

TERMIZ DAVLAT UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMY DARAJALAR BERUVCHI
DSc.03/31.01.2023.K/T.78.01 RAQAMLI ILMY KENGASH
ASOSIDAGI BIR MARTALIK ILMY KENGASH

TERMIZ DAVLAT UNIVERSITETI

JIYANOVA SAYYORA IBRAGIMOVNA

**MAHALLIY XOMASHYOLAR ASOSIDA TEXNIK VA TOZA KREMNIY
OLISH TEXNOLOGIYASINI ISHLAB CHIQISH VA QO‘LLANILISHI**

02.00.13-Noorganik moddalar va ular asosidagi materiallar texnologiyasi

TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI

Termiz-2024

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferati mundarijasi
Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам
Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD) on technical sciences

Jiyanova Sayyora Ibragimovna

Mahalliy xomashyolar asosida texnik va toza

kremniy olish texnologiyasini ishlab chiqish va qo'llanilishi.....3

Жиянова Сайёра Ибрагимовна

Разработка технологии получения технического

и чистого кремния на основе местного сырья и применение.....21

Jiyanova Sayyora Ibragimovna

Development of technology for obtaining of technical

and pure silicon based on local raw materials and application.....39

E'lon qilingan ilmiy ishlar ro'uxati

Список опубликованных работ

List of published works.....42

TERMIZ DAVLAT UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc.03/31.01.2023.K/T.78.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH
ASOSIDAGI BIR MARTALIK ILMIY KENGASH

TERMIZ DAVLAT UNIVERSITETI

JIYANOVA SAYYORA IBRAGIMOVNA

**MAHALLIY XOMASHYOLAR ASOSIDA TEXNIK VA TOZA KREMNIY
OLISH TEXNOLOGIYASINI ISHLAB CHIQISH VA QO‘LLANILISHI**

02.00.13-Noorganik moddalar va ular asosidagi materiallar texnologiyasi

TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI

Termiz-2024

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2024.2.PhD/T4583 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya Termiz davlat universitetida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengash veb-sahifasida (tersu.uz) va «ZiyoNet» axborot ta'lim portalida (www.ziynet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar:

Eshmurodov Xurshid Esanberdiyevich
texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori, dotsent

Rasmiy opponentlar:

Turayev Zokirjon
texnika fanlari doktori, professor

Shukurov Dilmurod Xursanovich
texnika fanlari falsafa doktori

Yetakchi tashkilot:

Qarshi davlat universiteti

Dissertatsiya himoyasi Termiz davlat universiteti huzuridagi ilmiy darajalar beruvchi DSc.03/31.01.2023.K/T.78.01 raqamli ilmiy kengash asosidagi bir martalik ilmiy kengashning «21» XI 2024-yil soat 14⁰⁰ dagi majlisida bo'lib o'tadi. Manzil: 190111, Termiz shahri, Barkamol avlod ko'chasi, 43-uy. Tel.: (+99876) 221-74-55, faks: (+99876) 221-71-17, e-mail: termizdu@umail.uz

Dissertatsiya bilan Termiz davlat universitetining Axborot resurs markazida tanishish mumkin (№267 raqami bilan ro'yxatga olingan). Manzil: 190111, Termiz shahri, Barkamol avlod ko'chasi, 43-uy. Tel.: (+99876) 221-74-55, faks: (+99876) 221-71-17, e-mail: termizdu@umail.uz

Dissertatsiya avtoreferati 2024-yil «7» XII kuni tarqatildi.
(2024-yil «7» XII dagi 16- raqamli reyestr bayonnomasi).



I.A.Umbarov
Ilmiy darajalar beruvchi
ilmiy kengash raisi, t.f.d., prof.

Sh.A.Kasimov
Ilmiy darajalar beruvchi
ilmiy kengash kotibi, k.f.d., prof.

R.V.Aliqulov
Ilmiy darajalar beruvchi
ilmiy kengash qoshidagi
ilmiy seminar raisi, k.f.d., prof.

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiya annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Bugungi kunda dunyoda aholi sonining o'sib borishi bilan energiyaga bo'lgan talab oshib bormoqda. Dunyoning ko'plab mamlakatlari qatori mamlakatimizda ham yashil energiya, xususan quyosh energiyasidan foydalanish ushbu talabni qondirish bilan birga, qayta tiklanmaydigan energiya zahiralarini tejash va ularni qimmatbaho mahsulotlar ishlab chiqarishga yo'naltirish imkonini beradi. Bu borada, quyosh panellari ishlab chiqarish va ulardan foydalanish hajmini keskin oshirish, quyosh panellarining asosiy elementi bo'lgan kremniyni tabiiy manbalardan olishning arzon va energiya tejamkor usullarini ishlab chiqish muhim ahamiyat kasb etadi.

Jahonda mahalliy xomashyolar asosida texnik va toza kremniy ishlab chiqarishning samarador usullarini hamda texnologiyalarini ishlab chiqish va takomillashtirish bo'yicha ilmiy-tadqiqotlar olib borilmoqda. Bu borada, iqtisodiy samaradorlikni oshirish va raqobatbardosh mahsulotlar ishlab chiqarishni ta'minlash maqsadida yangi turdagi zamonaviy texnologiyalarni joriy etishga, tarkibida kremniy dioksidi yuqori bo'lgan kvarts qumi konlaridan samarali foydalanishga, texnik va toza kremniy olish texnologiyalarini ishlab chiqish orqali qayta tiklanadigan energiya tizimlari uchun zarur materiallarni mahalliyashtirishga, shu bilan birga, energiya tejamkor, xavfsiz, samarali usullarni joriy etishga alohida e'tibor berilmoqda.

Mamlakatimizda kimyoviy texnologiya sohasida, kimyo sanoatida mahalliy xomashyolardan sanoat va elektrotexnik qurilmalar uchun zarur mahsulotlarni ishlab chiqarish yo'nalishida samarali natijalarga erishilmoqda, jumladan mahalliy kvarts qumlaridan kremniy olishda va uni ishlab chiqarishga joriy etish bo'yicha ko'plab ilmiy tadqiqot ishlari amalga oshirilmoqda. Yangi O'zbekistonning 2022-2026-yillardagi taraqqiyot strategiyasida¹ "iqtisodiyotni rivojlantirish ustuvor yo'nalishlari belgilangan hamda mahalliy xomashyo resurslarini qayta ishlash asosida, yuqori qo'shilgan qiymatli tayyor mahsulot turlarini ko'paytirish, sifat jihatdan yangi mahsulot va texnologiya turlarini o'zlashtirish" bo'yicha muhim vazifalar belgilab berilgan. Bu borada, jumladan, mahalliy xomashyolar asosida xorijdan import qilinayotgan quyosh panellari uchun asosiy mahsulot texnik kremniy undan toza kremniy olish, uning sifati va yaroqlilik muddatini oshirish yo'nalishida ilmiy-tadqiqot ishlari olib borish muhim ahamiyat kasb etadi.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi PF-60-son, "2022-2026-yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida" gi, 2021-yil 9-iyundagi PF-6244-son "Hududlarning sanoat salohiyatini oshirishga doir qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida" gi Farmonlari, 2020-yil 12-avgustdagi PQ-4805-son "Kimyo va biologiya yo'nalishlarida uzluksiz ta'lim sifatini va ilm-fan natijadorligini oshirish chora-tadbirlari to'g'risida" gi, PQ-57-son, 2023-yil 16-fevraldagi "2023-yilda qayta tiklanuvchi energiya manbalarini va energiya tejovchi texnologiyalarni joriy etishni jadallashtirish chora-tadbirlari to'g'risida" gi Qarorlari hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda

¹O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi PF-60-sonli "2022-2026-yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida" gi Farmoni

belgilangan vazifalarni amalga oshirishda ushbu dissertatsiya tadqiqoti natijalari muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotlarning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo‘nalishlariga mosligi. Ushu tadqiqot Respublikada fan va texnika taraqqiyotining VII. “Kimyo texnologiyalar va nanotexnologiyalar” ustuvor yo‘nalishga muvofiq bajarilgan.

Muammoni o‘rganilganlik darajasi. Dunyoning rivojlangan mamlakatlarida texnik va fotoelektrik polikristall kremniy olish bo‘yicha ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Xususan, xorijlik olimlar Ben Fradj Manel, Gallala Wissem, Abdeljaouad Saadilar tomonidan kvarts qumlarini tozalash va aralashmalarni olib tashlash ustida ishlar olib borilgan. Sulistiyani, Erfan Priyambodo, Larasti Yogantari ham kvarts qumini yuvish, tozalash jarayonini shoh aroq‘i, bidistillangan suv, H_2SO_4 va HCl yordamida amalga oshirganlar. Shu bilan birga V.N.Verigin, V.A.Tkachenko va ularning shogirdlari elektr yoyli pechlarda kremniy olish texnologiyasini ishlab chiqishgan. B.Xakalash, M.Tangstad, K.Yolkin, O.Katkov kremniy va uning qotishmalarini tiklash mexanizmi va pechga qaytarish usullarini ishlab chiqqanlar. N.Nemchinova yuqori tozalikdagi kremniy olishning karbotermik qaytarish usulini ishlab chiqqan. O.B.Saloviye, B.P.Masenko, I.A.Xloopenova elektr yoyli pechlarda rux yordamida qaytarish orqali texnik kremniy olish ustida ishlaganlar. Radja A.L., Mikel S. magnitotermik usulda kvartsdan olingan kremniyning tozaligini vaqtga va haroratga bog‘liqligini o‘rganganlar. Suxova A.V., Vladimir N.Jarkin, Oleg A.Kisarin va Tatyana V.Kritskayalar trixlorosilanni sintezi bo‘yicha tadqiqot olib borganlar. O‘zbekistonda U.A.Arifov nomidagi Ion-plazma va lazer texnologiyalari instituti olimlari B.M.Abduraxmanov, M.A.Kosteskiy, X.B.Ashurov, M.Sh. Kodirovlar tomonidan elektr yoyli pechda karbotermik qaytarish orqali texnik kremniy olish samaradorligini olib borilgan tajribalar asosida o‘rganganlar va Kr1, Kr0, Kr00 markali texnik kremniy olish jarayonlari ustida ilmiy tadqiqot ishlarini olib borganlar.

Kremniyning yuqori narxi va etishmasligi quyosh energetikasini rivojlantirishda, undan keng miqiyosda foydalanishda kuzatilayotgan kamchiliklardan biri hisoblanadi. Bundan tashqari yurtimizda qo‘yilayotgan quyosh panellari tayyor holda xorijdan olib kelinmoqda. Shu sababdan quyosh energiyasiga bo‘lgan talabning ortib borayotgani, yurtimizda bu ehtiyojlarni qondira oladigan toza kremniy ishlab chiqarish bo‘yicha yangi energiya tejovchi va texnologik jihatdan sodda jarayonlarni tashkil etish zaruriyati paydo bo‘ldi. Mazkur tadqiqot ishimiz ushbu zaruriyatlarni qisman bo‘lsada bartaraf etishga qaratilgan.

Tadqiqotning dissertatsiya bajarilgan ilmiy-tadqiqot muassasasining ilmiy tadqiqot ishlari rejalarini bilan bog‘liqligi.

Dissertatsiya ishi Termiz davlat universiteti ilmiy tadqiqot ishlari rejasidagi bajarilishi 2024-2028-yillarga mo‘ljallangan FL-8323102103-son “Yangi avlod yarimo‘tkazgichli tandem quyosh elementlari va ularni samaradorligini cheklovchi elektron-kovak tashish jarayonlari” mavzusidagi fundamental loyihasi doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi mahalliy kvarts qumlaridan metallotermiya usulida texnik va toza kremniy olish texnologiyasini ishlab chiqishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

mahalliy kvarts qumlarining konlari va zahiralarini o'rganish orqali tarkibida kremniy oksid miqdori ko'p bo'lgan manbalarni tanlab olish;

mahalliy kvarts qumlarining tarkibini zamonaviy tadqiqot usullari yordamida aniqlash va fizik-mexanik, kimyoviy va fizik-kimyoviy usullarda boyitish yo'llarini ishlab chiqish;

boyitilgan kvarts qumlaridan metallotermik qaytarish orqali kremniy olish jarayonining maqbul sharoitlarini aniqlash;

kvarts qumlaridan olingan texnik kremniyning tozaligi va fazalar tarkibini fizik-kimyoviy analizning zamonaviy usullari yordamida aniqlash;

mahalliy kvarts qumlaridan texnik va toza kremniy olish texnologiyasini ishlab chiqish va olingan kremniy qo'llash bo'yicha tadqiqotlar olib borish.

Tadqiqotning obyekti sifatida mahalliy kvarts qumlari, ulardan olingan texnik va toza kremniy olingan.

Tadqiqot predmeti mahalliy kvarts qumlarining tarkiblarini o'rganish, kvarts qumidan texnik va toza kremniy olish usullarini tahlil qilish, kremniy olishning maqbul sharoitlarni aniqlash hisoblanadi.

Tadqiqotning usullari. Dissertatsiyada kvarts qumlarining tarkibini, ulardan olingan kremniyning tozaligini aniqlash uchun skanerlovchi elektron mikroskopiya (SEM), rentgen fazali va rentgenflouressent tahlil, infraqizil spektroskopiya (IQ), Emission yarimmiqdoriy spektral tahlili (EYaS) kabi zamonaviy fizik-kimyoviy tadqiqot usullaridan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

mahalliy kvarts qumlarining tarkibi zamonaviy analiz usullarida aniqlanib, ularni boyitish usullari ishlab chiqilgan va boyitilgan kvarts qumlari tarkibidagi kremniy oksiddan texnik kremniy olishning maqbul sharoitlari magniyotermiyada reaksiyaning maqbul harorati 800°C , boshlang'ich moddalarning mol nisbati $\text{Mg}:\text{SiO}_2=2:1$ bo'lishi, aralash usulda maqbul harorat 1800°C va boshlang'ich moddalarning mol nisbati $\text{Al}:\text{Mg}:\text{SiO}_2=1:0,2:1,33$ bo'lishi aniqlangan;

mahalliy kvarts qumlaridan magniyotermiya usulida 75% unumdagi va 94% tozalikdagi, aralash usulda 99,24% va 80,48% tozalikdagi texnik kremniy olingan;

magniyotermik usullarda texnik kremniy olish jarayonida hosil bo'ladigan magniy silitsiddan toza kremniy olishning samarador usullari qo'llanilib, 99,417% tozalikdagi kremniy olingan va toza kremniy olish usuli ishlab chiqilgan;

mahalliy kvarts qumlari tarkibidagi kremniy oksiddan metallotermik usullarda olingan texnik va toza kremniyning tozalik darajasi rentgen fazali, emission yarimmiqdoriy, rentgen-flouressent, SEM, element tahlil kabi fizik-kimyoviy tahlilning zamonaviy usullari yordamida isbotlangan;

mahalliy kvarts qumlari tarkibidagi kremniy oksiddan texnik va toza kremniy olish texnologiyasi ishlab chiqilgan va olingan kremniydan magnetron changlatish usulida kremniyli qatlam olingan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

mahalliy kvarts qumlari tarkibidagi kremniy oksiddan texnik va toza kremniy olingan;

kremniy oksiddan texnik va toza kremniy olish jarayonida dastlabki moddalarning mol nisbatlari, reaksiya harorati va reaksiya davomiyligining reaksiya unumiga hamda olingan kremniyning tozaligiga ta'siri aniqlangan;

mahalliy kvarts qumlari tarkibidagi kremniy oksiddan texnik va toza kremniy olish texnologiyasi ishlab chiqilgan;

mahalliy kvarts qumlari tarkibidagi kremniy oksiddan texnik va toza kremniy ishlab chiqarishning texnik-iqtisodiy asoslari ishlab chiqilgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi. Tadqiqot ishida boyitilmagan va boyitilgan kvarts qumlari, ulardan kremniy olish jarayonining oraliq hamda yakuniy mahsulotlarining tarkibi va fizik-kimyoviy xususiyatlari IQ-spektroskopiya, rentgenofaza, elektron mikroskopik, element tahlil kabi zamonaviy fizik-kimyoviy tadqiqot usullaridan foydalanilgan holda aniqlangan.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati mahalliy xomashyolardan metallotermik usul bilan texnik va toza kremniy olishning maqbul sharoitlari aniqlanganligi, texnik kremniy olish jarayonida hosil bo'ladigan magniy silitsiddan toza kremniy olish imkoni yaratilganligi hamda olingan toza kremniyning polikristall kremniy ekanligi zamonaviy analiz usullarida isbotlanganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati mahalliy kvarts qumlari tarkibidagi kremniy oksiddan texnik va toza kremniy ajratib olish, texnik kremniy turli qotishmalar tayyorlashda va silanli usulda toza kremniyga aylantirishda foydalanishga, shuningdek olingan toza kremniy magnetron changlatish usulida quyosh panellari uchun kremniyli qoplamalar olishda ishlatishga xizmat qiladi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinganligi. Mahalliy kvarts qumlari asosida texnik va toza kremniy olish texnologiyasini ishlab chiqish bo'yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

mahalliy kvarts qumlari tarkibidagi kremniy oksiddan texnik va toza kremniy olish texnologiyasi "FOTON" AJ da amaliyotga joriy etilgan ("FOTON" AJ ning 08.05.2024 yildagi № 100-sonli ma'lumotnomasi va Uzeltexsanoatning 10.05.2024 yildagi № 04-3/651 sonli xati). Natijada kvarts qumlaridan texnik va toza kremniy olish imkoni yaratilgan;

mahalliy xomashyolar asosida olingan texnik va toza kremniy "FOTON" AJ da kremniyli qotishmalar va kremniyli plyonkalar olish uchun amaliyotga joriy qilingan ("FOTON" AJ ning 08.05.2024 yildagi № 100-sonli ma'lumotnomasi va Uzeltexsanoatning 10.05.2024 yildagi № 04-3/651 sonli xati). Natijada kvarts qumlaridan olingan texnik kremniydan kremniyli qotishmalar hamda polikristall kremniy asosida kremniyli plyonkalar olish imkoni yaratilgan.

