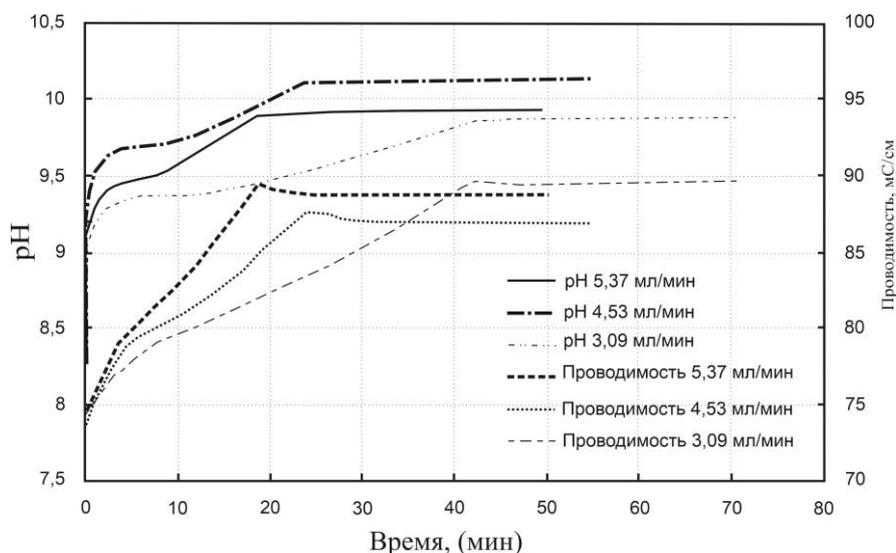
**Рис. 6. Изменение степени осветления суспензии в зависимости от времени.**

Полученные данные приведены на рисунке 6. При выдержке суспензии в течение 12 мин наблюдается равномерное выпадение осадков, при дальнейшем хранении степень осветления суспензии продолжает увеличиваться, но незначительно. Так, степень осветления суспензии воды Аральского моря гидрофосфатом натрия и хлоридом кальция через 10 минут достигает 26,78 %, при максимальной степени осветления – 31,60 %. Однако, скорость осветления суспензии недостаточна, хотя результаты анализа показывают, что полученные продукты однородные, не содержат посторонних примесей и очень хорошо сгущаются. Поэтому в дальнейших опытах для разделения суспензий, содержащих  $Mg$ ,  $K$ ,  $Ca$ ,  $PO_4^{3-}$ ,  $SO_4^{2-}$  использовали вакуум-фильтровальную установку.

Осаждение карбоната лития из предварительно очищенной от примесей воды осуществляли в кристаллизаторе в полупериодических условиях. Зародышеобразование и рост кристаллов контролировали с помощью встроенной системы отслеживания частиц, основанной на методе измерения коэффициента отражения сфокусированного луча. Полученные результаты показывают, что размер частиц уменьшается с увеличением скорости перемешивания. При этом скорость подачи  $Na_2CO_3$  не оказывает существенного влияния на гранулометрический состав. В данном случае температура и значение pH играют ключевую роль в процессе осаждения карбоната лития.

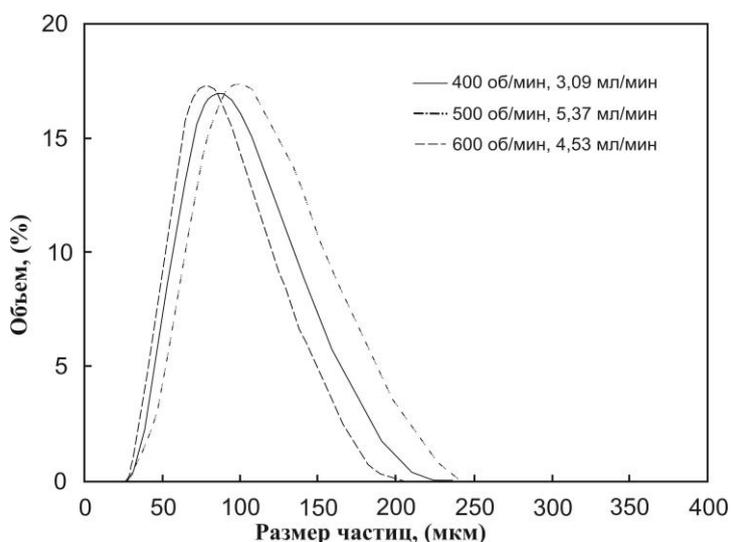
На рис. 7 показаны тенденции изменения pH и светопроводимости в зависимости от времени при скорости перемешивания 600 об/мин с тремя различными скоростями подачи карбоната натрия. Начальный pH воды Аральского моря мало меняется из-за примесей. Это может быть причиной того, что окончательный pH каждого эксперимента в некоторой степени

различается. Это затрудняет сравнение изменений рН для разных скоростей вращения при постоянной температуре и скорости подачи.



