

**TOSHKENT KIMYO-TEXNOLOGIYA INSTITUTI  
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI  
DSc.03/30.12.2019.T.04.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

---

**TOSHKENT KIMYO-TEXNOLOGIYA INSTITUTI**

**MKRTCHYAN RIPSIME VACHAGANOVNA**

**JERDANAK KONI GIL SLANETSI ASOSIDA SHAMOTLI  
OLOVBARDOSHLAR VA CHINNI ISHLAB CHIQRISHNING  
TEXNOLOGIK ASOSLARI**

**02.00.15 - Silikat va qiyin eriydigan nometall materiallar texnologiyasi**

**TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA DOKTORI (DSc)  
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

**Toshkent - 2024**

**Texnika fanlari bo'yicha doktori (DSc) dissertatsiyasi avtoreferati mundarijasi**

**Оглавление автореферата диссертации доктора технических наук (DSc)**

**Contents of the dissertation abstract of Doctor of Technical Science (DSc)**

**Mkrtchyan Ripsime Vachaganovna**

Jerdanak koni gil slanetsi asosida shamotli olovbardoshlar  
va chinni ishlab chiqarishning texnologik asoslari ..... 3

**Мкртчян Рипсима Вачагановна**

Технологические основы производства шамотных огнеупоров  
и фарфора на основе глинистого сланца месторождения Джерданак ..... 25

**Mkrtchyan Ripsime Vachaganovna**

Technological basics of production of fireclace refractories and  
porcelain based on clay shale of the Jerdanak deposit ..... 47

**E'lon qilingan ishlar ro'yxati**

**Список опубликованных работ**

**List of published works ..... 51**

**TOSHKENT KIMYO-TEXNOLOGIYA INSTITUTI  
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI  
DSc.03/30.12.2019.T.04.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

---

**TOSHKENT KIMYO-TEXNOLOGIYA INSTITUTI**

**MKRTCHYAN RIPSIME VACHAGANOVNA**

**JERDANAK KONI GIL SLANETSI ASOSIDA SHAMOTLI  
OLOVBARDOSHLAR VA CHINNI MATERIALLAR ISHLAB  
CHIQRISHNING TEXNOLOGIK ASOSLARI**

**02.00.15 - Silikat va qiyin eriydigan nometall materiallar texnologiyasi**

**TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FAN DOKTORI (DSc)  
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

**Toshkent - 2024**

**Texnika fanlari bo'yicha doktori dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy attestsatsiya komissiyasida B2024.2.DSc/T780 raqam bilan ro'yxatga olingan.**

Dissertatsiya ishi Toshkent kimyo-texnologiya institutida bajarilgan.

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

**Ilmiy maslahatchi:**

**Aripova Mastura Xikmatovna**  
texnika fanlari doktori, professor

**Rasmiy opponentlar:**

**Babaxanova Zebo Abdulayevna**  
texnika fanlari doktori, professor

**Gulamova Dilbara Djurayevna**  
kimyo fanlari doktori, professor

**Talipov Nigmatulla Xamidovich**  
texnika fanlari doktori, professor

**Yetakchi tashkilot:**

**I.Karimov nomidagi Toshkent davlat  
texnika universiteti**

Dissertatsiya himoyasi Toshkent kimyo-texnologiya instituti huzuridagi DSc.03/30.12.2019.T.04.01 raqamli Ilmiy Kengashining «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 y. soat «\_\_\_» dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 100011, Toshkent sh., Shayxontohur tumani, A. Navoiy ko'chasi, 32-uy. Tel.: (99871) 244-79-20, faks: (99871) 244-79-17, e-mail: [tkti\\_info@edu.uz](mailto:tkti_info@edu.uz), Toshkent kimyo-texnologiya instituti Ma'muriy binosi, 2-qavat, anjumanlar zali).

Dissertatsiya bilan Toshkent kimyo-texnologiya instituti Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (№ \_\_\_\_\_ raqam bilan ro'yxatga olingan). Manzil: (100011, Toshkent sh., Shayxontohur tumani, A. Navoi ko'chasi, 32. Tel.: (99871) 244-79-20).

Dissertatsiya avtoreferati 2024 yil «\_\_\_» \_\_\_\_\_ kuni tarqatildi.  
(2024 yil «\_\_\_» \_\_\_\_\_ dagi № \_\_\_\_\_ raqamli reyestr bayonnomasi).

**S.M. Turobjonov**  
Ilmiy darajalar beruvchi  
Ilmiy Kengash Raisi, t.f.d., akademik

**X.E. Qodirov**  
Ilmiy darajalar beruvchi  
Ilmiy Kengash kotibi, t.f.d., professor

**Z.A. Babaxanova**  
Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy  
Kengash qoshidagi Ilmiy seminar  
raislik qiluvchi, t.f.d., professor

## **KIRISH (fan doktori (DSc) dissertatsiyasi annotatsiyasi)**

**Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati.** Bugungi kunda keramika sanoatining rivojlanish tendentsiyasi olovbardoshlar va farfor buyumlar ishlab chiqarishning energiyatejamkor texnologiyalarini yaratish bilan bog'liq. Qora va rangli metallurgiya, energetika, kimyo va mashinasozlik sanoatlarida asosiy texnologik agregatlarning samarali ishlashini ta'minlaydigan ishlab chiqarilayotgan o'tga chidamli materiallar asosining 70 %ni shamotli olovbardoshlar tashkil etadi. tashkil etadi. Ekologik va estetik hisoblanuvchi an'anaviy farfor buyumlar xalq xujaligida keng foydalaniladi. Shu bilan birga mavjud va arzon noan'anaviy xomashyo asosida ommabop o'tga chidamli chinni buyumlar ishlab chiqarish muhim ahamiyatga ega.

Jahon shamotli olovbardoshlar va chinni buyumlar ishlab chiqarishning energiyatejamkor texnologiyalarini qo'llashga qaratilgan chuqur tadqiqotlar olib borilmoqda. Bu borada, kuydirilmagan gilli xomashyoning fazaviy tarkibini aniqlash, olovbardoshlarning tarkibini optimallashtirish, gil slanetslardan o'itga chidamli buyumlar olishda energiyani tejash imkonini beruvchi texnologiyalarni ishlab chiqilish va sinovdan o'tkazishga alohida e'tibor berilmoqda.

Respublikamizda moddiy resurslardan samarali foydalanish orqali keramika sanoatni rivojlantirish, jumladan noan'anaviy xomashyolar asosida ommabop o'tga chidamli chinni buyumlar olish, ishlab chiqarilayotgan mahsulotlar turini kengaytirish, sifati va hajmini oshirish uchun keng ko'lamdagi ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasida «muhim sanoat mahsulotlari bozor konyunkturasini o'rganish asosida ichki bozorning tegishli mahsulotlarga bo'lgan ehtiyojini qondirishga qaratilgan takliflar va kompleks chora-tadbirlarni ishlab chiqish»<sup>1</sup> bo'yicha muhim vazifalar belgilab berilgan. Bu borada mahalliy xomashyodan ommabop mahsulotlar olish, minerallari kaolinit va muskovit turlari bo'lgan,  $K_2O - Al_2O_3 - SiO_2$  uch komponentli Jerdanak koni gilli slanetsidan olovbardoshlar ishlab chiqarish uchun foydalanish, chinni buyumlari assortimentini kengaytirish va sifatini oshirish bo'yicha ilmiy-tadqiqot ishlari olib borish muhim ahamiyat kasb etadi.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yilning 28 yanvardagi PF-60-son «2022-2026-yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida»gi, 2017 yil 21 apreldagi PF-2916-son «2017 - 2021 yillarda maishiy chiqindilar bilan bog'liq ishlarni amalga oshirish tizimini tubdan takomillashtirish va rivojlantirish chora-tadbirlari to'g'risida»gi, 2022-yil 21-fevraldagi PQ-139-son «Uy-joy qurilishi va qurilish sohasini qo'llab-quvvatlashga doir qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida»gi, 2019 yil 3 apreldagi PQ-4265-sonli «Kimyo sanoatini yanada isloh qilish va uning investitsiyaviy jozibadorligini oshirish chora-tadbirlari to'g'risida»gi, 2019 yil 1 maydagi PQ-4302-son «Sanoat kooperatsiyasini yanada rivojlantirish va talab yuqori bo'lgan mahsulotlar ishlab chiqarishni kengaytirish chora-tadbirlari to'g'risida»gi farmonlari va qarorlari hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga mazkur dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

---

<sup>1</sup>O'zbekiston Respublikasi Prezidentining «2022-2026-yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida»gi 2022-yilning 28-yanvardagi PF-60-son Farmoni.

**Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo‘nalishlariga mosligi.** Mazkur tadqiqot O‘zbekiston Respublikasi fan va texnologiyalar rivojlantirishning VII. «Kimyoviy texnologiyalar va nanotexnologiya» ustuvor yo‘nalishiga muvofiq bajarilgan.

**Dissertatsiya mavzusi bo‘yicha xorijiy ilmiy tadqiqotlar sharxi<sup>2</sup>.** Aluminosilikat keramika buyumlar olish texnologiyasini ishlab chiqish, ularning tarkibi va xosslarini aniqlash borasidagi tadqiqotlar jahonning bir qator ilmiy markazlari va oliy o‘quv yurtlarida olib borilmoqda, shu jumladan, Cambridge University (Angliya), University of Michigan (AQSh), California Institute of Technology (AQSh), Limoges University (Fransiya), Pennsylvania State University (AQSh), University of Modena (Italiya), Institute of Materials Science and Technology (Avstriya), Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla (Ispaniya), Xefey texnologiya universiteti (Xitoy), Koreya universiteti (Seul), Surtin University (Avstraliya), Universidad Politécnic de Cataluña (Ispaniya), University of Bremen (Germaniya), McGiU University (Kanada), Milliy Tayvan universiteti (Tayvan), Kalkutta universiteti (Hindiston), Central South University (Xitoy), Moskva davlat universiteti, Belarus davlat texnologiya universiteti, Sibir federal universiteti, Irkutsk davlat texnika universiteti, Toshkent kimyo-texnologiya instituti va boshqalar olib borilmoqda.

Gil slanetsning fazaviy tarkibini aniqlash bo‘yicha kompleks tadqiqotlar, kaolinitni mullitga transformatsiyasi, mutillitning tuzilishidagi o‘ziga hoslikni tatqiq qilish, pirofillitsaqlovchi tarkiblardan olovbardosh materiallar sifatida foydalanish, o‘tga chidamli buyumlar olishda energiya sarfni qisqartirish imkonini beruvchi kam bosqichli texnologiyalarini ishlab chiqish bo‘yicha qator, jumladan, quyidagi ilmiy-amaliy natijalar olingan: gil slanetslarning yangi tarkibini mullitga transformatsiyalash modellashtirilgan (Keramika tadqiqot instituti, Yevropa kulolchilik markazi, Fransiya, Sharqiy Xitoy fan va texnologiya universiteti, Xitoy, Barselona universiteti, Tayvan milliy universiteti, Tayvan, Sibir federal universiteti, Irkutsk davlat texnika universiteti, Rossiya), mullitning o‘ziga xos strukturaviy tuzilishi aniqlangan (Qattiq jismlar instituti, Rossiya, University of Bremen, Germaniya) dastlabki xomashyo sifatida pirofillitdan foydalanib olovbardosh materiallar ishlab chiqarish texnologiyalari jadallashtirilgan (University of Michigan, California Institute of Technology, AQSh, Xefey texnologiya universiteti, Xitoy, Limoges University, Fransiya, Institute of Materials Science and Technology, Avstriya, Universidad Politécnic de Cataluña, Ispaniya, McGiU University, Kanada), texnogen chiqindalarni kimyoviy mineralogik va materialo-genetik sinflash, ko‘mirli issiqlik elektr stantsiyalari chiqindisidan shamotli olovbardoshlar ishlab chiqarish samaradorligi oshirilgan (Tuva Davlat universiteti, DNS geologiya instituti, Rossiya, Tashkent kimyo-texnologiya instituti, O‘zbekistan), gilli slanetsdan shamotli olovbardoshlar va chinni buyumlar olish uslublari ishlab chiqilgan (Kitayskiy universitet nauk o Zemle, University of Modena, Italiya, Koreya kulolchilik muhandisligi va texnologiyasi instituti, Cambridge University, Angliya, Pennsylvania State University, AQSh, Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla, Ispaniya,

---

<sup>2</sup>Dissertatsiya mavzusi bo‘yicha xorijiy ilmiy-tadqiqotlar sharhi: [www.czu.cz](http://www.czu.cz), [www.iitb.ac.in](http://www.iitb.ac.in), [www.unipage.net](http://www.unipage.net), [www.cnr.it](http://www.cnr.it), [www.put.poznan.pl](http://www.put.poznan.pl), [www.polandstudy.com](http://www.polandstudy.com), [www.cextremelab.edu.rs](http://www.cextremelab.edu.rs), [www.upm.es](http://www.upm.es), [www.umd.edu.pk](http://www.umd.edu.pk), [www.hotcourses.ru](http://www.hotcourses.ru), [www.gatech.edu](http://www.gatech.edu), [www.unist.ac.kr](http://www.unist.ac.kr), [www.tdtu.uz](http://www.tdtu.uz), [www.tkti.uz](http://www.tkti.uz), [www.urmon.uz](http://www.urmon.uz) va boshqa manbalar asosida ishlab chiqilgan.

Belorus Davlat texnologik universiteti, Tashkent kimyo-texnologiya instituti, O'zbekistan).

Dunyoda kaolinit, kvarts hamda asosi illit va seritsitdan iborat muskovit turlaridan iborat gilsimon slanetslarni tarkibi va tuzilishini aniqlash, qayta ishlash, gilli slanetsdan shamotli olovbardoshlar va chinni buyumlar ishlab chiqarish texnologiyalarini jadallashtirish, uning samaradorligini oshirish bo'yicha qator, jumladan, quyidagi ustuvor yo'nalishlarda tadqiqotlar olib borilmoqda: gil slanetsning fazaviy tarkibini va xossalarini zamonaviy fizik-kimyoviy usullar yordamida aniqlash; alyumosilikatli shamot olovbardoshlar tarkibi va xususiyatlarining fizik, kolloid va kimyoviy xossalariga bog'liqligini nazariyasini asoslash; kimyoviy-mineralogik va materialo-genetik texnogen chiqindilar asosida chinni buyumlar olishning yangi usullarini va samarali texnologiyalarini ishlab chiqish.

**Muammoning o'rganilganlik darajasi.** Xom ashyoni o'rganish, kompozitsiyalarni ishlab chiqish, aluminosilikat keramika tuzilishi va xususiyatlarini yaxshilash muammolari bilan dunyoga mashhur olimlar shug'ullangan Grimm R., Hinckley K., Brindley G., Kingery W., Wilhelm E., Schneider H., Fischer R.X., Fielitz P., Giese R.F., Glass I.O., Roy R., Borchardt G., Dobojs J., Bonnet J.P., Lecomte G.L., Blanchart P., Ali M.A., Ahmed H.M.A., Ikuma Y., Chakraborty A.K., Wang X., Chen Y.F., Lee S., Kim Y.J., Qiao X., Lee W.E., Hsiao Y.-H., Ho T.-Y., Garzon E., Gonzalez I., Ginzberg A.S., Budnikov P.P., Augustinik A.I., Poluboyarinov D.N., Strellov K.K., Kainarskiy I.S., Moroz I.X., Balkevich V.L., Bobkova N. M., Pavlov V.F., Guzman I.Ya., Lukin E.S., Ya. Ordanyan S.S., Perepeletsin V.A., Rouchka G., Vutnau X., Inamura Ya., Maslennikova G.N., Ismatov A.A., Aripova M.X. va yuqoridagi muammolarni hal etishda katta hissa qo'shgan boshqa olimlar.

Ular tomonidan alyumosilikat shamotli olovbardoshlar va forfor buyumlar ishlab chiqarishning nazariy asoslari yaratilgan, gil slanetsning fazaviy tarkibi aniqlangan, ularning tarkibi va xususiyatlarining tuzilishiga bog'liqligi asoslangan, chinni buyumlar olishning yangi usullari va texnologiyalari takomillashtirilgan.

Shu bilan birga, aluminosilikat keramika ishlab chiqarish uchun xomashyo bazasini kengaytirish, noan'anaviy xomashyo - gil slanetslarni shamotli o'tga chidamli materiallar va chinni buyumlar ishlab chiqarishga yo'naltirish, kaolinit, kvarts hamda asosi illit va seritsitdan iborat muskovit turlaridan iborat gilli slanetsdan olovbardoshlar ishlab chiqarish, chinni buyumlari assortimentini kengaytirish va sifatini oshirish borasida ilmiy tadqiqot ishlari olib borilmoqda.

**Tadqiqotning dissertatsiya bajarilgan ilmiy-tadqiqot muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog'liqligi.** Dissertatsiya ishi Toshkent kimyo-texnologiya institutining ilmiy-tadqiqot rejasiga muvofiq OT-ID/11-5-10 «Surxondaryo viloyati Sherobod tumanidagi Jerdanak konidan kvarsit va slanetslarni qayta ishlashning sanoat texnologiyasini joriy etish» (2010-2012 yy.), A3-20170920226 «O'tga chidamli g'isht ishlab chiqarish uchun xomashyoni mahalliyashtirish» (2018-2020 yy.) va I-OT-2021-502 «Jerdanak konining gil slanetslari asosida shamotli olovbardoshlar ishlab chiqarishning energiya tejovchi texnologiyasini joriy etish» (2021-2022 yy.) mavzularidagi innovatsion va amaliy loyihalari doirasida bajarilgan.

**Tadqiqotning maqsadi** tarkibiy asosini mullit tashkil etuvchi Jerdanak konining gil slanetslaridan shamotli olovbardoshlar va chinni olish texnologiyasi asoslarini ishlab chiqishdan iborat.

### **Tadqiqotning vazifalari:**

slanetsning kimyoviy, fazaviy tarkibi, tuzilishi va texnik xususiyatlarini o'rganish;

gil slanetsni kuydirish jarayonida sodir bo'ladigan fizik-kimyoviy jarayonlarni o'rganish;

gil slanets asosida shamotli olovbardoshlar ishlab chiqarish kompozitsiyalari va texnologiyasini ishlab chiqish;

gil slanets asosida chinni buyumlar ishlab chiqarish kompozitsiyalari va texnologiyasini ishlab chiqish;

ishlab chiqilgan shamotli olovbardoshlarning tuzilishi va xususiyatlarini o'rganish;

ishlab chiqilgan chinni tuzilishi va xususiyatlarini o'rganish;

shamotli olovbardoshlar ishlab chiqarish texnologiyasini joriy etish;

chinni buyumlar ishlab chiqarish texnologiyasini joriy etish.

**Tadqiqotning ob'ekti** sifatida Jerdanak koni gil slanets va uning asosidagi aluminosilikat keramika olingan.

**Tadqiqotning predmeti** aluminosilikat keramikaning fazaviy tarkibi, tuzilishi va xossalari shakllantirishning fizik-kimyoviy jarayonlari hisoblanadi.

**Tadqiqotning usullari.** Tadqiqot davomida rentgen-fluorensensiya spektroskopiyasi, rentgen nurlari difraksiyasi, termogravimetrik, elektron mikroskopik tahlillar, minerologik tarkib va tuzilishni aniqlashning boshqa fizik-kimyoviy usullardan foydalanilgan.

### **Tadqiqotning ilmiy yangiligi:**

ilk bora 600-1400 °S haroratlar chegarasida termik ishlov berish bilan Jerdanak konining gil slanetslarining fazaviy tarkibidagi o'zgarishlar aniqlanib, 1100-1200 °C oralig'ida asosiy kristall faza - mullitning shakllanishi isbotlangan asoslangan;

ilk bora mexanik faollashtirib maydalangan gilli slanetsning qovushqoqlikka ega bo'lishi isbotlanib, pishish kinetikasi asoslangan;

5 - 15 %  $Al_2O_3$  qo'shib, 1300 - 1400 °S oralig'ida kuydirilgan slanets tarkibida mullit miqdori oshishi, mullit sintezida kaolinit va seritsitning tarkibiy parchalanishidan ajralib chiqadigan kremniy oksidi ta'sirida kristobalit fazasining yo'qolishi aniqlangan;

1350 °C olov haroratida olingan, 1,3 kislotalik koeffitsientiga ega qattiq chinning maqbul tarkibi, xossalari va strukturaviy xususiyatlari aniqlangan;

chini massasiga magniy oksidining kiritilishi bilan kordiyerit fazasining paydo bo'lishi, oqlik va issiqlikka chidamlilikning oshishi, qisqarishi, mustahkamligi va zichligining pasayishi aniqlanib, strukturada igna shaklidagi mullit kristallari hosil bo'lishi isbotlangan;

chinni sopolak bilan yaxshi birikadigan, nuqsonlardan holi sirtning maqbul tarkibi va xossalari aniqlangan;

Jerdanak gil slanetsining fizik-texnik va texnologik xususiyatlar va kimyoviy tarkibi asoslanib, shamotli olovbardosh va chinni buyumlar olishning energiya tejamkor texnologiyalari ishlab chiqilgan.

### **Tadqiqotning amaliy natijalari:**

past haroratda kuydirilgan shamotdan foydalanib, gil slanetsidan o'tga chidamli mahsulotlar olishning maqbul parametrlari ishlab chiqilgan;

shamotli olovbardosh materiallarga qo'yiladigan talablarga mos material ishlab chiqilgan;

fizik-kimyoviy xossalari chinni buyumlarga qo'yiladigan me'yoriy talablarga mos keladigan, plastik va quyma usullaridan foydalangan holda chinni buyumlar ishlab chiqarishning tarkibi va energiya tejovchi texnologiyasi ishlab chiqilgan;

mahalliy noan'anaviy xomashyo - Jerdanak konidan olinadigan gil slanets asosida shamotli olovga chidamli va chinni buyumlar ishlab chiqarish bo'yicha ishlab chiqilgan energiya tejovchi texnologiyalar joriy etildi.

**Tadqiqot natijalarining ishonchliligi.** Tadqiqot o'tkazilgan tajribalarning katta hajmi, zamonaviy tadqiqot usullari majmuasidan foydalangan holda olingan natijalarning bir-biriga mos kelishi, shuningdek, tadqiqot natijalarini amalga oshirish bilan tasdiqlanadi.

**Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.** Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati mexanik faollashtirib maydalangan gilli slanetsning qovushqoqlikka ega bo'lishi, mullit faza hosil qilib transformatsiyalanish jarayoni kinetikasi, shamotli olovbardoshlar va farfor tarkibini optimallashtirishning ilmiy asosi yaratilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati, shamotga chidamli materiallar va chinni buyumlar olishda mavjud arzon noan'anaviy xomashyo - Jerdanak koni gil slanetsdan foydalanish, fizik-kimyoviy xossalari me'yorlarga mos, magniy oksidining kiritilishi bilan oqlik va issiqlikka chidamliligi oshirilgan, qisqarishi, mustahkamligi va zichligi pasaytirilgan, plastik va quyma usullarida chinni buyumlar ishlab chiqarish texnologiyasini jadallashtirishga xizmat qiladi.

**Tadqiqot natijalarini joriy qilinishi.** Shamotli olovbardoshlar va chinni ishlab chiqarishning texnologik asoslarini ishlab chiqish bo'yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

O'tga chidamli materiallari omixtasi olish usuliga O'zbekiston Respublikasi Intelektual mulk agentligining ixtiroga patenti olingan (IAP 06594). Natijada shamotli olovbardoshlar ishlab chiqarish imkonini bergan;

Jerdanak koni gil slanetsi asosidagi shamotli o'tga chidamli materiallar ishlab chiqarish texnologiyasi "SURXON-KERAMIKS" OAJda ishlab chiqarish amaliyotiga joriy etilgan (O'zbekiston qurilish materiallari sanoati korxonalar uyushmasining 2024 yil 3-iyuldagi № 02/15-1338 son ma'lumotnomasi). Natijada GOST 390-2018 shartlari va ShA markasi talablariga mos o'tga chidamli shamotli g'isht ishlab chiqarish imkonini bergan.

Jerdanak koni gil slanets asosida chinni buyumlar tarkibi Toshkent chinni zavodida ishlab chiqarish amaliyotiga joriy etilgan (O'zbekiston qurilish materiallari sanoati korxonalar uyushmasining 2024 yil 3-iyuldagi № 02/15-1331 son ma'lumotnomasi). Natijada 66 % gil slanetsi, 24 % Jeroy koni kvarts qumi, 5 % chinni chiqindisi va 5 % Ingichka koni dala shpati tarkibli chinni buyumlar ishlab chiqarish imkonini bergan;

Ingichka koni dala shpati, G'uzor koni dolomiti va Jerdanak koni gil slanetsi asosida yaltiroq sirt qoplama ishlab chiqarish texnologiyasi Toshkent chinni zavodida ishlab chiqarish amaliyotiga joriy etilgan (O'zbekiston qurilish materiallari sanoati korxonalar uyushmasining 2024 yil 3-iyuldagi № 02/15-1331 son ma'lumotnomasi).

Natijada shaffof, nuqsonlarsiz, yaltiroq sirt qoplama ishlab chiqarish imkonini bergan.

**Tadqiqot natijalarini aprotatsiyasi.** Ilmiy-tadqiqot ishlarining asosiy natijalari 7 ta xalqaro va 10 ta respublika ilmiy-texnikaviy konferensiyalarida muhokamadan o'tkazilgan.

**Tadqiqot natijalarini e'lon qilinishi.** Dissertatsiya mavzusi bo'yicha 36 ta ilmiy ishlar, jumladan, 3 ta patent, 16 ta maqola, shundan 4 tasi O'zbekiston Oliy attestatsiya komissiyasi tomonidan tavsiya etilgan xorijiy jurnallarda chop etilgan.

**Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi.** Dissertatsiya ishi kirish, 6 bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va 6 ta ilovadan iborat. Dissertatsiya hajmi 205 bet.

## DISSERTASIYANING ASOSIY QISMI

Dissertatsiyaning «**O'tga chidamli va chinni ishlab chiqarish uchun xomashyo bazasining hozirgi holati**» deb nomlangan **birinchi bobida** mahalliy va xorijiy adabiyotlar ma'lumotlariga asoslanib, muqobil xomashyo manbalaridan foydalanish, xususan, o'rganish uchun zarur tadqiqotlar o'tkazish zarurligi to'g'risida dalillar keltirilgan. Jerdanak konining gil slanetslari, ular asosida o'tga chidamli shamot va chinni buyumlari uchun tarkiblar va ishlab chiqarish texnologiyasini ishlab chiqish bo'yicha tahlillar keltirilgan.

Dissertatsiyaning «**Xomashyo, o'tga chidamli shamot va chinni o'rganish uchun asbob-uskunalar va usullar**» deb nomlangan **ikkinchi bobida** tabiiy xomashyo va hosil bo'lgan keramik materiallarni o'rganish jarayonida qo'llaniladigan asbob-uskunalar va fizik-kimyoviy usullari bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

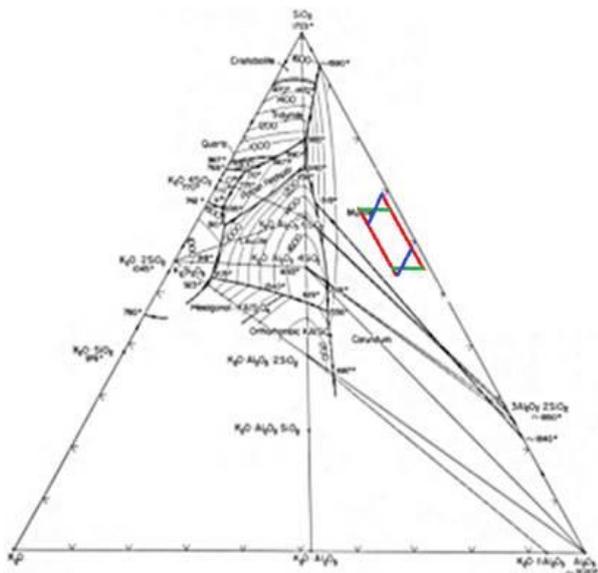
«**O'tga chidamli shamot va chinni materiallar ishlab chiqarish uchun noan'anaviy xomashyolar**» nomli **uchinchi bobda** Jerdanak konining gil slanetsi va

Baynaksoy koni kvarts-pirofillit xomashyosi tarkibi, xossalari, ularga yuqori haroratli kuydirishning ta'sirini o'rganish natijalari keltirilgan.

Jerdanak konining turli qismlaridan olingan gil slanetslarning 12 ta namunasini kimyoviy tahlil qilishdan olingan o'rtacha natija quyidagicha, og'irligi%: 53,89 SiO<sub>2</sub>; 0,787 TiO<sub>2</sub>; 35,26 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 0,514 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 0,181 CaO; 4,53 K<sub>2</sub>O; 0,168 ZrO<sub>2</sub>; 0,020 V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 0,021 Rb<sub>2</sub>O; 0,009 Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; q.y.4,621.

Jerdanak konining slanets tarkibidagi alyuminiy oksidining o'rtacha miqdori boyitilgan Angren birlamchi kaolinidagi miqdoridan yuqoriligi aniqlandi.

Slanetsdan foydalangan holda aluminosilikat keramika ishlab chiqarish uchun K<sub>2</sub>O-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> uch komponentli tizimning holat diagrammasi asos bo'lishi mumkin. Barcha tarkiblar mullit hosil bo'lish maydoniga to'g'ri keladi (1-rasm). Bu maydonning tepasida har xil turdagi chinni

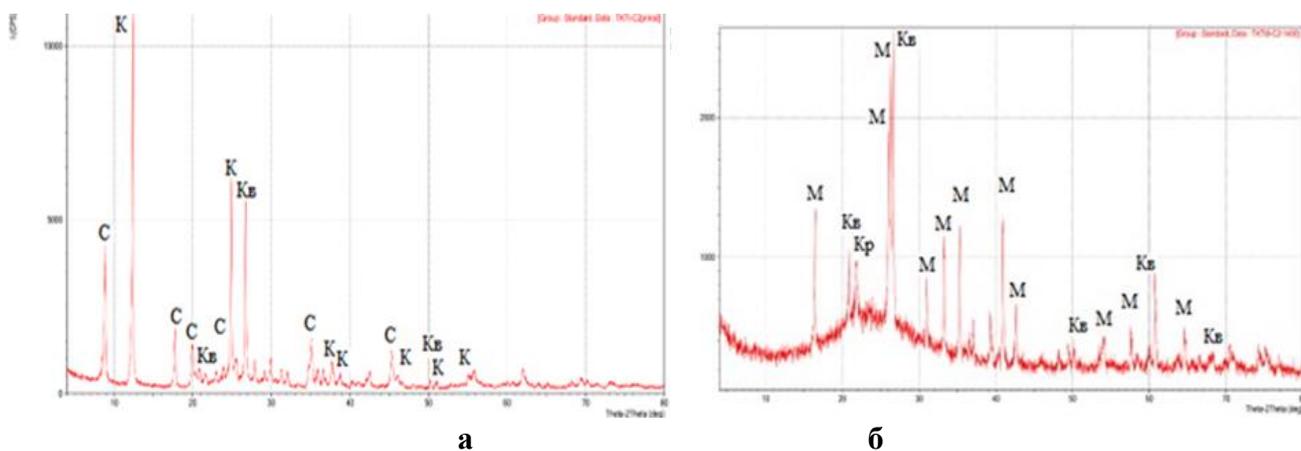


**1-rasm. K<sub>2</sub>O-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> uchlik tizimining fazaviy diagrammasidagi slanets tarkibi hududi.**

kompozitsiyalari mavjud bo'lib, bu tegishli aralashtirish bilan kerakli xususiyatlarga ega chinni olish mumkinligini ko'rsatadi.

Slanetsning asosiy minerallari kaolinit, kvarts va muskovit turlari – illit, seritsit hisoblanadi. Ba'zida galluazit, kam miqdorda sillimanit uchraydi. Kondagi xomashyoning asosiy turi kaolinit saqlovchi hisoblanadi.

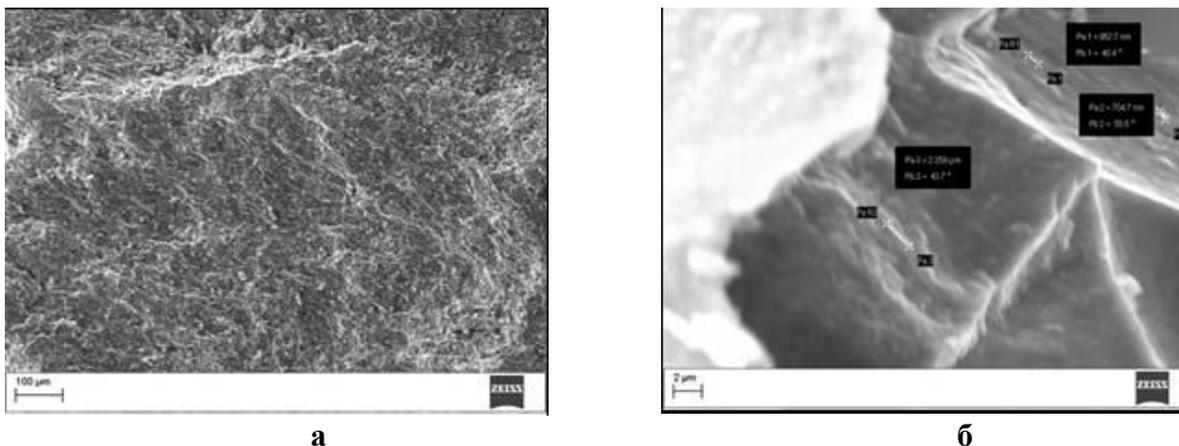
Gilli slanetsning fazaviy tarkibining 600-1400 °C oralig'ida o'zgarishi o'rganildi. 1400 °C da kuydirilgan tabiiy slanetsning diffraksiya sxemasi 2-rasmda ko'rsatilgan. Kaolinitning asosiy refleksi 800 °C da kuydirilgandan keyin yo'qoladi. Suvsizlanish va degidrosillanish jarayonlari natijasida muskovitning 800 °C gacha kuygandan keyin tekisliklararo masofalari oshadi. Muskovitning tuzilishi 1200 °C da butunlay o'zgaradi.



S – slyuda, K – kaolinit, Kv – kvarts, M – mullit, Kr – kristobalit

2-rasm. 1400 °C (b) da yondirilgan tabiiy gil slanetsning diffraksiya shakllari (a).

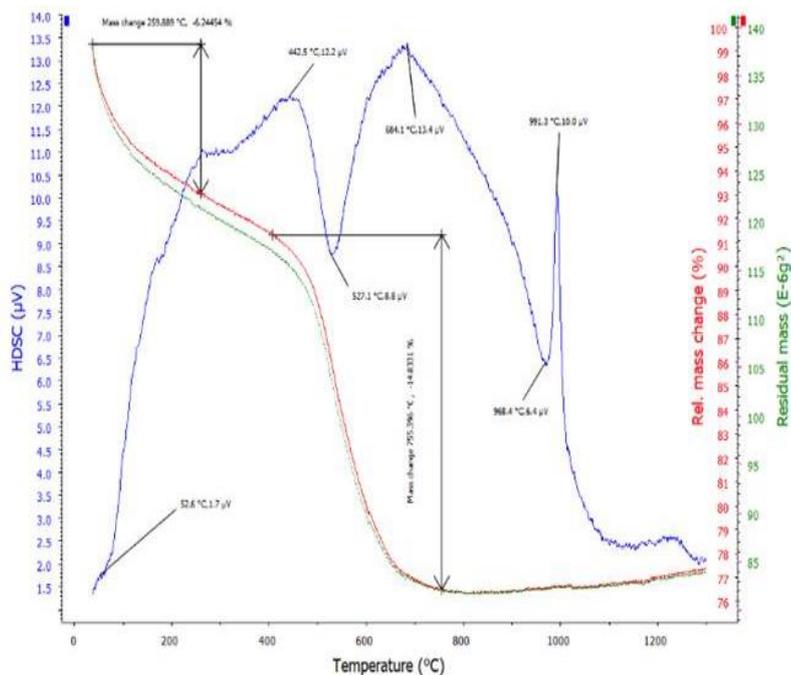
1100 °C haroratida asosiy mullit kristallari paydo bo'ladi. 1200 °C da pishirilgan namunalarda galoning ko'payishi shishasimon eritmaning ko'payishini ko'rsatadi, bu mullitning sintezi va ikkilamchi bo'lib qayta kristallanishi uchun sharoit yaratadi. Bu jarayon 1300 °C da pishirilgan namunalardagi galoning pasayishi bilan birga keladi. 1400 °C da kuydirilgan tabiiy gil slanetsning mikro tuzilishi 3-rasmda keltirilgan. Shuni aytish mumkinki, gil slanetsning tabiiy holatidagi zich, bir xil strukturasi kuydirishdan keyin ko'p sonli mullit kristallari kirib boradi.



3-rasm. Tabiiy (a) va 1400 °C (b) da kuydirilgan gil slanets namunasining elektron mikroskopik tasvirlari.

4-rasmda slanetsning termogrammasi keltirilgan. Unga ko‘ra barcha namunalarning termogrammalari bir xil shaklga ega.

Taxminan 800 °C gacha bo‘lgan haroratda jarayonlar massa yo‘qolishi bilan birga sodir bo‘ladi. Organik fazaning mavjudligi taxminan 300 °C haroratda endoeffekt bilan tasdiqlanadi. 500-800 °C oralig‘ida kengaytirilgan endoeffekt seritsit, kaolinit va galluazitning suvsizlanish jarayonlarini, shuningdek, kvartsning  $\alpha \rightarrow \beta$  o‘tishini aks ettiradi. Barcha namunalar uchun 990 °C dagi ekzoeffekt, ehtimol, mullit kristallanish markazlarining shakllanishi bilan bog‘liq. 1000 °C dan yuqori kengaytirilgan ekzotermik ta‘sir mullit va kristobalit kristallarining sintezi va tuzilishi bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin.

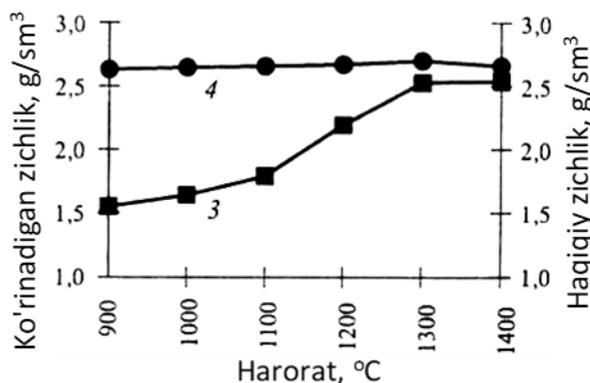
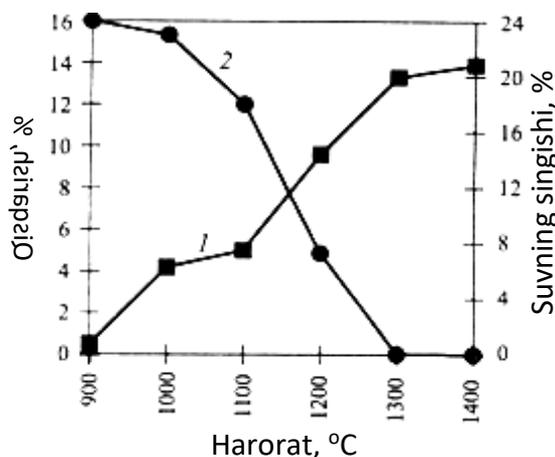


**4-rasm. Gil slanets termogrammasi**

tijalari 5-rasmda keltirilgan.

Barcha slanets namunalari yuqori haroratda kuydirishda mullit, kristobalit va qisman kvarts hosil qiladi. Tekisliklararo masofalardagi ozgina o‘zgarishlarga qaramay, minerallarning o‘xshashligiga shubxa tug‘ilmaydi. Biroq, bu moddalarning miqdori sezilarli darajada farq qiladi. tarkibida kaolinit ko‘p bo‘lgan namunalarni kuydirish paytida mullet ko‘proq hosil bo‘ladi, aksincha minimal miqdorda illit bo‘lgan namunalarni kuydirishdan keyin sezilarli darajada kamroq hosil bo‘ladi.

Plastik massasidan qoliplangan namunalarda slanetsni pishish kinetikasini o‘rganish na-



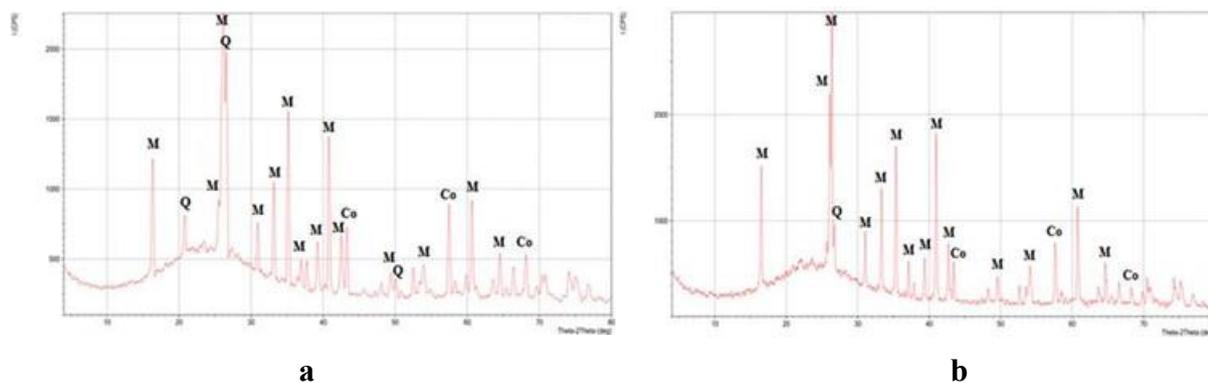
**5-rasm. Kuydirish haroratiga qarab qisqarish (1), suvyutuvchanlik (2), solishtirma (3) va haqiqiy zichlik (4) ning o‘zgarishi.**

Taqdim etilgan ma'lumotlardan ko'rinib turibdiki, gil slanetsning qisqarishi 21% ga, suv yutuvchanligi esa 0% ga 1300 °C haroratda, solishtirma zichlik 2,5 g/sm<sup>3</sup>, haqiqiy zichlik esa 2,7 g/sm<sup>3</sup> ni tashkil qiladi.

1350 °C da pishirilgan namunalarning maksimal egilishga mustahkamligi 70 MPa, 20-600 °C harorat oralig'ida CHTKK 4,8·10<sup>-6</sup> K<sup>-1</sup> dan oshmadi. olovbardoshligi 1700-1730 °C gacha.

1300 va 1400 °C haroratlarda kuydirilgan gil slanetsning fazaviy tarkibiga 5-20% miqdoridagi texnik glinozyom qo'shimchalarining ta'siri o'rganildi.

Alyuminiy oksidining massa tarkibiga kiritilishi korund hosil bo'lishidan tashqari, 1300 °C haroratda kuydirish paytida faza tarkibini o'zgartirmaydi (6-rasmga qarang). 1400 °C haroratda mullit miqdori keskin oshadi va kvarts miqdori kamayadi, kristobalit hosil bo'lmaydi va korund reflekslari kamayadi.



**6-rasm. 1300 °C (a) va 1400 °C (b) da yondirilgan 5% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> qo'shilgan slanetsning rentgen nurlanishining diffraksiyasi.**  
**M – mullit, Q – kvarts, Co – korund**

Qo'shilgan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> miqdorining ko'payishi bilan mullit miqdori 1300 °C da pishirilgandan. 1400 °C da pishirilgandan keyin mullit miqdori sezilarli darajada oshadi kvarts va korund miqdorining bir vaqtning bilan kamaydi.