Tadqiqot natijalarning aprobatsiyasi. Tadqiqot natijalari 14 ta, jumladan, 6 ta respublika miqyosida va 8 ta xalqaro konferensiyalarda muhokama qilingan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinishi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha 20 ta ilmiy ish chop etilgan. Shulardan, 6 ta maqola O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasining doktorlik dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda, jumladan Respublika nashrlarida 2 ta va xorijiy jurnallarda 4 ta maqola, bittasi Scopus bazasida indekslangan jurnalda nashr etilgan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya kirish, to‘rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati va ilovadan tashkil topgan, 107 betdan iborat.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zaruriyatiga asoslangan, maqsad va vazifalar, tadqiqot ob’ektlari va predmetlari berilgan, tadqiqotning O‘zbekiston Respublikasida fan va texnologiyalarni rivojlantirishning ustuvor yo‘nalishlariga mosligi ko‘rsatilgan, uning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon qilingan, olingan natijalarning ishonchliligi asoslangan, nazariy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, tadqiqot natijalarining amaliyotga joriy etish istiqbollari bo‘yicha xulosa qilingan hamda chop etilgan ishlar va dissertatsiyaning tuzilishi bo‘yicha ma’lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiya ishining **“Kremniyning tabiiy manbalari, tabiiy manbalardan texnik va toza kremniy olishning zamonaviy holati hamda usullari”** deb nomlangan birinchi bobida kremniyning tabiiy birikmalari, tabiiy birikmalardan kremniy olish usullari, kremniy ishlab chiqarishning hozirgi holati, texnik va toza kremniyning sanoatda, elektrotexnikada qo‘llanilishiga doir adabiyotlar tahlil qilingan. Bunda mahalliy xomashyolar tarkibidagi kremniy oksidning ulushi, birikmalar tarkibidan turli usullarda kremniy ajratib olish, texnik va toza kremniyning tozalik darajasi, texnik hamda toza kremniyning turli sohalarda qo‘llanilishiga alohida e’tibor qaratilgan.

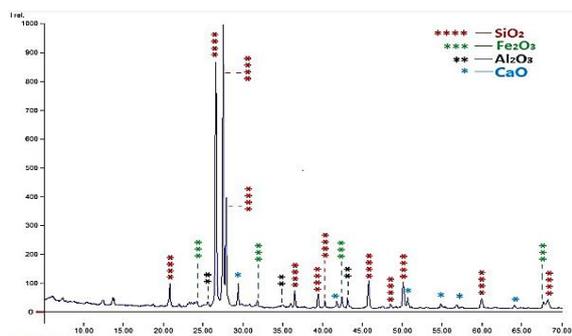
Dissertatsiya ishining **“Tadqiqot vositalari va metodologiyasi, tabiiy manbalardan texnik va toza kremniy olish jarayoni tadqiqoti”** deb nomlangan ikkinchi bobida tadqiqot uchun tanlangan obyektlar, tadqiqot usullari hamda qo‘llanilgan asboblar-uskunalar, mahalliy kvarts qumlarini boyitish jarayoni va natijalari, boyitilgan kvarts qumlaridan magniyotermiya, alyuminotermiya, aralash va boshqa usullarda kremniy olish bo‘yicha tajribalar bayoni keltirilgan.

1-jadval

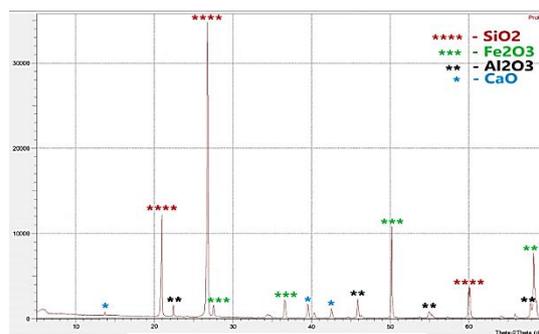
Surxondaryo viloyatining turli hududlaridagi qum namunalari EYaS tahlili

T/r	Mineral (namuna) lar olingan joy nomlari	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO
		massa ulishi, foizda						
1.	“Jerdanak” kvarts koni	<95,7	<1,2	0,03	<0,1		2,5	0,07
2.	Uchqizil qumi	<53,2	<1,4	0,04	0,04	<0,1	0,1	0,5
3.	Amudaryo daryosi qumi	<42,6	<0,8	0,009	0,2	<0,1	0,3	0,04
4.	Jarqorgon qumi	<59,6	<2,6	0,09	1,4	<0,1	0,2	0,04
5.	Boysun tog‘i minerali	<64,8	<2,9	0,04	1,4	<0,1	1,4	0,04
6.	Surxondaryo daryosi qumi	<42,6	<3,7	0,009	0,7	<0,1	4,3	0,3
7.	“To‘rqoqsoy” kvarts koni	<74	<2,3	0,03	0,9	<0,1	4,3	0,5
8.	Sherobod daryosi qumi	<53,2	<2,3	0,01	0,14	<0,1	4,3	3,3

Mahalliy kvarts qumlarini boyitish jarayoni va natijalari. Tadqiqotda dastlab Surxondaryo viloyatining turli hududlaridagi kvarts qumlarining tarkibini aniqlash maqsadida EYaS va rentgen fazaviy tahlillari amalga oshirilgan (1-jadval).



1-rasm. “Jerdanak” koni kvarts qumining rentgen fazaviy tahlili



2-rasm. “To’rqoqsoy” kvarts qumining rentgen fazaviy tahlili

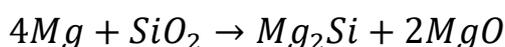
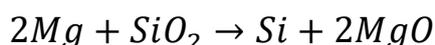
Sherobod tumani “Jerdanak” kvarts koni qumining rentgen fazaviy tahlili natijasida uning tarkibi quyidagilardan iborat ekanligi aniqlandi: SiO₂-96%, Al₂O₃-1,2%, Fe₂O₃-2,5% ni qolgan qismi esa boshqa birikmalardan iborat ekanligi aniqlandi (1-rasm). Sariosiyo tumani “To’rqoqsoy” kvarts konidan olingan namuna rentgen fazaviy tahlili qilinganda SiO₂-73,7%, Al₂O₃-2,3%, Fe₂O₃-4,3% ekanligi aniqlandi. Tadqiqotda jadvaldagi tahlil natijalaridan foydalanib, Sherobod tumanidagi “Jerdanak” kvarts koni qumi, Sariosiyo tumani “To’rqoqsoy” kvarts koni qumi, Boysun tog‘i minerallari tanlab olindi. Kvarts qumlari tarkibida SiO₂ dan tashqari qo‘shimcha moddalar mavjud ekanligi tahlillarda aniqlangan (2-jadval).

2-jadval

Boyitilgan kvarts qumlarining qayta EYaS tahlili

T/r	Mineral (namuna)lar olingan joy nomlari	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO
		massa ulishi, foizda						
1.	“Jerdanak” kvarts koni	>98,7	>0,01	>0,003	0,043	>0,001	0,12	>0,001
2.	“To’rqoqsoy”kvarts koni	>80,3	>0,01	>0,003	0,068	>0,001	0,34	>0,001
3.	Boysun tog‘i minerali	>72,4	>0,01	>0,003	0,053	>0,001	0,41	>0,001

Boyitilgan kvarts qumlaridan magniyotermiya usulida texnik kremniy olish. Magniyotermik usulda texnik kremniy olish uchun kremniy oksidi va magniy 2:1, 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, 1:7 mol nisbatlarda olindi. Tayyor reaksiyon aralashma yuqori bosimli press yordamida tabletka shaklida presslandi. Har bir namuna kvarts shisha idishlarga solinib, ichidagi havoni chiqarish maqsadida dastlab argon gazi bilan to‘ldirildi va vermukilitli olovbardosh elim bilan germetiklandi. Shundan so‘ng vakuum hosil qilish uchun havo tortuvchi nasos bilan argon tortib olindi. Reaksiya 600°C, 800°C, 1000°C, 1200°C, 1400°C, 1600°C, 1800°C haroratlarda 2, 4, 6, 8, 10 soat davomida olib borildi. 1200°C gacha haroratlardagi reaksiyalar elektr pechda, 1400-1800°C haroratlardagi reaksiyalar esa, elektr yoy pechida o‘tkazildi.



Reaksiya mahsulotlari distillangan suvda 3 marta, 35% li xlorid kislota eritmasida ikki marta yuvilib, filtrlandi. Olingan filtrat 110°C da quritish pechida quritildi. Olingan texnik kremniy rentgen fazali va element analiz qilindi.

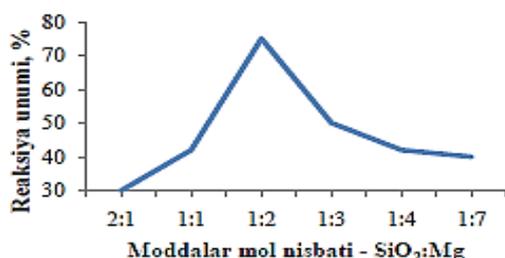
600°C haroratda olib borilgan reaksiyada kremniy ulushi 27% ni tashkil qildi. Reaksiya 200°C oraliq bilan 600°C dan 1800°C gacha haroratlarda olib borilganda, 800°C da kremniy ulushining eng yuqori miqdoriga erishildi va 75% ni tashkil qildi. Bundan yuqori haroratlarda hosil bo'lgan erkin kremniyning ortiqcha magniy bilan reaksiyaga kirishib ketishi sababli reaksiya mahsulotida erkin kremniy miqdori kamayib, magniy silitsid miqdori ortib borganligi kuzatildi (3-jadval).

3-jadval

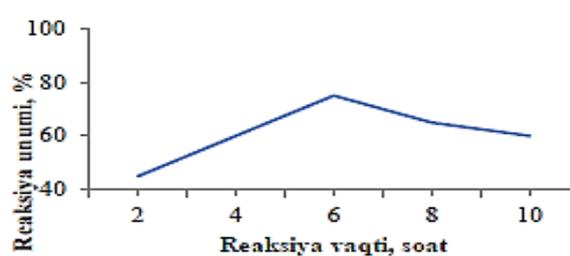
Turli haroratlarda olib borilgan reaksiya mahsulotlarining ulushi

Tarkibiy qismlar	Reaksiya harorati						
	600°C	800°C	1000°C	1200°C	1400°C	1600°C	1800°C
Al ₂ O ₃	0,066	0,0320	0,20	0,173	0,12	0,09	0,03
Si	27	75,0	72,20	65,540	58,47	57,30	56,70
SiO ₂	50,4	7,90	0,640	0,520	0,48	0,36	0,17
Fe ₂ O ₃	0,08	0,014	0,136	0,117	0,35	0,33	0,03
MgO	18,6	16,1	18,03	16,650	17,21	19,92	23,07
Boshqa qo'shimchalar	3,854	0,954	8,524	17,0	23,37	22,0	20,0

Reaksiya unumining dastlabki moddalar mol nisbatiga bog'liqligi o'rganildi (3-rasm). Kremniy oksid va magniyning 1:2 mol nisbatida, 800°C haroratda turli vaqtlarda tajriba o'tkazildi. Har bir vaqtdagi reaksiya mahsuloti tozalanib, yuvilgandan so'ng qayta rentgen fazaviy tahlili amalga oshirildi. Unga ko'ra eng maqbul reaksiya vaqti 6 soat ekanligi ma'lum bo'ldi (4-rasm). Bunda reaksiya unumi 75% tashkil etdi.



3-rasm. Reaksiya unumining dastlabki moddalar mol nisbatiga bog'liqligi



4-rasm. Reaksiya unumining vaqtga bog'liqligi

Reaksiya davomiyligi 2 soatdan 6 soatgacha bo'lganida unum oshib boradi. Reaksiya 6 soatdan ko'p davom etganda unum biroz kamaygani kuzatildi.

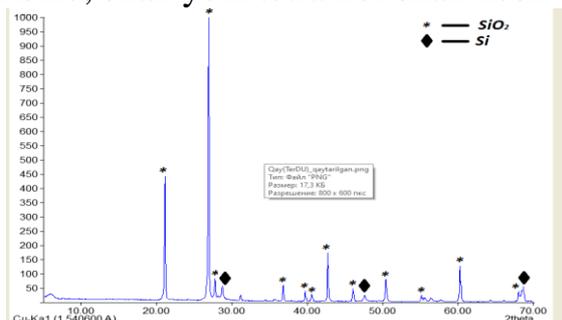
4-jadval

Reaksiya mahsulotlari tarkibining reaksiya davomiyligiga bog'liqligi

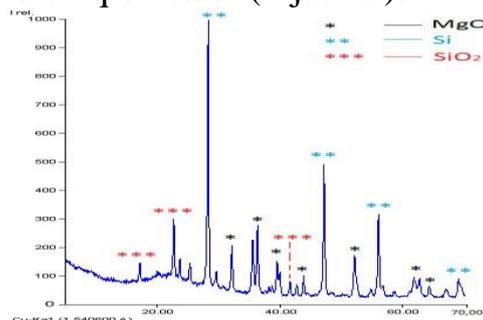
Reaksiya vaqti	Reaksiya harorati	Al ₂ O ₃	Si	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	MgO
2 soat	800°C	0,048	52,40	8,1	0,110	10,03
4 soat	800°C	0,036	66,70	7,92	0,160	9,43
6 soat	800°C	0,032	75,0	7,9	0,0140	16,10
8 soat	800°C	0,028	70,80	6,7	0,090	17,90
10 soat	800°C	0,026	62,0	6,0	0,088	21,20

Buning sababi reaksiya ko'p vaqt davom etganda ortiqcha magniy hosil bo'lgan kremniy bilan reaksiyaga kirishadi va magniy silitsid hosil bo'la boshlaydi. Reaksiya

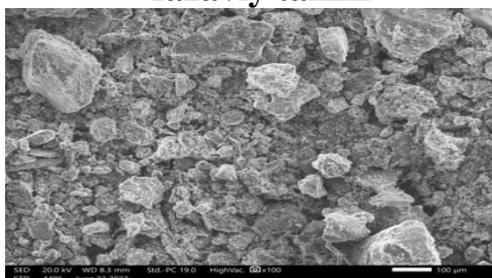
mahsulotlari yuvilganida magniy silitsid suv va xlorid kislota bilan reaksiyaga kirishib, silan yoki tetraxlor silan hosil qiladi va chiqib ketadi (4-jadval).



