

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

---

**URGANCH DAVLAT UNIVERSITETI  
UMUMIY VA NOORGANIK KIMYO INSTITUTI**

**DJABBERGANOV DJAXANGIR SABIRBAYEVICH**

**“GIL-BARXAN QUMI” SISTEMASIDA KERAMIK KOSHINLARNING  
QATTIQ FAZALI SINTEZI,  
XOSSALARI VA PISHISH JARAYONLARI**

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

**KIMYO FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)  
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

**Toshkent – 2025**

**Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferati mundarijasi**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)**

**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)**

**Djabberganov Djaxangir Sabirbayevich**

“Gil-barxan qumi” sistemasida keramik koshinlarning qattiq fazali sintezi,  
xossalari va pishish jarayonlari .....3

**Джабберганов Джахангир Сабирбаевич**

Твердофазный синтез, свойства и процессы спекания керамических плит  
в системе «глина-барханный песок» .....21

**Djabberganov Djakhangir Sabirbayevich**

Solid-phase synthesis, properties and sintering processes of ceramic tiles in the  
“clay-dune sand” system.....39

**E’lon qilingan ilmiy ishlar ro‘yxati**

Список опубликованных работ

List of published works .....43

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

---

**URGANCH DAVLAT UNIVERSITETI  
UMUMIY VA NOORGANIK KIMYO INSTITUTI**

**DJABBERGANOV DJAXANGIR SABIRBAYEVICH**

**“GIL-BARXAN QUMI” SISTEMASIDA KERAMIK KOSHINLARNING  
QATTIQ FAZALI SINTEZI,  
XOSSALARI VA PISHISH JARAYONLARI**

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

**KIMYO FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)  
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

**Toshkent – 2025**

**Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O‘zbekiston Respublikasi Oliy ta’lim, fan va innovatsiyalar Vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2024.2.PhD/K545 raqam bilan ro‘yxatga olingan.**

Dissertatsiya ishi Urganch davlat universiteti va O‘zR FA Umumiy va noorganik kimyo institutida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uchta tilda (o‘zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengash veb-sahifasida ([www.ionx.uz](http://www.ionx.uz)) va “ZiyoNet” axborot ta’lim portalida ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)) joylashtirilgan.

**Ilmiy rahbar:**

**Eminov Ashrap Mamurovich**  
texnika fanlari doktori, professor

**Rasmiy opponenlar:**

**Ibragimov Aziz Baxtiyarovich**  
kimyo fanlari doktori, professor

**Alixonova Zuxrixon Saitdxodjaevna**  
kimyo fanlari nomzodi, dotsent

**Yetakchi tashkilot:**

**Farg‘ona davlat texnika universiteti**

Dissertatsiya ishi himoyasi O‘zR FA Umumiy va noorganik kimyo instituti huzuridagi DSc.02/05.05.2023.K/T.35.02 raqamli bir martalik Ilmiy kengashning 28 may 2025 yil soat 14<sup>00</sup> daqi majlisida bo‘lib o‘tadi. (Manzil: 100170, Toshkent shahri, Mirzo Ulug‘bek ko‘chasi, 77-a. Tel.: (+99871) 262-56-60; faks: (+99871) 262-79-90, e-mail: [ionx@academy.uz](mailto:ionx@academy.uz)).

Dissertatsiya bilan Umumiy va noorganik kimyo institutining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (72 - raqami bilan ro‘yxatga olingan). (Manzil: 100170, Toshkent shahri, Mirzo Ulug‘bek ko‘chasi, 77-a. Tel.: (99871) 262-56-60; faks: (+99871) 262-79-90.

Dissertatsiya avtoreferati 2025 yil 14 may kuni tarqatildi.  
(2025 yil 14 maydagi 72 - raqamli reyestr bayonnomasi.)

**N.X. Usanbayev**

Ilmiy darajalar beruvchi bir martalik  
ilmiy kengash raisi, t.f.d., prof.

**J.S. Shukurov**

Ilmiy darajalar beruvchi bir martalik  
ilmiy kengash kotibi, t.f.d., prof.