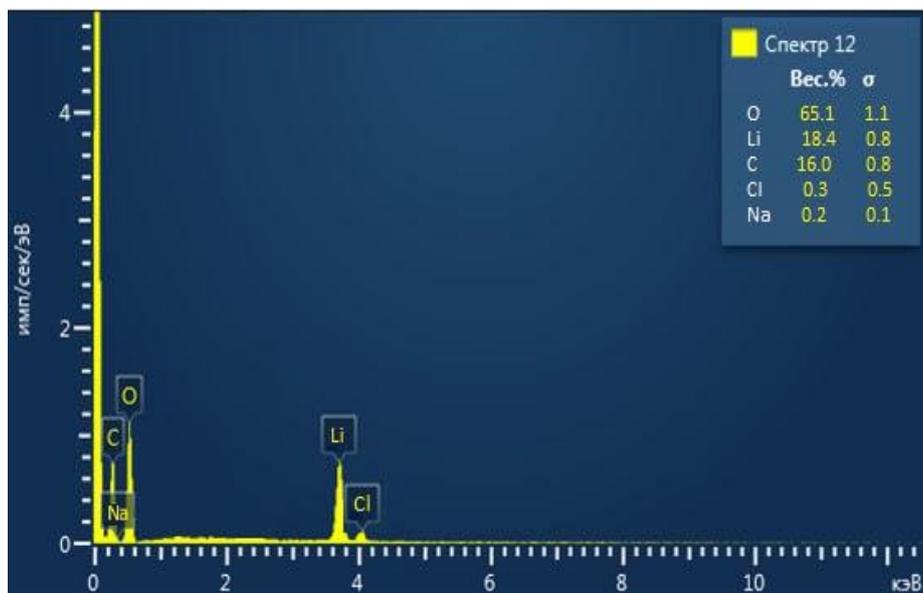
**Рис. 7. Изменение значений рН и проводимости рассола в зависимости от времени подачи карбоната натрия.**

По динамике рН в начальный период подачи  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  резко возросло значение рН. Непрерывное увеличение рН в течение протекания реакции между  $\text{Li}^+$  и  $\text{CO}_3^{2-}$  происходит из-за того, что  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  представляет собой щелочную среду с высоким показателем рН. Проводимость рассола непрерывно возрастала до окончания реакции осаждения между карбонатом и ионами лития. После этого происходит небольшое снижение светопроводимости, которое затем остается неизменным в течение реакции. Распределение частиц карбоната лития по размерам представлено на рис. 8. Как видно из рис. 8, частицы, полученные при скорости перемешивания 500 об/мин крупнее частиц по сравнению с частицами, полученными при 600 об/мин.



**Рис. 8. Распределение частиц  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  по размерам при различных скоростях перемешивания и подачи  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  в процессе гомогенного осаждения.**

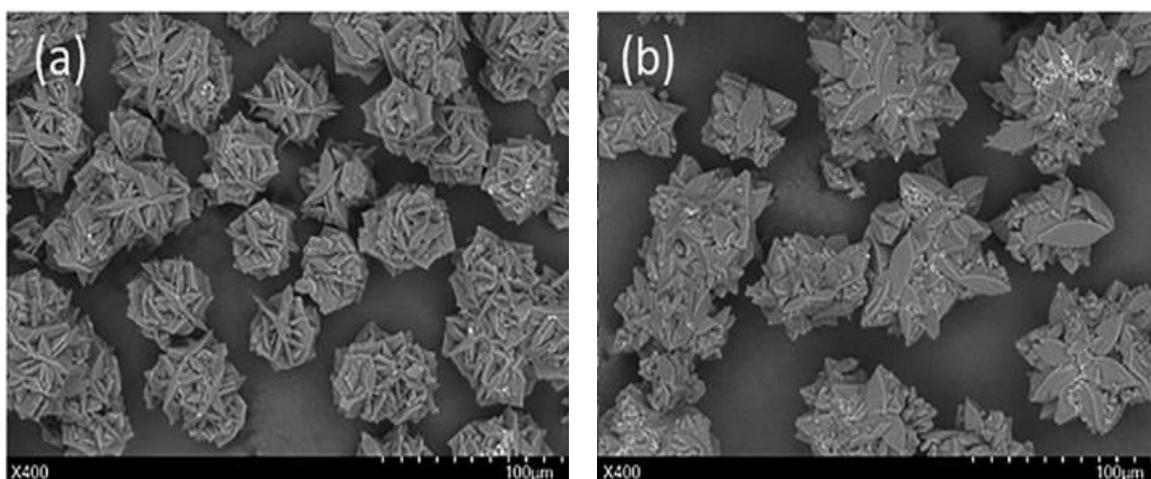
На рис. 9 показаны микрофотография и элементный состав карбоната лития.