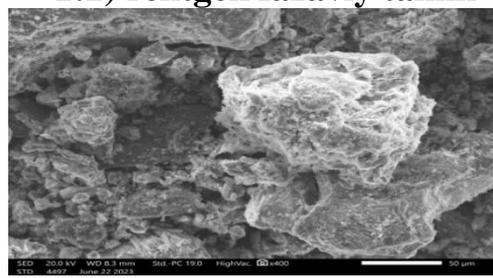
5-rasm. 600°C dagi SiO₂:Mg= 1:2 reaksiya mahsulotining rentgen fazaviy tahlili



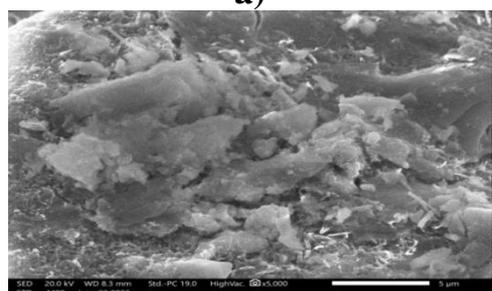
6-rasm. 800°C da olib borilgan reaksiya mahsuloti ning (SiO₂:Mg= 1:2) rentgen fazaviy tahlili



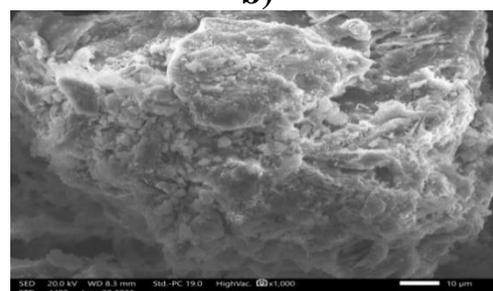
a)



b)



c)

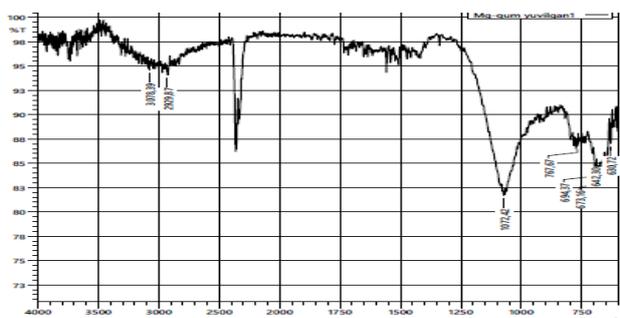


d)

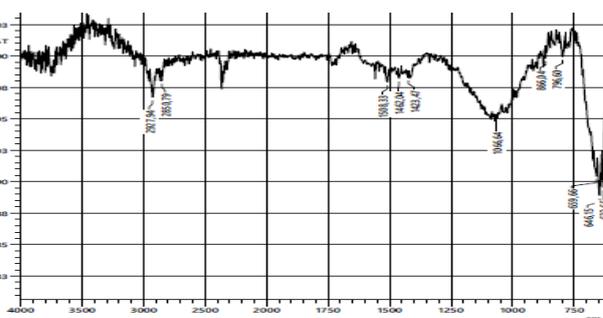
7-rasm. 600°C (a, c) va 800°C (b, d) da olib borilgan reaksiya mahsulotlarining yuvishdan oldingi (a, b) va yuvishdan keyingi (c, d) (SiO₂: Mg= 1:2) SEM tahlillari

600°C va 800°C da olib borilgan reaksiya mahsulotlari yuvishdan oldin va keyin SEM da tahlil qilindi. 600°C da olib borilgan reaksiya mahsulotining yuvishdan oldingi (7a-rasm) SEM tasvirlarida magniy oksidiga va magniy silisidga tegishli, yuvishdan keyingi (7c-rasm) SEM tasvirida yaxlit sirtni ko‘rish mumkin. 800°C da olib borilgan reaksiya mahsulotining yuvishdan oldingi (7b-rasm) SEM tasvirlarida kam miqdorda magniy oksidiga va magniy silisidga tegishli qismlarni ko‘rish mumkin, yuvishdan keyingi (7d-rasm) SEM tasvirida yaxlit sirtni ko‘rish mumkin. 800°C haroratda sirtida yaltiroqlik xususiyatlari kuzatilgan.

Mg va boyitilgan kvarts qumi (Mg:SiO₂ = 2:1) 800°C haroratda olib borilgan reaksiya mahsulotining tozalashdan oldingi va keyingi namunalari IQ-spektroskopiya usulida o‘rganildi. 8-rasmda keltirilgan Mg va boyitilgan kvarts qumi orasidagi reaksiya mahsulotining IQ-spektr tahlilida 1072,42 sm⁻¹ sohada kristall kremniyga xos bo‘lgan tebranishni kuzatish mumkin. Shuningdek, 767,67 sm⁻¹ sohada Mg₂Si va 694,37 sm⁻¹ sohada MgO ga tegishli tebranishlar bor.



8-rasm. 800°C da olingan mahsulotning (SiO₂:Mg= 1:2) yuvishdan oldingi IQ-spektri



9-rasm. 800°C da olingan mahsulotning (SiO₂:Mg= 1:2) yuvishdan keyingi IQ-spektri

5-jadval

600°C va 800°Cda olingan mahsulotlarining (Mg: SiO₂=2:1) tozalangandan keying EYaS tahlili natijalari

№	T, °C	Si	Al	Ca	Na	K	Fe	Mg	P	B	Mn	Cu	Ni
1	600	<86	0,3	1,44	1,0	<0,1	>2,0	>15	0,03	0,05	0,002	0,001	0,005
2	800	<94	0,3	0,03	1,0	<0,1	>0,3	>15	0,02	-	0,002	0,0008	0,0008

5-jadvaldan ko‘rinadiki, Mg:SiO₂ = 2:1 mol nisbatida 600°C da kristall kremniyning tozaligi 86% ni, 800°C haroratda 94% ni tashkil etgan.

Aralash usulda kremniyni qaytarish. Boyitilgan kvarts qumlari, magniy, alyuminiydan har xil mol nisbatlarda olindi va aralashtirilib, 1300°C da 6 soat davomida reaksiya olib borildi. Olingan namunalarning har biri ikki bo‘lakka bo‘lindi.

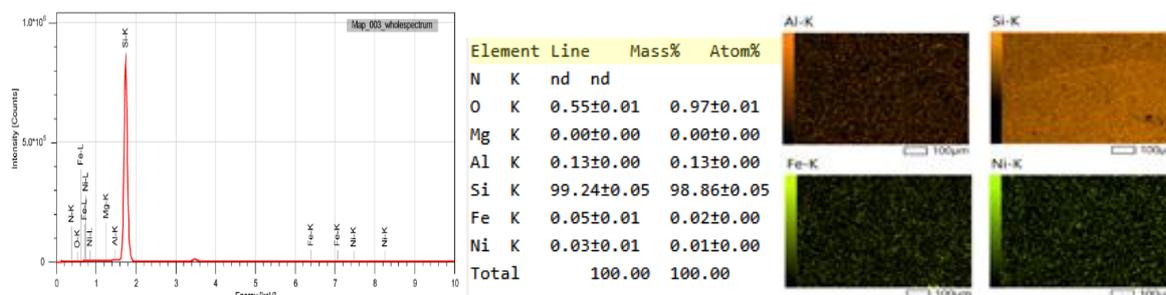
6-jadval

Reaksiya natijasida olingan mahsulotlarning EYaS tahlillari

№	Namunaning nomi	Si	Al	Ca	Na	K	Fe	Mg	P	B	Mn	Cu	Ni
1	Al:Mg:SiO ₂ 0,2:2:1 yuvilgan	25	0,2	0,03	0,03	<0,1	0,07	0,3	0,02	0,06	0,002	0,0006	0,1
2	Al:Mg:SiO ₂ 0,2:2:1 yuvilmagan	25	0,4	0,006	0,15	<0,1	0,2	15	0,01	0,02	0,002	0,02	0,4
3	Al:Mg:SiO ₂ 1:0,1;1,33 yuvilgan	20	20	0,006	0,5	<0,1	3	0,2	0,02	0,006	0,02	0,001	8
4	Al:Mg:SiO ₂ 1:0,1;1,33 yuvilmagan	18	23	0,01	1	<0,1	5	0,6	0,02	0,006	0,02	0,001	12
5	Al:Mg:SiO ₂ 1:0,2;1,33 yuvilgan	28	15	0,02	0,7	<0,1	3	0,3	0,01	0,005	0,01	0,01	6
6	Al:Mg:SiO ₂ 1:0,2;1,33 yuvilmagan	25	15	0,008	0,1	<0,1	3	2	0,01	0,01	0,02	0,008	8

Aralash usulda o'tkazilgan reaksiya mahsulotlarining SEM tahlil natijalari

T, °C	Elementlar, %							
	Mol nisbatlar	N	O	Mg	Al	Si	Fe	Ni
1800	Al:Mg:SiO ₂ =1:0,2:1,33	-	0,55	-	0,13	99,24	0,05	0,03
	Al:Mg:SiO ₂ =0,2:2:1	-	18,42	0,30	0,47	80,48	0,30	0,02



10-rasm. Al:Mg:SiO₂=1:0,2:1,33 mol nisbatdagi reaksiya mahsulotining SEM tahlili

Reaksiya natijasida olingan texnik kremniyning tozalik darajasi 99,24% ga teng bo'lgan (7-jadval).

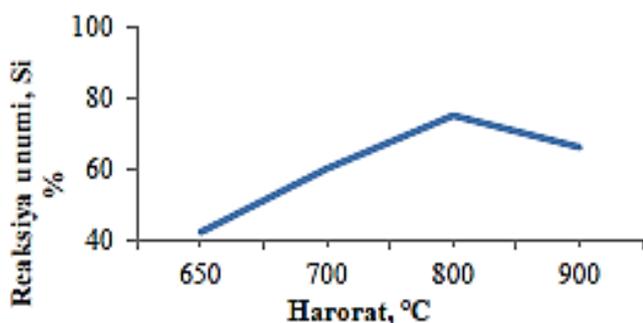
Dissertatsiyaning “Magniy silitsiddan toza kremniy olish jarayoni tadqiqoti” deb nomlangan uchinchi bobida magniyotermiyada hosil bo'lgan magniy silitsiddan toza kremniy olish, texnik kremniydan silan va tetraxlorsilan olish hamda ularni parchalab toza kremniy olish hamda changlatish usulida toza kremniydan yupqa plyonkalar olish va kremniyning amaliyotda qo'llanilishi bo'yicha olib borilgan tadqiqotlar natijalari berilgan.

Kremniy dioksidini magniotermik qaytarilish jarayonida dastlabki moddalar nisbatiga, shuningdek, reaksiya mahsulotlaridagi magniy silitsid miqdoriga qarab kremniy unumi natijalari olindi. Turli haroratlarda har xil mol nisbatlarda SiO₂ va Mg aralashmasida reaksiyalar amalga oshirildi. Dastlab tajriba 650°C, 700°C, 800°C, 900°C haroratlarda 6 soat davomida Mg:SiO₂ (2:1 mol nisbatda) o'tkazildi.

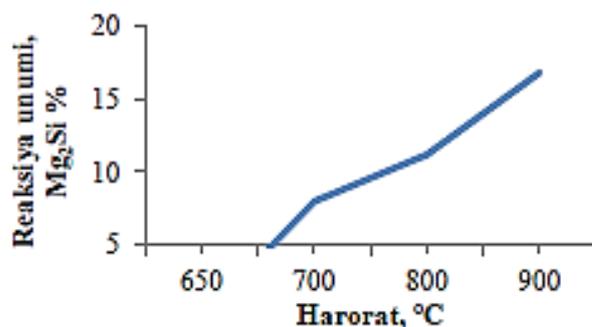
650°C haroratda magniy silitsid hosil bo'lmagan. Harorat ortib borgan sari magniy silitsid hosil bo'lgan va haroratga to'g'ri proporsional tarzda ortib borgan. Tahlil natijasiga ko'ra 800°C optimal harorat ekanligi aniqlandi. Bunda texnik kremniyning ajratilish unumi 75% ni ga teng va tozaligi 94% tashkil etgan (8-jadval).

Mg:SiO₂=2:1 mol nisbatda olingan reaksiya mahsulotlarining haroratga bog'liqligi

Reaksiya haroratlari, °C	Moddalarning mol nisbati	Vaqt	Si, %	Mg ₂ Si, %
650	Mg:SiO ₂ 2:1	6 soat	42	-
700			60	8
800			75	11,2
900			66	16,8

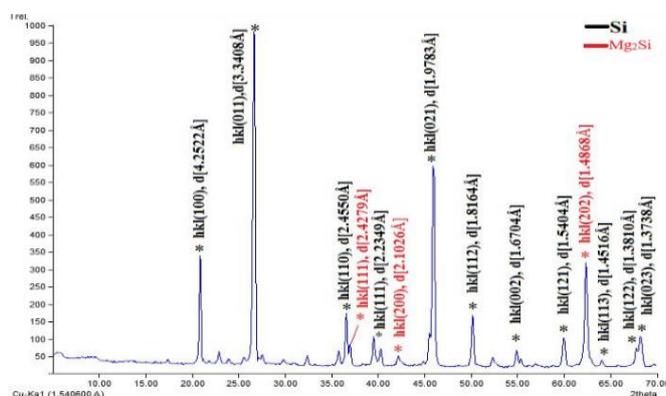


11-rasm. Reaksiyada TK unumining haroratga bog‘liqligi

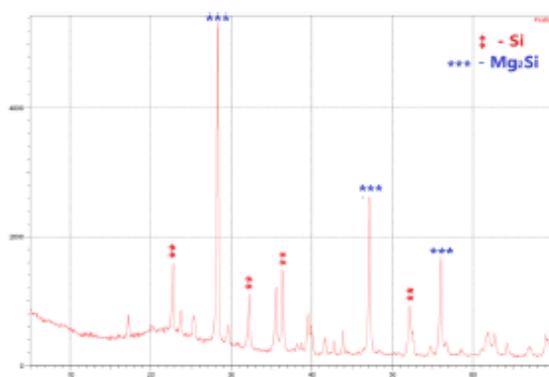


12-rasm. Reaksiyada Mg₂Si hosil bo‘lishining haroratga bog‘liqligi

Harorat ko‘tarilgan sari hosil bo‘lgan kremniy ortiqcha magniy bilan birikib, magniy silitsid yoki magniy oksidini hosil qildi. Bu reaksiya natijasida hosil bo‘lgan kremniy texnik kremniy rentgen flouressent usulida tahlil qilinganda uning tozalik darajasi $\approx 93,6\%$ tashkil etganligi aniqlandi.



13-rasm. 800°C haroratdagi reaksiya mahsulotining rentgen fazaviy tahlili



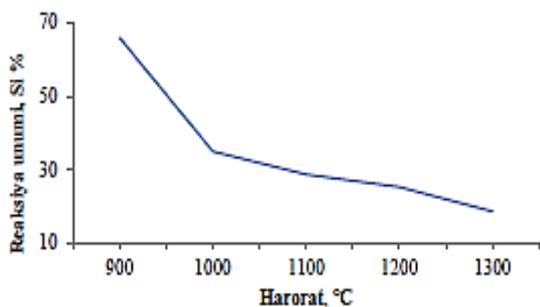
14-rasm. 1300°C haroratdagi reaksiya mahsulotining rentgen fazaviy tahlili

Reaksiya harorati 900°C dan 1500°C gacha oshganda magniy silitsid hosil bo‘lish unumi ham ortdi (9-jadval).

9-jadval

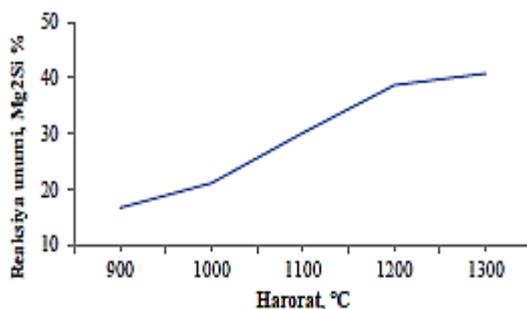
Mg: SiO₂=4:1 mol nisbatda olingan reaksiya mahsulotlari hosil bo‘lish unumining haroratga bog‘liqligi

Reaksiya haroratlari, °C	Moddalarning mol nisbati	Vaqt	Si, %	Mg ₂ Si, %
900	Mg:SiO ₂ 4:1	2 soat	66	16,8
1000			35	21,2
1100			28,7	30,2
1200			25,3	38,7
1300			18,6	40,8
1400			18,3	40,83
1500			17,9	40,87

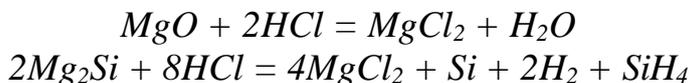


15-rasm. Si hosil bo‘lish unumining haroratga bog‘liqligi

Magniy silitsiddan silan olish hamda uni parchalab toza kremniy olish jarayonlari va natijalari. Magniyotermik qaytarilish natijasida olingan mahsulotlari (kremniy, magniy oksidi, magniy silitsid, magniy silikatlar) va reaksiyaga kirishmagan kremniy (IV) oksidini o‘z ichiga olgan kukun 35% xlorid kislotada yuvildi.



16-rasm. Mg₂Si hosil bo‘lish unumining haroratga bog‘liqligi



Bu reaksiya natijasida hosil bo‘lgan kremniy ham toza bo‘lmaganligi sababli, silandan foydalanib kremniy oldik.