**Sh.S. Namazov**

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

## KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasiga annotatsiya)

**Dissertatsiya mavzusininig dolzarbligi va zaruriyati.** Dunyoda oxirgi vaqtlarda yangi va istiqbolli xomashyo resurslar asosida keramik materiallar ishlab chiqarishda energiya tejankor texnologiyalardan foydalanib arzon tannarxli mahsulot ishlab chiqarishga katta e'tibor qaratilmoqda. Keramik materiallarning zaruriy texnologik xossalarning o'zgarishi xomashyo komponentlari pishishidagi qattiq fazali fizik-kimyoviy va fazaviy o'tish jarayonlariga funksional bog'liq bo'ladi. Chunki, keramik sopolakda mexanik mustahkam va zich struktura hosil bo'lishini ta'minlovchi alyumosilikat minerallari kristall fazalarini shakllanishining, hamda gilsimon va toshsimon xomashyo komponentlarining yuqori haroratdagi o'zaro kimyoviy reaksiyalarning jadallashuviga qattiq fazali sintez jarayoni asosiy ta'sir ko'rsatadi. Shuning uchun, kam sonli xomashyo komponentlariga ega va energiyatejamkor yangi keramik omuxta tarkiblarni loyihalashtirish, hamda ularning qattiq fazali sintez natijasidagi pishish jarayonini aniqlashga oid ilmiy tadqiqotlar olib borish muhim ahamiyat kasb etadi.

Jahon miqiyosida hozirgi kunda, qurilish maqsadlaridagi butlovchi keramik materiallar ishlab chiqarishning innovatsion texnologiyalar asosida energiya tejankor tarkiblarini yaratish uchun qattiq fazali sintez, pishishi, fazaviy o'tishlarining fizik-kimyoviy jarayonlarini tadqiq etish bo'yicha keng qamrovli ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Bu borada, yuqori haroratda alyumosilikat sistemasini tashkil qiluvchi komponentlarning qattiq fazali sintezi va pishishining fizik-kimyoviy jarayonlarini tadqiq etish, aralashma komponentlarining murakkab fazaviy o'tishi natijasida kvars, mullit, anortit minerallarining yangi kristall faza strukturalarining shakllanishini asoslash, "tarkib-struktura-xossa" funksional bog'liqlik qonuniyatlarini sintez qilinayotgan keramik materialning kuydirish haroratining rejimiga bog'liqligini aniqlashga alohida e'tibor qaratilmoqda.

Respublikamizda yangi istiqbolli mahalliy xomashyolar asosida qurilish maqsadlarida keramik materiallarning fizik-kimyoviy va texnologik xossalarni o'rganish orqali ularni olish texnologiyalarini ishlab chiqish bo'yicha muayyan ilmiy-amaliy natijalarga erishilib, keng ko'lamli ishlar amalga oshirilmoqda. 2022-2026-yillarda Yangi O'zbekistonni rivojlantirish strategiyasida qurilish materiallari hajmini 2 marotaba oshirish, noan'anaviy noruda xomashyo resurslarni jalb etish hisobiga xomashyo bazasini kengaytirish zarurligi ta'kidlangan<sup>1</sup>. Bu borada, past haroratli texnologiya asosida keramik koshin olishda qattiq fazali sintezi, pishish jarayonlari va xossalarni tadqiq etish bo'yicha tadqiqotlar olib borish muhim ahamiyat kasb etadi.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi "2022-2026-yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida"gi PF-60 va 2017 yil 7 fevraldagi "2017-2021-yillarda O'zbekiston Respublikasini rivojlantirishning beshta ustuvor yo'nalishi bo'yicha Harakatlar strategiyasi"

---

<sup>1</sup>O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60 sonli "2022-2026-yillarda Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida"gi farmoni

to'g'risidagi PF-4947, 2021 yil 9 iyundagi "Hududlarni sanoat salohiyatini oshirish bo'yicha qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida"gi PF-6244 sonli Farmonlari, hamda O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019 yil 23 maydagi "Qurilish materiallari sanoatini jadal rivojlantirish bo'yicha qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida"gi PQ-4335 sonli Qarori, shuningdek, ushbu sohada qabul qilingan boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni bajarishga ushbu dissertatsiya natijalari muayyan darajada xizmat qiladi.

**Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining asosiy ustuvor yo'nalishlariga bog'liqligi.** Mazkur tadqiqot respublikada fan va texnologiyalarni rivojlantirishning VII. "Kimyo texnologiyalari va nanotexnologiyalar" ustuvor yo'nalishiga muvofiq holda bajarilgan.