**Рис. 9. Элементный анализ карбоната лития.**

Элементный анализ показывает, что карбонат лития содержит 18,4% лития, 65,1% кислорода, 16,0% углерода, что соответствует их содержанию в соединении  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ .

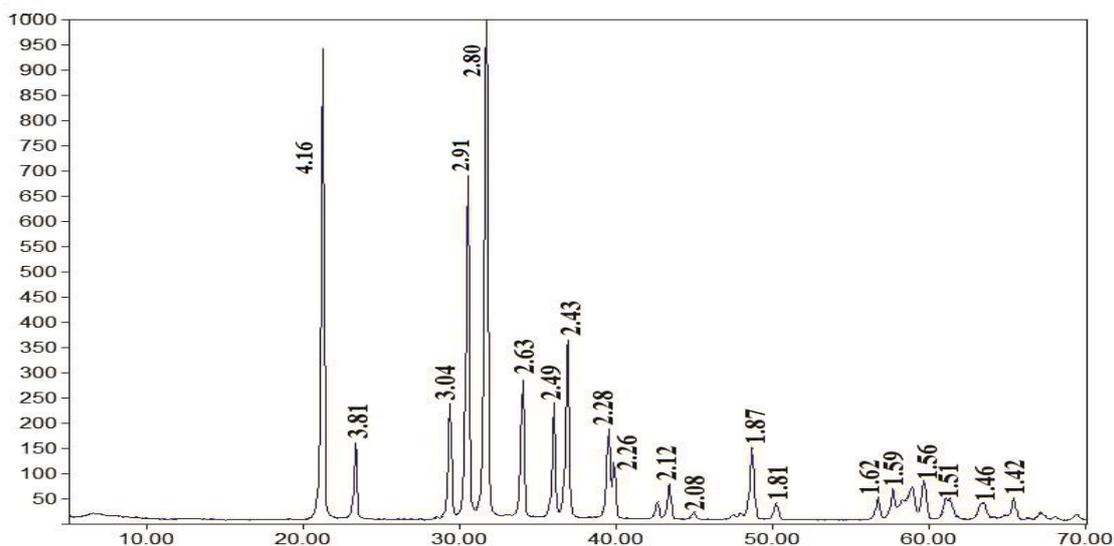
СЭМ-изображения осажденных кристаллов  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  при 25°C и 50°C показали, что подобные кластеры листов эллипсоидной формы.



**Рис. 10. СЭМ-изображения осадков  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  при 25°C (а) и 50°C (б).**

В четвертой главе диссертации под названием «Разработка технологии получения карбоната лития из соленых вод Аральского моря» изучены физико-химические характеристики карбоната лития.

На рис. 11 приведена рентгенограмма карбоната лития. На рентгенограмме карбоната лития имеются дифракционные максимумы 4,16; 2,91; 2,80 Å, принадлежащие  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ .



**Рис. 11. Рентгенограмма  $\text{Li}_2\text{CO}_3$**

Данные по содержанию основного вещества указывают, что полученный карбонат лития соответствует требованиям ТУ. 95.1951-89 и содержит 18,87% лития и 16,1% углерода (табл. 4).