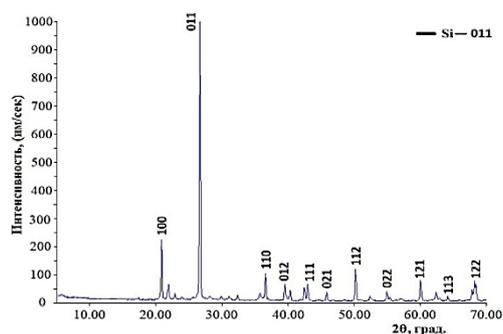
Bu reaksiyani amalga oshirish uchun deametri 28 mm bo‘lgan reaktor kvars shihsasi orasiga diametri 20 mm bo‘lgan uzun shisha naycha o‘tkazildi va hosil bo‘lgan silan gazi nay ichiga yo‘naltirildi. Ushbu tajribamiz 200-500°C harorat oralig‘da bir necha marta amalga oshirildi. Harorat 200°C, 300°C bo‘lganda natija qoniqarli bo‘lmadi. 400°C haroratdan boshlab mayda kristall shaklda kremniy ajralib chiqdi. Temperatura ortgan sayin deyarli miqdor o‘zgarmadi. Har bir tajriba kamida 2 soat davomida bajarildi. Tajribamiz natijasida olingan kremniyning miqdori kam bo‘lsada tozalik darajasi Rentgen fazaviy va rentgenflouressent tahlil qildirganimizda 99,417% tashkil etdi.

Sample : @edk
Operator: QFB
Comment : Quick&easy Air-Metal
Group : detail
Date : 2023-07-04 14:46:43

Quantitative Result

Analyte	Result	[3-sigma]	Proc.-Calc.	Line	Int. (cps/uA)
Si	99.417 %	[0.342]	Quan-FP	SiKa	42.3109
S	0.404 %	[0.016]	Quan-FP	S Ka	0.2590
Al	0.179 %	[0.081]	Quan-FP	AlKa	0.0310

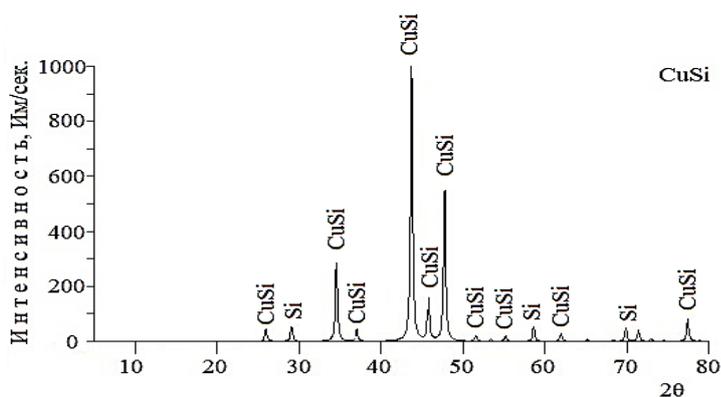
17-rasm. Olingan toza kremniyning rentgen flouressent element tahlili



18-rasm. Olingan toza kremniyning rentgen fazaviy tahlili

Olingan toza kremniy listiga magnetron changlatish usulida yupqa plyonkalar qoplangan. YBH-73 magnetron changlatish qurilmasida Cu katod (magnetron) va anod sifatida Si taglikdan foydalanildi. 10^{-5} Pa li vakuum olindi va qurilmaga kislorod kiritilib vakuum 10^{-2} Pa gacha tushirildi, katoddan neytral Cu atomlarini ionlashtirish uchun inert gaz argon kiritildi. Argon katodga borib urilib, neytral Cu

atomlarini urib chiqaradi va chiqqan neytral atomlar magnetronli usulda changlanib, Si (anodga) kelib o‘tiradi.

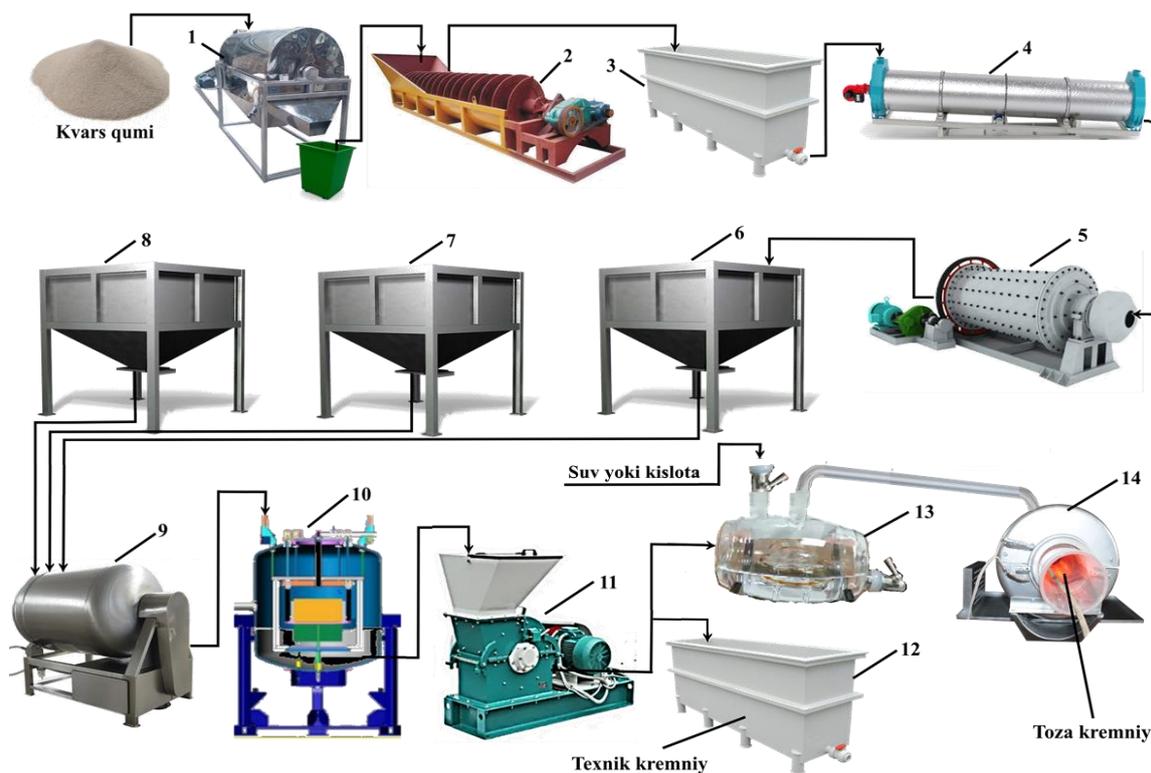


19-rasm. Si yuzasiga magnetron changlatish usulida qoplangan CuSi ning rentgen faza tahlili

Bu usulda 200-400 nm bo‘lgan qalinlikdagi namunani o‘stirishimiz mumkin. Magnetronli changlatish usulida 400 nm qalinlikda o‘stirilgan (olingan) Si yupqa taglik qatlam (podloshka) yuzasiga magnetron changlatish usulida Cu qatlam o‘stirildi. Cu ni magnetron changlatish usulida Si taglik qatlam yuzasiga qoplaganimizda Cu bilan Si o‘zaro yaxshi diffuziyalanib CuSi yupqa qatlamli plyonka

hosil bo‘ldi, bu rentgen tahlilida yaqqol ko‘rinib turibdi.

Dissertatsiyaning “**Tabiiy manbalardan toza kremniy olish texnologiyasi va texnik-iqtisodiy asoslari**” deb nomlangan to‘rtinchi bobida tabiiy manbalardan texnik va toza kremniy olish texnologiyasi hamda texnik-iqtisodiy asoslar berilgan.



1-elak; 2-suvda yuvish uchun bunker; 3-qlorid kislotada yuvish uchun bunker; 4-quritish barabani; 5-tegirmon; 6-boyitilgan kvars qumi uchun bunker; 7- magniy uchun bunker; 8- alyuminiy uchun bunker; 9-barabanli aralastirgich; 10-reaktor; 11-tegirmon; 12-yuvish kolonnasi; 13-silan hosil bo‘lish reaktori; 14-toza kremniy olish reaktori

20-rasm. Mahalliy kvars qumlaridan texnik va toza kremniy olish texnologiyasi

20-rasmda mahalliy kvarts qumlaridan texnik va toza kremniy olishning texnologik sxemasi keltirilgan bo'lib, bunda kvarts qumi dastlab elakdan o'tkaziladi. Shu yo'l bilan qum tarkibidagi yirik qo'shimchalardan tozalanadi. Qum tarkibidagi kremniy oksidning o'lchami asosan 1 mm gacha bo'lganligi uchun 1-elakdan o'tkazilganida kremniy oksidning ulushi 1-2% ga ortadi. Qumning elakdan o'tgan qismi 2-bunkerda uch marta distillangan suvda, keyin 3-bunkerga o'tkazilib, xlorid kislotada yuviladi. Qumda kislota qoldig'i qolmasligi uchun 3-bunkerning o'zida ikki marta distillangan suvda yuviladi. Yuvilgan qum 4-quritish barabaniga o'tkaziladi va 110°C da 4 soat davomida quritiladi. Boyitilgan qum 5-tegirmonda maydalanadi va 6-bunkerga o'tkaziladi. Mazkur bunkerdan tarozida o'lchanib, 9-aralashtirgich barabanga o'tkaziladi. 7-saqlash bunkeridan magniy, yoki 8-saqlash bunkeridan alyuminiy, yohud ikkalasi tegishli nisbatda tarozida o'lchanib, ular ham 9-aralashtirish bunkeriga yuklanadi va 20 minut davomida aralashtiriladi. Olingan aralashma 10-reaktorga yuklanadi va presslanadi. Germetik yopiq holatda reaktorning harorati ko'tariladi. Magniyotermik qaytarish reaksiyasi 1300°C gacha, alyuminotermiya esa 1600°C gacha haroratda olib boriladi. Reaktordagi reaksiya aralashma magniyotermiyada 6 soat, alyuminotermiyada 8 soat maksimal haroratda ushlab turiladi. Reaksiya tugaganidan keyin reaksiya aralashma reaktorning o'zida sovitilib, reaktordan chiqariladi. Qotib qolgan reaksiya aralashma 11-tegirmonda maydalanib, tarkibidagi kremniy boyitiladi va ajratib olinadi. Buning uchun maydalangan reaksiya aralashma aralashtirgich va gaz yig'gich bilan jihozlangan 12-yuvish kolonnasida dastlab uch marta suv yordamida, ikki marta xlorid kislotada va ikki marta ishqor yordamida yuviladi. Natijada tarkibida 90-96% gacha kremniy bo'lgan texnik kremniy olinadi. Olingan texnik kremniydan yuqori tozalikdagi kremniy olish uchun u silan yoki xlorsilanlarga o'tkaziladi va 350-400°C da parchalanadi (13-14-reaktorlar).

Toza kremniy ishlab chiqarishning texnik-iqtisodiy asoslari. Mahalliy kvarts qumlaridan texnik va toza kremniy olish bugungi kunda tez suratlarda rivojlanib borayotgan quyosh energetikasining juda qimmat va asosiy elementi bo'lgan kremniyning mamlakatimizning o'zida eng arzon xomashyodan olish va sohani rivojlantirishda yangi qadamlardan biri bo'ladi. Biz tomonimizdan ishlab chiqilgan texnologiya asosida texnik va toza kremniy olish uchun ketadigan xarajatlar shartli ravishda bir kilogramm tayyor mahsulot uchun faqat xomashyo narxi va barcha xarajatlar hisoblangan holatlarda jadvallar ko'rinishida taqdim etildi (10-16-jadvallar).

10-jadval

Magniy yordamida 1 kg texnik kremniy ishlab chiqarish uchun xomashyo narxi

№	Xom ashyolar	Xom ashyo narxi 1 kg uchun, so'm	1 kg texnik kremniy olish uchun xomashyo, kg	1 kg texnik kremniy narxi
1	Kvarts qumi	100	3	300
2	Magniy	200 000	2,4	480 000
Jami				480 300

Bunda kvarts qumining narxi kondan foydalanish uchun to'lanadigan to'lovlar, qazib olish va tashish xarajatlarini (o'rtacha 100 km ga) hisobga olgan holatda

o'rtacha qiymatda olindi.10-jadvaldan ko'rinadiki, magniyotermik usulda 1 kg texnik kremniy ishlab chiqarish uchun 480 300 so'mlik xomashyo sarflanadi.

Taklif qilingan magniyotermik usulda texnologiya asosida ishlab chiqariladigan 1 kg texnik kremniyning tannarxi **659 968,5** so'mni tashkil etadi (11-jadval).

11-jadval
Magniy yordamida ishlab chiqarilgan
1 kg texnik kremniyning tannarxi

Nomlari	Bahosi so'mda
Xomashyolar	480 300
Ish haqi	50 000
Yagona ijtimoiy to'lov15%	7 500
Ko'zda tutilmagan xarajatlar	10 000
Rentabellik, 5%	27 390
QQS, 15%	84 778,5
1 kg mahsulot tannarxi, so'm	659 968,5

12-jadval
Alyuminiy yordamida ishlab
chiqarilgan 1 kg texnik
kremniyning tannarxi

Nomlari	Bahosi so'mda
Xomashyolar	200 300
Ish haqi	50 000
Yagona ijtimoiy to'lov15%	7 500
Ko'zda tutilmagan xarajatlar	10 000
Rentabellik, 5%	23 390
QQS, 15%	97 068,5
1 kg mahsulot tannarxi, so'm	388 258,5

Taklif qilingan alyuminotermik usulda texnologiya asosida ishlab chiqariladigan 1 kg texnik kremniyning tannarxi 388 258,5 so'mni tashkil etadi (12-jadval).

13-jadval
Aralash usulda 1 kg texnik kremniy ishlab chiqarish uchun xomashyo narxi

№	Xom ashyolar	Xom ashyo narxi 1 kg uchun, so'm	1 kg texnik kremniy olish uchun xom ashyo, kg	1 kg texnik kremniy narxi
1	Kvars qumi	100	3	300
2	Magniy	200 000	1	200 000
3	Alyuminiy	80 000	2,5	200 000
Jami				400 300

14-jadval
Aralash usulda ishlab chiqarilgan 1 kg
texnik kremniyning tannarxi

Nomlari	Bahosi so'mda
Xomashyolar	400 300
Ish haqi	50 000
Yagona ijtimoiy to'lov15%	7 500
Ko'zda tutilmagan xarajatlar	10 000
Rentabellik, 5%	23 390
QQS, 15%	97 068,5
1 kg mahsulot tannarxi, so'm	588 258,5

15-jadval
1 kg toza kremniyning tannarxi

Nomlari	Bahosi so'mda
Xomashyolar	400 300
Ish haqi	130 000
Yagona ijtimoiy to'lov15%	49 500
Ko'zda tutilmagan xarajatlar	100 000
Rentabellik, 5%	150 000
QQS, 15%	94 425
1 kg mahsulot tannarxi, so'm	830 000

Taklif qilingan aralash usulda ishlab chiqariladigan 1 kg texnik kremniyning tannarxi 588 258,5 soʻmni tashkil etadi (14-jadval).

Olinadigan toza kremniyning tannarxi hisoblab chiqilgan va hisoblash natijalari 15-jadvalda keltirilgan, jadvalga koʻra 1 kg toza kremniyning tannarxi 830 000 soʻmni tashkil etadi.

XULOSALAR

1. Mahalliy kvarts qumlarining tarkibi Rentgen-fluorescent va rentgen fazaviy tahlil usullarida aniqlanib, metallotermik qaytarish orqali kremniy olish uchun eng samaralisi tanlab olindi va boyitish usullari ishlab chiqildi.

2. Boyitilgan kvarts qumlari tarkibidagi kremniy oksiddan polikristall kremniy magniyotermik, alyuminotermik va aralash usullarda qaytarib olish jarayonining kinetikasi oʻrganilib, maqbul sharoitlar aniqlandi.

3. Boyitilgan kvarts qumlaridagi kremniy oksiddan olingan texnik va polikristall kremniyning tarkibi va tozaligi rentgen-fluorescent tahlil, rentgen fazaviy tahlil, skanerlovchi elektron mikroskopiya va elementar tahlil usullari yordamida oʻrganildi. Natijada, kremniyning tozaligi boʻyicha sinflarga ajratilib, klassifikatsiya qilindi.

4. Magniyli qaytarishda 600°C haroratda olib borilgan tajribada unumi 27 % tozaligi 87 %, 800°C da esa unumi 75%, tozaligi esa 94% tashkil etdi. Aralash usulda $Al:Mg:SiO_2=1:0,2:1,33$ mol nisbatda tozaligi 99,24% ni, $Al:Mg:SiO_2=0,2:2:1$ mol nisbatda esa 80,48% ni tashkil etdi. Toza kremniyning tozaligi 99,417% ekanligi aniqlandi.

5. Mahalliy kvarts qumlarini boyitish, tarkibidan polikristall kremniy magniyotermik, alyuminotermik va aralash usullarda qaytarib olishning texnologiyasi hamda texnik-iqtisodiy asoslari ishlab chiqildi.