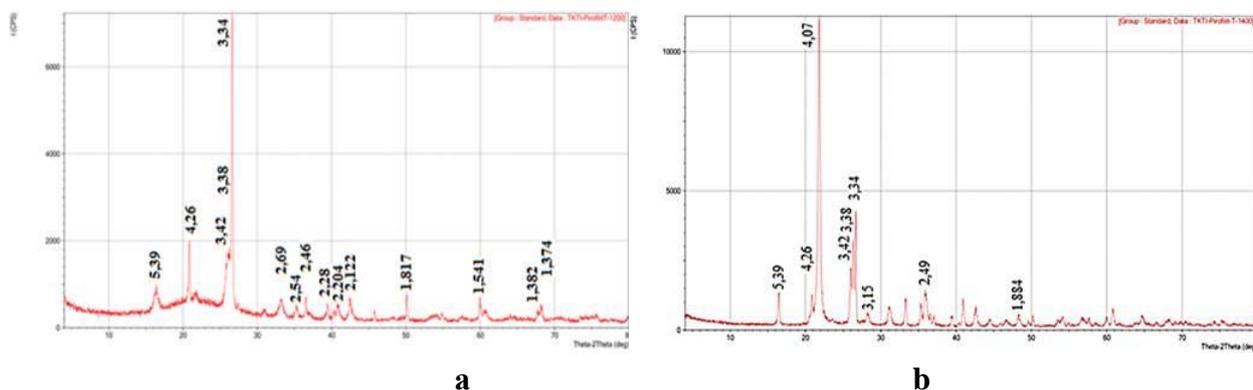
1300 °C da kuydirilgandan so'ng kvarts tarkibining pasayishi kaolinit va muskovitning tarkibiy parchalanishi paytida ajralib chiqadigan sezilarli darajada katta miqdordagi kvartsning mullit sintezi jarayonida ishtirok etishini ko'rsatadi. Haroratning 1400 °C ga ko'tarilishi bu jarayonni kuchaytiradi, buning natijasida Kvarts miqdori keskin kamayadi.

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> qo'shimchasi kiritilgandan keyin galoning pasayishiga qarab, hosil bo'lgan eritmaning miqdori ham kamayadi. Korund fazasining ko'rinishi materialning o'tga chidamliligini oshirishi mumkin. Olingan ma'lumotlarni tahlil qilib, alyuminiy oksidi qo'shimchalari materialning fazaviy tarkibiga ijobiy ta'sir ko'rsatadi degan xulosaga kelishimiz mumkin. Agar Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> qo'shilmagan namunalarda asosiy fazalar mullit, kvarts va kristobalit bo'lsa, unda qo'shimchalarning kiritilishi kristobalitning shakllanishiga to'sqinlik qiladi va keramikaning o'tga chidamliligi va issiqlikka chidamliligiga ijobiy ta'sir ko'rsatadigan kvarts tarkibini sezilarli darajada kamaytiradi. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>ni 10-15% qo'shilishi optimal qiymat deb hisoblanishi mumkin. Korund fazasining ko'rinishi va mullit tarkibining oshishi materialning o'tga chidamliligini oshirishga yordam berdi. Jinsning o'tga chidamliligi 1750 °C ga oshdi.

Boynoksoy koni kvarts-pirofillit xomashyosini o'rganish natijasi nazariy jihatdan kuydirilmagan shamot sifatida foydalanish mumkinligini ko'rsatdi. Kvars-pirofillit

xomashyosining o'rtacha namunasining kimyoviy tarkibi quyidagicha, og'irligi%: 71,19 SiO<sub>2</sub>; 27,02 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 0,10 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 0,10 CaO; 0,03 MgO; 0,12 Na<sub>2</sub>O; 0,06 K<sub>2</sub>O; 1,4 p.p. 1400 °C da tog' jinslarining qisqarishi 7% dan ko'p emas, suvyutuvchanligi 0,2% ni tashkil qiladi, olovbardoshligi – 1650 °C.

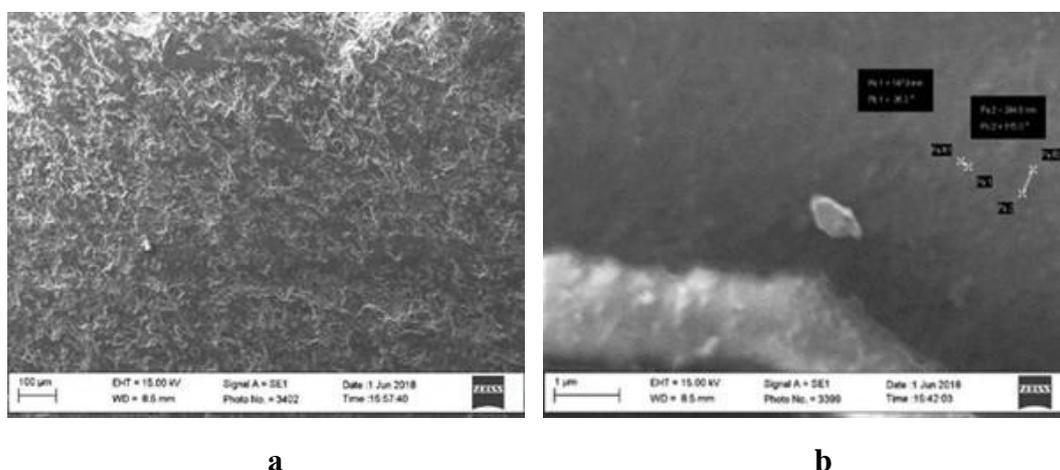
1400 °C da kuydirilgan tabiiy va kvarts-pirofillit jinsining diffraksiya sxemasi 7-rasmda keltirilgan.



**7-rasm. Pirofillit saqlovchi tog' jinslarining diffraksiyalari, tabiiy (a), 1400 °C (b) da kuydirilgan.**

Boynoqsoy konining kvarts-pirofillit jinsiga issiqlik ta'siri natijasida 600 °C dan yuqori haroratlarda pirofillit fazasining parchalanishi boshlanadi. Pirofillitning parchalanishi 800 haroratda paydo bo'ladigan metapirofillit hosil bo'lishi bilan kechadi va 1100 °C gacha saqlanadi. 1200 °C da kuydirilgan namunada mullit paydo bo'ladi va kvartsning reflekslari saqlanib qoladi. 1300 °C da kuydirilgandan so'ng, kristobalit kristallari paydo bo'ladi va mullit miqdori oshadi. Ushbu namunalarda, kvarts miqdori kristobalit miqdoridan ko'pligi ko'rinadi. Bu nisbat 1400 °C da pishirilgan namunalarda o'zgaradi.

Skanerli elektron mikroskop yordamida kvarts-pirofillit jinsining tabiiy namunasi va turli haroratlarda kuydirilgan namunalarning mikro tuzilishi o'rganildi. Olingan tabiiy namunaning va 1400 °C da kuydirilgan namunalarning tasvirlari 8-rasmda keltirilgan.



**8-rasm. Kvars-pirofillit jinsining elektron mikroskopik tasviri, tabiiy (a) va 1400 °C (b) da kuydirilgandan keyin.**

Tabiiy namunaning nozik dispers tuzilishi zich struktura bilan ifodalanadi, unda kvarts kristallari va qatlamlı pirofillitning to'planishi sezilarli darajada ekanligi

ko‘rinadi. 1400 °C da pishirilgan namunada mullit kristallari bilan kirishgan bo‘lib, ularning o‘lchamlari 1 mikrondan oshmaydi.

Shunday qilib, Boynoqsoy konining kvarts-pirofillit jinsini o‘rganish shuni ko‘rsatdiki, bu jinsning xususiyatlari, ya’ni yuqori o‘tga chidamliligi, past qisqarish va suv yutuvchanlikka egaligi va 1400 °C da kuydirilgandan keyin mullit fazasining shakllanishi tufayli bu xomashyo o‘tga chidamli materiallar ishlab chiqarishda kuydirilmagan shamot sifatida ishlatilishi mumkin.

**«Belgilangan xususiyatlarga ega o‘tga chidamli mahsulotlarni olishning texnologik parametrlarini ishlab chiqish»** deb nomlangan to‘rtinchi bobda ko‘rsatilgan xususiyatlarga ega o‘tga chidamli mahsulotlarni olishning texnologik parametrlarini aniqlash bo‘yicha tadqiqot natijalari keltirilgan.

Shamotlar olish uchun Jerdanak konining gil slanetslari toshsimon bo‘lganligi sababli briketlashning hojati yo‘q. Kondan kelayotgan slanets jag‘li maydalagichda maydalanadi, magnit separator orqali o‘tkaziladi, keyin yuviladi va ajratiladi. Xomashyoning 6-8 mmlilik fraksiyasi jo‘vali maydalagichga, so‘ngra 2-0,5 mm fraksiyani ajratish uchun elakka beriladi. Kattaroq fraksiya maydalash uchun jo‘vali maydalagichga qaytariladi. Mayda fraksiya <0,5 mm sharli tegirmonda mayin maydalash uchun yuboriladi. 2-0,5 mm bo‘lgan ajratilgan fraksiya barabanli aylanadigan pechda kuydiriladi. Pishgan xomashyo tebranma elakda katta va kichik fraksiyalarga ajratiladi, 2–0,5 va <0,5 mm lik fraksiyalar dozator bunkerlariga yuboriladi. Shamotning ma’lum nisbatidagi bunday fraksiyon tarkibi o‘tga chidamli mahsulotlar olish uchun belgilangan o‘lchamlaridan minimal og‘ishini ta’minlaydi.

Shamotni kuydirish uchun 1200 °C harorat yetarli ekanligi aniqlandi va kerakli g‘ovaklikka erishish uchun aylanma pechda 3,5 soat davomida olib borildi.

Bunda yirik fraksiyaning optimal tanlangan miqdori 30% bo‘lib, bu yuqori mustahkamlikka erishishda mahsulotning belgilangan o‘lchamlaridan minimal og‘ishini ta’minlaydi.

Shamotli o‘tga chidamli materiallarni ishlab chiqarishning asosiy texnologik sxemasi ishlab chiqilgan. Massani tayyorlash barcha komponentlarni aralashtirishdan iborat bo‘lib, bunda asosiy va bog‘lovchi materiallarning alohida fraksiyalarini bir xilda taqsimlanishi, ularni bir xilda namlanishi va biroz zichlashtirish orqali tashish vaqtida noqulaylikni bartaraf etadi.

Aralashtir-gichga dozatorlardan shamot fraksiyalarining hisoblangan miqdori 30:70 da beriladi, ular bug‘ bilan ishlanadi (2 minut), shundan so‘ng bog‘lovchi gil va suvning hisoblangan miqdori kiritiladi. Massani aralashtirish 15 daqiqa davom etadi. 8-10% suvni o‘z ichiga olgan tayyor massa mahsulotlarni shakllash uchun yuboriladi.

Texnologik aralashmani presslash HLDS-315 preslarida amalga oshiriladi. Ushbu pressdagi maksimal bosim 40 N/mm<sup>2</sup> ni tashkil qiladi. Namunalar o‘lchamlari 230×114×65 mm bo‘lgan to‘rtburchak shakldagi mahsulot ishlab chiqarish uchun mo‘ljallangan qoliplarda qoliplangan.

Yarim tayyor mahsulotni tashish uchun zarur bo‘lgan mustahkamlikka ega bo‘lishi uchun 30 N/mm<sup>2</sup> bosimda shakllash yetarli hisoblanadi.

Kuydirish paytida sodir bo‘ladigan jarayonlar shamot va bog‘lovchi gil uchun shamotning kuyish haroratiga qadar bir oz farq qiladi va namlikni yo‘qotish va biriktiruvchining kristalli tarkibiy qismlarining tuzilishini parchalash jarayonlari bilan

belgilanadi. Bundan tashqari, shamot va bog‘lovchi tarkibining bir xilligi tufayli qisqarish va fazaviy o‘zgarishlar bilan birga bir xil hodisalar yuzaga keladi.

150-400 °C oralig‘ida qoliplash namligi chiqariladi va bog‘lovchi gildagi uglerod aralashmalari oksidlanadi. Ushbu davrdagi kuydirish tezligi o‘choqning tuzilishi, xomashyoning massasi va namligiga bog‘liq. 400-800 °C oralig‘ida gil bog‘lovchida kaolinit va muskovitning parchalanishi va strukturaviy kimyoviy bog‘langan suvning chiqishi bilan kichik hajmli qisqarish (2% dan ko‘p bo‘lmagan) bilan birga sodir bo‘ladi. Haroratning 900 °C dan yuqoriga oshishi suyuq fazaning paydo bo‘lishiga olib keladi va mullit hosil bo‘lish jarayoni boshlanadi. Ushbu oraliqda haroratning oshirish tezligi asosan, bog‘lovchi va shamot miqdorlarini nisbatiga bog‘liq. 1300-1400 °C oralig‘ida haroratni bir xillashtirish uchun harorat oshirish tezligi pasaytiriladi.

Shamot mahsulotlarini sovutish jarayoni material hajmining kamayishi bilan birga kechadi, shuning uchun 800-1000 °C gacha, sovutish 25-45 °C/soat tezlikda amalga oshiriladi. Ushbu haroratlardan pastroqda, pechlarda devor tomonidan to‘plangan katta miqdordagi issiqlik mavjudligi sababli sovutish tezligi biroz sekinlashadi.

O‘lchami 65,0×3,3×2,7 m bo‘lgan tunnel pechida o‘tga chidamli g‘ishtlarni kuydirish optimallashtirildi. Pechga 39 ta aravachalar kiradi. Tarkibida 70% shamotli bo‘lgan ShA sinfiga mos keladigan o‘tga chidamli mahsulotlarni olish imkonini beruvchi shamotli mahsulotlarni kuydirish grafigi 1-jadvalda keltirilgan.

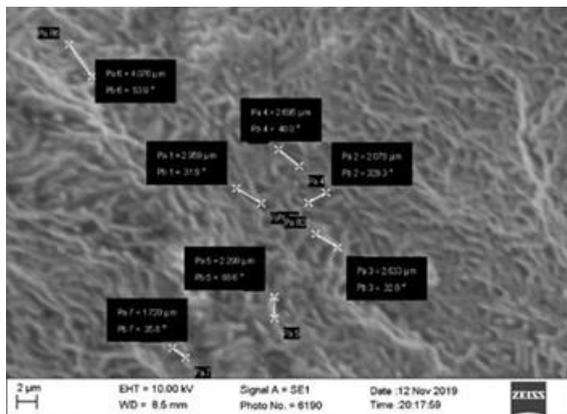
Kvars-pirofillit jinsidan shamot ishlab chiqarishning texnologik sxemasi gil slanetslaridan shamot ishlab chiqarish sxemasi bilan bir xil bo‘lib, undan fraksiyalangan xomashyoni kuydirish istisno qilinadi. Mahsulotning tarkibi bilan bog‘liq holda ishlab chiqilgan kuydirish rejimi belgilangan o‘lchamlardan minimal og‘ishlar bilan kerakli tuzilish va xususiyatlarga ega mahsulotlarni ishlab chiqarishni ta‘minladi.

Shamotdan tayyorlangan mahsulotlar namunalarining tuzilishi 9-rasmda keltirilgan. Taqdim etilgan fotosuratlarda materiallarning butun tuzilishiga o‘lchamlari 2 mikronga teng bo‘lgan mullit va kristobalitning prizmatik kristallaridan iboratligini ko‘rsatadi.

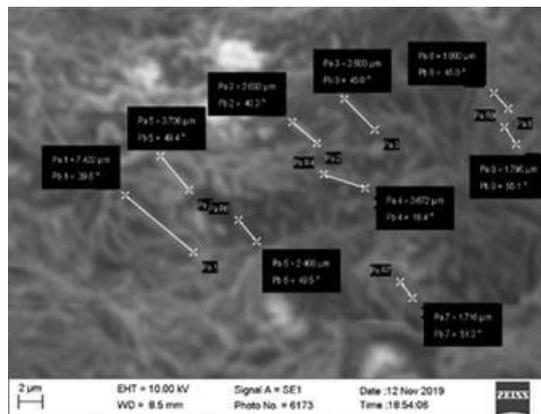
## 1-jadval

### Tunnel pechida o‘tga chidamli mahsulotlarni kuydirish grafigi

Temperatura oralig‘i, °C	Temperaturani oshirish va pasaytirish tezligi, °C/s	Kuydirish davomiyligi, s
Quritish +Kuydirish		
100–400	35	8
400–1100	70	14
1100–1300	30	20
1300–1400	50	3
Jami		45
Sovutish		
1400–700	125	6
700–400	60	10
400–75	34	11
Jami		27
Hammasi		72



a



b

9-rasm. Shamotli olovbardoshning mikro tuzilishi: a - 70% shamot (kuygan gil slanets) 30% bog‘lovchi (gil slanets); b - 70% shamot (kvars-pirofillit), 30% bog‘lovchi (gil slanets).

Ishlab chiqilgan texnologiya yordamida olingan o‘tga chidamli shamot mahsulotlarining xususiyatlari 2-jadvalda keltirilgan. Berilgan ma’lumotlardan ko‘rinib turibdiki, olingan mahsulotlar GOST 390–2018 ning ShA va ShB markali shamotli o‘tga chidamli g‘ishtlarini ishlab chiqarish bo‘yicha barcha talablariga javob beradi (1 – gil slanets asosidagi shamot, 2 – kvarts-pirofillit jinsi asosidagi shamot).

Olingan mahsulotlarning yuqori mustahkamligi va past g‘ovakliligi ishlatiladigan xomashyo va texnologiyaning xususiyatlari bilan izohlanishi mumkin. Shamotning pastroq kuydirish harorati gil bog‘lovchi va shamotning izchil qisqarishini ta’minlaydi – kuyish paytida shamot va gil bog‘lovchining qisqarishi parallel ravishda sodir bo‘ladi. Shu bilan birga, shamot donachalari va gil zarralari orasidagi bo‘shliqlar kamayadi va natijada mahsulotlarning mustahkamligi va zichligi oshadi.

2-jadval

**Olovbardosh g‘ishtlarni fizik-kimyoviy xossalari**

Ko‘rsatkich nomlanishi	Namunalar		Ko‘rsatkich qiymati GOST 390-2018	
	1	2	ShA	ShB
Massa ulushi, %:				
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , dan kam emas	32	28	30	28
SiO <sub>2</sub>	-	-	-	-
Olovbardoshlik, °C, dan past emas	1700	1650	1690	1650
Yumshash harorati, °C, dan past emas	1350	1350	1300	-
Ochiq g‘ovaklilik, %, dan ortiq emas	13	15	24	24
Siqilishga bardoshlik, H/mm <sup>2</sup> , dan kam emas	65	30	20	15
1400°C haroratda qizdirilganda o‘lchamlarning o‘zgarishi, %, dan ortiq emas	0,2	-	-	-

«Jerdanak konining gil slanetslari asosida chinni buyumlar ishlab chiqarish texnologiyasini ishlab chiqish» deb nomlangan V bobida chinni sopolagi, sirlari tarkibini, ularning strukturaviy xususiyatlari va mahsulot ishlab chiqarish texnologiyasini ishlab chiqish bo‘yicha tadqiqotlar natijalari keltirilgan.

Ishlab chiqilgan chinni omixtasining tarkibi quyidagicha, mass. %: 66 slanets; 24 kvarts; 5 dala shpati; 5 chinni sinig'i.

Tarkibiy komponentlar sifatida Jeroy konidan boyitilgan kvars qumi va Ingichka konidan dala shpati ishlatilgan, ularning kimyoviy tarkibi 3-jadvalda keltirilgan.

**3-jadval**

**Dala shpatining va kvars qumining kimyoviy tarkibi**

Jinsning nomlanishi	Oksidlarning massa ulushi, %								
	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	ZrO <sub>2</sub>
Dala shpati (Ingichka)	65,92	0,016	18,52	0,074	0,576	0,145	14,6	-	0,149
Kvars qumi (Jeroy)	99,25	-	0,25	0,04	0,13	0,04	0,06	0,23	-

Ishlab chiqilgan chinnining kimyoviy tarkibi 4-jadvalda keltirilgan.

4-jadvalda keltirilgan kimyoviy tarkib asosida hisoblangan chinni uchun kislotalik koeffitsienti 1,3 ga teng. Shunday qilib, chinni qattiq va maishiy chinni ta'rifiga kiradi.

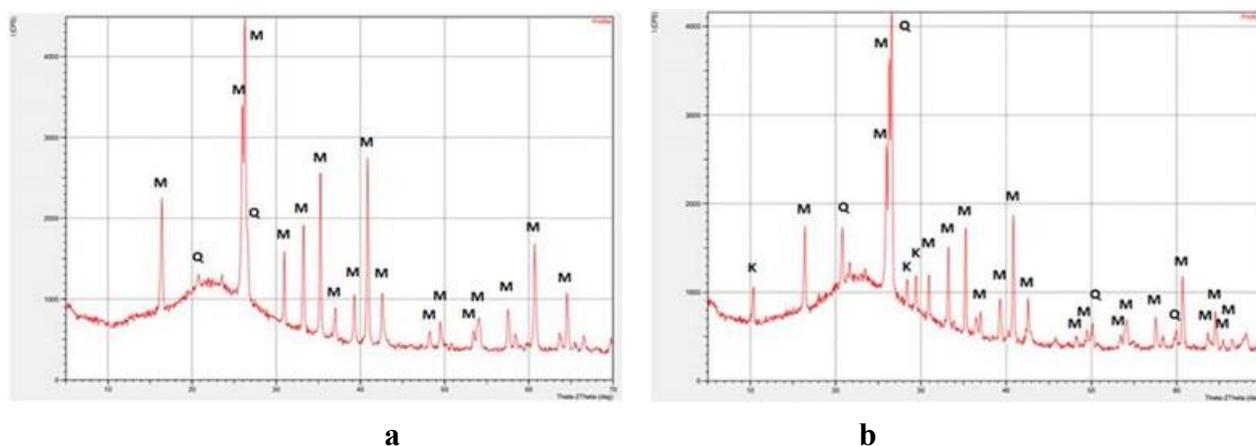
**4-jadval**

**Chinni kimyoviy tarkibi**

Oksidlarning massa ulushi, %								
SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	ZrO <sub>2</sub>
67,019	0,461	27,179	0,253	0,17	0,082	4,641	0,055	0,14

2% magniy oksidining kiritilishi ishlab chiqilgan chinnining ba'zi xususiyatlariga ijobiy ta'sir ko'rsatdi. MgO talk orqali kiritilgan.