**Таблица 4**

**Элементный состав карбоната лития**

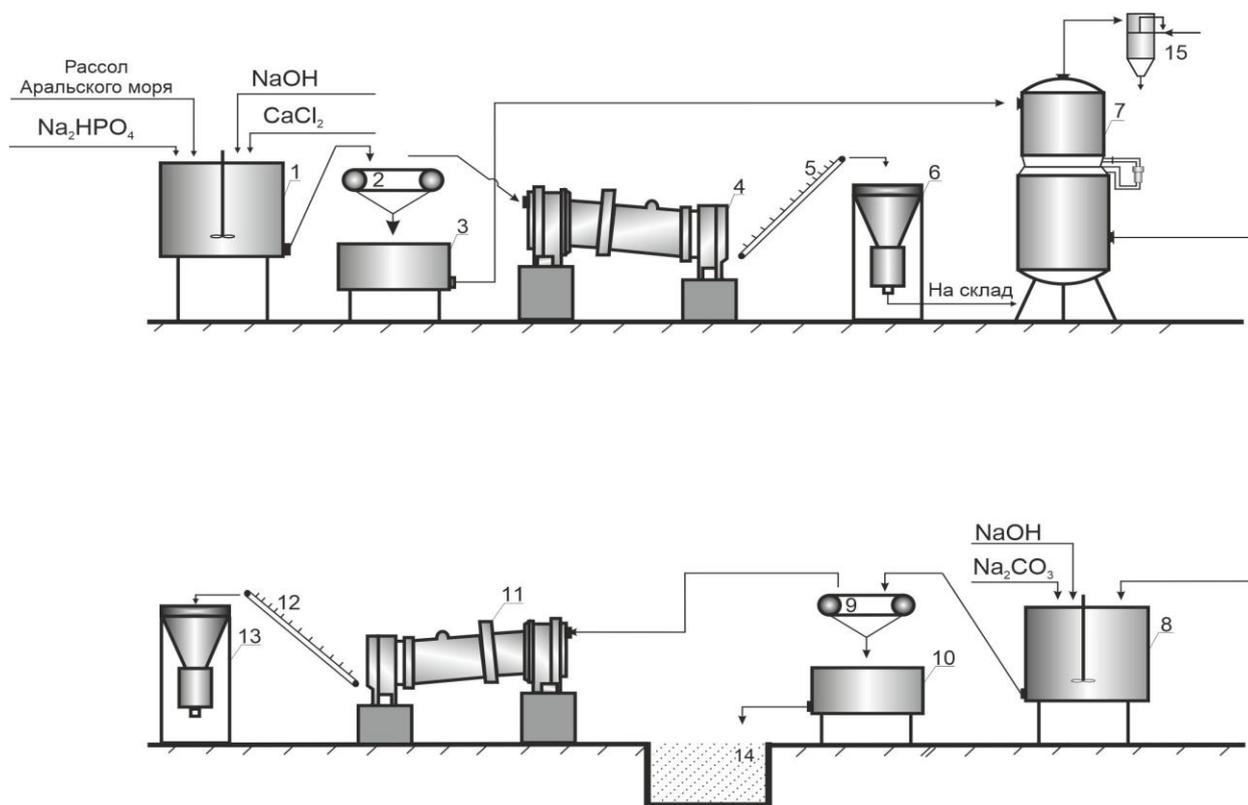
№ проб	Li, %	Na, %	Ca, %	SO <sub>4</sub> , %	Cl, %	C, %	O, %	н.о., %	H <sub>2</sub> O, %
1	18,87	0,050	0,037	0,10	0,01	16,1	65,5	0,02	0,47

Полученные в лабораторных условиях результаты послужили основой для разработки технологической схемы получения карбоната лития из воды Аральского моря, а также расчета материальных потоков и составления материального баланса. Суть технологии заключается в осаждении солей из воды Аральского моря, отделении твердой фазы, получении очищенного раствора хлорида лития, выпаривании жидкой фазы, осаждении карбоната лития с помощью карбоната натрия.

Процесс получения карбоната лития состоит из следующих стадий:

- фильтрация воды Аральского моря от механических и иных примесей
- Осаждения ионов магния, калия и сульфатов с помощью реагентов
- фильтрация образующихся осадков;
- выпарка очищенного раствора;
- осаждение карбоната лития;
- фильтрация осадка карбоната лития;
- сушка, охлаждение и упаковка карбоната лития.

На рисунке 12 приведены технологическая схема получения карбоната лития из воды Аральского моря. Вода после отстойника или фильтрации подается в реактор (поз. 1), куда поступают гидрофосфат натрия, хлористый кальций и гидроксид натрия.



**Рис. 12. Принципиальная технологическая схема получения карбонат лития**

1, 8 – реактор с мешалкой, 2, 9 – фильтры, 3, 10 – емкости, 4, 11 – сушилки, 5, 12 – транспортеры, 6, 13 – упаковочная установка, 7 – выпарной аппарат, 14 – сборный бассейн, 15 – дистиллятор.

Образующаяся суспензия подается на фильтр (поз. 2). Твердая фаза с фильтра поступает в сушильный аппарат барабанного типа (поз. 4), охлаждается и отправляется на склад в виде комплексного удобрения. Фильтрат подается на вакуум-выпарной аппарат (поз. 7) и далее в реактор (поз. 8), куда подается карбонат лития и гидроксид натрия. Образующаяся суспензия подается на фильтр (поз. 9). Осадок карбоната лития сушится в барабанном аппарате, охлаждается и упаковывается.