6. Mahalliy xomashyolar asosida olingan texnik va toza kremniy “FOTON” AJ da kremniyli qotishmalar va kremniyli plyonkalar olish uchun amaliyotga joriy qilindi (“FOTON” AJ ning 08.05.2024 yildagi № 04-3/651 sonli maʼlumotnomasi va Uzeltexsanoatning 10.05.2024 yildagi № 04-3/651 sonli xati). Natijada kvarts qumlaridan olingan texnik kremniydan kremniyli qotishmalar hamda polikristall kremniy asosida kremniyli plyonkalar olish imkoni yaratildi.

**РАЗОВЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ НА БАЗЕ НАУЧНОГО СОВЕТА
DSc.03/31.01.2023.К/Т.78.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
ПРИ ТЕРМЕЗСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

ТЕРМЕЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ДЖИЯНОВА САЙЕРА ИБРАГИМОВНА

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО И
ЧИСТОГО КРЕМНИЯ НА ОСНОВЕ МЕСТНОГО СЫРЬЯ И
ПРИМЕНЕНИЕ**

02.00.13-Технология неорганических веществ и материалы на их основе

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

Термез–2024

Тема докторской диссертации по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан под номером B2024.2.PhD/T4583.

Диссертационная работа выполнена в Термезском государственном университете.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице научного совета www.tertsu.uz и на информационно-образовательном портале «ZiyoNet» по адресу www.ziynet.uz.

Научный руководитель: Эшмуродов Хуршид Эсаббердиевич
доктор философии по техническим наукам, доцент

Официальные оппоненты: Тураев Закиржон
доктор технических наук, профессор

Шукуров Дилмурод Хурсанович
доктор философии технических наук

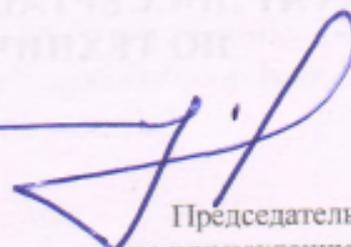
Ведущая организация Каршинский государственный университет

Защита диссертации состоится «21» XII 2024 г. в «14⁰⁰» часов на заседании Разовый Ученый совет на базе Ученого совета DSc.03/31.01.2023.K/T.78.01 при Термезском государственном университете по адресу: 190111, Сурхандарьинская область, г. Термез, ул. Баркамол авлод, 43, Тел.: (+99876)221-74-55, факс: (+99876)221-71-17, e-mail: termizdu@umail.uz.

Диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре в Термезском государственном университете за №267 с которой можно ознакомиться в ИРЦ (190111, Сурхандарьинская область, г. Термез, ул. Баркамол авлод, 43. Тел.: (+99876) 221-74-55, факс: (+99876)221-71-17, e-mail: termizdu@umail.uz).

Автореферат диссертации разослан «7» XII 2024 года.
(Протокол рассылки №16 от «7» XII 2024 года).




И.А.Умбаров
Председатель научного совета
по присуждению ученой степени,
д.т.н., проф.


Ш.А.Касимов
Секретарь ученого совета
по присуждению учёных
степеней, д.х.н., проф.


Р.В.Аликулов
Председатель научного семинара
при научном совете по присуждению
учёных степеней, д.х.н., проф.

Введение (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и необходимость темы диссертации. В настоящее время с ростом населения в мире увеличивается потребность в энергии. Наряду со многими странами мира, в нашей стране использование зеленой энергии, в частности, солнечной энергии, позволяет не только удовлетворить этот спрос, сэкономить запасы невозобновляемые энергетические ресурсы, направив их на производство ценных продуктов. В связи с этим важное значение приобретает значительное увеличение производства и использования солнечных панелей, разработка доступных и энергоэффективных методов получения кремния, основного элемента солнечных панелей, из природного сырья.

В мире ведутся научные исследования по разработке и совершенствованию эффективных методов и технологий производства технического и чистого кремния на основе местного сырья. В этом направлении особое внимание уделяется внедрению современных технологий для повышения экономической эффективности и обеспечения производства конкурентоспособной продукции, эффективному использованию месторождений кварцевого песка с высоким содержанием диоксида кремния, разработке технологий получения технического и чистого кремния с целью локализации производства необходимых материалов для систем возобновляемой энергии, а также внедрению энергоэффективных, безопасных и эффективных методов.

В нашей стране достигаются эффективные результаты в области химической технологии, в химической промышленности, в направлении производства продукции, необходимой для промышленных и электротехнических устройств из местного сырья, в том числе по добыче кремния из местных кварцевых песков и множество научных исследований по его внедрению в производство. «Новая стратегия развития Узбекистана на 2022-2026»¹ устанавливается приоритетами экономики и на основании глубокой обработки местного сырья увеличение продуктов с высокой добавленной стоимостью выявляются качественно новые продукты и технологические виды. По этой причине важно проводить научно-исследовательскую работу в направлении получения технического кремния и чистого кремния из технического кремния - основного продукта для импортных солнечных батарей на основе местного сырья, повышения его качества и срока годности.

Результаты данного диссертационного исследования в определенной степени служат для реализации задач определенных в Указах Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года № ПФ-60, «О новой стратегии рассредоточения Узбекистана на 2022-2026 годы», от 9 июня 2021 года № ПФ-6244 «О дополнительных мерах по повышению промышленного потенциала регионов», от 12 августа 2020 года № Пр-4805 «О мерах по повышению качества непрерывного образования и результативности науки по направлениям химии и биологии», от 16 февраля 2023 года Пр-57 «О мерах по

¹ Указ Президента Республики Узбекистан № ПФ-60 от 28 января 2022 года «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы»

ускорению внедрения возобновляемых источников энергии и энергосберегающих технологий в 2023 году» и в других нормативно-правовых актах, касающихся данной деятельности.

Соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и техники Республики. Данные исследования проводились в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий в республике VII «Химические технологии и нанотехнологии».

Уровень изученности проблемы. В развитых странах мира проводятся научные исследования по получению технического и фотоэлектрического поликристаллического кремния. В частности, над очисткой кварцевого песка и удалением примесей работали зарубежные учёные, такие как Бен Фрадж Манель, Галлала Виссем, Абдельджауад Саади. А также, Сулиштиани, Эрфан Приямбодо, Ларасты Йогантари. Они промывали и очищали кварцевый песок с помощью королевской водки, бидистиллированной воды, серными и соляными кислотами. В то же время В.Н. Веригин, В.А. Ткаченко и его ученики разработали технологию получения кремния в электродуговых печах. Б. Хакалаше, М. Тангстад, К. Ёлкин, О. Катков разработали механизм и способы восстановления кремния и его сплавов. Н. Немчинова разработала метод карботермического восстановления для получения кремния высокой чистоты. О.Б.Саловьев, Б.П.Масенко, И.А.Хлопенова работали над получением технического кремния восстановлением цинком в электродуговых печах. Раджа А.Л., Микель С. исследовали зависимость времени и температуры от чистоты кремния, извлеченного из кварца магнийотермическим методом. Сухова А.В., В.Н.Жаркин, О.А.Кисарин и Т.В.Крицкая провели исследования по синтезу трихлорсилана. В Узбекистане учеными Института ионно-плазменных и лазерных технологий им. У.А. Арифова, Б.М. Абдурахмановым, М.А. Костеским, Х.Б. Ашуровым и М.Ш. Кодировым, на основе проведенных экспериментов была изучена эффективность получения технического кремния методом карботермического восстановления в электродуговой печи, а также проводились научные исследования процессов получения технического кремния марок Кр1, Кр0, Кр00.

Высокая стоимость и нехватка кремния — один из недостатков, наблюдаемых при развитии солнечной энергетики и ее масштабном использовании. Кроме того, солнечные панели, установленные в нашей стране, привозятся из-за границы. Отсюда растущий спрос на солнечную энергию и требует необходимость организации в нашей стране новых энергосберегающих и технологически простых процессов производства чистого кремния, способного удовлетворить эти потребности. Наша исследовательская работа направлена на частичное устранение этих потребностей. Данная исследовательская работа направлена на удовлетворение этой потребности хотя бы частично.

Связь исследования с научными планами высших учебных заведений и научно-исследовательских учреждений, в которых выполнена диссертация. Диссертационная работа выполнена в рамках фундаментального

проекта Термезского государственного университета по теме “Полупроводниковые тандемные солнечные элементы нового поколения и процессы электронно-ковалентного переноса, ограничивающие их эффективность” № FL-8323102103 на 2024-2028 годы.

Цель исследования заключается в разработке технологии получения технического и чистого кремния из местных кварцевых песков методами металлотермии.

Задачи исследования:

выбор источников с большим количеством оксида кремния путем изучения месторождений и запасов местных кварцевых песков;

определение состава местных кварцевых песков с помощью современных методов исследования и разработка методов их обогащения физико-механическими, химическими и физико-химическими способами;

определение оптимальных условий процесса получения кремния методом металлотермического восстановления обогащенных кварцевых песков;

определение чистоты и фазового состава технического кремния, полученного из кварцевых песков, с использованием современных методов физико-химического анализа;

разработка технологии получения технического и чистого кремния из местных кварцевых песков и проведение исследований по применению полученного кремния.

В качестве объекта исследования были выбраны местные кварцевые пески, технический и полученный из них чистый кремний.

Предметом исследований является изучение состава местных кварцевых песков, анализ методов извлечения технического и чистого кремния из кварцевого песка, определение оптимальных условий извлечения кремния.

Методы исследования. В диссертации были использованы современные физико-химические методы исследования, такие как сканирующая электронная микроскопия (СЭМ), рентгенофазовый и рентгенофлуоресцентный анализ, инфракрасная спектроскопия (ИК), эмиссионный полукаличественный спектральный анализ для определения состава кварцевых песков и чистоты полученного из них кремния.

Научная новизна работы заключается в следующем:

современными аналитическими методами определен состав местных кварцевых песков и разработаны методы их обогащения, установлены оптимальные условия получения технического кремния из оксида кремния, содержащегося в обогащенных кварцевых песках: оптимальная температура реакции при магнотермии - 800°C, мольное соотношение исходных веществ - $Mg:SiO_2=2:1$, оптимальная температура при смешанном методе - 1800°C и мольное соотношение исходных веществ $Al:Mg:SiO_2=1:0,2:1,33$ подтверждено экспериментами;

при получении технического кремния из местных кварцевых песков методом магнийотермии достигнута 75% выходность и 94% чистота продукта, а в смешанном методе достигнуты 99,24% и 80,48% чистота.

использованы эффективные методы получения чистого кремния из силицида магния, образующегося в процессе получения технического кремния магнотермическими методами, получен кремний чистотой 99,417% и разработан способ извлечения чистого кремния;

степень чистоты технического и чистого кремния, полученного металлотермическими методами из оксида кремния местных кварцевых песков, подтверждена с помощью современных методов физико-химического анализа, таких как рентгенофазовый анализ, эмиссионный полуколичественный анализ, рентгено-флуоресцентный анализ, СЭМ и элементный анализ.

разработана технология получения технического и чистого кремния из местных кварцевых песков, и с использованием полученного кремния методом магнетронного распыления создан кремниевый слой.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

технический и чистый кремний получали из оксида кремния, содержащегося в местных кварцевых песках;

в процессе получения технического и чистого кремния из оксида кремния определено влияние мольного соотношения исходных веществ, температуры реакции и продолжительности реакции на выход реакции и чистоту получаемого кремния;

разработана технология извлечения технического и чистого кремния из оксида кремния, содержащегося в местных кварцевых песках;

разработаны технико-экономические основы производства чистого кремния из оксида кремния, содержащегося в местных кварцевых песках.

Достоверность результатов исследования. В исследовательской работе были определены состав и физико-химические свойства необогащенных и обогащенных кварцевых песков, промежуточных и конечных продуктов процесса извлечения из них кремния с использованием современных физико-химических методов исследования, таких как ИК-спектроскопия, рентген фазная, электронная микроскопия, элементный анализ.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследований объясняется тем, что определены оптимальные условия получения технического и чистого кремния из местного сырья металлотермическим методом, удалось получить чистый кремний из образующегося при этом силицида магния. Показан способ получения технического и чистого кремния, современными аналитическими методами установлено, что получаемый чистый кремний является поликристаллическим кремнием.

Практическая значимость результатов исследований заключается в извлечении технического и чистого кремния из оксида кремния, содержащегося в местных кварцевых песках, использовании технического кремния при приготовлении различных сплавов и переработке в чистый кремний силановым методом, а также использование полученного чистого кремния в производстве кремниевых покрытий для солнечных батарей методом магнетронного распыления.

Внедрение результатов исследований. На основе полученных научных результатов по разработке технологии извлечения технического и чистого кремния на основе местных кварцевых песков:

В АО «ФОТОН» внедрена в практику технология извлечения технического и чистого кремния из оксида кремния, содержащегося в местных кварцевых песках (Справка №100 от 08.05.2024 АО «ФОТОН» и письмо №04-3/651 Узэлтехсаноат от 10.05.2024). В результате появилась возможность получения технического и чистого кремния из кварцевых песков.

Технический и чистый кремний, полученный на основе местного сырья, применяется в АО «ФОТОН» для получения кремниевых сплавов и кремниевых пленок (Справка №100 от 08.05.2024 АО «ФОТОН» и письмо №04-3/651 Узэлтехсаноат от 10.05.2024). В результате удалось получить кремниевые сплавы из технического кремния, полученного из кварцевых песков и кремниевых пленок на основе поликристаллического кремния.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования обсуждались на 14, в том числе 6 республиканских и 8 международных конференциях.

Опубликование результатов исследования. По теме диссертации опубликовано всего 20 научных работ. Из них 6 статей опубликованы в научных изданиях, в том числе 2 статьи в республиканских изданиях и 4 статьи в зарубежных журналах, которые рекомендованы к публикации основных научных результатов докторских диссертаций Высшей аттестационной комиссией при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан, одна опубликована в журнале, индексируемом Scopus.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений, объем диссертации составил 107 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновывается актуальность и необходимость темы диссертации, приводятся цели и задачи, объекты и темы исследования, оценивается совместимость исследования с приоритетными направлениями развития науки и техники в Республике Узбекистан. Показана его научная новизна и практические результаты, представлены полученные результаты, обоснована достоверность, выявлена теоретическая и практическая значимость, сделаны выводы о перспективах внедрения результатов исследования, а также опубликованы работы и сведения о структуре диссертации.

В первой главе диссертации под названием **«Природные источники кремния, современное состояние и методы извлечения технического и чистого кремния из природных источников»** анализирована литература о природных соединениях кремния, методах получения кремния из природных соединений, современных методах производства кремния, использование технического и чистого кремния в промышленности и электротехнике. Особое

внимание уделено процентному содержанию оксида кремния в местном сырье, извлечению кремния из соединений различными методами, степени чистоты технического и чистого кремния, а также использованию технического и чистого кремния в различных областях.

Во второй главе диссертационной работы под названием «**Инструменты и методика исследования, исследование процессов извлечения технического и чистого кремния из природных источников**» представлены избранные объекты исследования, методы исследования и используемые инструменты и оборудование, процесс и результаты обогащения местных кварцевых песков, эксперименты по получению кремния из обогащенных кварцевых песков магнитоотермическим, алюминиотермическим, смешанным и другими методами. Для производства кремния высокой чистоты целесообразность использования его в качестве основного объекта научной работы обусловлена тем, что содержание SiO_2 в кварцевом песке месторождения «Жерданак» Шерабадского района Сурхандарьинской области составляет 96%.

Процесс и результаты обогащения местных кварцевых песков. В ходе исследования первоначально с целью определения состава кварцевых песков в разных районах Сурхандарьинской области были проведены EYas и рентгенофазовый анализы (табл. 1).