**Muammoning o'rganilganlik darajasi.** Chop etilgan adabiyot manbalarida, qattiq fazali sintez va pishish jarayonlariga, gilsimon va toshsimon xomashyo va ikkilamchi resurslari asosida keramik koshin tarkibi va olish texnologiyalarini ishlab chiqish, hamda ularning fizik-mexanik va texnologik xossalarini yaxshilash muammolariga bag'ishlangan tadqiqotlar keng yoritilgan. Bu borada, dunyo yetakchi olimlari Maslennikova G.N., Vereshagin V.I., Shukina L.P., Levitskiy I.A., Poznyak A.I., Lukin E.S., Zaxarov A.I, Rishenko M.I., Seabra M.P., Labrincha J.A., Ferrer S., Popova L.D., Lisachuk V.G., Abdraximov E.S., Shepochkina Yu.A., Dyatlova E.M., Tonello G., Lin Kae-Long, Baranseva S.E., Moroz I.X. va boshqalar keramik koshin olish texnologiyasi bo'yicha keng qamrovli va muhim natijalarga erishgan.

Mamlakatimiz olimlari Tadjiyev F.X., Sirajiddinov N.A., Azimov I.A., Ismatov A.A., Ismailov A.X., Irkaxodjayeva A.P., Eminov A.M., Abdullayeva R.I., Qodirova Z.R., Sabirov B.T., Tairov S.S. va boshqalar mahalliy xomashyo va ikkilamchi resurslar asosida xossalari yaxshilangan keramik koshin sintezi va olinishi bo'yicha ilmiy tadqiqotlar olib borishgan va keramik materiallar, keramik koshinlar texnologiyasini rivojiga o'zlarining ulkan hissalarini qo'shganlar.

Hozirgi kungacha olib borilgan tadqiqotlarda ijobiy natijalarga erishilganga qaramay, iqtisodiy jihatlarni hisobga olgan holdagi energiya tejamkor ishlab chiqarish texnologiyalaridan foydalanib, mahalliy xomashyo, Quyi Amudaryo hududi resurslari asosida, talab darajasidagi keramik koshin olish bo'yicha ishonchli va ilmiy asoslangan ma'lumotlar mavjud emas.

**Tadqiqotning dissertatsiya bajarilayotgan ilmiy-tadqiqot muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog'liqligi.** Dissertatsiya tadqiqoti O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo institutining ilmiy tadqiqot ishlarining rejasiga muvofiq "Qurilish va texnik maqsadlarda silikat va funksional materiallar ishlab chiqarish uchun energiya va resurslarni tejovchi kompozitsiyalar va texnologiyalarni ishlab chiqish" (2020-2023 yy.) budjet mavzusi doirasida bajarilgan.

**Tadqiqotning maqsadi** "gil-barxan qumi" sistemasida keramik koshinning qattiq fazali sintezi, xossalari va pishish jarayonlarini aniqlashdan iborat.

**Tadqiqotning vazifalari:**

Kulatau koni gilining kimyo-mineralogik tarkibi va fizik-kimyoviy xossalarini tadqiq etish;

Kulatau koni gilining texnologik xossalarini va kuydirishdagi pishish jarayonlarini o‘rganish;

Tuproqqal’a massivi barخان qumining kimyo-mineralogik tarkibi va boshqa sifat hususiyatlarini o‘rganish;

“gil-barخان qumi” ikkilamchi sistemasi asosida energiya tejamkor tarkibli keramik koshinning qattiq fazali sintezi va “tarkib-struktura-xossa” funksional bog‘liqlik qonuniyatlarini kuydirish haroratiga bog‘liqliklarini aniqlash;

keramik koshin pishish jarayoniga, struktura hosil qilishiga, fazaviy tarkibiga va fizik-mexanik xossalariga massa komponentlarining ta’sirini tadqiq etish, hamda ularni olishning texnologik rejimlarini ishlab chiqish;

ikkilamchi sistema asosida ishlab chiqilgan keramik koshin namunasini tajriba-ishlab chiqarishda sinash, iqtisodiy samaradorlik hisobini olib borish va amalda foydalanishga tavsiya etish.

**Tadqiqotning ob’ekti** sifatida, Kulatau koni montmorillonit - gidroslyudali gili va Tuproqqal’a massivi barخان qumi va ular asosida olingan keramik koshinning tajriba namunalari olingan.