Полученный при апробации карбонат лития соответствует требованиям, предъявляемым к карбонату лития техническому по ТУ 95.1951-89, и содержит в среднем, (масс. %):  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  - 99,54; Ca - 0,037; Na - 0,050;  $\text{SO}_4^{2-}$  - 0,10,  $\text{H}_2\text{O}$  - 0,47.

Как показали результаты испытаний, технология переработки воды Аральского моря на карбонат лития проста в технологическом отношении, не требует специального оборудования, энерго-, ресурсо- и материалосберегающая.

С учетом стоимости образующегося комплексного удобрения чистая прибыль от реализации 1 т карбоната лития составит 1млрд. 97 млн. сум.

Таким образом, проведенные технико-экономические расчеты указывают на высочайшую рентабельность получения карбоната лития.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Изучением химического состава воды Аральского моря и ее физико-химических свойств установлено содержание лития 0,11 г/л, в виде хлористого лития. Вода относится к хлоридно-сульфатным растворам с плотностью 1,115 г/см<sup>3</sup>, вязкостью 1,633 мПа·с, общая жесткость 195,00 мг-экв/л, карбонатная 13,00 мг-экв/л, биологическая 120,50 мг О<sub>2</sub>/л.

2. Изучен политермические системы, содержащие литиевые соединения, карбонат натрия, хлорат натрия, хлорид аммония и сульфат калия в зависимости от концентрации компонентов и температуры водной среды. Определены области образования новых соединений и подтверждено их наличие методами физико-химического анализа. Полученные данные служат основой для получения Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> из водных источников.

3. Было установлено, что из соленой воды Аральского моря можно получить карбонат лития, а также комплексные удобрения, содержащие Mg, K, Ca, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> в промышленных масштабах. Впервые из соленой воды Аральского моря было получено комплексное удобрение путем очистки от дополнительных примесей на основе Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> и CaCl<sub>2</sub>.

4. Установлены оптимальные технологические показатели получения комплексных удобрений и карбоната лития из состава соленой воды Аральского моря. При этом получение комплексных удобрений, содержащих Mg, K, Ca, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, проводилось при скорости мешалки 100 об/мин, температуре 25°C, продолжительности реакции 40 минут и pH среды 10. Оптимальные условия для осаждения карбоната лития из очищенной воды Аральского моря являются температура 50°C, продолжительность процесса 20 минут, скорость мешалки 600 об/мин и pH среды 10.

5. Изучение процесса разделения жидкой и твердой фаз на этапе производства карбоната лития показало, что осаждение суспензии происходит интенсивно в первую минуту и почти не изменяется через 80-100 секунд, достигая максимального уровня осаждения 88,07% через 200 секунд и 86,3% через 100 секунд. Скорость фильтрации при температуре 20-60°C и давлении 300 мм рт. ст. составила 3011,67-3270,68 кг/м<sup>2</sup>·с.

6. Разработана технологическая схема получения карбоната лития из воды Аральского моря седиментационным методом. На лабораторных модельных и опытно-промышленных установках отработаны отдельные стадии технологии. Полученные результаты в лабораторных условиях подтверждены при апробации технологии в промышленных условиях и технология принята к внедрению на АО «Навоийский горно-металлургический комбинат».

7. Согласно предварительным технико-экономическим расчётам показано, что себестоимость 1 тонны карбоната лития, с учетом стоимости комплексного удобрения полученного по разработанной технологии, будет ниже на 1 млрд 97 млн сумов или на 86,012 тыс. долларов США по сравнению с зарубежной продукцией.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARDING OF SCIENTIFIC DEGREE  
DSc.02/05.05.2023.K/T.35.02 AT INSTITUTE OF  
GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY**

---

**UNIVERSITY OF ECONOMICS AND PEDAGOGY NGI**

**ABDULLAYEV BAHODIR URAL UGLI**

**DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR PRODUCING  
LITHIUM COMPOUNDS FROM THE SALTY WATERS OF THE ARAL SEA**

**02.00.13 – Technology of inorganic substances and materials on their basis**

**DISSERTATION ABSTRACT  
OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD) ON TECHNICAL SCIENCES**

**Tashkent – 2024**

**The title of the dissertation of the Doctor of Philosophy (PhD) in technical sciences has been registered by the Supreme Attestation Commission at the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan with registration numbers of B2024.2.PhD/T4580.**

The dissertation has been prepared at the University of Economics and Pedagogy NGI.

The abstract of dissertation in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) is available online [www.tersu.uz](http://www.tersu.uz) and on the website of «ZiyoNet» information-educational portal [www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz).