Таблица 1

Результаты полуколичественного спектрального анализа песка в разных районах Сурхандарьинской области

№	Названия места отбора минералов (проб)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO
		Массовая доля, в процентах						
1.	Кварцевый песок месторождения «Жерданак»	<95,7	<1,2	0,03	<0,1		2,5	0,07
2.	Пески Учкызыла	<53,2	<1,4	0,04	0,04	<0,1	0,1	0,5
3.	Речной песок Амударьи	<42,6	<0,8	0,009	0,2	<0,1	0,3	0,04
4.	Песок Джаркургана	<59,6	<2,6	0,09	1,4	<0,1	0,2	0,04
5.	Байсунский горный минерал	<64,8	<2,9	0,04	1,4	<0,1	1,4	0,04
6.	Речной песок Сурхандарьи	<42,6	<3,7	0,009	0,7	<0,1	4,3	0,3
7.	Кварцевый песок месторождения «Туркоксой»	<74	<2,3	0,03	0,9	<0,1	4,3	0,5
8.	Речной песок Шерабада	<53,2	<2,3	0,01	0,14	<0,1	4,3	3,3

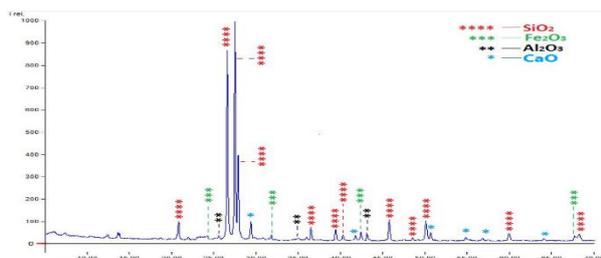


Рис. 1 Рентгенофазовый анализ кварцевого песка «Джерданак»

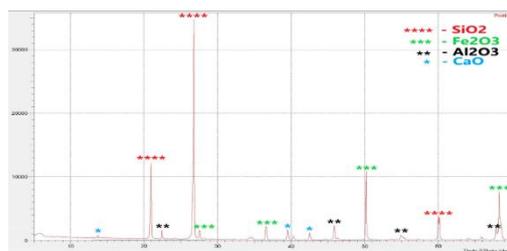


Рис. 2. Рентгенофазовый анализ кварцевого песка «Туркоксой»

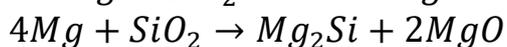
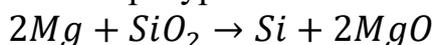
В результате рентгеноспектрального анализа песка кварцевого месторождение «Джерданак» Шерабадского района установлено, что его состав состоит из следующих веществ: SiO_2 -96%, Al_2O_3 -1,2%, Fe_2O_3 -2,5%, а остальную часть составляют другие соединения (рис. 1). Рентгеновский анализ пробы, взятой из кварцевого месторождения «Туркоксой», расположенного в Сарисийском районе, показал, что SiO_2 -73,7%, Al_2O_3 -2,3%, Fe_2O_3 -4,3%. В ходе исследования с использованием результатов анализа, были выбраны песок кварцевого рудника «Джерданак» Шерабадского района, кварцевого рудника «Туркоксой» Сарисийского района и минералы горы Байсун. При анализе выяснилось, что кварцевый песок помимо SiO_2 содержит и другие вещества (Табл. 2).

Таблица 2

Результаты полуколичественного спектрального анализа обогатенных кварцевых песков

№	Названия места отбора минералов (проб)	SiO_2	Al_2O_3	CaO	Na_2O	K_2O	Fe_2O_3	MgO
		Массовая доля, в процентах						
1.	Кварцевый рудник «Жерданак»	>98,7	>0,01	>0,003	0,043	>0,001	0,12	>0,001
2.	Кварцевый рудник «Туркоксой»	>80,3	>0,01	>0,003	0,068	>0,001	0,34	>0,001
3.	Бойсунский горный минерал	>72,4	>0,01	>0,003	0,053	>0,001	0,41	>0,001

Извлечение технического кремния из обогатенных кварцевых песков магнийотермическим методом. Для получения технического кремния магнийотермическим методом оксид кремния и магния брали в мольных соотношениях 2:1, 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, 1:7. Приготовленную реакционную смесь прессовали в таблетки с помощью пресса высокого давления. Каждый образец был помещен в контейнеры из кварцевого стекла, предварительно наполненные аргоном для удаления воздуха внутри и загерметизированные огнестойким клеем на основе вермикулита. После этого аргон отсасывали воздухоотсосом для создания условий вакуума. Реакцию проводили при температурах 600°C, 800°C, 1000°C, 1200°C, 1400°C, 1600°C, 1800°C в течение 2, 4, 6, 8, 10 часов. Реакции при температуре до 1200°C проводились в электропечи, а реакции при температурах 1400-1800°C в электродуговой печи.



Продукты реакции промывали три раза дистиллированной водой, дважды 35%-ным раствором соляной кислоты и фильтровали. Полученный фильтрат сушили в сушильном шкафу при температуре 110°C. Полученный технический кремний подвергнул рентгенофазовому и элементному анализу.

Выход реакции при 600°C составил 27%. При проведении реакции при температуре от 600°C до 1800°C с интервалом 200°C наибольший выход кремния достигался при 800°C и составлял 75% при анализе продуктов реакции методом рентгенофазового анализа. В результате реакции свободного кремния, образующегося при более высоких температурах, с избытком магния наблюдалось уменьшение количества свободного кремния в продукте реакции и увеличение количества силицида магния (табл. 3).

Таблица 3

Соединения продуктов реакции, получаемые при разных температурах

Компоненты	Температура реакции						
	600°C	800°C	1000°C	1200°C	1400°C	1600°C	1800°C
Al ₂ O ₃	0,066	0,0320	0,20	0,173	0,12	0,09	0,03
Si	27	75,0	72,20	65,540	58,47	57,30	56,70
SiO ₂	50,4	7,90	0,640	0,520	0,48	0,36	0,17
Fe ₂ O ₃	0,08	0,014	0,136	0,117	0,35	0,33	0,03
MgO	18,6	16,1	18,03	16,650	17,21	19,92	23,07
Прочии	21,64	6,85	8,794	17,0	23,37	22,0	20,0

Изучена зависимость магнийотермии от мольного соотношения исходных веществ (рис. 3). Эксперимент проводился в разное время при температуре 800°C в мольном соотношении оксида кремния и магния 1:2. После очистки и промывки каждого продукта реакции снова проводили рентгенофазовый анализ. Соответственно, оказалось, что оптимальное время реакции – 6 часов (рис. 4). Выход реакции составил 75%.

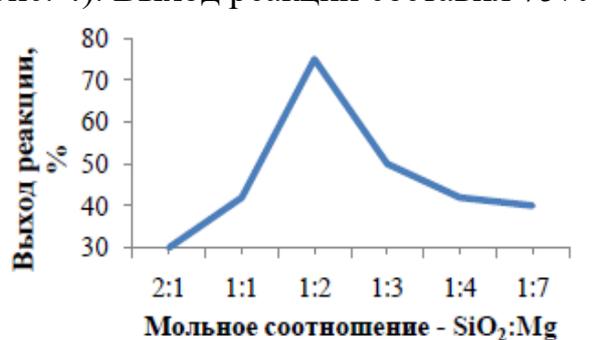


Рис. 3. Зависимость выхода реакции от мольного соотношения исходных веществ



Рис. 4. Зависимость выхода реакции от времени

Производительность увеличивается при продолжительности реакции от 2, до 6 часов. Небольшое снижение выхода наблюдалось, когда реакция продолжалась более 6 часов.

Таблица 4

Зависимость массовой доли продуктов реакции от продолжительности реакции

Время реакции	Температура реакции	Al ₂ O ₃	Si	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	MgO
2 часа	800°C	0,048	52,40	8,1	0,110	10,03
4 часа	800°C	0,036	66,70	7,92	0,160	9,43
6 часов	800°C	0,032	75,0	7,9	0,0140	16,10
8 часов	800°C	0,028	70,80	6,7	0,090	17,90
10 часов	800°C	0,026	62,0	6,0	0,088	21,20

Это связано с тем, что при длительном продолжении реакции избыток магния вступает в реакцию с образовавшимся кремнием и начинает образовывать силицид магния. При отмывании продуктов реакции силицид магния реагирует с водой и соляной кислотой с образованием силана или тетрахлорсилана и выделяется (табл. 4).

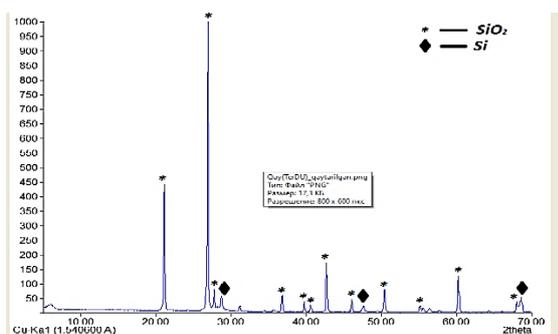


Рис. 5. Рентгенофазовый анализ продукта реакции $\text{SiO}_2:\text{Mg}= 1:2$ при 600°C

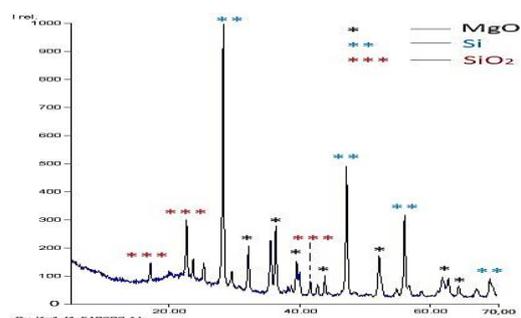
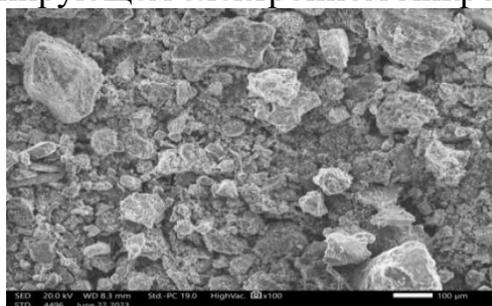
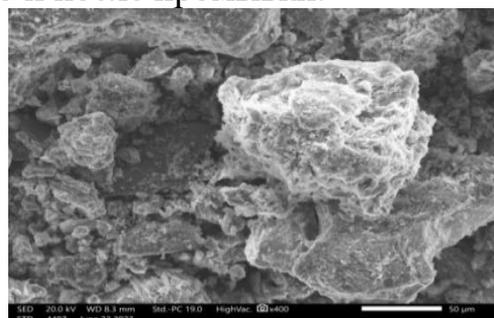


Рис. 6. Рентгенофазовый анализ продукта реакции $\text{SiO}_2:\text{Mg}= 1:2$ при 800°C

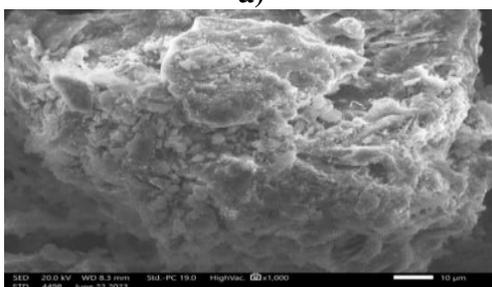
Продукт реакции, проведенной при 600°C и 800°C , анализировали в сканирующем электронном микроскопе до и после промывки.



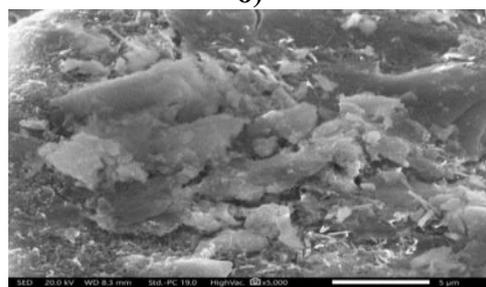
а)



б)



в)



г)

Рис. 7. СЭМ-анализ продукта до промывки (а, б) и после промывки (в, г), реакцию проводили при 600°C (а, в) и 800°C (б, г) ($\text{SiO}_2:\text{Mg}=1:2$)

Оксид магния и силицид магния можно увидеть на СЭМ-изображениях продукта реакции, проведенной при 600°C перед промывкой (рис. 7а), а твердую поверхность можно увидеть на СЭМ-изображении после промывки (рис. 7в). Оксид магния и силицид магния можно увидеть на СЭМ-изображениях продукта реакции, проведенной при 800°C перед промывкой (рис. 7б), а на СЭМ-изображении после промывки (рис. 7г) можно увидеть твердую поверхность. При температуре 800°C на поверхности можно наблюдать блеск.

Методом ИК-спектроскопии исследованы образцы продукта реакции Mg и обогащенного кварцевого песка ($\text{Mg}:\text{SiO}_2=2:1$) при температуре 800°C до и после очистки. При анализе ИК-спектра продукта реакции между Mg и обогащенным кварцевым песком, представленном на рис. 8, можно наблюдать характерную для технического кремния вибрацию в области $1072,42\text{ см}^{-1}$. Также имеются колебания, приписываемые Mg_2Si при $767,67\text{ см}^{-1}$ и MgO при $694,37\text{ см}^{-1}$.

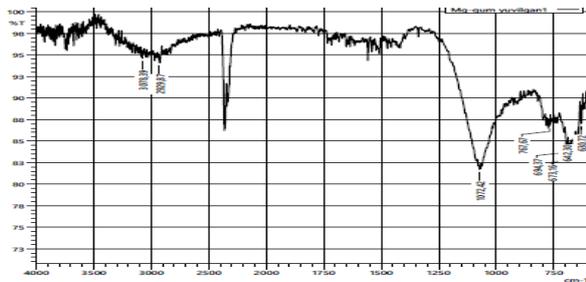


Рис. 8. ИК-спектр продукта, полученного при 800°C (SiO₂:Mg=1:2) до промывки

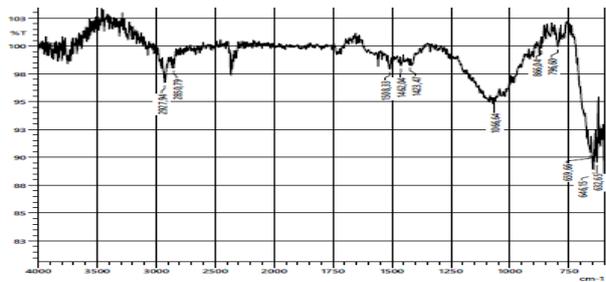


Рис. 9. ИК-спектр продукта, полученного при 800°C (SiO₂:Mg=1:2) после промывки

Таблица 5

Результаты полуколичественного спектрального анализа продуктов, полученных при 600°C и 800°C (Mg:SiO₂=2:1) после очистки

№	T, °C	Si	Al	Ca	Na	K	Fe	Mg	P	B	Mn	Cu	Ni
		Массовая доля, %											
1	600	<86	0,3	1,44	1,0	<0,1	>2,0	>15	0,03	0,05	0,002	0,001	0,005
2	800	<94	0,3	0,03	1,0	<0,1	>0,3	>15	0,02	-	0,002	0,0008	0,0008

Из таблицы 5 видно, что чистота кристаллического кремния при 600°C в мольном соотношении Mg: SiO₂ = 2:1 составила 86%, а при 800°C-94%.

Восстановление кремния при смешивании и других методах. Обогащенный кварцевый песок, магний и алюминий были взяты в различных мольных соотношениях, смешаны и прореагировали при 1300 °C в течение 6 часов. Каждый из полученных образцов был разделен на две части.

Таблица 6

Результаты полуколичественного спектрального анализа продуктов, полученных в результате реакции

№	Название образца	Si	Al	Ca	Na	K	Fe	Mg	P	B	Mn	Cu	Ni
		Массовая доля, %											
1	Al:Mg:SiO ₂ 0,2:2:1 промытый	25	0,2	0,03	0,03	<0,1	0,07	0,3	0,02	0,06	0,002	0,0006	0,1
2	Al:Mg:SiO ₂ 0,2:2;1 не мытый	25	0,4	0,006	0,15	<0,1	0,2	15	0,01	0,02	0,002	0,02	0,4
3	Al:Mg:SiO ₂ 1:0,1;1,33 промытый	20	20	0,006	0,5	<0,1	3	0,2	0,02	0,006	0,02	0,001	8
4	Al:Mg:SiO ₂ 1:0,1;1,33 не мытый	18	23	0,01	1	<0,1	5	0,6	0,02	0,006	0,02	0,001	12
5	Al:Mg:SiO ₂ 1:0,2;1,33 промытый	28	15	0,02	0,7	<0,1	3	0,3	0,01	0,005	0,01	0,01	6
6	Al:Mg:SiO ₂ 1:0,2;1,33 не мытый	25	15	0,008	0,1	<0,1	3	2	0,01	0,01	0,02	0,008	8

Таблица 7

Результаты СЭМ-анализа продуктов реакции, проведенного смешанным методом

T, °C	Элементы, %							
	Мольное соотношение	N	O	Mg	Al	Si	Fe	Ni
	1800	Al:Mg:SiO ₂ =1:0,2:1,33	-	1,55	-	0,13	99,24	0,05
	Al:Mg:SiO ₂ =0,2:2:1	-	18,42	0,30	0,47	80,48	0,30	0,02

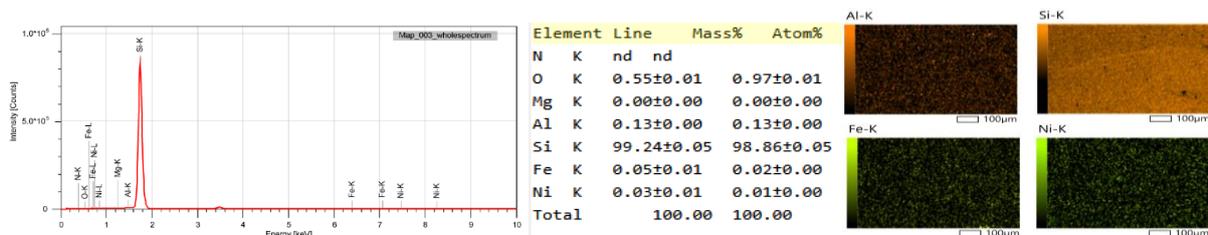


Рис.10. СЭМ и элементный анализы образца Al:Mg:SiO₂=1:0,2:1,33

Чистота технического кремния, полученного в результате реакции, составила 99,24% (табл.7).