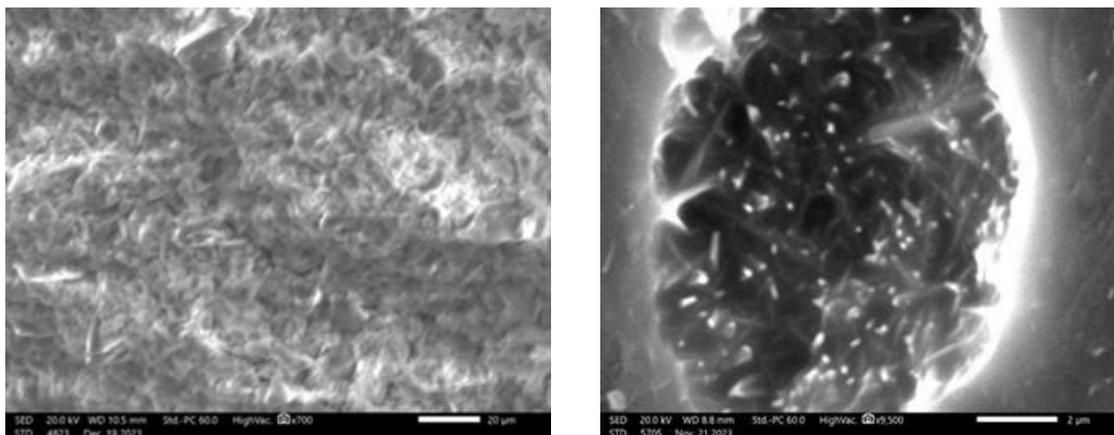
10-rasmda magniy oksidisiz va qo'shilgan chinni diffraksiya sxemasi ko'rsatilgan. Taqdim etilgan rasmlardan ko'rinib turibdiki, asosiy kristall faza mullit hisoblanadi. Qo'shimchaning yo'qligida qoldiq kristalli kvartsning tarkibi keskin kamayadi. Talk qo'shilsa, mullit refleksining intensivligi pasayadi, qoldiq kvarts miqdori ortadi va kor-diyerit fazasi paydo bo'ladi. Magniy oksidi qo'shilishi bilan olingan F-2 tarkibidagi chinni diffraksiyasi shuni ko'rsatdiki, magniy oksidi ma'lum darajada mullit paydo bo'lishiga qarshilik qiladi va kvarts kristallini ko'payishiga yordam beradi.



**10-rasm. Chinni diffraktogrammasi: a - talk qo'shmasdan; b - talk qo'shilishi bilan.**

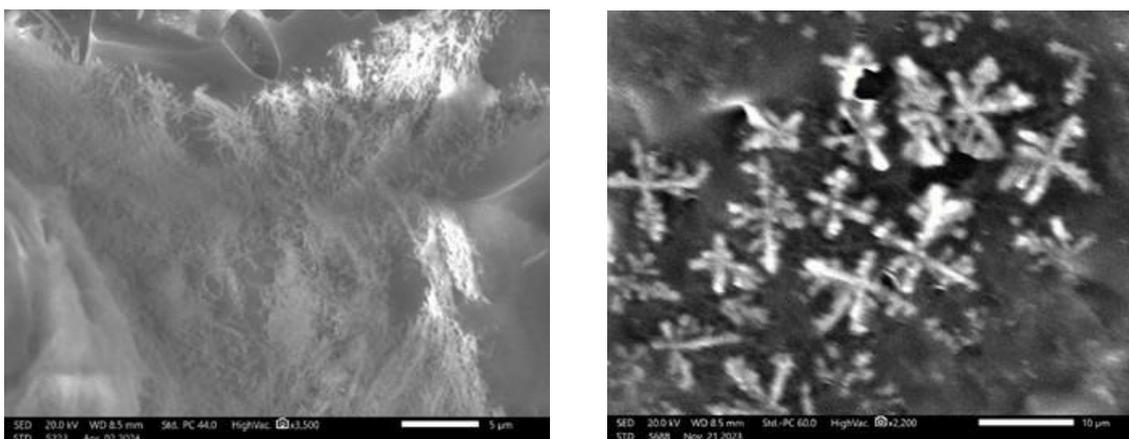
F-1 tarkibidagi chinnining elektron mikroskopik tasviri (11-rasm) chinnining bir xil tuzilishini va kattaligi 5 mikrondan oshmaydigan kichik teshiklarning mavjudligini

ko'rsatadi. Ikkilamchi mullitning igna shaklidagi kristallari tasodifiy joylashgan va keramikaning butun maydonini teng ravishda to'ldiradi.



**11-rasm. F-1 massasidan chinnining elektron mikroskopik tasviri.**

Chinni massasiga magniy oksidi qo'shilishi hosil bo'lgan eritmada mullit sintezi uchun sharoitlarni o'zgartiradi(12-rasm). Natijada, mullit kristallining prizmatik va ignasimon ko'rinishlarining shakllanishi bilan bir qatorda ignasimon skeletli kristallari hosil bo'ladi, ularning shakllanishi eritmalarda kristall o'sishining dislokasion mexanizmi bilan izohlanadi. Chinni massasi tarkibiga magniy oksidining kiritilishi uning ba'zi xususiyatlarini yaxshilaydi - qisqarish miqdori kamayadi, oqlik va issiqlikka chidamlilik oshadi, lekin mustaxkamlik va zichlik biroz kamayadi.



**12-rasm. F-2 massasidan chinnining elektron mikroskopik tasviri.**

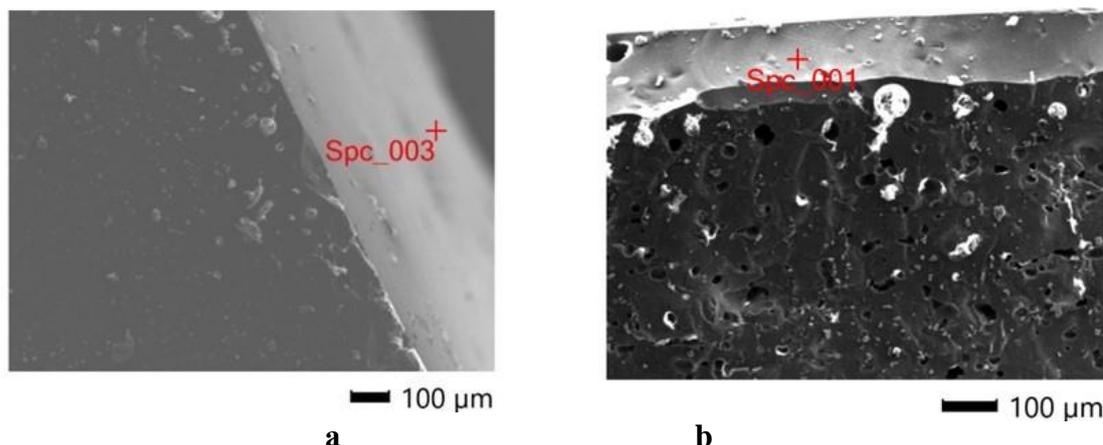
Ko'pgina tajribalar natijasida sirlil qoplamalar ishlab chiqilgan bo'lib, ularning kimyoviy tarkibi 6-jadvalda keltirilgan. G-1 tarkibidagi sir F-1 tarkibidagi chinni so-polaklari uchun, G-2 esa F-2 uchun mos keladi.

**6-jadval**

**Eksperimental sirlarning kimyoviy tarkibi**

Sir indeksi	Oksidlarning massa ulushi, %							
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O
G-1	72,74	14,75	0,13	0,47	5,65	3,7	1,71	0,85
G-2	69,71	16,40	0,10	0,43	7,45	4,88	0,98	0,05

Sir-chinni sopolagi kontakt qatlamining elektron mikroskopik tasvirlari 13-rasmda keltirilgan. F-1 massasidan sir va chinni sopolagining chegarasi bir tekisroq bo‘lib, bu kompozitsiya sirining yanada kuchli o‘zaro ta’sirining natijasi bo‘lishi mumkin. G-2 chinni sopolagi bilan F-2.



**13-rasm. Chinni F-1 (a) va F-2 (b) sir-parcha kontakt qatlamining elektron mikroskopik tasvirlari**

Chinni sopolagi va sir qatlamidagi va sir-sopolak chegaradagi elementlarning massa tarkibini tahlil qilish shuni ko‘rsatdiki, sirning chegara qatlami alyuminiy va kremniy elementlarning chinnidan sir qatlamiga kirib borishi tufayli boyitilgan. F-1 tarkibidagi chinni uchun sir qatlamidan sopolakka o‘tishda alyuminiy konsentratsiyasi 8,31-9,51-18,90, F-2 tarkibidagi chinni uchun 8,54-9,03-16,18 ni tashkil qiladi. F-1 tarkibidagi chinni uchun sirli qatlamdan parchaga o‘tishda kremniy konsentratsiyasi 29,56-31,06-34,96 va F-2 tarkibidagi chinni uchun 28,89-30,36-34,59 ni tashkil qiladi.

Oraliq qatlamdagi kaliy miqdorining oshishi eritmaning yopishqoqligini kamaytirishga, sirning chinni sopolagi bilan yaxshi o‘zaro ta’siriga yordam beradi.

Sir, oraliq qatlam va chinni sopolaklarini EDS tahlilining olingan natijasi keramik asos bilan yaxshi o‘zaro ta’sir qilish va turli nuqsonlarga olib keladigan kuchlanishlar yo‘qligini ko‘rsatadi va teshikchalar kabi nuqsonlar mavjud emas.

Sir shaffof, yaxshi oquvchan va yaltiroqlikka ega. Chinni buyumlarning fizik-kimyoviy xossalari 7-jadvalda keltirilgan.

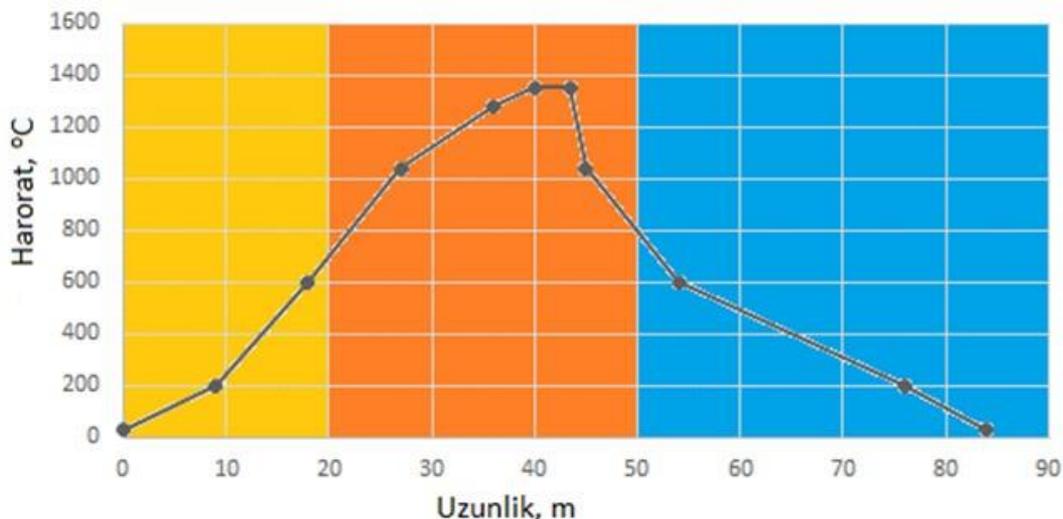
**7-jadval**

**Chinni buyumlarni fizik-kimyoviy xossalari**

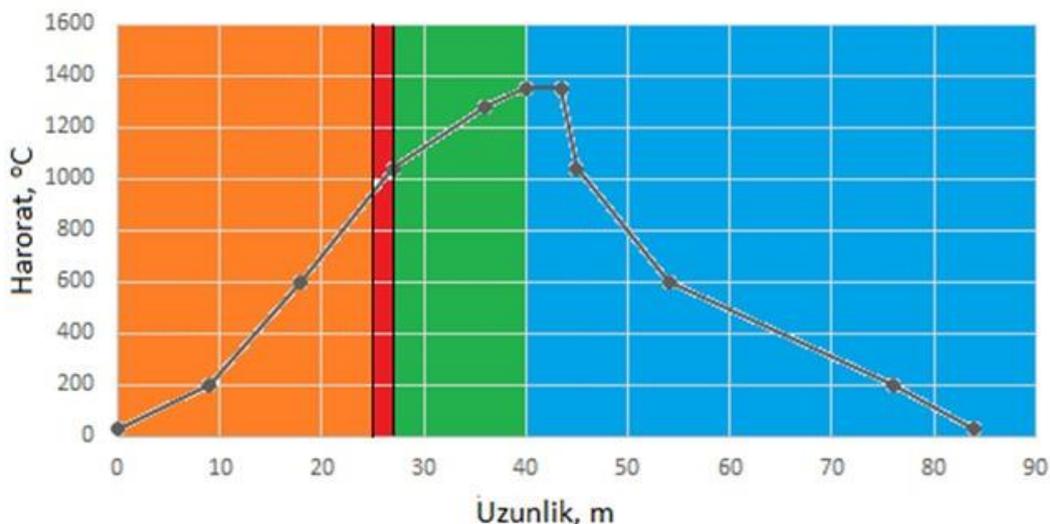
Ko‘rsatkichlar	Massa indeksi		GOST 28390–89
	F-1	F-2	Nav 1
Kuydirish harorati, °C	1350	1350	
To‘liq qisqarish, %	13,2	12,9	
Suv yutuvchanlik, %, ko‘p emas	0	0	0,2
Zichlik, g/sm <sup>3</sup>	2,68	2,61	
Chinni sopolakning TCHKK x10 <sup>6</sup> , K <sup>-1</sup>	5,2	5,0	
Sir qoplamaning TCHKK x10 <sup>6</sup> , K <sup>-1</sup>	5,0	4,8	
Sir qoplangan chinnining egilishga mustaxkamligi, MPa	74	69	
Issiqbardoshlik, °C, dan kam emas	185	200	185
Kislotabardoshlilik, %	99,0	99,0	
Sirlangan chinnining oqligi, %, dan kam emas	64	66	64
Shaffoflik, %, dan kam emas	25	30	30

Shunday qilib, shuni ta’kidlash mumkinki, o‘z xususiyatlariga ko‘ra, Jerdanak konidan olingan gil slanets asosida ishlab chiqilgan chinni sopolaklari va sirlari tarkiblari xususiyatlari GOST 28390-89 bo‘yicha 1-nav chinni buyumlarga qo‘yiladigan talablarni qondiradigan qattiq chinni olish imkonini beradi.

Chinni buyumlarni plastik qoliplash va quyish usuli bilan ishlab chiqarishning asosiy texnologik sxemasi ishlab chiqilgan. Tunnel pechida chinni mahsulotlarini bir marta yoqish uchun harorat rejimi ishlab chiqilgan (14-rasm).



a



b

- kuchsiz oksidlovchi       - kuchli oksidlovchi  
 - qaytaruvchi       - neytral

**14-rasm. Tunnel pechida chinni mahsulotlarini kuydirish uchun harorat rejimi: a – isitish, kuydirish va sovutish joylari; b – o‘choq uzunligi bo‘ylab gaz muhiti.**

Chinni va sirning ishlab chiqilgan tarkiblari, shuningdek, chinni buyumlarini ishlab chiqarish texnologiyasi birgalikda GOST 28390–89 talablariga javob beradigan Djerdanak konidan gil slanets asosida chinni buyumlar ishlab chiqarishni ta’minladi.

«Ishlab chiqilgan texnologiyalarni joriy etish» nomli VI bobida o‘tga chidamli materiallar va chinni buyumlar ishlab chiqarish bo‘yicha ishlab chiqilgan texnologiyalarni ishlab chiqarishga joriy etish natijalari keltirilgan.

«SURXON-KERAMIKS» aksiyadorlik jamiyati tomonidan 2021-yil oktabr oyidan 2023-yil sentabrgacha bo‘lgan davrda Jerdanak konidan olingan gil slanetslari

asosida IAP 06594-sonli «Shamotli olovbardoshlar ishlab chiqarish omixtasi» patentiga muvofiq shamotli olovbardoshlar ishlab chiqarish energiya tejash texnologiyasini joriy etish bo'yicha ishlar amalga oshirildi.

Ishlab chiqarish mahsuloti GOST 390–2018 shartlariga, xususan, ShA markasiga javob beradigan o'tga chidamli shamot g'ishtidir. Ish unumdorligi kuniga 5000 g'ishtga.

Mahsulot oldindan tayyorlangan shamot va gil bog'lovchi aralashmasidan yarim quruq qoliplangan mahsulotlarni yuqori haroratda pishirish orqali olinadi.

Texnologik reglament ishlab chiqilib, shamotli olovbardoshlar uchun muvofiqlik sertifikatini olindi.

Chinni buyumlarni sanoat sharoitida ishlab chiqarish 2009 yilda Samarqand chinni zavodida amalga oshirilgan.

2019-yilda qurilgan Toshkent chinni zavodida UZ № IAP 06168 "Chinni massa" patentiga muvofiq chinni massasining yaxshilangan tarkibi bo'yicha ishlab chiqilgan gil slanets asosida bir marta kuydirish yo'li bilan chinni ishlab chiqarishning energiya tejovchi texnologiyasi joriy etildi.

Jerdanak koni xomashyosi asosida ishlab chiqarilgan chinni buyumlar 1-navli mahsulotlar uchun GOST 28390-89 talablariga javob beradi.

Ishlab chiqilgan texnologiyalarning amaliyotga tatbiq etilishi natijasida korxonalar faoliyat ko'rsatmoqda, ish o'rinlari yaratilmoqda, xaridorgir mahsulotlar ishlab chiqarilmoqda.

## XULOSA

1. Jerdanak konidagi gilli slanetsdan shamotli olovbardoshlar va chinni ishlab chiqarish uchun foydalanish imkoniyati kimyoviy tarkibini o'rganish va  $K_2O-Al_2O_3-SiO_2$  uch komponentli fazali diagrammasi bilan taqqoslash asosida nazariy jihatdan asoslandi. Slanetsning asosiy minerallari kaolinit, kvarts va muskovit turlari - illit, seritsitdir. Ba'zida halgilsit, kamroq tez-tez sillimanit mavjud. Konda xomashyoning asosiy turi kaolinit minerali hisoblanadi. Slanetsning o'rtacha tarkibi quyidagicha, mass. %: 53,89  $SiO_2$ ; 0,787  $TiO_2$ ; 35,26  $Al_2O_3$ ; 0,514  $Fe_2O_3$ ; 0,181  $CaO$ ; 4,53  $K_2O$ ; 0,168  $ZrO_2$ ; 0,020  $V_2O_5$ ; 0,021  $Rb_2O$ ; 0,009  $Cr_2O_3$ ; 4,621 q.y. Gill slanetsning issiqlikkaga chidamliligi 1700-1730 °C oralig'ida bo'lib, 1400 °C da kuydirilgan slanets mullit, kvarts va kristobalitdan iborat. Mullit 1100-1200 °C harorat oralig'ida hosil bo'lishi aniqlangan.

2. Tarkibida kaolinit ustun bo'lgan gil slanetslar 1350 °C da kuydirilgandan keyin quyidagi xususiyatlarga ega: qisqarish – 21%; suv yutuvchanlik – 0%; ko'rinadigan zichlik – 2,5 g/sm<sup>3</sup>; haqiqiy zichlik – 2,7 g/sm<sup>3</sup>; pishish oralig'i – 100 °C; egilish kuchi – 70 MPa; 20-600 °C harorat oralig'ida CHKTK  $4,8 \cdot 10^{-6} K^{-1}$  dan oshmadi. Qattiq jins hisoblangan gil slanetslar maydalash jarayonida mexanik faollashtirilgandan so'ng, 15 ga teng qovushqoqlikka ega bo'ladi.

3. 1300-1400 °C oralig'ida kuydirilgan gil slanetsning fazaviy tarkibiga 5-15% oralig'ida  $Al_2O_3$  qo'shilishining ijobiy ta'siri aniqlandi. Kaolinit va seritsitning strukturaviy parchalanishi jarayonida ajralib chiqadigan  $SiO_2$  mullitning sintez jarayonida ishtirok etishi natijasida mullit miqdori ortadi va kristobalit hosil bo'lmaydi, o'tga chidamliligi 1750 °C gacha oshadi.

4. Kvars-pirofillit xomashyosining o'rtacha namunasining kimyoviy tarkibi quyidagicha, mass. %: 73,64 SiO<sub>2</sub>; 27,02 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 0,10 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 0,10 CaO; 0,03 MgO; 0,12 Na<sub>2</sub>O; 0,06 K<sub>2</sub>O; 1,4 q.y 1400 °C da tog' jinslarining qisqarishi 7% dan ko'p emas, suv yutuvchanligi 0,2% ni tashkil qiladi, jinsning olovbardoshliligi 1650 °C ni tashkil qiladi. Xususiyatlarining uyg'unligi tufayli kvarts-pirofillit jinsi olovbardosh materiallarni ishlab chiqarishda kuydirilmagan shamot sifatida ishlatilishi mumkin.

5. Gilli slanetsdan past haroratda kuydirilgan shamot qo'shilgan olovbardosh materiallar tarkibi va ishlab chiqarishning texnologiyasi asoslari ishlab chiqilgan bo'lib, u quyidagi fizik-texnik xususiyatlarga ega bo'lgan material ishlab chiqarishni ta'minlaydi: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ning massa ulushi – 32% dan kam bo'lmagan; olovbardoshliligi – 1700 °C dan past bo'lmagan; yumshashning boshlang'ich harorati 1350 °C dan past emas; ochiq g'ovaklik – 13% dan ko'p bo'lmagan; siqilishga mustahkamligi 65 N/mm<sup>2</sup> dan kam bo'lmagan; 1400 °C haroratda qizdirilganda o'lchamlardagi qoldiq o'zgarishlar - GOST 390–2018 bo'yicha ShA sinfining talablariga mos keladigan 0,2% dan ko'p emas.

6. Kvarts-pirofillit jinsi sifatida kuydirilmagan shamotdan foydalangan holda kvarts-pirofillit-gil slanets tarkibidagi o'tga chidamli mahsulotlarni ishlab chiqarish uchun tarkibi va texnologiyasi asoslari ishlab chiqilgan bo'lib, u quyidagi fizik-texnik xususiyatlarga ega bo'lgan materialni ta'minlaydi: massa ulushi Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan - kamida 28%; olovbardoshligi - 1650 °C dan past bo'lmagan; yumshash-ning boshlang'ich harorati - 1300 °C dan past emas; ochiq g'ovaklik - 15% dan ko'p bo'lmagan; siqilishga mustahkamligi - 30 N/mm<sup>2</sup> dan kam bo'lmagan; 1400 °C haroratda qizdirilganda o'lchamlardagi qoldiq o'zgarishlar - GOST 390-2018 bo'yicha ShB va ShV sinflari talablariga mos keladigan 0,1 dan oshmaydi.