**Research supervisors:** **Samadiy Murodjon Abdusalimzoda**  
doctor of technical sciences, associate professor

**Official opponents:** **Namazov Shafolat Sattarovich**  
doctor of technical sciences, professor, academician

**Turaev Zokirjon**  
doctor of technical sciences, associate professor

**Leading organization:** **Navoi State Mining and Technology University**

The defense of the thesis will take place «21» november 2024 at 14<sup>00</sup> hours at a meeting of the DSc Scientific Council DSc.02/05.05.2023.K/T.35.02 at Institute of General and Inorganic Chemistry at the address: (Address: 100170, Tashkent city, Mirzo Ulugbek street, 77-a. Tel.: (+99871) 262-56-60; fax: (+99871) 262-79-90; e-mail: [ionx@academy.uz](mailto:ionx@academy.uz)).

The dissertation can be found at the information and resource center of the Institute of General and Inorganic Chemistry. (Address: 100170, Tashkent, Mirzo Ulugbek st., 77-a. Tel.: (+99871) 262-56-60; fax: (+99871) 262-79-90; e-mail: [ionx@academy.uz](mailto:ionx@academy.uz)).

The abstract of the dissertation was send uot november “7” 2024.  
(registry of the mailing protocol № 31 dated november “7” 2024.



**N.H. Usanbaev**  
Chairman of the Scientific Council for  
awarding of the scientific degrees,  
Doctor of Technical Sciences, Professor

**Shukurov J.S.**  
Scientific Secretary of the Scientific Council  
for awarding the scientific degrees,  
Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher

**Namazov Sh.S.**  
Chairman of scientific seminar under scientific  
council on awarding scientific degrees, doctor  
of technical sciences, professor, academician

## INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

**The aim of the research** is the development of a technology for obtaining lithium compounds from the salt waters of the Aral Sea.

**The object of the study** is the development of a technological scheme for obtaining lithium carbonate by precipitation using sodium carbonate, as well as the production of a complex fertilizer containing Mg, K, Ca,  $\text{SO}_4^{2-}$ , and  $\text{PO}_4^{3-}$  through the purification of saline water from the Aral Sea, which contains lithium, from additional impurities using sodium phosphate, calcium chloride, and sodium hydroxide.

**The scientific novelty of the study** is as follows:

For the first time, the possibility of obtaining lithium carbonate with a purity of 99.50% from the salt water of the Aral Sea using the sedimentation method has been substantiated;

the process of cleaning the salt water of the Aral Sea from magnesium, calcium, potassium and sulfate ions using sodium hydrogen phosphate, calcium chloride and sodium hydroxide has been scientifically substantiated;

a solubility diagram of the  $\text{Na}_2\text{CO}_3\text{-LiCl-H}_2\text{O}$  system was constructed in a wide range of temperatures and concentrations, and the boundaries of the crystallization regions of the starting materials and lithium carbonate were determined;

the possibility of increasing the concentration of lithium chloride from 0.063% to 0.20% by evaporating 70% of the water from the Aral Sea has been proven;

optimal technological modes for obtaining lithium carbonate and complex fertilizer containing Mg, K, Ca,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  from the salt water of the Aral Sea using the sedimentation method have been determined;

a technology for obtaining lithium carbonate by sedimentation method based on purified Aral Sea water and sodium carbonate has been developed.

**Implementation of research results.** Based on the obtained scientific results on the development of technology for obtaining lithium carbonate by sedimentation:

the technology of purification of Aral Sea water from accompanying impurities of magnesium, potassium and sulfate based on sodium hydrophosphate and calcium chloride in the presence of sodium hydroxide is included in the “List of scientific advancements that show promise for use in 2026-2030” at JSC Navoi Mining and Metallurgical Plant (reference No. 01-01-07/522 dated 06.09.2024 JSC Navoi MMP). As a result, the possibility arises to obtain lithium carbonate from the water of the Aral Sea, which is used in battery production;

The process of generating lithium carbonate from Aral Sea water that has been cleaned of contaminants using sodium carbonate and sodium hydroxide is one of the scientific innovations that JSC Navoi Mining and Metallurgical Plant has identified as “scientific advancements that show promise for use in 2026-2030” (reference No. JSC Navoi MMP dated September 6, 2024, No. 07/522). The ability to obtain lithium carbonate that satisfies all existing criteria is thus made possible.

**The structure and scope of the dissertation.** The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references from 167 titles and an appendix. The volume of the dissertation is 105 pages, includes 35 figures, 15 tables.