В третьей главе диссертации под названием «Исследование процесса извлечения чистого кремния из силицида магния» представлены результаты исследований по получению чистого кремния из магнийсилицида, образованного в результате магнийтермии, получению силана и тетрахлорсилана из технического кремния, их разложению для получения чистого кремния, а также нанесению тонких плёнок чистого кремния методом распыления и практическому применению кремния.

В результате процесса магнийтермического восстановления диоксида кремния были получены результаты выхода кремния в зависимости от соотношения исходных материалов, а также от количества магнийсилицида в продуктах реакции. Реакции проводились при различных температурах и молярных соотношениях смеси SiO₂ и Mg. Первоначально эксперименты проводились при температурах 650°C, 700°C, 800°C, 900°C в течение 6 часов при молярном соотношении Mg(2:1).

При температуре 650°C магнийсилицид не образовывался. С повышением температуры происходило образование магний силицида, и его количество увеличивалось пропорционально температуре. Согласно результатам анализа, оптимальная температура составляет 800°C. В этом случае выход технического кремния составил 75%, а его чистота достигала 94% (табл. 8).

Таблица 8

Температурная зависимость продуктов реакции, полученных в мольном соотношении Mg:SiO₂=2:1.

Температура реакции, °C	Мольное соотношение веществ	Время	Si, %	Mg ₂ Si, %
650	Mg:SiO ₂ 2:1	6 час	42	-
700			60	8
800			75	11,2
900			66	16,8

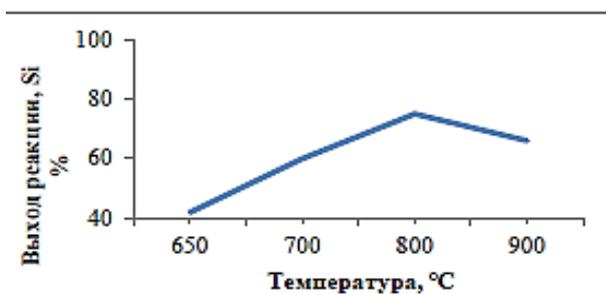


Рис. 11. Зависимость выхода реакции ТК от температуры

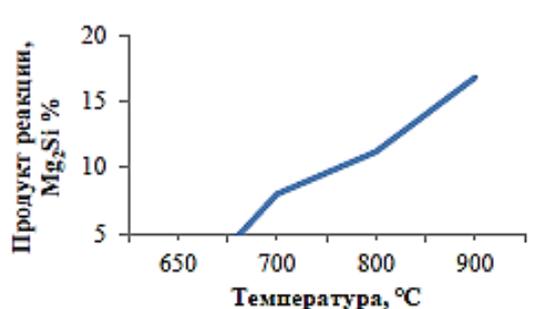


Рис. 12. Температурная зависимость образования Mg₂Si в реакции

При повышении температуры образующийся кремний соединяется с избытком магния с образованием силицида или оксида магния. При анализе кремния, полученного в результате этой реакции, рентгенофлуоресцентным методом было установлено, что его чистота составляет $\approx 93,6\%$.

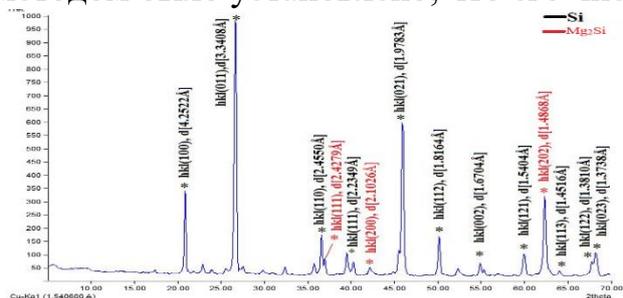


Рис. 13. Рентгенофазовый анализ продукта реакции при 800 °С

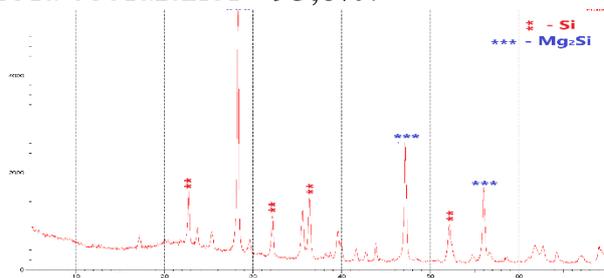


Рис. 14. Рентгенофазовый анализ продукта реакции при 1300°С.

Когда температура реакции увеличилась с 900°С до 1500°С, выход силицида магния также увеличился (таб. 9).

Таблица 9

Температурная зависимость скорости образования продуктов реакции, полученных в мольном соотношении $Mg:SiO_2=4:1$.

Температура реакции, °С	Мольное соотношение веществ	Время	Si, %	Mg ₂ Si, %
900	Mg:SiO ₂ 4:1	2 час	66	16,8
1000			35	21,2
1100			28,7	30,2
1200			25,3	38,7
1300			18,6	40,8
1400			18,3	40,83
1500			17,9	40,87

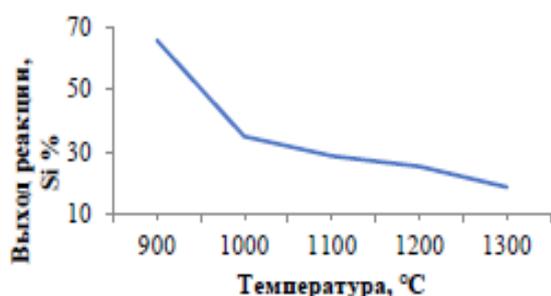


Рис. 15. Зависимость выхода Si от температуры

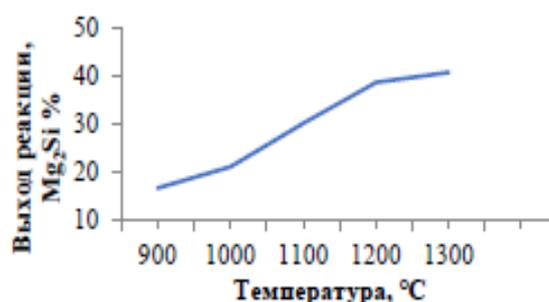
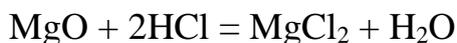


Рис. 16. Температурная зависимость выхода Mg₂Si

Процессы и результаты получения силана из силицида магния и разложение с получением чистого кремния. Порошок, содержащий продукты магниотермического восстановления (кремний, оксид магния, силицид магния, силикаты магния) и непрореагировавший оксид кремния (IV), промывали в 35%-ной соляной кислоте.



Поскольку образовавшийся в результате этой реакции кремний также не был чистым, мы получили кремний с использованием силана.



Для проведения этой реакции между кварцевым стеклом реактора диаметром 28 мм пропускали длинную стеклянную трубку диаметром 20 мм и в трубку направляли образующийся силановый газ. Этот эксперимент проводился несколько раз в диапазоне температур 200-500°C. При температуре 200°C, 300°C результат был неудовлетворительным. При температуре 400°C выделялся кремний в виде мелких кристаллов. При повышении температуры количество почти не менялось. Каждый эксперимент проводился не менее 2 часов. Хотя количество полученного в результате нашего эксперимента кремния сумма небольшая, уровень чистоты при рентгенофазовом и рентгенофлуоресцентном анализе составил 99,417%.

Sample : 8edk
 Operator : QFB
 Comment : Quick&easy Air-Metal
 Group : detail
 Date : 2023-07-04 14:46:48

Quantitative Result

Analyte	Result	[3-sigma]	Proc.-Calc.	Line	Int. (cps/uA)
Si	99.417 %	[0.342]	Quan-FP	SiKa	42.3109
S	0.404 %	[0.016]	Quan-FP	S Ka	0.2590
Al	0.179 %	[0.081]	Quan-FP	AlKa	0.0310

Рис. 17. Рентгенофлуоресцентный элементный анализ полученного чистого кремния

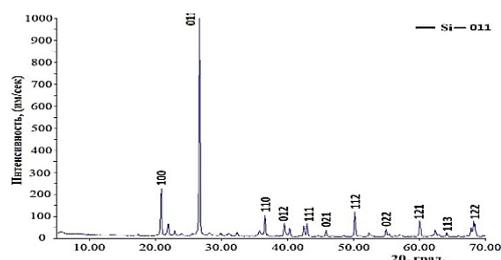


Рис. 18. Рентгенофазовый анализ полученного чистого кремния

Полученный чистый кремний был покрыт тонкими плёнками методом магнетронного распыления. Для этого на установке УВН-73 использовались катод из меди (Cu) и анод в виде подложки из кремния (Si). Было создано вакуумное давление в 10^{-5} Па, после чего в установку был подан кислород, что понизило вакуум до 10^{-2} Па. Для ионизации нейтральных атомов меди в установку был подан инертный газ аргон. Атомы аргона, сталкиваясь с катодом, выбивали нейтральные атомы меди, которые затем осаждались на

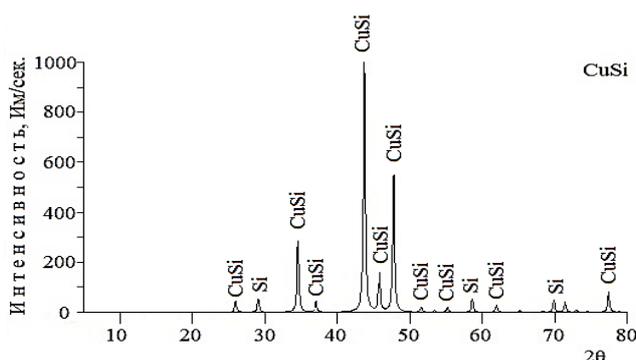


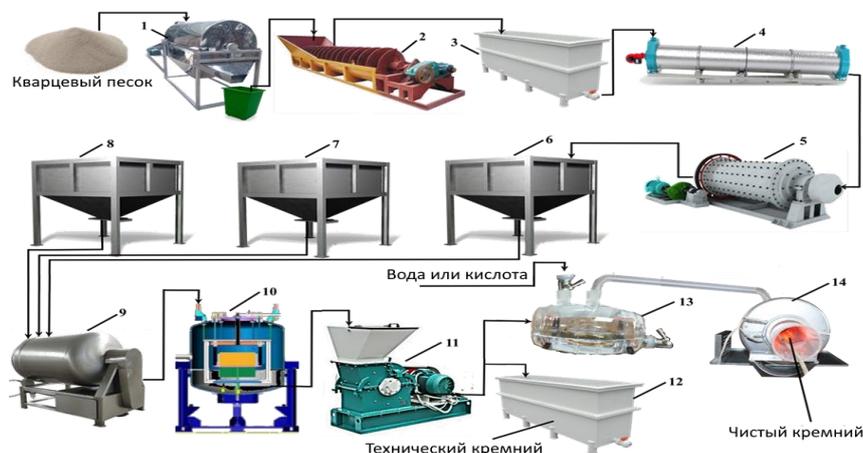
Рис. 19. Рентгенофазовый анализ CuSi, нанесенного на поверхность Si методом магнетронного распыления

кремниевую подложку методом магнетронного распыления.

При этом методе можно вырастить образец с толщиной 200-400 нм. Методом магнетронного распыления был нанесён слой меди (Cu) на подложку из кремния (Si) с толщиной 400 нм. При нанесении слоя меди на поверхность кремниевой подложки методом магнетронного распыления, медь и кремний хорошо диффундировали друг в друга, образуя тонкоплёночное соединение CuSi, что отчётливо видно при рентгеновском анализе.

Четвертая глава диссертации под названием «Технология и возможность получения чистого кремния из природных источников» объясняет технологию и экономическую эффективность получения чистого кремния из природных источников.

Четвертая глава диссертации под названием «Технология и возможность получения чистого кремния из природных источников» объясняет технологию и экономическую эффективность получения чистого кремния из природных источников.



1-сито; 2-бункера для промывки в воде; 3-бункер для промывки в соляной кислоте; 4-сушильный барабан; 5-мельница; 6-бункер для обогащенного кварцевого песка; 7- бункер для магния; 8-бункер для алюминия; 9-барабанный смеситель; 10-реактор; 11-мельница; 12-промывочная колонна; 13- реактор образования силана; 14-реактор для получение чистого кремния

Рис. 20. Технологическая схема извлечения технического и чистого кремния из местных кварцевых песков

На рисунке 20 представлена технологическая схема получения чистого кремния из местного кварцевого песка, в которой кварцевый песок предварительно просеивается. Таким способом песок очищается от крупных частиц. Поскольку размер оксида кремния в песке преимущественно до 1 мм, то при его пропускании через 1-е сито вылет оксида кремния увеличивается на 1-2%. Просеянную часть песка трижды промывают дистиллированной водой во 2-м бункере, затем переносят в 3-й бункер и промывают в соляной кислоте. Чтобы не оставлять кислотных остатков в песке, его дважды промывают в дистиллированной воде в самом 3-м бункере. Промытый песок переносят в 4-й сушильный барабан и сушат при температуре 110°C в течение 4 часов. Обогащенный песок измельчается в 5-й мельнице и передается в 6-й бункер. Из этого бункера он взвешивается на весах и передается в 9-й барабанный смеситель. Магний из бункера-хранилища 7 или алюминий из бункера-хранилища 8 или оба в определенной пропорции взвешиваются и загружаются в бункер-смеситель 9 и перемешиваются в течение 20 минут. Полученную смесь загружают в реактор 10 и прессуются. В герметично закрытом состоянии температура реактора повышается. Реакцию магнийотермического восстановления проводят при температуре до 1300°C, а алюминотермию - при температуре до 1600°C. Реакционную смесь в реакторе выдерживают при максимальной температуре 6 часов при магнотермии и 8 часов при алюминотермии. После окончания реакции реакцию смесь охлаждают в самом реакторе и удаляют из реактора. Затвердевшую реакцию смесь измельчают в мельнице 11, обогащают и отделяют в ней кремний. Для этого измельченную реакцию смесь сначала трижды промывают водой, дважды соляной кислотой и дважды щелочью в промывной колонне 12, снабженной мешалкой и газосборником. В результате получается технический кремний, содержащий 90-96% кремния. Для получения кремния высокой чистоты из полученного технического кремния его переводят в силан или хлорсиланы (13-14-реакторы) и разлагают при 350-400°C.

Технико-экономическое обоснование производства чистого кремния.

Получение технического и чистого кремния из местных кварцевых песков

станет одним из новых шагов в развитии промышленности, получения кремния, который является очень дорогим и базовым элементом быстро развивающейся сегодня солнечной энергетики, из самого дешевого сырья в мире. Затраты на получение технического и чистого кремния по разработанной нами технологии были условно представлены в виде таблиц в тех случаях, когда только цена сырья и все затраты рассчитывались на один килограмм готовой продукции (табл. 10-16). При этом цена кварцевого песка принималась как средняя величина с учетом платы за пользование рудником, затрат на добычу и транспортировку (в среднем на 100 км).

Табл. 10

Цена сырья для производства 1 кг технического кремния с использованием магния

№	Сырье	Цена сырья за 1 кг, сум	Сырье для получения 1 кг технического кремния, кг	Цена 1 кг технического кремния
1	Кварцевый песок	100	3	300
2	Магний	200 000	2,4	480 000
Всего				480 300

Из таблицы 10 видно, что для производства 1 кг технического кремния магнитермическим методом использовано сырья на сумму 480 300 сум.

Табл. 11

Стоимость 1 кг технического кремния, полученного с использованием магния

Вид расходов	Цена в суммах
Сырье	480 300
Зарплата	50 000
Единый социальный платеж	7 500
Непредвиденные расходы	10 000
Рентабельность, 5%	27 390
НДС, 15%	84 778,5
Стоимость 1 кг продукта, сум	659 968,5

Табл. 12

Стоимость 1 кг технического кремния, произведенного с использованием алюминия

Вид расходов	Цена в суммах
Сырье	200 300
Зарплата	50 000
Единый социальный платеж	7 500
Непредвиденные расходы	10 000
Рентабельность, 5%	23 390
НДС, 15%	97 068,5
Стоимость 1 кг продукта, сум	388 258,5

Стоимость 1 кг технического кремния, полученного на основе предлагаемого магнитермического метода, составляет 659 968,5 сум (табл. 11). Стоимость 1 кг технического кремния, полученного предлагаемым алюминотермическим способом, составляет 388 258,5 сум (табл. 12).