7. Jerdanak konidan olingan gil slanets asosida quyidagi tarkibdagi chinni tarkibi ishlab chiqilgan, massa bo'yicha %: F1 – Jerdanak konining 64 gil slanetsi; Jeroy konidan 24 kvarts; Ingichka konidan 5 ta dala shpati; 5 chinni sinig'i; va F2 – 63,5 gil slanets; 23,1 kvarts; 4,8 dala shpati; 4,4 chinni sinig'i; 4,2 afg'on talki. Ishlab chiqilgan tarkibning chinni uchun kislotalik koeffitsienti 1,3 ni tashkil qilib, bu xo'jalikda foydalaniladigan qattiq chinniga mos keladi. Rentgen tekshiruv natijasida chinni tarkibidagi asosiy kristall faza mullit bo'lib, kvarts ham borligi aniqlandi. Magniy oksidining chinni massasiga kiritilishi kordiyerit fazasining paydo bo'lishiga, oqlik va issiqlikka chidamlilikning oshishiga, qisqarish, mustahkamlik va zichlikning pasayishiga olib keladi. Elektron mikroskopik tahlil chinni tarkibida magniy oksidi mavjudligi natijasida skeletsimon igna shaklidagi mullit kristallari hosil bo'lishini aniqladi.

8. Yaltiroq sir qoplama ishlab chiqilgan, uning tarkibi quyidagicha, mass. %: Ingichka koni dala shpati 28–30; G'uzor koni dolomit 11–13; Jerdanak konining gil slanetsi 11–13; Jeroy konining kvars qumi 52–46. Sirning fizik-kimyoviy xossalari (to'liq quyulish harorati – 1350 °C; CHKTK – 4,8-5,0·10<sup>-6</sup> – 5,0-5,0·10<sup>-6</sup> K<sup>-1</sup>; issiqlikka chidamliligi 185 °C dan kam emas; kislotaga chidamliligi – 99%) shaffoflikni, nuqsonlarsiz yaxshi yaltiroqlik va oqishni ta'minlaydi.

9. Bir martalik kuydirishni joriy etish orqali energiyani tejash, kuyish vaqtini 2 soatga qisqartirishni ta'minlaydi, va pishirish haroratini pasaytirish, plastik va quyma usulida xo'jalik chinni buyumlar ishlab chiqarish texnologiyasi asoslari Jerdanak konidan olingan gil slanets asosidagi ishlab chiqildi. Chinni buyumlarning fizik-kimyoviy xossalari (pishirish harorati – 1350 °C; umumiy qisqarish – 12,9%; egilishda

bardoshlik 69 MPa dan kam bo‘lmagan; suv yutuvchanlik – 0%; oqlik – 64-66%; shaffoflik – 20-35%) GOST 28390–89 bo‘yicha chinni buyumlarga qo‘yiladigan talablarni qondiradi. Texnologiya Toshkent chinni zavodida joriy etildi. Yiliga 9 milliard so‘mdan ortiq iqtisodiy samara bermoqda.

10. “SURXON-KERAMIKS” AJda IAP 06594-sonli “O‘tga chidamli materiallar ishlab chiqarish aralashmasi” patentiga muvofiq Djerdanak konidan mahalliy gil slanets asosida shamotli olovbardosh materiallar ishlab chiqarish energiya tejoychi texnologiyasi joriy etildi. Ishlab chiqarish mahsuloti GOST 390–2018 shartlariga, xususan, ShA markasiga javob beradigan o‘tga chidamli shamotli g‘ishtdir. Ishlab chiqarish quvvati kuniga 5000 g‘ishtga. Yiliga 5 milliard so‘mdan ortiq iqtisodiy samara bermoqda.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/30.12.2019.Т.04.01  
ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ  
ТАШКЕНТСКОМ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ**

---

**ТАШКЕНТСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

**МКРТЧЯН РИПСИМЕ ВАЧАГАНОВНА**

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОИЗВОДСТВА ШАМОТНЫХ  
ОГНЕУПОРОВ И ФАРФОРА НА ОСНОВЕ ГЛИНИСТОГО СЛАНЦА  
МЕСТОРОЖДЕНИЯ ДЖЕРДАНАК**

**02.00.15 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических мате-  
риалов**

**АВТОРЕФЕРАТ  
ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК (DSc)**

**Ташкент - 2024**

**Тема диссертации доктора технических наук (DSc) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за номером B2024.2.DSc/T780**

Диссертация выполнена в Ташкентском химико-технологическом институте.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета ([www.tkti.uz](http://www.tkti.uz)) и информационно-образовательном портале «Ziyonet» ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)).

**Научный консультант:** **Арипова Мастура Хикматовна**  
доктор технических наук, профессор

**Официальные оппоненты:** **Бабаханова Зебо Абдуллаевна**  
доктор технических наук, профессор

**Гуламова Дильбара Джураевна**  
доктор технических наук, профессор

**Талипов Нигматулла Хамидович**  
доктор технических наук, профессор

**Ведущая организация:** **Ташкентский государственный технический университет им. И.Каримова**

Защита состоится «\_\_» \_\_ 2024 г. в «\_\_<sup>00</sup>» часов на заседании Научного совета DSc.03/30.12.2019.T.04.01 при Ташкентский химико-технологического институте по адресу: 100011, г. Ташкент, Шайхонтаурский район, ул. А.Навои, 32. Тел.: (+99871) 244-79-20; факс: (+99871) 244-79-17; e-mail: [tkti\\_info@edu.uz](mailto:tkti_info@edu.uz).

Диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре Ташкентского химико-технологического института за № \_\_\_\_, с которой можно ознакомиться в информационно-ресурсном центре (100011, г. Ташкент, Шайхонтаурский район, ул. А.Навои, 32. Тел.: (+99871) 244-79-20, факс: (+99871) 244-79-17, e-mail: [tkti\\_info@edu.uz](mailto:tkti_info@edu.uz)).

Автореферат диссертации разослан «\_\_» \_\_ 2024 года.

(протокол рассылки №\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_ 2024 г).

**С.М. Турабджанов**

Председатель Научного совета по присуждению  
учёных степеней, д.т.н., профессор

**Х.И. Кадиров**

Учёный секретарь Научного совета по присуждению  
учёных степеней, д.т.н., профессор

**З.А. Бабаханова**

Заместитель председателя Научного семинара  
при Научном совете по присуждению  
учёных степеней, д.т.н., профессор

## **ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора технических наук (DSc))**

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** Мировой тенденцией развития керамической промышленности является переход на энергосберегающие технологии производства огнеупорных и фарфоровых изделий. Шамотные огнеупоры, составляющие более 70% выпускаемых огнеупорных изделий, обеспечивающие эффективную эксплуатацию основных технологических агрегатов и машин в большинстве отраслей современной промышленности - черной и цветной металлургии, энергетике, химической промышленности и др., являются наиболее востребованной продукцией. Фарфоровые изделия благодаря экологичности и эстетичности традиционно широко используются населением. При этом важно производить востребованные огнеупорные и фарфоровые изделия на основе доступного и дешевого сырья.

Проводятся углубленные исследования, направленные на создание энергосберегающих технологий для производства шамотных огнеупоров и фарфоровых изделий. В связи с этим актуально исследование фазового состава при обжиге глинистого сырья, оптимизация состава, повышение качества изделий, апробация технологий, позволяющих снизить энергозатраты на получение огнеупорных изделий из глинистого сырья - глинистых сланцев, разработка состава и энергосберегающей технологии получения фарфоровых изделий из глинистого сланца.

В нашей республике ведется масштабная научно-исследовательская работа по развитию керамической промышленности за счет эффективного использования материальных ресурсов, в том числе получения востребованных огнеупорных и фарфоровых изделий на основе нетрадиционного сырья, расширения вида выпускаемой продукции, повышения ее качества. Стратегия развития нового Узбекистана определяет важные задачи «разработки предложений и комплексных мер, направленных на удовлетворение потребностей внутреннего рынка в соответствующей продукции на основе изучения конъюнктуры рынка важной промышленной продукции»<sup>1</sup>. В связи с этим большое значение имеет для получения востребованной продукции из местного сырья использовать глинистые сланцы Джерданакского месторождения, составы которых располагаются в трех компонентной системе  $K_2O - Al_2O_3 - SiO_2$ , благодаря наличию минералов каолинита и мусковита для производства шамотных огнеупоров, расширение ассортимента фарфоровых изделий и повышение их качества.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит реализации задач, поставленных в Указе Президента Республики Узбекистан № УП-158 от 11 сентября 2023 года «О Стратегии «Узбекистан - 2030», УП-169 от 12 октября 2023 года «О дополнительных мерах по ускоренному развитию промышленности и ее базовых отраслей» а также решения задачи организации производства огнеупорных кирпичей на основе сырья месторождения Джерданак, поставленной Президентом в ходе его визита в Сурхандарьинскую

---

<sup>1</sup>O'zbekiston Respublikasi Prezidentining «2022-2026-yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida»gi 2022-yilning 28-yanvardagi PF-60-son Farmoni.

область 19-20 января 2018 года и расширенного совещания, состоявшегося в Кизырикском районе.

**Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики.** Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологии Республики Узбекистан: VII. Химическая технология и нанотехнология.

**Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации<sup>2</sup>.** Научные исследования, направленные на получение и исследование алюмосиликатной керамики осуществляются в ведущих научных центрах и высших образовательных учреждениях, в том числе: Cambridge University (Англия), University of Michigan (США), California Institute of Technology (США), Limoges University (Франция), Pennsylvania State University (США), University of Modena (Италия), Institute of Materials Science and Technology (Австрия), Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla (Испания), Технологический университет Хэфэй (Китай), Корейский университет (Сеул), Curtin University (Австралия), Universidad Politécnica de Cataluña (Испания), University of Bremen (Германия), McGiU University (Канада), Национальный Тайваньский университет (Тайвань), Калькуттский университет (Индия), Central South University (Китай), Московский государственный университет, Белорусский государственный технологический университет, Сибирский федеральный университет, Иркутский государственный технический университет, Ташкентский химико-технологический институт и др.

Комплекс исследований осуществлен по определению фазового состава глинистых пород, трансформации каолинита в муллит, исследованию структурных особенностей муллита, использования пиррофиллитсодержащей породы в качестве огнеупорного материала и снижения энергозатрат на получение огнеупорных изделий, в том числе получены следующие научно-практические результаты: исследование нового глинистого сырья и процесса трансформации его в муллит (Институт исследований керамики, Европейский центр керамики, Франция, Восточно-китайский университет науки и технологий, Китай, Университет Барселоны, Национальный Тайваньский университет, Тайвань, Сибирский федеральный университет, Иркутский государственный технический университет, Россия), исследование структурных особенностей муллита (Институт твердого тела, Россия, University of Bremen, Германия) использование редкого пиррофиллитового сырья для производства огнеупорных материалов (University of Michigan, California Institute of Technology, США, Технологический университет Хэфэй, Китай, Limoges University, Франция, Institute of Materials Science and Technology, Австрия, Universidad Politécnica de Cataluña, Испания, McGiU University, Канада, применение еще более редкого сырья – глинистых сланцев (Тувинский государственный университет, Институт геологии ДНЦ, Россия, Ташкентский химико-технологический институт, Узбекистан), исследования по составу и структуре фарфора (Китайский университет наук о Земле, University of

---

<sup>2</sup>Dissertatsiya mavzusi bo'yicha xorijiy ilmiy-tadqiqotlar sharhi: [www.czu.cz](http://www.czu.cz), [www.iitb.ac.in](http://www.iitb.ac.in), [www.unipage.net](http://www.unipage.net), [www.cnr.it](http://www.cnr.it), [www.put.poznan.pl](http://www.put.poznan.pl), [www.polandstudy.com](http://www.polandstudy.com), [www.cextremelab.edu.rs](http://www.cextremelab.edu.rs), [www.upm.es](http://www.upm.es), [www.umd.edu.pk](http://www.umd.edu.pk), [www.hotcourses.ru](http://www.hotcourses.ru), [www.gatech.edu](http://www.gatech.edu), [www.unist.ac.kr](http://www.unist.ac.kr), [www.tdtu.uz](http://www.tdtu.uz), [www.tkti.uz](http://www.tkti.uz), [www.urmon.uz](http://www.urmon.uz) va boshqa manbalar asosida ishlab chiqilgan.

Modena, Италия, Корейский институт керамической инженерии и технологии, Cambridge University, Англия, Pennsylvania State University, США, Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla, Испания, Белорусский государственный технологический университет, Ташкентский химико-технологический институт, Узбекистан).

В результате исследований, осуществленных в мире, созданы теоретические и практические основы производства алюмосиликатной керамики, исследованы и вовлечены в производство сырьевые ресурсы различных стран.

Приоритетными направлениями являются исследование фазового состава и высокотемпературных свойств глинистого сырья современными физико-химическими методами, выявление зависимости свойств от состава и условий термообработки, разработка эффективных технологий производства шамотных огнеупоров и фарфора.

#### **Степень изученности проблемы.**

Проблемами изучения сырья, разработки составов, улучшения структуры и свойств алюмосиликатной керамики занимались известные во всём мире учёные Grimm R., Hinckley K., Brindley G., Kingery W., Wilhelm E., Schneider H., Fischer R.X., Fielitz P., Giese R.F., Glass I.O., Roy R., Borchardt G., Dobojs J., Bonnet J.P., Lecomte G.L., Blanchart P., Ali M.A., Ahmed H.M.A., Ikuma Y., Chakraborty A.K., Wang X., Chen Y.F., Lee S., Kim Y.J., Qiao X., Lee W.E., Hsiao Y.-H., Ho T.-Y., Garzon E., Gonzalez I., Гинзберг А.С., Будников П.П., Августиник А.И., Полубояринов Д.Н., Стрелов К.К., Кайнарский И. С., Мороз И.Х., Балкевич В.Л., Бобкова Н.М., Павлов В.Ф., Гузман И.Я., Лукин Е.С., Попильский Р.Я., Орданьян С.С., Перепелицын В.А., Роучка Г., Вутнау Х., Инамура Я., Масленникова Г.Н., Исматов А.А., Арипова М.Х. и другие учёные, внесшие существенный вклад в решение вышеуказанных проблем.

Они создали теоретические основы получения алюмосиликатных огнеупоров и фарфора, получение и структурные особенности муллита, влияние условий воздействия на структуру и свойства муллита, исследовали зависимость свойств керамики от минералогического состава глинистых пород, усовершенствовали методы и технологии производства шамотных огнеупоров и фарфоровых изделий.

Вместе с тем, расширяя сырьевую базу производства алюмосиликатной керамики, вовлекается нетрадиционное сырьё, проводятся научно-исследовательские работы по разработке технологических основ производства шамотных огнеупоров и фарфоровых изделий на их основе, влияния примесей и добавок на свойства керамики, повышения их качества, апробация и внедрение результатов.

**Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация.** Диссертационная работа выполнена в соответствии с планом научно-исследовательских работ Ташкентского химико-технологического института в рамках инновационного проекта И-ОТ-2021-502 «Внедрение энергосберегающей технологии получения шамотных огнеупоров на основе глинистых сланцев месторождения Джерданак» (2021-2022 гг.), прикладного ПЗ-20170920226 «Локализация сырья и материалов для производства огнеупорного

кирпича» (2018-2020 гг.), инновационного ОТ-ИД/11-5-10 «Внедрение промышленной технологии переработки кварцитов и сланцев месторождения Джерданак Шерабадского района Сурхандарьинской области» (2010-2012 гг.)

**Целью исследования** является разработка основ технологии получения шамотных огнеупоров и фарфора на основе глинистых сланцев месторождения Джерданакструктурной основой которых является муллит.

**Задачи исследования:**

исследование химического, фазового состава, структуры и технических характеристик глинистого сланца;

исследование физико-химических процессов, протекающих при обжиге глинистого сланца;

разработка составов и технологии получения шамотных огнеупоров на основе глинистого сланца;

разработка составов и технологии получения фарфоровых изделий на основе глинистого сланца;

исследование структуры и свойств разработанных шамотных огнеупоров;

исследование структуры и свойств разработанного фарфора;

внедрение разработанной технологии получения шамотных огнеупоров;

внедрение разработанной технологии получения фарфоровых изделий.

**Объект исследования** – глинистый сланец и алюмосиликатная керамика на его основе.

**Предмет исследования** – физико-химические процессы формирования фазового состава, структуры и свойств алюмосиликатной керамики.

**Методы исследования.** В процессе исследования использованы рентгенофлуоресцентная спектроскопия, рентгенографический, термогравиметрический, электронно-микроскопический анализы и другие физико-химические методы.

**Научная новизна исследования:**

впервые установлена закономерность изменения фазового состава разновидностей глинистого сланца месторождения Джерданак в процессе термического воздействия в интервале температур 600-1400 °С и образования основной кристаллической фазы – муллита в интервале 1100-1200 °С;

впервые установлена способность приобретения пластичности в процессе механоактивации при измельчении, исследована кинетика спекания измельченного глинистого сланца;

установлено, что добавка  $Al_2O_3$  в пределах 5–15% приводит к увеличению в составе обожженного в интервале 1300–1400 °С сланца количества муллита и отсутствию фазы кристобалита в результате вовлечения в процесс синтеза муллита оксида кремния, выделяющегося при структурном распаде каолинита и серицита;

определены оптимальный состав, свойства и структурные особенности твердого фарфора, полученного при температуре обжига 1350 °С, с коэффициентом кислотности равном 1,3;

установлено, что введение в состав фарфоровой массы оксида магния приводит к появлению фазы кордиерита, повышению белизны и термостойкости, снижению величины усадки, прочности и плотности, а также доказано, что в структуре образуются скелетные игольчатые кристаллы муллита;

определены оптимальный состав и свойства глазури, обеспечивающие хорошее взаимодействие с керамической основой и отсутствие напряжений, приводящих к различным дефектам;

разработаны энергосберегающие технологии производства шамотных огнеупорных и фарфоровых изделий на основе физико-технических и технологических свойств джерданакского глинистого сланца и его химического состава.

**Практические результаты исследования:**

разработаны оптимальные параметры получения огнеупорных изделий из глинистого сланца с использованием шамота, обожженного при низкой температуре;

разработан материал, отвечающий требованиям, предъявляемым к шамотным огнеупорам;

разработаны состав и энергосберегающая технология производства фарфоровых изделий пластическим и шликерным способом, физико-химические свойства которых соответствуют нормативным требованиям, предъявляемым к фарфоровым изделиям;

внедрены разработанные энергосберегающие технологии производства шамотных огнеупоров и фарфоровых изделий на основе местного нетрадиционного сырья – глинистого сланца месторождения Джерданак.

**Достоверность результатов** исследования подтверждается большим объемом проведенных экспериментов, совпадением результатов, полученных с применением комплекса современных методов исследования, а также внедрением результатов исследования.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.** Научная значимость результатов исследования заключается в установлении способности приобретать пластичность при механоактивации, исследовании кинетики процесса трансформации глинистого сланца с образованием фазы муллита, оптимизации состава шамотных огнеупоров и фарфора, позволившие в совокупности разработать оптимальные условия получения шамотных огнеупоров и фарфора по энергосберегающим технологиям

Практическая значимость заключается в том, что разработаны и внедрены энергосберегающие технологии производства качественных шамотных огнеупоров и фарфоровых изделий на основе местного нетрадиционного сырья – глинистого сланца месторождения Джерданак, удовлетворяющих предъявляемым требованиям.

**Внедрение результатов исследования.** На основе полученных научных результатов по разработке технологических основ производства шамотных огнеупоров и фарфора:

на шихту для получения шамотных огнеупор (IAP 06594) получен патент на изобретение Агентства интеллектуальной собственности Республики Узбекистан. В результате это позволило производить шамотные огнеупоры;

технология производства шамотных огнеупорных материалов на основе глинистого сланца месторождения Джерданак внедрена на ОАО «СУРХОН-КЕРАМИКС» (справка №02/15-1338 от 3 июля 2024 года Ассоциации предприятий промышленности строительных материалов Узбекистана). В результате это

позволило производить огнеупорный шамотный кирпич в соответствии с условиями ГОСТ 390-2018 и требованиями марки ША;

энергосберегающая технология производства фарфоровых изделий на основе глинистого сланца месторождения Джерданак внедрена на Ташкентском фарфоровом заводе (справка №02/15-1331 от 3 июля 2024 года Ассоциации предприятий промышленности строительных материалов Узбекистана). В результате выпускаются фарфоровые изделия методом пластического формования и шликерного литья, удовлетворяющие требованиям ГОСТ 28390-89;

технология производства глазурного покрытия внедрена на Ташкентском фарфоровом заводе на основе кварцевого песка месторождения Джерой, полевого шпата месторождения Ингичка, доломита Гузарского месторождения и глинистого сланца месторождения Джерданак (справка №02/15-1331 Ассоциации предприятий промышленности строительных материалов Узбекистана от 3 июля 2024 года, номер ссылки). В результате получено прозрачное, бездефектное, блестящее поверхностное покрытие.

**Апробация результатов исследования.** Основные результаты исследовательской работы были представлены на 7 международных и 10 республиканских научно-технических конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертации опубликовано 36 научных работ, в том числе 3 патента, 16 статей, из которых 4 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Узбекистана.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, 6 глав, заключения, списка использованной литературы и 6 приложений. Объем диссертации составляет 205 страниц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

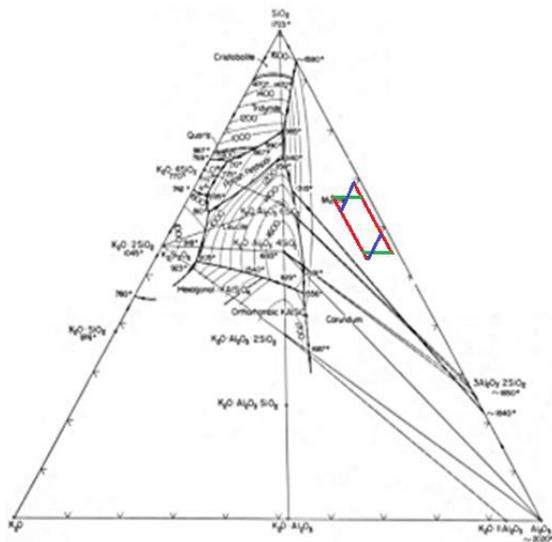
В главе I «**Современное состояние сырьевой базы производства шамотных огнеупоров и фарфора**», основываясь на данных отечественной и зарубежной литературы, представлены аргументы в необходимости использования альтернативных источников сырья, а именно проведении необходимых исследований по изучению глинистых сланцев месторождения Джерданак, разработке составов и технологии производства шамотных огнеупоров и фарфоровых изделий на их основе.