**E'LON QILINGAN ILMIY ISHLAR RO'YXATI**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLICATION**

**I бўлим (I часть; I part)**

1. Bakhodir Abdullayev, Ilkham Usmanov, Murodjon Samadiy, Tianlong Deng. Lithium Recovery from Water Resources by Membrane and Adsorption Methods // International Journal of Engineering Trends and Technology. Vol. 70, No. 9, pp. 319-329, September 2022. ISSN: 2231 – 5381 DOI: 10.14445/22315381/IJETT-V70I9P231; Scopus (3) SJIF (23) IF-1.1.

2. Bakhodir Abdullayev, Mohamed Rifky, Jasur Makhmayorov, Ilkham Usmanov, Tianlong Deng, Murodjon Samadiy. Adsorption Method and Adsorbents for the Recovery of Lithium Compounds from Water Sources // International Journal of Engineering Trends and Technology. Vol. 71, Issue 9, pp. 212-226, September 2023. ISSN: 2231 – 5381 DOI: 10.14445/22315381/IJETT-V71I9P219; Scopus (3) SJIF (23) IF-1.1.

3. Bakhodir Abdullayev, Jasur Makhmayorov, Zulfiya Ro'zdiyeva, Umida Shabarova, Tianlong Deng, Murodjon Samadiy. Study of the mutual influence of components in the lithium nitrate–ammonium chloride–water system // New Materials, Compounds and Applications. Vol. 7: No. 3, 2023, pp. 188-193, ISSN 2521-7194; Scopus (4) SJIF (23) IF-0.4.

4. Bakhodir Abdullayev, Nilufar Askarova, Rano Toshkodiroya, Mohamed Rifky, Nurbek Ayakulov, Baxram Kurbanov, Murodjon Samadiy. Recent Developments in the Extraction of Lithium from Water Resources // Asian Journal of Chemistry. Vol. 36, Issue 2, pp. 275-280, January 2024. ISSN: 9770 – 7077 DOI: <https://doi.org/10.14233/ajchem.2024.30702>; Scopus (4) SJIF (23) IF-0.9.

5. Bakhodir Abdullayev, Erkin Yakubov, Marufjon Qarshiyev, Zulfiya Ro'zdiyeva, Murodjon Samadiy. Solubility of components in the aqueous system NaClO<sub>3</sub>–LiCl–H<sub>2</sub>O // AIP Publishing. Vol. 3154, N. 1, pp. 60-63, April 2024. ISSN: 0094-243X; DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0201176>; Scopus (4) SJIF (23) IF-0.7.

6. Bakhodir Abdullayev, Murodullo Rakhimov, Aziz Dustov, Farrukh Davlatov, Murodjon Samadiy. Study of the mutual influence of components in the sodium carbonate–lithium chloride–water system // AIP Publishing. Vol. 3154, N. 1, pp. 121-126, April 2024. ISSN: 0094-243X; DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0201174>; Scopus (4) SJIF (23) IF-0.7.

7. Bakhodir Abdullayev, Murodullo Rakhimov, Bakhtiyor Borikhonov, Aziz Dustov, Murodjon Samadiy. Study of the Mutual Influence of Components in the System Potassium Sulfate-Lithium Sulfate-Water // AIP Publishing. Vol. 3184, N. 1, pp. 121-124, May 2024. ISSN: 0094-243X; DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0212016>; Scopus (4) SJIF (23) IF-0.7.

8. Bakhodir Abdullayev, Jasur Makhmayorov, Shakhnoza Toshtemirova, Ilkham Usmanov, Murodjon Samadiy. Study of the process of evaporation of water in the aral sea // Science and Innovation. Vol. 3, Issue 5, pp. 14-18, May 2024. ISSN: 2181-3337; DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.11171419>; SJIF (23) IF-6.755.

9. Bakhodir Abdullayev, Jasur Makhmayorov, Jumaniyoz Rakhmonov, Akbar Safarov, Murodjon Samadiy. Extraction of lithium from salt lake brines by precipitation methods // Science and Innovation. Vol. 3, Issue 5, pp. 23-33, May 2024. ISSN: 2181-3337; DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.11172725>; SJIF (23) IF-6.755.

## II бўлим (II часть; II part)

10. Samadiy M.A. Tianlong Deng, Abdullayev B.U., Qodirov Sh.M. Lithium extraction from brines/seawater/bittern // Сборник тезисов республиканской конференции с зарубежным участием «Инновационные технологии в химической и строительной отраслях промышленности и решение актуальных экологических проблем» 23-24 ноября 2021 года. С. 28-29.

11. Samadiy M.A. Tianlong Deng, Abdullayev B.U., Qodirov Sh.M. Various resources of lithium // Сборник тезисов республиканской конференции с зарубежным участием «Инновационные технологии в химической и строительной отраслях промышленности и решение актуальных экологических проблем» 23-24 ноября 2021 года. С. 28-29.