Табл. 13

Стоимость сырья для производства 1 кг технического кремния смешанным способом

№	Сырье	Цена сырья за 1 кг, сум	Сырье для получения 1 кг технического кремния, кг	Цена 1 кг технического кремния
1	Кварцевый песок	100	3	300
2	Магний	200 000	1	200 000
3	Алюминий	80 000	2,5	200 000
Итого				400300

Табл. 14
Стоимость 1 кг технического кремния, полученного смешанным способом

ид расходов	Цена, сум
Сырье	400 300
Зарплата	50 000
Единый социальный платеж 15%	7 500
Непредвиденные расходы	10 000
Рентабельность, 5%	23 390
НДС, 15%	97 068,5
Стоимость 1 кг продукта, сум	588 258,5

Табл. 15
Стоимость 1 кг чистого кремния

Вид расходов	Цена, сум
Сырье	400300
Зарплата	130 000
Единый социальный платеж 15%	49 500
Непредвиденные расходы	100 000
Рентабельность, 5%	150 000
НДС, 15%	94 425
Стоимость 1 кг продукта, сум	830 000

Стоимость 1 кг технического кремния, произведенного предлагаемым смешанным способом, составляет 588 258,5 сумов (табл. 14).

Стоимость чистого кремния, полученного из технического кремния, рассчитана с учетом всех затрат на производство, а результаты расчета представлены в таблице 15, согласно таблице стоимость 1 кг чистого кремния составляет 830 000 сум.

ВЫВОДЫ

1. Методами рентгенофлуоресцентного и рентгенофазового анализа определен состав местных кварцевых песков, выбран наиболее эффективный для получения кремния метод - металлотермическим восстановлением, разработаны методы обогащения.

2. Изучена кинетика извлечения поликристаллического кремния из оксида кремния, содержащегося в обогащенных кварцевых песках, магнийотермическим, алюминотермическим и смешанным методами и определены оптимальные условия.

3. Состав и чистота технического и поликристаллического кремния, полученного из оксида кремния, содержащегося в обогащенных кварцевых песках, проверены методами рентгенофлуоресценции, рентгенофазового, сканирующей электронной микроскопии, методами элементного анализа и классифицированы по чистоте.

4. В эксперименте, проведенном при температуре 600°C, выход магния составил 27%, чистота 87%, а при 800°C выход 75%, чистота 94%. Чистота мольного соотношения Al:Mg:SiO₂=1:0,2:1,33 в смешанном методе составила 99,24%, а мольное соотношение Al:Mg:SiO₂=0,2:2:1 составило 80,48%. Чистый кремний оказался чистым на 99,417%.

5. Разработаны технологические и технико-экономические основы обогащения местных кварцевых песков, извлечения поликристаллического кремния из его состава магнийотермическим, алюминотермическим и смешанным методами.

6. Технический и чистый кремний, полученный на основе местного сырья, внедрен в практику на АО «ФОТОН» для получения кремниевых сплавов и кремниевых пленок (справка АО «ФОТОН» от 08.05.2024 № 04-3/651 и письмо Узэлтехсаноат № 04-3/651 от 10.05.2024). В результате удалось получить кремниевые сплавы из технического кремния, полученного из кварцевых песков и кремниевые пленки на основе поликристаллического кремния.

**ONE-TIME SCIENTIFIC ADVICE BASED ON THE SCIENTIFIC
COUNCIL DSc.03/31.01.2023.K/T.78.01 FOR THE AWARD OF AN
ACADEMIC DEGREE AT TERMIZ STATE UNIVERSITY**

TERMEZ STATE UNIVERSITY

JYANOVA SAYYORA IBRAGIMOVNA

**DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR OBTAINING OF TECHNICAL
AND PURE SILICON BASED ON LOCAL RAW MATERIALS AND
APPLICATION**

02.00.13 – Technology of anorganic substances and materials based on them

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

Termez – 2024

The dissertation topic of the Doctor of Philosophy (PhD) in technical sciences is registered in the Higher Attestation Commission under the Ministry of Higher Education, Science and Innovation with registration numbers of B2024.2.PhD/T4583.

The dissertation has been prepared at the Termez State University.
The abstract of dissertation in three (Uzbek, Russian, English (resume)) is available online www.tersu.uz and on the website of «ZiyoNet» information-educational portal www.ziynet.uz.

Scientific supervisor: Eshmurodov Khurshid Esanberdiyevich
doctor of philosophy of technical sciences, docent

Official opponents: Turayev Zokirjon
doctor of technical sciences, professor

Shukurov Dilmurod Khursanovich
doctor of philosophy of technical sciences

Leading organization: Karshi State University

The defense of the thesis will take place "21" XII 2024 at "14⁰⁰" hours at a meeting of the One-time Scientific Council based on Scientific Council No. DSc.03/31.01.2023.K/T,78.01 at Termez State University at the address: 190111, Surkhandarya region, Termez, st. Barkamol Avlod, 43. Tel.: (+99876) 221-74-55, fax: (+99876) 221-71-17, e-mail: termizdu@umail.uz.

The thesis is registered at the Information Resource Center of Termez State University under No. 267, which can be found at the IRC (190111, Surkhandarya region, Termez, Barkamol Avlod St., 43. Tel.: (+99876) 221-74-55, fax: (+99876) 221-71-17, e-mail: termizdu@umail.uz).

The abstract of the dissertation was sent out "7" XII 2024.
(Protokol at the register No. 16 dated "7" XII 2024).



I.A. Umbarov
Chairman of the scientific seminar at scientific council for the awarding of academic degrees, doctor of technical sciences, professor

Sh.A. Kasimov
Scientific secretary of the scientific council to award degrees, doctor of chemical sciences, professor

R.V. Alikulov
Chairman of the scientific seminar at scientific council for the awarding of academic degrees, doctor of chemical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of the dissertation of the PhD)

The purpose of the research is to develop a technology for obtaining technical and pure silicon from local quartz sands.

The object of the study were local quartz sands, technical and pure silicon obtained from them.

The scientific novelty of the work is as follows:

The research demonstrates scientific novelty in the following ways: the composition of local quartz sands was determined by modern analysis methods, methods of their enrichment were developed, and the optimal conditions for obtaining technical silicon from the silicon oxide contained in the enriched quartz sands are the optimal reaction temperature in magnothermia of 800°C, the mole ratio of the starting materials is $Mg:SiO_2=2:1$, the optimal temperature in the mixed method is 1800°C, and the mole ratio of the starting materials is $Al:Mg:SiO_2=1:0.2:1.33$ identified;

75% yield and 94% purity were achieved in the production of technical silicon from local quartz sands by the magnothermy method, 99.24% and 80.48% purity by the mixed method;

effective methods of extracting pure silicon from magnesium silicide formed in the process of extracting technical silicon in magnothermal methods were used silicon with a purity of 99.417% was obtained, and a method for extracting pure silicon was developed;

the purity level of technical and pure silicon obtained by metallothermal methods from silicon oxide contained in local quartz sands has been proven using modern methods of physico-chemical analysis such as X-ray phase, semi-quantitative emission, X-ray fluorescence, SEM, and elemental analysis.

a technical and pure silicon extraction technology was developed from silicon oxide contained in local quartz sands, and a silicon layer was obtained from the obtained silicon by the method of magnetron sputtering.

Implementation of research results. Based on the obtained scientific results on the development of a technology for extracting technical and pure silicon from local quartz sands:

FOTON JSC has put into practice a technology for extracting technical and pure silicon from silicon oxide contained in local quartz sands (Reference No. 100 dated 08.05.2024 of “FOTON” JSC and letter No. 04-3/651 of Uzeltekhsanoat dated 10.05.2024). As a result, it became possible to obtain technical and pure silicon from quartz sands.

Technical and pure silicon obtained from local raw materials is used in JSC “FOTON” to produce silicon alloys and silicon films (Reference No. 100 dated 08.05.2024 JSC “FOTON” and letter No. 04-3/651 Uzeltekhsanoat dated 10.05.2024). As a result, it was possible to obtain silicon alloys from technical silicon obtained from quartz sand and silicon films based on polycrystalline silicon.

The structure and scope of the dissertation. The composition of the dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of used literature and appendices. The length of the dissertation was 107 pages.

E'lon qilingan ilmiy ishlar ro'yxati

Список опубликованных работ

List of published works

I bo'lim (I часть; I part)

1. Jiyanova S.I., Turaev Kh.Kh., Eshmurodov Kh.E., Khamzaev N.J., Nabiev D.A. Magniothermal Methods of Silicon Extraction from Quartz Sands of “Jerdanak” Mine // International Journal of Engineering Trends and Technology. - 2024. –V.72, -I.10, -p.316-322. <https://doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V72I10P129>. №3. Scopus. 2023 SJR -0.188

2. Жиянова С.И., Тураев Х.Х., Эшмуродов Х.Э. Способ получения кремния из обогащенный песок месторождения “Туркоксой” //Universum: технические науки. – 2022. – №. 11-5 (104). – С. 21-24. (02.00.00, №1)

3. Jiyanova S.I., Turaev X.X., Turaev E.Yu., Eshmurodov X.E. Mahalliy kvars qumlaridan texnik kremniy olish va uning texnologiyasi//QarDU xabarlaril ilmiy-nazariy, uslubiy jurnal. -2023. -№3/1(59). 64-68-b. OAK Rayosatining 2022-yil 31-martdagi 314/9.2-son qarori.

4. Jiyanova S.I., Turaev X.X., Turaev E.Yu., Eshmurodov X.E. “Jerdanak” kvarslari asosida kremniy olish texnologiyasi // O‘zMU xabarlaril, Ilmiy jurnal, -2023 -3/2. 272-274 b Tabiiy fanlar turkumi, ISSN 2181-7324. (02.00.00, №12)

5. Жиянова С.И., Тураев Х.Х., Эшмуродов Х.Э. Получение технического кремния из обогащенного песка месторождения «Джерданак» //Universum: технические науки. – 2023. – №. 10-5 (115). – С. 13-17. (02.00.00, №1)

6. Ibragimovna J.S., Khudaynazarovich T.K., Esanberdiyevich E.K. Separation of crystal silicon through metallothermal reduction // Ethiopian International Journal of Multidisciplinary Research. – 2023. – Т. 10. – №. 12. – С. 807-811. №23. SJIF. IF-6.9.

II bo'lim (II часть; II part)

7. Jiyanova S.I., Turaev X.X., Eshmurodov X.E. Quartz sand enrichment technology and the production of technical silicon from IT// International conference on advance research in humanities, sciences and education Switzerland conference <https://confrencea.org> february 25th 2023, 71-73 b.

8. Jiyanova S.I., Turaev X.X., Eshmurodov X.E. Fotovoltaik elementlarda ishlatiladigan kremniyni mahalliy xomashyolardan olish texnologiyalari // “Innavatsion texnika va texnologiyalarning qishloq xo‘jaligi - oziq-ovqat tarmog‘idagi muammo va istiqbollari” mavzusidagi III xalqaro ilmiy-texnik anjuman 20-21 aprel, 2023 yil ToshDTU, 93-94 b.

9. Jiyanova S.I., Turaev X.X., Eshmurodov X.E. Trixlorosilandan toza kremniy olish texnologiyasi // “Kimyo va kimyoviy texnologiyaning dolzarb muammolari va yechimlari” Ilmiy-amaliy konferensiya. Navoiy davlat pedagogika instituti -2023- , 288-289 b.

10. Jiyanova S.I., Turaev X.X., Eshmurodov X.E. Texnik kremniydan elektronkada ishlatiladigan kremniyni olish usuli // Professor X.T.Sharipov xotirasiga bag‘ishlangan “Nodir va noyob metallar kimyosi va texnologiyasi:

bugungi holati, muammolari va istiqbollari” respublika ilmiy-amaliy konferensiyasi. 2023-yil 28-29 aprel Termiz, 195-196 b.

11. Jiyanova S. I., Nabiyeva F.A. Yarimo‘tkazgichli kremniy elementining olinishi va qo‘llanilish sohasining o‘rganish // “Kimyo va kimyo ta’limi muammolari” Respublika ilmiy-amaliy anjuman. Qo‘qon Davlat Pedagogika instituti, -2022 - 20 sentabr. 265-267 b.

12. Jiyanova S.I., Turaev X.X., Eshmurodov X.E., Xatamova Z.X. Kremniy dioksidini magniyli termik qaytarish orqali texnik kremniy olish // Fan va texnikada innovatsion texnologiyalar: fizik yechimlar, metrologik hamda elektronika va asbobsozlik muammolari mavzusidagi respublika miqyosidagi ilmiy amaliy anjumani materiallari. 19-20 may 2023 yil. Qarshi muhandislik iqtisodiyot instituti, 127-130 b.

13. Jiyanova S.I., Turaev X.X., Eshmurodov X.E. Kremniyli quyosh panellerining rivojlanish istiqbollari // “Yarimo‘tkazgichlar fizikasi va ular asosidagi qurilmalarning zamonaviy muammolari” Respublika ilmiy-amaliy anjumani to‘plami, 2023 yil 12 aprel, NamDU, 66-68 b.

14. Jiyanova S.I., Turaev X.X., Eshmurodov X.E., Xatamova Z.X. Quyosh panellarining asosiy elementi bo‘lgan kremniyni kvarts qumidan magniy yordamida ajratib olish // International scientific-practical conference “Prospects for the development of digital energy systems, problems and solutions for obtaining renewable energy-2023” Jizzak polytechnic institute, may 19-20, 2023, 173-175 b.

15. Jiyanova S.I., Turaev X.X., Eshmurodov X.E. Mahalliy kvarts qumlari asosida yarimo‘tkazgichlar uchun kremniy ajratib olish // Akademik A.G‘.G‘aniyev va akademik N.A.Parpiyev xotirasiga bag‘ishlangan “Kompleks birikmalar kimyosi va analitik kimyo fanlarining dolzarb muammolari” respublika ilmiy-amaliy konferensiyasi. 2022 yil 19-21 may Termiz, 73-75 b.

16. Jiyanova S.I., Turaev X.X., Eshmurodov X.E. Mahalliy xomashyolar asosida kremniy olish va uni fotoelementlarda qo‘llash istiqbollari // “Hozirgi zamon fizikasining dolzarb muammolari” xalqaro ilmiy-ilmiy texnik anjuman materiallari, 2022yil 25-26 noyabr, BuxDU. 363-364 b.

17. Turaev X.X., Eshmurodov X.E., Jiyanova S.I., Xatamova Z.X. Quyosh elementlari uchun kvarts qumidan kremniy nonozarralarini ishlab chiqarish bo‘yicha tadqiqotlar // “Nazariy va eksperimental kimyo xamda kimyoviy texnologiyaning zamonaviy muammolari” Xalqaro ilmiy-amaliy anjumani materiallari, Qarshi 2023 yil 20 oktyabr, 188-190 b.

18. Turaev X.X., Eshmurodov X.E., Jiyanova S.I., Xatamova Z.X. Kvarts qumidan yarimo‘tkazgichli kremniy ajratib olishning haroratga bog‘liqligi // Тенденции развития физики конденсированных сред: Тезисы докладов Международной научной конференции (30-31 октября 2023 года, г. Фергана, Узбекистан). – Фергана 2023. 237-239 b.

19. Turaev X.X., Eshmurodov X.E., Jiyanova S.I. Kvarts qumidan metallotermik qaytarish orqali texnik kremniy olish // Namangan muhandislik-texnologiya instituti “Fizikaviy va kolloid kimyo fanlarining fundamental va amaliy muammolari hamda ularning innovatsion yechimlari” mavzusida xalqaro ilmiy-amaliy anjuman materiallari to‘plami 9-10-fevral, 2024, 330-332 b.

20. Eshmurodov X.E., Jiyanova S.I. Silandan foydalanib yarim o'tkazgichli kremniy ajratib olish // "Ilm-fan muammolari tadqiqotchilar talqinida" mavzusidagi xalqaro ilmiy konferensiya materiallari to'plami 15.02.2024 (масъалаҳои мубрами фанҳои дақиқ ва табиӣ) aniq va tabiiy fanlarning dolzarb masalalari Xo'jand, Farg'ona <https://interpretationandresearches.uz/index.php/iar/article/view/1828>. 154-157 betlar.

Avtoreferatning o‘zbek, rus va ingliz (rezyume) tillaridagi nusxalari
«Surxondaryo ilm va fan» jurnali tahririyatida tahrirdan o‘tkazildi.

Bosishga ruxsat etildi: 06.12.2024 yil.
Ofset bosma qog‘ozi. Qog‘oz bichimi 60×84 1/16.
“Times New Roman” garniturasida. Ofset bosma usuli.
Shartli b.t. 2,8. Adadi 60 nusxa. Buyurtma № 264.

EZOZA-PRINT bosmaxonasida chop etildi.
Manzil: Termiz shahri, I.Karimov ko‘chasi, 64-uy.