В главе II «**Аппаратура и методы исследования сырья, шамотных огнеупоров и фарфора**» представлены аппаратура и физико-химические методы, использованные в процессе исследования природного сырья и полученных керамических материалов.

В главе III «**Исследование нетрадиционных сырьевых материалов, для производства шамотных огнеупоров и фарфора**» представлены результаты исследования состава, свойств и влияния высокотемпературного обжига на глинистый сланец месторождения Джерданак и кварц-пиррофиллитовое сырье месторождения Байнаксай.

Средний результат по химическому анализу 12 проб глинистых сланцев из различных частей месторождения Джерданак следующий, мас. %: 53,89 SiO<sub>2</sub>;

0,787  $TiO_2$ ; 35,26  $Al_2O_3$ ; 0,514  $Fe_2O_3$ ; 0,181  $CaO$ ; 4,53  $K_2O$ ; 0,168  $ZrO_2$ ; 0,020  $V_2O_5$ ; 0,021  $Rb_2O$ ; 0,009  $Cr_2O_3$ ; 4,621 п.п. Среднее содержание оксида алюминия в глинистом сланце месторождения Джерданак превосходит его количество в обогащенном ангренском первичном каолине, а количество оксида железа на уровне содержания в обогащенном ангренском каолине.

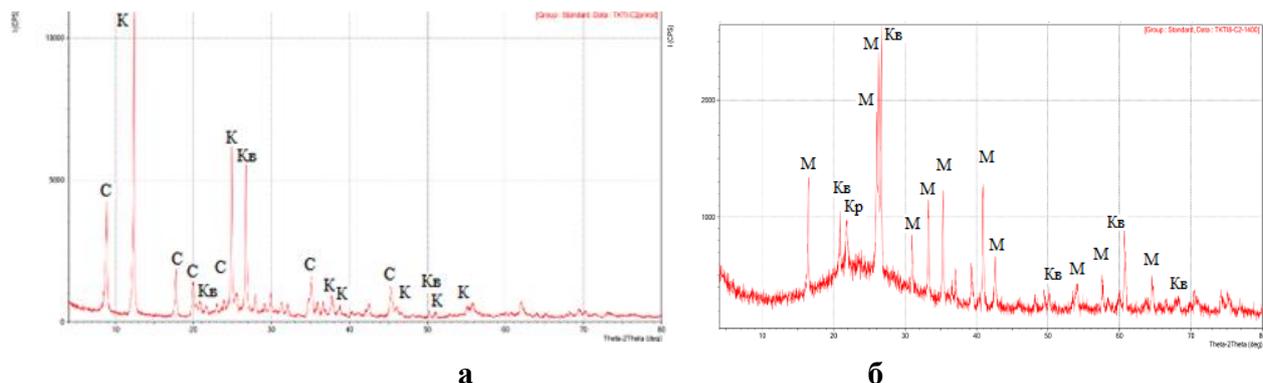


**Рисунок 1. Область составов глинистого сланца на диаграмме фазового состояния тройной системы  $K_2O-Al_2O_3-SiO_2$ .**

Основой получения алюмосиликатной керамики с использованием глинистого сланца служит диаграмма состояния трехкомпонентной системы  $K_2O-Al_2O_3-SiO_2$ . Все составы попадают в область образования муллита (рис. 1). Выше этой области располагаются составы различных видов фарфора, что позволило предположить, что при соответствующей подшихтовке можно получить фарфор с требуемыми свойствами.

Основными минералами глинистого сланца являются каолинит, кварц и разновидности мусковита – иллит, серицит. Иногда присутствует галлуазит, реже силлиманит. Преобладающим видом сырья на месторождении является каолинитсодержащее.

Исследовано изменение фазового состава глинистого сланца в интервале 600-1400 °С. Дифрактограмма природного и обожженного при 1400 °С глинистого сланца представлена на рисунке 2.

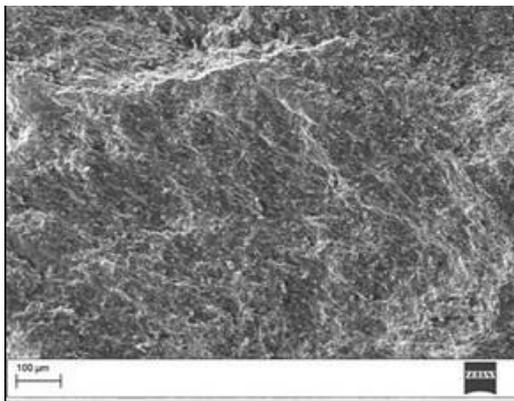


**С – слюда, К – каолинит, Кв – кварц, М – муллит, Кр - кристобалит**

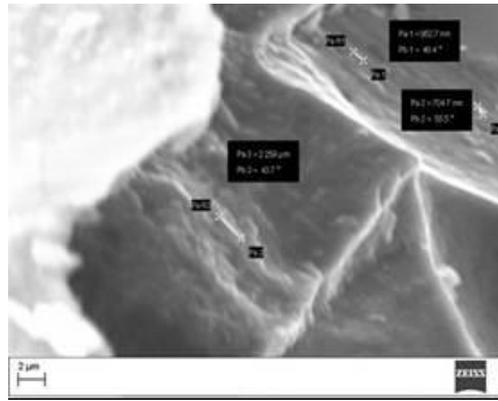
**Рисунок 2. Дифрактограммы глинистого сланца природного (а), обожженного при 1400 °С (б).**

Основной рефлекс каолинита отсутствует после обжига при 800 °С. В результате процессов дегидратации и дегидроксиляции увеличиваются межплоскостные расстояния мусковита после обжига до 800 °С. Структура мусковита полностью разрушается при 1200 °С. При температуре обжига 1100 °С появляются кристаллы первичного муллита. Увеличение гало в образцах, обожженных при 1200 °С свидетельствует об увеличении количества стеклообразного расплава. Процесс этот сопровождается уменьшением гало в образцах, обожженных при 1300 °С.

Микроструктура глинистого сланца природного и обожженного при 1400 °С представлена на рисунке 3. Можно констатировать плотную однородную структуру глинистого сланца в природном состоянии и пронизанную большим количеством разнонаправленных кристаллов муллита в однородной структуре после обжига.

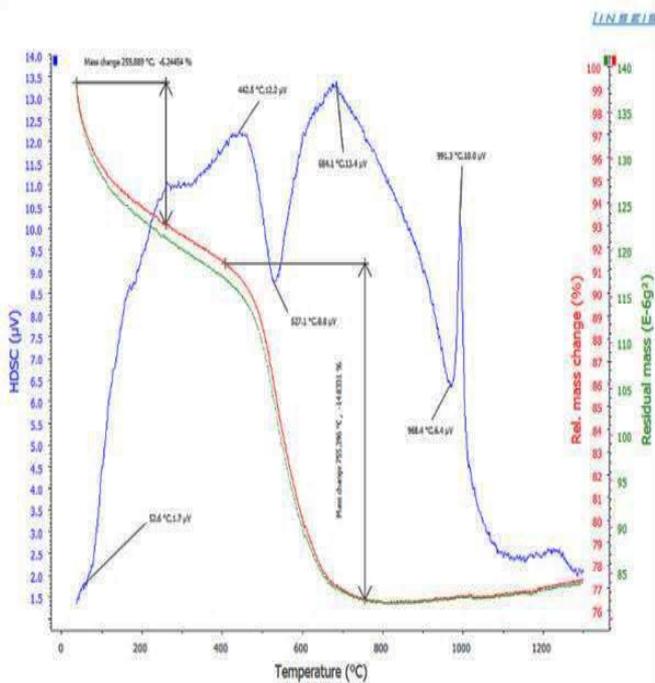


а



б

**Рисунок 3. Электронно-микроскопические снимки глинистого сланца природного (а) и обожженного при 1400 °С (б).**



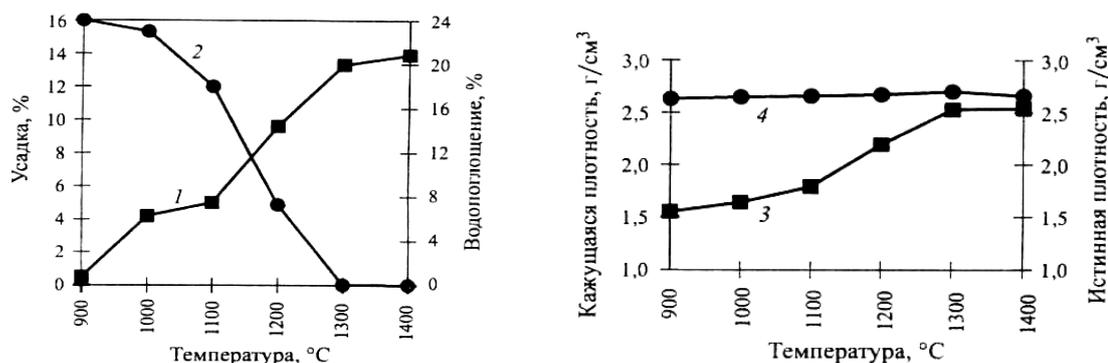
**Рисунок 4. Термограмма глинистого сланца**

можно отнести к синтезу и структурированию кристаллов муллита и кристобалита.

В результате высокотемпературного обжига всех проб глинистого сланца образуются муллит, кристобалит и присутствует кварц. Несмотря на небольшие колебания в межплоскостных расстояниях идентичность минералов не может вызывать сомнения. Вместе с тем количество этих веществ существенно колеблется. Больше всего муллита образуется при обжиге проб с высоким содержанием каолинита, существенно меньше образуется после обжига проб с преобладающим либо минимальным содержанием иллита.

Термограмма глинистого сланца представлена на рисунке 4. Термограммы всех образцов проб имеют идентичную форму. До температуры порядка 800 °С происходят процессы, сопровождаемые потерей массы. О наличии органической фазы свидетельствует эндоэффект при температуре порядка 300 °С. Расширенный эндоэффект в интервале 500–800 °С отражает процессы дегидратации серицита, каолинита и галлуазита, а также  $\alpha \rightarrow \beta$  переход кварца. Экзоэффект в области 990 °С для всех образцов предположительно относится к образованию центров кристаллизации муллита. Расширенный экзоэффект выше 1000 °С

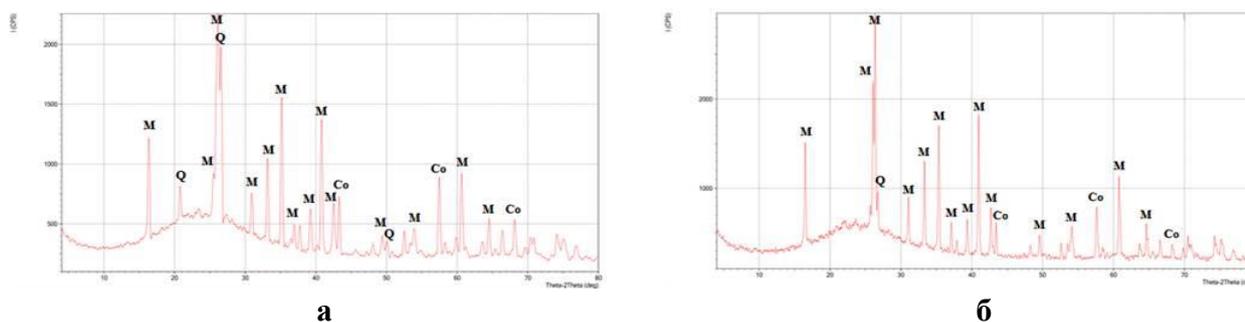
Результаты исследования кинетики спекания глинистого сланца на образцах, отформованных из пластической массы, приведены на рисунке 5.



**Рисунок 5. Изменение усадки (1), водопоглощения (2), кажущейся (3) и истинной плотности (4) в зависимости от температуры обжига.**

Как видно из приведенных данных, усадка глинистого сланца достигает 21%, а водопоглощение 0% при температуре 1300 °C, кажущаяся плотность равна 2,5 г/см<sup>3</sup>, а истинная – 2,7 г/см<sup>3</sup>. Максимальная прочность при изгибе спеченных при 1350 °C образцов составила 70 МПа, ТКЛР в интервале температур 20-600 °C не превышала  $4,8 \cdot 10^{-6}$  град<sup>-1</sup>. Огнеупорность колебалась в интервале 1700–1730 °C.

Исследовалось влияние добавок технического глинозема в количестве 5–20% на фазовый состав обожженного при температурах 1300 и 1400 °C глинистого сланца. Введение в состав массы оксида алюминия не изменяет фазовый состав в процессе обжига при температуре 1300 °C, кроме образования корунда (см. рис. 6). При воздействии 1400 °C резко увеличивается количество муллита и уменьшается количество кварца, кристобалит не образуется, рефлексы корунда снижаются.



М – муллит, Q – кварц, Co – корунд

**Рисунок 6. Дифрактограмма глинистого сланца с добавкой 5% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, обожженного при 1300 °C (а) и 1400 °C (б).**

С увеличением количества добавляемого Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> увеличивается количество муллита уже после обжига при 1300 °C. После обжига при 1400 °C резко снижается количество кристаллического кварца и увеличивается количество муллита.

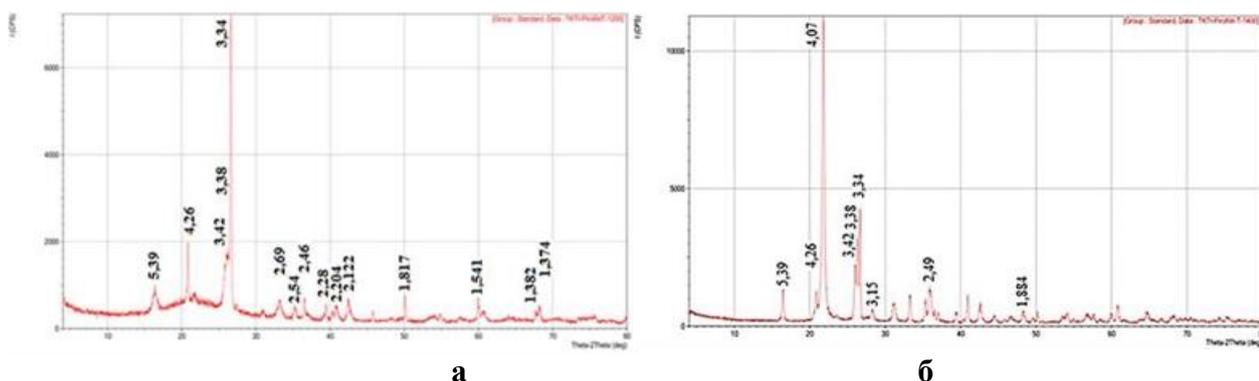
Снижение содержания кварца после обжига при 1300 °C свидетельствует о вовлечении в процесс синтеза муллита существенно большего количества кварца, выделяющегося при структурном распаде каолинита и мусковита. Повышение температуры до 1400 °C интенсифицирует этот процесс.

Судя по уменьшению гало после введения добавки Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> уменьшается также количество образующегося расплава. Появление фазы корунда способно повысить

огнеупорность материала. Анализируя полученные данные, можно сделать вывод о положительном влиянии добавок оксида алюминия на фазовый состав материала. Если в образцах без добавки  $Al_2O_3$  основными фазами являлись муллит, кварц, кристобалит, то введение добавок препятствует образованию кристобалита и существенно уменьшает содержание кварца, что положительно влияет на огнеупорность и термостойкость керамики. Добавление  $Al_2O_3$  в пределах 10-15% можно считать оптимальной величиной. Появление фазы корунда и увеличение содержания муллита способствовало повышению огнеупорности материала. Огнеупорность породы увеличилась при этом до 1750 °С.

Исследование кварц-пирофиллитового сырья месторождения Байнаксай обусловлено теоретической возможностью использования в качестве безобжигового шамота. Химический состав усредненной пробы кварц-пирофиллитового сырья, следующий, мас. %: 71,19  $SiO_2$ ; 27,02  $Al_2O_3$ ; 0,10  $Fe_2O_3$ ; 0,10  $CaO$ ; 0,03  $MgO$ ; 0,12  $Na_2O$ ; 0,06  $K_2O$ ; 1,4 п.п. Усадка породы при 1400 °С составляет не более 7%, водопоглощение – 0,2%. Огнеупорность – 1650 °С.

Дифрактограмма природной и обожженной при 1400 °С кварц-пирофиллитовой породы представлены на рисунке 7.

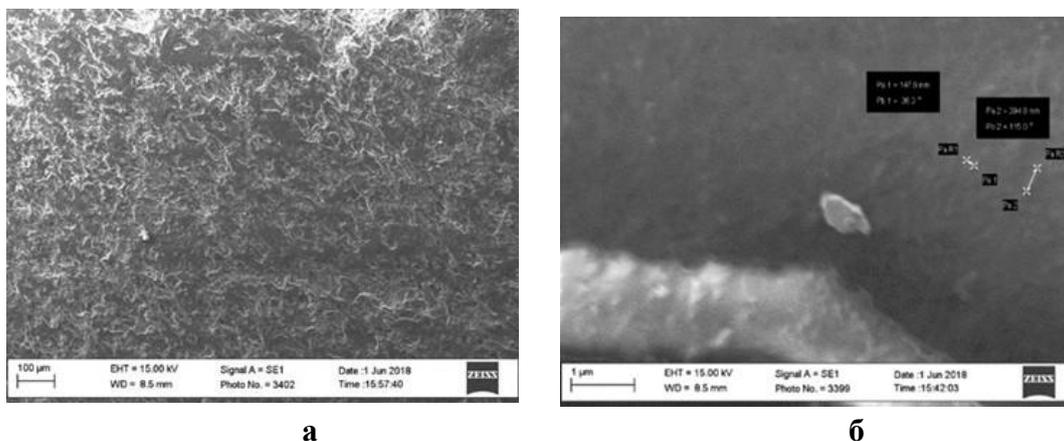


**Рисунок 7. Дифрактограммы пирофиллитсодержащей породы, природной (а), термообработанной при 1400 °С (б).**

В результате термического воздействия на кварц-пирофиллитовую породу Бойнаксайского месторождения разложение пирофиллитовой фазы начинается при температурах выше 600 °С. Распад пирофиллита сопровождается образованием метапирофиллита, появляющегося при температуре 800 °С и сохраняющегося до 1100 °С. В образце, обожженном при 1200 °С, появляются рефлексы муллита и сохраняются рефлексы кварца. После обжига при 1300 °С появляются рефлексы кристобалита усиливаются рефлексы муллита. В этих образцах, судя по величине рефлексов количество кварца превалирует над количеством кристобалита. Это соотношение меняется в образцах, обожжённых при 1400 °С.

Тонкодисперсная структура природного образца представлена плотной структурой, в которой заметны скопления кристаллов кварца и пластинчатого пирофиллита (рис. 8).

Образец, обожженный при 1400 °С пронизан кристаллами муллита, размер которых не превышает 1 мкм. Таким образом, проведенные исследования кварц-пирофиллитовой породы месторождения Бойнаксай показали, что по совокупности свойств этой породы, а именно высокой огнеупорности, малой величины усадки и водопоглощения и образования фазы муллита после обжига при 1400 °С эта порода может быть использована в качестве безобжигового шамота.



а

б

**Рисунок 8. Электронно-микроскопический снимок кварц-пиррофиллитовой породы природной (а) и после обжига при 1400 °С (б).**

В главе IV «**Разработка технологических параметров получения огнеупорных изделий с заданными свойствами**» представлены результаты исследования по определению технологических параметров для получения огнеупорных изделий с заданными свойствами.

Для получения шамота, ввиду каменистого характера глинистого сланца месторождения Джерданак, отсутствует необходимость в брикетировании. Глинистый сланец, поступающий с месторождения, дробится в щековой дробилке, пропускается через магнитный сепаратор, затем моется и сепарируется. Фракция сырья 6–8 мм поступает на валковую дробилку, затем на грохот для отделения фракции 2–0,5 мм. Более крупная фракция возвращается на измельчение в валковую дробилку. Мелкая фракция <0,5 мм направляется на тонкое измельчение в фарфоровую мельницу. Выделенная фракция 2–0,5 мм подвергается обжигу в барабанной вращающейся печи. Обожженное сырье на вибрационном сите разделяется на крупную и мелкую фракции с выделением на вибрационном сите фракций 2–0,5 и <0,5 мм, которые поступают в бункера дозаторы.

Определено, что температура 1200 °С достаточна для обжига шамота, а время пребывания во вращающейся печи для достижения необходимой пористости составляет 3,5 ч.

Выбрано оптимальное содержание крупной фракции в количестве 30%, которое обеспечивает минимальное отклонение от заданных размеров изделия при достижении при этом высокой прочности.

Разработана принципиальная технологическая схема производства шамотных огнеупоров.

В смеситель поступает из дозаторов расчетное количество фракций шамота в пропорции 30:70 крупная к мелкой, осуществляется их обработка паром (2 мин), после чего вводится расчетное количество связующей глины и воды. Смешивание массы продолжается 15 минут. Готовая масса, содержащая 8–10% воды направляется на формование изделий.

Прессование технологической смеси осуществляется на прессах марки HLDS-315. Максимальная величина давления прессования на этом прессе равно 40 Н/мм<sup>2</sup>.

Опытные образцы формовались в прессформах, размеры которых предназначены для получения прямоугольных изделий с размерами 230x114x65 мм.

Давление прессования равное 30 Н/мм<sup>2</sup> является достаточным чтобы полуфабрикат-сырец приобрел прочность необходимую для его транспортировки. в туннельную печь на сушку и обжиг.

Процессы, происходящие при обжиге, несколько отличаются для шамота и связующей глины до температуры обжига шамота и определяются процессами удаления влаги, разрушения структуры кристаллических компонентов связки. Далее ввиду однородности состава шамота и связки протекают идентичные явления, сопровождаемые усадкой и фазовыми преобразованиями.