12. Абдуллаев Б.У., Самадий М.А., Усманов И.И. Физико-химическая характеристика жидких литийсодержащих источников // Usmanov Pkham Ikramovichning 70 yillik yubileyiga bag'ishlangan «Zamonaviy kimyoviy va fizikaviy texnologiyalarda paradigmalar: an'analari va innovatsion yondashuvlarni o'zaro ta'siri» mavzusidagi xalqaro ilmiy-texnikaviy anjumanining maqolalar to'plami. Yangiyer 2022 yil 19-20 oktyabr. С. 134-135.

13. Абдуллаев Б.У., Самадий М.А., Усманов И.И., Абсатторов Д.С. Спрос, применение и масштабы производства соединений лития // Usmanov Pkham Ikramovichning 70 yillik yubileyiga bag'ishlangan «Zamonaviy kimyoviy va fizikaviy texnologiyalarda paradigmalar: an'analari va innovatsion yondashuvlarni o'zaro ta'siri» mavzusidagi xalqaro ilmiy-texnikaviy anjumanining maqolalar to'plami. Yangiyer 2022 yil 19-20 oktyabr. С. 136-137.

14. Абдуллаев Б.У., Самадий М.А., Усманов И.И. Потребность в соединениях лития // Akademik A.G'. G'aniyev va akademik N.A. Parpiyev хотirasiga bag'ishlangan «Kompleks birikmalar kimyosi va analitik kimyo fanlarining dolzarb muammolari» mavzusidagi respublika ilmiy-amaliy konferensiyasining materiallar to'plami. Termiz 2022-yil 19-21 may, 1-qism. С. 438-439.

15. Абдуллаев Б.У., Самадий М.А., Усманов И.И. Мировые сырьевые ресурсы лития // Akademik A.G'. G'aniyev va akademik N.A. Parpiyev хотirasiga bag'ishlangan «Kompleks birikmalar kimyosi va analitik kimyo fanlarining dolzarb muammolari» mavzusidagi respublika ilmiy-amaliy konferensiyasining materiallar to'plami. Termiz 2022-yil 19-21 may, 1-qism. С. 404-406.

16. Абдуллаев Б.У., Самадий М.А., Усманов И.И., Махмаёров Ж.Б. Месторождения литийсодержащих жидких источников и их характеристики // O'zbekiston respublikasi fanlar akademiyasining 80 yilligiga bag'ishlangan

«Farg‘ona vodiysida fan va texnologiya» mavzusidagi ilmiy konferensiyasining materiallar to‘plami. Namangan 2023-yil 11-12 may. С. 393-395.

17. Абдуллаев Б.У., Самадий М.А., Усманов И.И., Махмаёров Ж.Б. Современные методы извлечения лития из водных ресурсов // O‘zbekiston respublikasi fanlar akademiyasining 80 yilligiga bag‘ishlangan «Farg‘ona vodiysida fan va texnologiya» mavzusidagi ilmiy konferensiyasining materiallar to‘plami. Namangan 2023-yil 11-12 may. С. 413-415.

18. Абдуллаев Б.У., Усманов И.И., Махмаёров Ж.Б., Самадий М.А. Извлечение соединений лития из жидких источников // Международная научно-практической конференции «Теоретическая и экспериментальная химия и современные проблемы химической технологии» Карши 2023. 20-октябрь С. 123-126.

19. Абдуллаев Б.У., Усманов И.И., Самадий М.А. Запаси, ресурсы, экономика, потребност в соединениях лития // Материалы Международной научно-технической конференции, посвященной 90-летию со дня создания Института общей и неорганической химии Академии наук Республики Узбекистан и 80-летию со дня создания Академии наук Республики Узбекистан. 16-17 ноября Ташкент 2023 года. С. 461-462.

Avtoreferat “O‘zbekiston kimyo” jurnali tahririyatida  
tahrirdan o‘tkazilib, o‘zbek, rus va ingliz tillaridagi matnlar o‘zaro  
muvofiglashtirildi.

**Bosmaxona litsenziyasi:**



**9338**

Bichimi: 84x60 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. «Times New Roman» garniturası.  
Raqamli bosma usulda bosildi.  
Shartli bosma tabog‘i: 2,75. Adadi 100 dona. Buyurtma № 48/24.

Guvohnoma № 851684.  
«Tipograff» MCHJ bosmaxonasida chop etilgan.  
Bosmaxona manzili: 100011, Toshkent sh., Beruniy ko‘chasi, 83-uy.