В интервале 150–400 °С удаляется формовочная влажность, окисляются углеродные примеси в глине-связке. В интервале 400–800 °С происходит разложение каолинита и мусковита в глинистой связке с выделением структурной химически связанной воды, сопровождаемое небольшой объемной усадкой (не более 2%). Повышение температуры выше 900 °С приводит к появлению жидкой фазы, начинается процесс спекания и образования муллита. В интервале 1300–1400 °С скорость подъема температуры снижается для выравнивания температуры.

До температуры 800–1000 °С охлаждение производят со скоростью 25–45 °С/ч. Далее скорость охлаждения несколько замедляется вследствие наличия в печах большого количества тепла, аккумулированного кладкой.

Оптимизирован обжиг огнеупорных кирпичей в туннельной печи с размерами: 65,0x3,3x2,7 м. В печь поступает 39 вагонеток.

График обжига шамотных изделий, позволяющих получить огнеупорные изделия, соответствующие марке ША, при содержании 70% шамота представлен в таблице 1.

**Таблица 1**

**График обжига огнеупорных изделий в тоннельной печи**

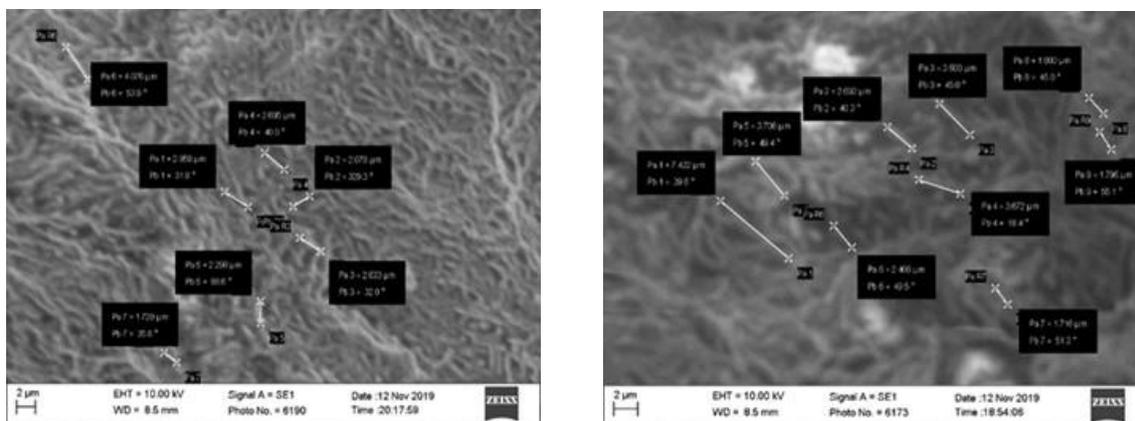
Интервал температур, °С	Скорость подъема и снижения температуры, °С/ч	Продолжительность обжига, ч
Сушка + Обжиг		
100–400	35	8
400–1100	70	14
1100–1300	30	20
1300–1400	50	3
Итого		45
Охлаждение		
1400–700	125	6
700–400	60	10
400–75	34	11
Итого		27
Всего		72

Технологическая схема производства шамота из кварц-пирофиллитовой породы идентична схеме получения шамота из глинистых сланцев, из которой исключается обжиг фракционированного сырья.

Разработанный режим обжига изделий в сочетании с его составом обеспечили получение изделий требуемой структуры, свойств с минимальными отклонениями от заданных размеров.

Структура образцов шамотных изделий представлена на рисунке 9.

Представленные снимки показывают, что вся структура материалов пронизана призматическими кристаллами муллита и кристобалита, размеры которых порядка 2 мкм.



а

б

**Рисунок 9. Микроструктура шамотного огнеупора состава: а - 70% шамот (обожженный глинистый сланец) 30% связка (глинистый сланец); б - 70% шамот (кварц-пиррофиллит), 30% связка (глинистый сланец).**

Свойства огнеупорных шамотных изделий, полученных по разработанной технологии приведены в таблице 2. Из приведенных данных видно, что получаемые изделия соответствуют всем требованиям ГОСТ 390–2018 по выпуску шамотных огнеупорных кирпичей марки ША и ШБ (1 – шамот на основе глинистого сланца, 2 – шамот на основе кварц-пиррофиллитовой породы).

Высокую прочность получаемых изделий и низкую пористость можно объяснить особенностями используемого сырья и технологии. Более низкая температура обжига шамота обеспечивает более согласованную усадку глинистой связки и шамота.

**Таблица 2**

**Физико-химические свойства огнеупорных кирпичей**

Наименование показателя	Опытные образцы		Значение показателя для марки ГОСТ 390-2018	
	1	2	ША	ШБ
Массовая доля, %:				
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , не менее	32	28	30	28
SiO <sub>2</sub>	-	-	-	-
Огнеупорность, °С, не ниже	1700	1650	1690	1650
Температура начала размягчения, °С, не ниже	1350	1350	1300	-
Открытая пористость, %, не более	13	15	24	24
Предел прочности при сжатии, Н/мм <sup>2</sup> , не менее	65	30	20	15
Остаточные изменения размеров при нагреве при температуре 1400°С, %, не более	0,2	-	-	-

В главе V. «Разработка технологии производства фарфоровых изделий на основе глинистых сланцев месторождения Джерданак» приведены результаты исследований по разработке состава фарфорового черепка, глазури, их структурных особенностей и технологии получения изделий.

Оптимальный шихтовый состав разработанного фарфора следующий, мас. %: 66 глинистый сланец; 24 кварц; 5 полевого шпат; 5 бой политой.

В качестве составляющих компонентов использованы обогащенный кварцевый песок Джеройского месторождения, полевого шпат месторождения Ингичка (табл. 3).

**Таблица 3**

**Химический состав полевого шпата месторождения и кварцевого песка**

Наименование породы	Массовое содержание оксидов, %								
	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	ZrO <sub>2</sub>
Полевой шпат (Ингичка)	65,92	0,016	18,52	0,074	0,576	0,145	14,6	-	0,149
Кварцевый песок (Джерой)	99,25	-	0,25	0,04	0,13	0,04	0,06	0,23	-

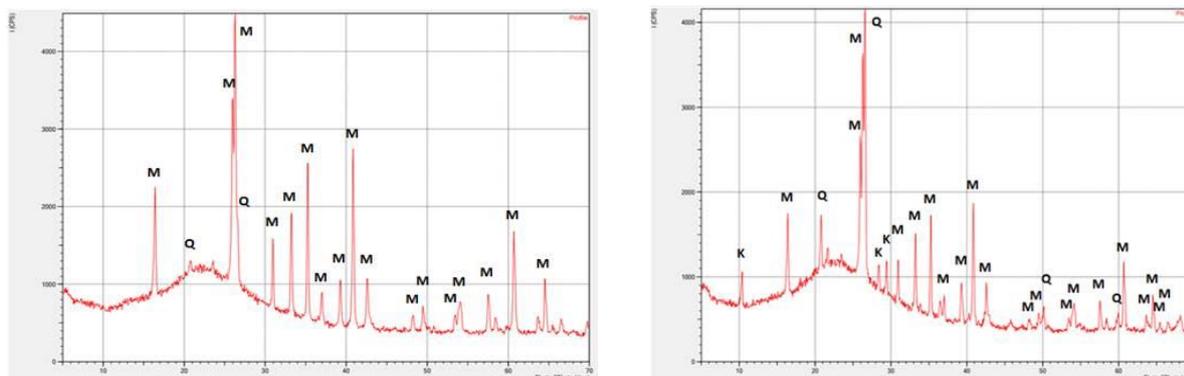
Химический состав разработанного фарфора представлен в таблице 4. Коэффициент кислотности для фарфора разработанного состава, рассчитанный на основе химического состава, приведенного в таблице 4, равен 1,3. Таким образом фарфор подпадает под определение твердого и хозяйственно-бытового.

**Таблица 4**

**Химический состав фарфора**

Массовое содержание оксидов, %								
SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	ZrO <sub>2</sub>
67,019	0,461	27,179	0,253	0,17	0,082	4,641	0,055	0,14

Введение до 2% оксида магния положительно сказалось на основных свойствах разработанного фарфора. MgO вводили добавлением талька. На рисунке 10 представлена дифрактограмма фарфора без добавления и с добавлением талька.



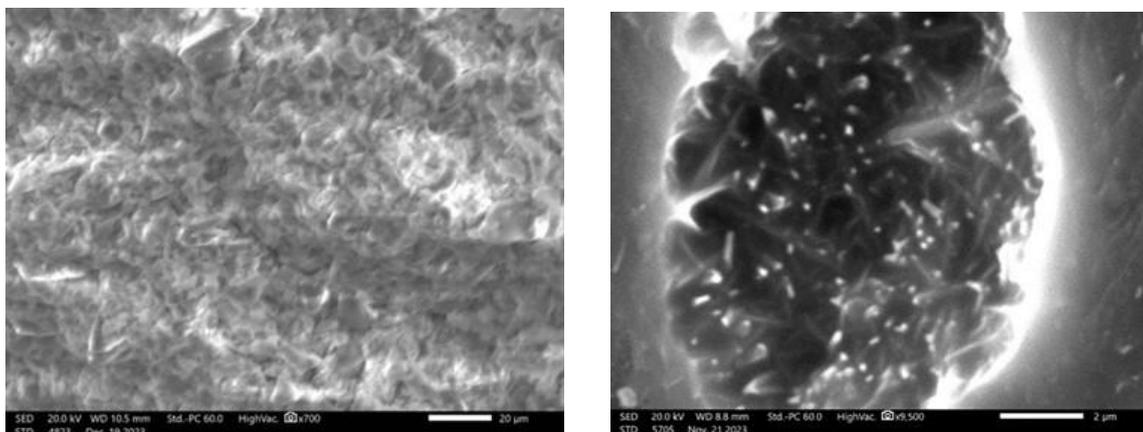
**Рисунок 10. Дифрактограмма фарфора: а – без добавления талька; б – с добавлением талька.**

Как видно из представленных дифрактограмм (рис. 10), основной кристаллической фазой является муллит. Содержание остаточного кристаллического кварца

резко снижено в отсутствии добавки. При добавлении талька интенсивность рефлексов муллита снижается, возрастает количество остаточного кварца и появляется фаза кордиерита. Дифрактограмма фарфора состава Ф-2, полученного с добавлением оксида магния показала, что оксид магния в некоторой степени противодействует синтезу муллита и способствует увеличению содержания кристаллического кварца.

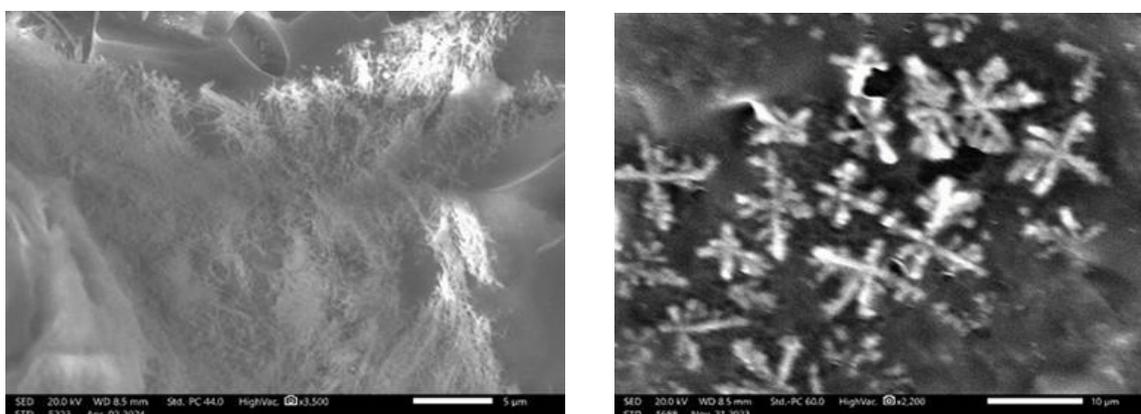
Микроструктура фарфора состава Ф-1 (рис. 11) демонстрируют однородную структуру фарфора и наличие мелких пор, размеры которых не превышают 5 мкм.

Призматические кристаллы первичного и игольчатые кристаллы вторичного муллита хаотично расположены и равномерно заполняют все пространство керамики.



**Рисунок 11. Электронно-микроскопический снимок фарфора из массы Ф-1.**

Добавление в фарфоровую массу оксида магния (рис. 12) меняет условия синтеза муллита из образовавшегося расплава. В результате наряду с образованием призматического и игольчатого образуются скелетные игольчатые кристаллы муллита, образование которых объясняется дислокационным механизмом роста в расплавах. Введение в состав фарфоровой массы оксида магния улучшает некоторые свойства фарфора – снижается величина усадки, повышается белизна и термостойкость, при этом несколько снижаются прочность и плотность.



**Рисунок 12. Электронно-микроскопический снимок фарфора из массы Ф-2.**

В результате многочисленных экспериментов разработано глазурные покрытия, химические составы которых приведены в таблице 6. Глазурь состава Г-1 подходит для фарфорового черепка состава Ф-1, а Г-2 для Ф-2.

## Химические составы опытных глазурей

Индекс глазури	Массовое содержание оксидов, %							
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O
Г-1	72,74	14,75	0,13	0,47	5,65	3,7	1,71	0,85
Г-2	69,71	16,40	0,10	0,43	7,45	4,88	0,98	0,05

Электронно-микроскопические снимки контактного слоя глазурь-черепок фарфора представлены на рисунке 13. Граница глазури и черепка фарфора из массы Ф-1 более ровная, что может быть результатом более интенсивного взаимодействия глазури состава Г-2 с черепком фарфора Ф-2.

Анализ массового содержания элементов в фарфоровом черепке и глазурном слое и на границе черепок-глазурь показало, что имеет место обогащение граничного слоя глазури элементами алюминия и кремния ввиду их проникновения из фарфора в глазурный слой. Концентрация алюминия равна 8,31-9,51-18,90 при переходе от глазурного слоя к черепку для фарфора состава Ф-1 и 8,54-9,03-16,18 для фарфора состава Ф-2. Концентрация кремния равна 29,56-31,06-34,96 при переходе от глазурного слоя к черепку для фарфора состава Ф-1 и 28,89-30,36-34,59 для фарфора состава Ф-2.

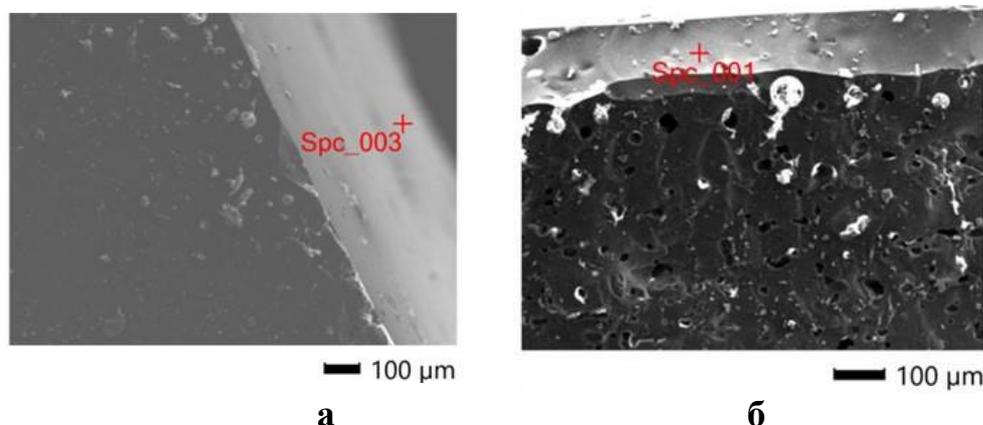


Рисунок 13. Электронно-микроскопические снимки контактного слоя глазурь-черепок фарфора Ф-1 (а) и Ф-2 (б).

Повышение содержания калия в промежуточном слое способствует понижению вязкости расплава и лучшему взаимодействию глазури с черепком фарфора. Полученный результат ЭДС анализа глазури, промежуточного слоя и фарфорового черепка свидетельствует о хорошем взаимодействии с керамической основой и отсутствии напряжений, приводящих к различным дефектам. Отсутствуют также такие дефекты как сколы. Глазурь прозрачна, имеет хороший разлив и блеск. Физико-химические свойства фарфоровых изделий представлены в таблице 7.

Таким образом можно констатировать, что по своим свойствам составы фарфорового черепка и глазури, разработанные на основе глинистого сланца месторождения Джерданак позволяют получить твердый фарфора, свойства которого удовлетворяют требованиями, предъявляемыми к фарфоровым изделиям 1 сорта по ГОСТ 28390–89.

## Свойства фарфоровых изделий

Показатели	Индекс массы		ГОСТ 28390–89
	Ф-1	Ф-2	Сорт 1
Температура обжига, °С	1350	1350	
Усадка полная, %	13,2	12,9	
Водопоглощение, %, не более	0	0	0,2
Плотность, г/см <sup>3</sup>	2,68	2,61	
ТКЛР фарфорового черепка $\times 10^6$ , К <sup>-1</sup>	5,2	5,0	
ТКЛР глазурного слоя $\times 10^6$ , К <sup>-1</sup>	5,0	4,8	
Прочность на изгиб глазурованного фарфора, МПа	74	69	
Термостойкость, °С, не менее	185	200	185
Кислотостойкость, %	99,0	99,0	
Белизна глазурованного фарфора, %, не менее	64	66	64
Просвечиваемость, %, не менее	25	30	30

Разработана принципиальная технологическая схема получения фарфоровых изделий пластическим формованием и шликерным методом однократным обжигом. Температурный режим однократного обжига фарфоровых изделий в туннельной печи представлен на рисунке 14.

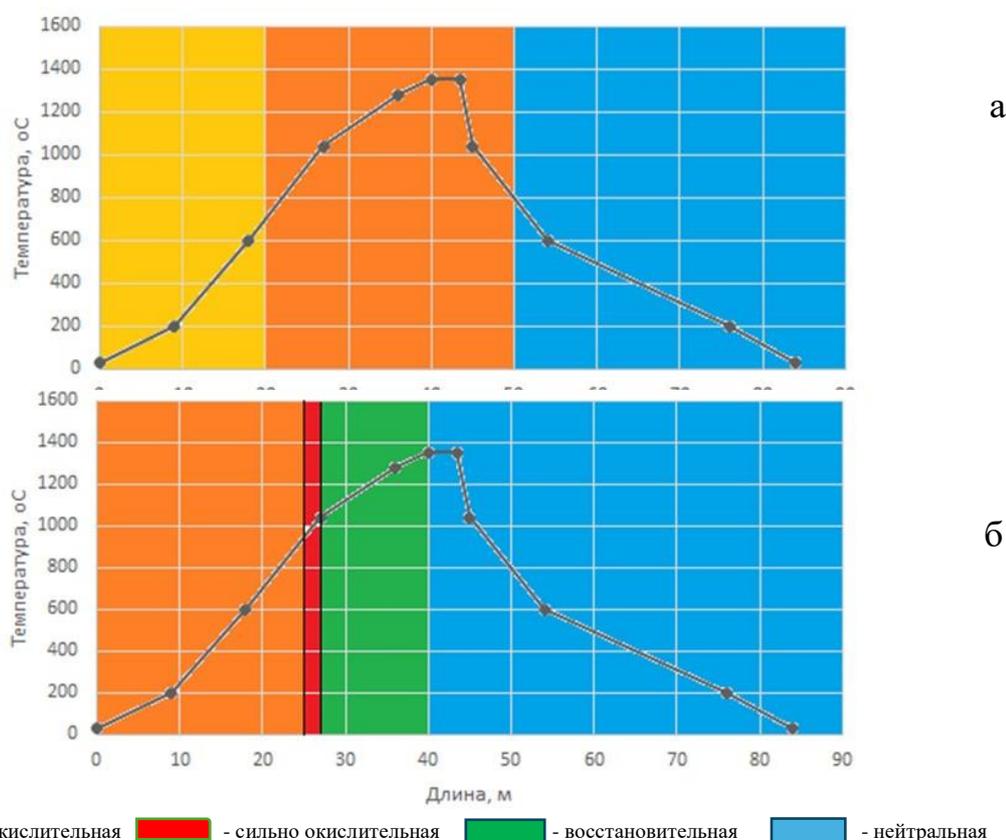


Рисунок 14. Температурный режим обжига фарфоровых изделий в туннельной печи: а – области подогрева, обжига и охлаждения; б – газовая среда по длине печи.

Разработанные составы фарфора и глазури, а также технология получения фарфоровых изделий в совокупности обеспечили получение фарфоровых

изделий на основе глинистого сланца месторождения Джерданак, удовлетворяющих требованиям ГОСТ 28390–89.

В главе VI «**Внедрение разработанных технологий**» представлены результаты внедрения разработанных технологий получения шамотных огнеупоров и фарфоровых изделий в производство. В период с октября 2021 г. по сентябрь 2023 г. На создаваемом предприятии АО «SURXON-KERAMIKS» осуществлены работы по внедрению энергосберегающей технологии получения шамотных огнеупоров на основе глинистого сланца месторождения Джерданак в соответствии с патентом № IAP 06594 «Шихта для изготовления шамотных огнеупоров». Изделие получают высокотемпературным обжигом отформованных полусухим методом изделий из смеси, предварительно полученных низкожженного шамота и глинистой связки. Производительность 5000 кирпичей в сутки. Продукцией производства является огнеупорный шамотный кирпич, удовлетворяющий условиям ГОСТ 390–2018

Разработан технологический регламент и получен сертификат соответствия на шамотные огнеупоры.

Осуществлен выпуск фарфоровых изделий в промышленных условиях Самаркандского фарфорового завода в 2009 году.

На построенном в 2019 году Ташкентском фарфоровом заводе внедрена энергосберегающая технология производства фарфора однократным обжигом на основе глинистого сланца, разработанного состава в соответствии с усовершенствованным составом фарфоровой массы по патенту UZ № IAP 06168 «Фарфоровая масса».

Фарфоровые изделия, производимые на основе сырья месторождения Джерданак, отвечают требованиям ГОСТ 28390-89 для изделий 1-го сорта.

В результате внедрения разработанных технологий работают предприятия, созданы рабочие места, выпускается востребованная продукция.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Теоретически обоснована возможность использования глинистого сланца месторождения Джерданак для получения шамотных огнеупоров и фарфора на основе исследования химического состава и сопоставления с трехкомпонентной диаграммой состояния  $K_2O-Al_2O_3-SiO_2$ . Основными минералами глинистого сланца являются каолинит, кварц и разновидности мусковита – иллит, серицит. Иногда присутствует галлуазит, реже силлиманит. Превалирующим видом сырья на месторождении является каолинитсодержащее. Средний состав глинистого сланца следующий, мас. %: 53,89  $SiO_2$ ; 0,787  $TiO_2$ ; 35,26  $Al_2O_3$ ; 0,514  $Fe_2O_3$ ; 0,181  $CaO$ ; 4,53  $K_2O$ ; 0,168  $ZrO_2$ ; 0,020  $V_2O_5$ ; 0,021  $Rb_2O$ ; 0,009  $Cr_2O_3$ ; 4,621 п.п.п. Огнеупорность породы колеблется в пределах 1700-1730 °С. Глинистый сланец, обожженный при 1400 °С, состоит из муллита, кварца и кристобалита. Установлено, что муллит образуется в интервале температур 1100-1200 °С.

2. Глинистые сланцы с преобладающим содержанием каолинита имеют следующие свойства после обжига при 1350 °С: усадка – 21%; водопоглощение – 0%; кажущаяся плотность – 2,5 г/см<sup>3</sup>; истинная плотность – 2,7 г/см<sup>3</sup>; интервал спекания 100 °С; прочность при изгибе – 70 Мпа; ТКЛР в интервале температур 20-600 °С не

превышала  $4,8 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ . Являясь твердой породой после механоактивации в процессе тонкого измельчения глинистые сланцы приобретают пластичность, равную 15.

3. Установлено положительное влияние добавки  $\text{Al}_2\text{O}_3$  в пределах 5–15% на фазовый состав обожженного в интервале 1300–1400 °С глинистого сланца – увеличивается количество муллита и не образуется кристобалит, огнеупорность возрастает до 1750 °С.

4. Химический состав усредненной пробы кварц-пирофиллитового сырья, следующий, мас. %: 73,64  $\text{SiO}_2$ ; 27,02  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; 0,10  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; 0,10  $\text{CaO}$ ; 0,03  $\text{MgO}$ ; 0,12  $\text{Na}_2\text{O}$ ; 0,06  $\text{K}_2\text{O}$ ; 1,4 п.п.п. Усадка породы при 1400 °С составляет не более 7%, водопоглощение – 0,2%. Огнеупорность породы – 1650 °С. По совокупности свойств кварц-пирофиллитовая порода может использоваться в качестве безобжигового шамота при производстве огнеупоров.

5. Разработаны основы технологии производства шамотных огнеупоров из глинистого сланца с использованием низкоожженного шамота, обеспечивающие энергосбережение в процессе получения материала со следующими физико-техническими свойствами: массовая доля  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – не менее 32%; огнеупорность – не ниже 1700 °С; температура начала размягчения – не ниже 1350 °С; открытая пористость – не более 13%; предел прочности при сжатии не менее 65  $\text{H}/\text{мм}^2$ ; остаточные изменения размеров при нагреве при температуре 1400 °С – не более 0,2%, соответствующих требованиям марки ША по ГОСТ 390–2018.

6. Разработаны основы технологии производства огнеупорных изделий состава кварц-пирофиллит–глинистый сланец с использованием безобжигового шамота в качестве кварц-пирофиллитовой породы, обеспечивающие получение материала со следующими физико-техническими свойствами: массовая доля  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – не менее 28%; огнеупорность – не ниже 1650 °С; температура начала размягчения – не ниже 1300 °С; открытая пористость – не более 15%; предел прочности при сжатии не менее 30  $\text{H}/\text{мм}^2$ ; соответствующих требованиям марки ШБ и ШВ по ГОСТ 390–2018.

7. Разработаны составы фарфора шихтового состава, мас. %: Ф1 – 64 глинистый сланец джерданакский; 24 кварцевый песок джеройский; 5 полевой шпат месторождения Ингичка; 5 бой политой; и Ф2 – 63,5 глинистый сланец; 23,1 кварц; 4,8 полевой шпат; 4,4 бой политой; 4,2 тальк афганский. Коэффициент кислотности для фарфора разработанных составов, равен 1,3, что соответствует твердому фарфору хозяйственного назначения. В результате рентгенографического и электронно-микроскопического исследования определено, что основной кристаллической фазой в составе фарфора является муллит, присутствует также кварц. Введение в состав фарфоровой массы оксида магния приводит к появлению фазы кордиерита, повышению прозрачности, белизны и термостойкости, снижению величины усадки, прочности и плотности. Электронно-микроскопическим исследованием (СЭМ) установлено образование скелетных игольчатых кристаллов муллита в результате присутствия в составе фарфора оксида магния.

8. Разработано глазурное покрытие, шихтовый состав которого следующий, мас. %: 28–30 полевой шпат месторождения Ингичка; 11–13 доломит месторождения Гузара; 11–13 глинистый сланец месторождения Джерданак; 52–46 кварцевый песок месторождения Джерой. Физико-химические свойства глазури

обеспечивают хорошее взаимодействие с керамической основой, прозрачность, хороший блеск и разлив, отсутствие дефектов.

9. Разработаны основы технологии производства фарфоровых изделий хозяйственного назначения пластическим и шликерным способом на основе глинистого сланца месторождения Джерданак, обеспечивающая энергосбережение за счет сокращения кратности обжига, времени обжига на 2 ч и снижения температуры обжига. Физико-химические свойства фарфоровых изделий (температура обжига – 1320-1350 °С; усадка полная – 12,9 %; предел прочности при изгибе – 65 МПа; водопоглощение – 0 %; белизна – 64-66%; просвечиваемость – 20-35%) удовлетворяют требованиям, предъявляемым к фарфоровым изделиям по ГОСТ 28390–89. Технология апробирована на Самаркандском фарфоровом заводе и внедрена на Ташкентском фарфоровом заводе. Экономический эффект – более 9 млрд. сум в год.

10. На АО «SURXON-KERAMIKS» внедрена технология получения шамотных огнеупоров на основе глинистого сланца месторождения Джерданак в соответствии с патентом № IAP 06594 «Шихта для изготовления шамотных огнеупоров». Продукцией производства является огнеупорный шамотный кирпич, удовлетворяющий условиям ГОСТ 390–2018. Производительность производства 5000 кирпичей в сутки, что соответствует. Экономический эффект составляет более 5 млрд. сум в год.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.03/30.12.2019.T.04.01 AT ON AWARDING  
SCIENTIFIC DEGREES AT THE TASHKENT INSTITUTE OF CHEMICAL  
TECHNOLOGY**

---

**TASHKENT INSTITUTE OF CHEMICAL TECHNOLOGY**

**MKRTCHYAN RIPSIME VACHAGANOVNA**

**TECHNOLOGICAL BASIS FOR PRODUCTION OF FIRECLAY  
REFRACTORIES AND PORCELAIN BASED ON CLAY SHALE FROM  
JERDANAK DEPOSIT**

**02.00.15 - Technology of silicate and refractory non-metallic materials**

**DISSERTATION ABSTRACT OF DOCTOR OF SCIENCES TECHNICS**

**Tashkent - 2024**

**The topic of the of doctor sciences (DSc) dissertation on engineering sciences was registered by the Supreme Attestation Commission under No. B 2023.3.PhD/T3837.**

The dissertation was completed at the Tashkent Institute of Chemical Technology.

The abstract of the dissertation in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) is posted on the web page of the scientific council at (ik-kimyo.nuu.uz) and on the information and educational portal "ZiyoNet" ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)).

**Scientific adviser:** **Aripova Mastura Khikmatovna**  
Doctor of Technical Sciences, professor

**Official opponents:** **Babakhanova Zebo Abdullayevna**  
Doctor of Technical Sciences, professor

**Gulamova Dilbara Djurayevna**  
Doctor of Chemical Sciences, professor

**Talipov Nigmatulla Khamidovich**  
Doctor of Technical Sciences, professor

**Leading organization:** **Tashkent State Technical University named after I. Karimov**

The defense of the dissertation will take place on «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 at «\_\_\_\_» at the meeting of the Scientific Council DSc.03/30.12.2019.T.04.01 at the Tashkent Institute of Chemical Technology. (Address: 100011, Tashkent, Shaykhantakhur district, A. Navoi st., 32. Tel.: (99871) 244-79-20, fax: (99871) 244-79-17, e-mail: tkti\_info@edu .uz, Administrative building of the Tashkent Institute of Chemical Technology, 2nd floor, conference hall).

The dissertation can be found at the Information and Resource Center of the Tashkent Institute of Chemical Technology (registered under the number \_\_\_\_). Address: (100011, Tashkent, Shaykhontokhur district, A. Navoi street, 32. Tel.: (99871) 244-79-20).

The abstract of the dissertation has been distributed on «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 y.  
(Mailing report № \_\_\_\_\_ on «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 y.).

**S.M. Turobjonov**  
Chairman of the Academic Council on awarding scientific degrees, Doctor of Technical Sciences, Professor

**Kh. E. Kadyrov**  
Secretary of the Academic Council on awarding scientific degrees, Doctor of Technical Sciences, professor

**Z.A. Babakhanova**  
Chairmanship of the scientific seminar under the Academic Council, Doctor of Technical Sciences, Professor

## INTRODUCTION (abstract of doctoral (DSc) dissertation)

**The purpose of research work** is to develop the fundamentals of technology for producing fireclay refractories and porcelain based on clay shales of the Dzherdanak deposit.

**The object of research.** Clay shale and aluminosilicate ceramics based on it.

**The scientific novelty of the research work:**

for the first time, a pattern was established in the change in the phase composition of the varieties of clay shale from the Dzherdanak deposit during thermal exposure in the temperature range of 600-1400 °C and the formation of the main crystalline phase - mullite in the range of 1100-1200 °C;

for the first time, the ability to acquire plasticity in the process of mechanical activation during grinding was established, the sintering kinetics of crushed clay shale was studied;

it was established that the addition of  $Al_2O_3$  in the range of 5-15% leads to an increase in the amount of mullite in the composition of shale fired in the range of 1300-1400 °C and the absence of the cristobalite phase as a result of the involvement of silicon oxide, released during the structural decomposition of kaolinite and sericite, in the mullite synthesis process; The optimal composition, properties and structural features of hard porcelain obtained at a firing temperature of 1350 °C with an acidity coefficient of 1.3 were determined;

It was established that the introduction of magnesium oxide into the porcelain mass leads to the appearance of a cordierite phase, an increase in whiteness and heat resistance, a decrease in the shrinkage value, strength and density, and it was also proven that needle-shaped crystals of mullite are formed in the structure;

The optimal composition and properties of the glaze, ensuring good interaction with the ceramic base and the absence of stresses leading to various defects, were determined;

Energy-saving technologies for the production of fireclay refractory and porcelain products based on the physical, technical and technological properties of the Djerdanak clayey shale and its chemical composition were developed.

**Application of research results in practice.**

Based on the obtained scientific results on the development of technological principles for the production of fireclay refractories and porcelain:

a patent for an invention was received from the Intellectual Property Agency of the Republic of Uzbekistan for the batch for obtaining fireclay refractories (IAP 06594). As a result, this made it possible to produce fireclay refractories;

the technology for the production of fireclay refractories based on clay shale from the Dzherdanak deposit was introduced at SURKHON-CERAMICS OJSC (certificate No. 02 / 15-1338 dated July 3, 2024, the Association of Enterprises of the Building Materials Industry of Uzbekistan). As a result, this made it possible to produce fireclay refractory bricks in accordance with the conditions of GOST 390-2018 and the requirements of the SHA brand;

An energy-saving technology for the production of porcelain products based on clay shale from the Dzherdanak deposit has been implemented at the Tashkent Porcelain Factory (certificate No. 02/15-1331 dated July 3, 2024, of the Association of

Enterprises of the Building Materials Industry of Uzbekistan). As a result, porcelain products are manufactured using the plastic molding and slip casting method that meet the requirements of GOST 28390-89;

a technology for the production of glaze coating has been implemented at the Tashkent Porcelain Factory based on quartz sand from the Dzheroy deposit, feldspar from the Ingichka deposit, dolomite from the Guzar deposit and clay shale from the Dzherdanak deposit (certificate No. 02/15-1331 of the Association of Enterprises of the Building Materials Industry of Uzbekistan dated July 3, 2024, reference number). As a result, a transparent, defect-free, shiny surface coating is obtained.

**The structure and volume of the dissertation.** The dissertation consists of an introduction, six chapters, a conclusion, a list of references and appendices. The length of the dissertation is 205 pages.

E'lon qilingan bo'sh ishlar ro'yxati  
Список опубликованных работ  
List of published works  
I bo'lim (I часть; I part)

1. Мкртчян Р.В., Исмаев А.А., Мусаев А.А., Шаймуратов Т.Х. Фазовые изменения кварц-пирофиллитовых пород Яккабагского месторождения при термообработке. *Узбекский геологический журнал*, 1998, № 5. – С. 93-96.
2. Мкртчян Р.В., Исмаев А.А. Фарфор на основе нетрадиционного сырья. *Вестник ТашГТУ*, 1999, № 3. – С. 123-126. (02.00.00 №11)
3. Мкртчян Р.В., Салимов З., Исмаев А.А. Новые магнитные сепараторы. *Доклады АН РУз*, 1999, № 10. – С. 40-43. (02.00.00 №8)
4. Шакаров Т.И., Салимов З., Мкртчян Р.В. Электромагнитные сепараторы для очистки ангренских каолинов. *Горный вестник Узбекистана*, 2002, № 1. – 24-26. (04.00.00 №3)
5. Mkrтчyan R.V., Ismatov A.A., Musaev R.A. Clay shale from the Dzherdanakskoe deposit a high-quality ceramic material *Glass and Ceramics*, 2002, Vol. 59, Nos. 5-6. – P. 177-179. Scopus (3) SJIF (23) IF-0.6.
6. Шакаров Т.И., Салимов З., Мкртчян Р.В. О возможности повышения качества вторичных ангренских каолинов. *Химическая промышленность*, 2002, № 12. С. 18-20. (02.00.00 №21)
7. Шакаров Т.И., Салимов З., Мкртчян Р.В. Алюмосиликатные огнеупоры для металлургической промышленности на основе сырья Узбекистана. *Горный журнал*, 2002, Спец. выпуск. – С. 109-111. (Quartile 3 (Scimago); SJR: 0,268; H Index: 20; ISSN 2413-9793)
8. Мкртчян Р.В., Арипова М.Х., Рузибаев Б.Р. Структурообразование керамики на основе пирофиллита. *Kimyo va kimyo texnologiyasi.*, 2016, № 3. – С. 12-14. (02.00.00 №3)
9. Мкртчян Р.В., Арипова М.Х., Рузибаев Б.Р. Керамические и стекольные изделия на основе природного сырья Узбекистана. *Kimyo va kimyo texnologiyasi.*, 2016, MS. – С. 11-17. (02.00.00 №3)
10. Мкртчян Р.В. Фазовые изменения кварц-пирофиллитовой породы Бойнаксайского месторождения при термическом воздействии. *Kimyo va kimyo texnologiyasi*, 2018, №2. – С. 3-7. (02.00.00 №3)
11. Мкртчян Р.В., Арипова М.Х. Особенности муллитобразования при термообработке глинистых сланцев. *Kimyo va kimyo texnologiyasi.* – Тошкент, 2019, №1. – С. 12-19. (02.00.00 №3)
12. Мкртчян Р.В., Арипова М.Х. Влияние добавки оксида алюминия на фазовый состав муллитобразующих алюмосиликатных минералов. *Chemistry and Chemical Engineering*, 2020, no. 2, pp. 3-7. (02.00.00 №3)
13. Aripova M.Kh., Mkrтчyan R.V., Erkinov F.B. On the possibility of enriching quartz raw materials of Uzbekistan for the glass industry. *Glass and Ceramics*, 2021, 78(3 – 4). P. 120-124. Scopus (3) SJIF (23) IF-0.6.
14. Мкртчян Р. Технология получения алюмосиликатных огнеупорных изделий на основе нетрадиционного сырья Узбекистана. *Chemistry and Chemical Engineering*, 2022, no. 1. – P. 3-10. (02.00.00 №3)

15. Ганиев С., Турсунбаев С., Арипова М., Мкртчян Р. Внедрение мокрого способа обогащения кварцевых песков на АО «Кварц». Chemistry and Chemical Engineering, 2022, no. 2. – P. 44-49. (02.00.00 №3)

16. Мкртчян Р., Арипова М. Влияние колебания химического состава глинистых сланцев месторождения Джерданак на некоторые его свойства. Chemistry and Chemical Engineering, 2023, no. 3. – P. 41-49. (02.00.00 №3)

17. Патент UZ № 6594. МКИ С04В 33/22. Шихта для изготовления шамотных огнеупоров / Арипова М.Х., Мкртчян Р.В. Заявл. 12.02.2018. Оpubл. 30.11.2021.

18. Патент UZ № 6168. МКИ С04В 33/24. Фарфоровая масса / Арипова М.Х., Мкртчян Р.В. Заявл. 12.02.2018. Оpubл. 31.03.2020.

19. Пред. Пат. Узбекистана № 5391, МКИ С.04.В 35/00 Способ получения муллитовой керамики / Мкртчян Р.В., Арипова М.Х., Мусаев А.М. и др. Заявл. 30.06.1998. Оpubл. 16.10.1998.

## II bo'lim (II часть; II part)

1. Шакиров Ш.Ю., Мкртчян Р.В. Электромагнитное обогащение ангрениских каолинов. Интенсификация процессов химической и пищевой технологии: Тез. докл. научно-техн. конф., Ташкент, 1993, Ч. 2. – С. 226.

2. Шакиров Ш.Ю., Мкртчян Р.В. Магнитная сепарация слабомагнитных минералов. Интенсификация процессов химической и пищевой технологии: Тез. докл. научно-техн. конф., Ташкент, 1993, Ч. 2. – С. 91.

3. Мкртчян Р.В. Получение огнеупоров на основе Ангрениского каолина. Научно-техн. конф. «Новые неорганические материалы (получение, свойства и применение)», Тезисы докладов, Ташкент: ТХТИ, 1996. - С. 77.

4. Мкртчян Р.В. О возможности получения качественного фарфора на основе сырья Узбекистана. Ўзбекистон Мустақилиги - унинг фани ва технологияларини ривожлантириш кафолати: иккинчи респ. илм. Коллокви. маъруз. тўплами, Тошкент, 1997, 1 том. – 82-85 б.

5. Мкртчян Р.В. Алюмосиликатные огнеупоры на основе сырья Узбекистана. Ўзбекистон Мустақилиги - унинг фани ва технологияларини ривожлантириш кафолати: иккинчи респ. илм. коллокви. маъруз. тўплами, Тошкент, 1999, 1 том. – 94-99 б.

6. Мкртчян Р.В., Ходжаев Х.Ш., Разметов З.Ш. Алюмосиликатные огнеупоры на основе природного сырья Узбекистана. ТКТИ проф-ўқит., аспир., илм. ходим. илм-назарий техникавий конф. баёнлари, Тошкент, 1998. – С. 67.

7. Мкртчян Р.В. Структурообразование при термической обработке глинистых сланцев месторождения Джерданак. Новые неорганические материалы. Докл. уч. научно-техн. конф., Ташкент, 2000. – С. 70-73.

8. Бахметьева Т., Мкртчян Р.В. Исследование фарфоровых масс на основе первичного обогащенного ангрениского каолина. ТКТИ талабаларнинг илмий-назарий ва техникавий анжумани баёнлари, Тошкент, 2000. – С. 8.

9. Шакиров Ш.Ю., Шакаров Т.И., Салимов З., Мкртчян Р.В. Модель процесса сепарирования каолина на электромагнитном сепараторе. Актуальные проблемы химии и химической технологии. Сб. тр. респ. научно-техн. конф. Ташкент, 2002. – С. 249-251.

10. Акбарходжаев Х.Ш., Мкртчян Р.В. Керамика на основе глинистых сланцев месторождения Джерданак. II межд. конф. Химия и химическая технология: Сб. мат. – Ереван, 13-17 сентября 2010. – С. 239-240.
11. Мкртчян Р.В., Арипова М.Х., Акбарходжаев Х.Ш. Технология получения полукислых и шамотных изделий по энергосберегающей технологии. Современная техника и технологии горно-металлургической отрасли и пути их развития. Материалы межд. научно-техн. конф. – Навои, 12-14 мая 2010. – С. 157.
12. Арипова М.Х., Мкртчян Р.В. Фарфор на основе глинистого сланца месторождения Джерданак. Химическая технология. Сб. тезисов докл. Межд. Центрально-азиатской конф. – Москва-Ташкент, 2012. – С. 57-58.
13. Mkrтчyan R. W., Arіpova M.Kh. Refractories based on pyrophyllite rock of Baynaksay deposit of Uzbekistan. High Temperature Materials Chemistry: XVI International IUPAC Conference. 2-6 July, Ekaterinburg, 2018. – 1 p
14. Мкртчян Р.В., Арипова М.Х. Особенности мулитообразования кварц-пиррофиллитового сырья Бойнаксайского месторождения. VI межд. конф. «Химия и химическая технология» Сб. мат. – Ереван, 23-27 сентября 2019. – С. 187-188.
15. Арипова М.Х., Мкртчян Р.В., Эркинов Ф.Б. Комплексное использование сырья месторождения Джерданак. 1st Uzbekistan-Japan Intern. Symposium on Green Chemistry and Sustainable Development, 29-30 November 2021, Tashkent, Uzbekistan. – С. 142.
16. Мкртчян Р.В., Арипова М.Х., Бозоров С.Т. Получение шамотных огнеупоров на основе нетрадиционного сырья // Материалы международной конф., «Инновационные технологии производства стекла, керамики и вяжущих материалов» посвященной «Международному году стекла», 26-27 май 2022, Ташкент. - С. 69.
17. Мкртчян Р.В., Арипова М.Х. Получение хозяйственного фарфора на основе глинистого сланца месторождения Джерданак. International festival “Women in STEM”, February 13-15 2024, Tashkent. – С. 300.

Avtoreferat «Chemistry and Chemical Engineering» jurnali tahririyatida tahrirdan o‘tkazilib, o‘zbek, rus va ingliz tillaridagi matnlar o‘zaro muvofiqlashtirildi.