**Tadqiqotning predmeti** qattiq fazali sintez va pishish jarayonlarini keramik materiallar fizik-kimyoviy xossalariga va struktura hosil qilishiga, massa komponentlarining ta’sirini tadqiq etish, hamda laboratoriya tadqiqotini bajarish va ishlab chiqarishda sinash yo‘li bilan ularning maqbul tarkiblari va pishishining texnologik rejimlarini aniqlashdan iborat.

**Tadqiqot usullari.** Dissertatsiyada fizik-kimyoviy tahlilning zamonaviy usullari (rentgenfazaviy, differensial-termik, rastr elektron mikroskopik, rentgenofluoressent) va keramika texnologiyasining an’anaviy tadqiqot usullaridan foydalanilgan.

**Tadqiqotning ilmiy yangiligi** quyidagilardan iborat:

Kulatau koni gilining kimyoviy-mineralogik tarkibi bo‘yicha gidroslyudali montmorillonit xomashyosiga o‘xshashligi aniqlangan va past haroratda pishadigan keramik massa olishda flyus sifatida foydalanish mumkinligi isbotlangan;

Kulatau gili tarkibidagi gidroslyuda va montmorillonit minerallari keramik massada kristall va suyuq faza hosil bo‘lish jarayonlarining jadallashishiga ta’siri, hamda kuydirish haroratini pasayishiga olib kelishi asoslangan;

Tuproqqal’a massivi barخان qumi mineralogik tarkibi bo‘yicha dala shpatli kvarts qumiga o‘xshash bo‘lib, 30 mas.% miqdorda anortit va kam miqdordagi kalsit, hamda temirsimon va gilsimon minerallar aralashmasidan tashkil topganligi aniqlangan;

“gil-barخان qumi” sistemasining turli konsentratsion tarkiblardagi namunalarining yuqori haroratdagi qattiq fazali sintezi jarayonida vollastonit, mullit, anortit, kvarts minerallar ko‘rinishidagi yangi kristall faza va suyuq faza yuzaga kelishi ilmiy asoslangan;

“gil-barخان qumi” sistemasi keramik namunalarida kuydirish haroratiga mos ravishda “tarkib-struktura-xossa” funksional bog‘liqlik qonuniyatlari aniqlangan.

yangi maqbul tarkibdagi massadan olingan namunalar etalon massaga nisbatan past haroratda, ya'ni 1000-1050°Cda kuydirilganda zich strukturali kristall faza hosil qilishi natijasida yuqori fizik-mexanik xossalarga ega bo'lganligi aniqlangan.

**Tadqiqotning amaliy natijalari** quyidagilardan iborat:

Respublikada ishlab chiqarilayotgan keramik koshin bilan solishtirilganda, 50-100 °C past haroratda pishadigan keramik koshin tarkibini ishlab chiqish va olish uchun Kulatau gili va Tuproqqal'a barخان qumlaridan foydalanish imkoniyatlari asoslangan;

“Kulatau gili-Tuproqqal'a barخان qumi” kompozitsiyasi asosida, kuydirishning nisbatan past haroratlarida zaruriy fizik-mexanik va texnologik xossalarga ega bo'lgan keramik koshinning energiya tejamkor tarkiblari ishlab chiqilgan;

yangi retseptura tarkibi asosidagi massadan olingan keramik koshin namunalarini ishlab chiqarish sharoitida tajriba sinovidan o'tkazish yo'li bilan aprotatsiya qilingan.

**Tadqiqot natijalarining ishonchligi** dissertatsiya ishida fizik-kimyoviy tahlilning zamonaviy usullari va keramik materiallar texnologiyasining an'anaviy tadqiqot usullaridan foydalanilgani, tegishli standart talablariga mos ravishda bajarilganligi, hamda tajriba-ishlab chiqarish sinovlari bilan tasdiqlangan.

**Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.**

Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati “gil-barخان qumi” ikkilamchi sistemasi asosidagi keramik massani qattiq fazali pishishi oqibatida yangi kristall fazalarining shakllanishi, keramik koshinning asosiy fizik-mexanik va texnologik ko'rsatkichlarining o'zgarishi, ularning tarkibi, xomashyo komponentlarining strukturasi pishishdagi fizik-kimyoviy jarayonlariga funksional bog'liqligini aniqlangan, hamda keramik koshin namunalarini tajriba sanoatida sinovdan o'tkazilganligi bilan tasdiqlangan.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati Respublika xomashyo bazasini kengaytirish, Quyi Amudaryo hududida keramik materiallar ishlab chiqarishning iqtisodiy darajasini oshirishga olib keluvchi “gil-barخان qumi” sistemasi asosida talab darajasidagi keramik koshinning energiya tejamkor tarkiblari va past haroratli olish texnologiyasi ishlab chiqishga, hamda xomashyo bazasini kengaytirishni ta'minlashga ma'lumotnoma sifatida xizmat qiladi.

**Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi.** “Gil-barخان qumi” sistemasi asosidagi keramik koshin namunalarining qattiq fazali sintezi, xossalari va pishish jarayonlarini tadqiq etish bo'yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

mahalliy komponentlar asosida keramik koshin uchun ishlab chiqilgan tarkibdagi massaning qattiq fazali sintezi va pishishining fizik-kimyoviy jarayonlari “Qurilish va texnik maqsadlarda silikat va funksional materiallar ishlab chiqarish uchun energiya va resurslarni tejovchi kompozitsiyalar va texnologiyalarni ishlab chiqish” (2020-2023 yy.) budget mavzusi bo'yicha tadqiqotlarni bajarishda qo'llanma material sifatida foydalanilgan (O'zbekiston Respublikasi Fanlar Akademiyasining 2024 yil 28 maydagi 4/1255-1147 sonli

ma'lumotnomasi). Natijada, past xaroratda keramik koshinlar olishda qattiq fazali sintez va pishish jarayonlari ilmiy asoslangan, fundamental ma'lumotlar olish imkonini bergan;

“Kulatau gili-Tuproqqal’a barxan qumi” kompozitsiyasi asosida ishlab chiqilgan keramik koshin tarkibi “ART GLOSS GALLERY” QKning “2024-2025 yillarda amaliyotga joriy etish bo’yicha istiqbolli ishlanmalar ro’yhati”ga kiritilgan (“ART GLOSS GALLERY” QKning 2022 yil 23 maydagi 23/2022-4-sonli ma'lumotnomasi). Natijada, past haroratda pishadigan keramik koshishning talab darajasidagi tarkibini olish imkonini bergan.

**Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi.** Mazkur tadqiqot natijalari 2 ta halqaro va 6 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarda muhokamadan o'tkazilgan.

**Tadqiqot natijalarining e'lon qilinishi.** Dissertatsiya mavzuci bo'yicha jami 14 ta ilmiy ish chop etilgan. Jumladan 6 ta ilmiy maqola, shulardan 2 tasi respublika va 4 tasi xorijiy O'zbekiston Respublikasi Oliy Attestatsiya komissiyasi tomonidan doktorlik dissertatsiyalarni asosiy ilmiy natijalarini chop etishga tavsiya qilingan jurnallarda chop etilgan.

**Dissertatsiya tuzilishi va hajmi.** Dissertatsiya tarkibi kirish, to'rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 120 betni tashkil qilgan.

## DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

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

Dissertatsiyaning **“Keramik materiallarning xomashyo resurslari va olish texnologiyasi tadqiqining zamonaviy holati va ularni rivojlantirish istiqbollari. Qattiq fazali pishish va keramika strukturasi hosil bo'lishi” deb nomlangan birinchi bobida** xomashyo komponentlarini tanlash masalalari va tarkiblarni ishlab chiqish, silikat materiallar ishlab chiqarishda barxan qumlarini qo'llash istiqbollari, hamda keramik koshinning texnologik xossalari komponentlarning ta'sirini tadqiq etish bo'yicha zamonaviy ilmiy-texnik adabiyotlarda chop etilgan ishlarning tahlil va muhokamalarining natijalari keltirilgan. Ushbu yo'nalishda, erishilgan yutuqlar qatorida ularning tarkibi va olish texnologiyalarini ishlab chiqish uchun noan'anaviy xomashyolarni maqsadli yo'naltirilgan tadqiqotlarga bog'liq bo'lgan muammolar mavjudligi ko'rsatilgan. Turli maqsadlardagi keramik koshinlarni olish texnologiyalari, hamda qattiq fazali pishishning fizik-kimyoviy jarayonlari va boshlang'ich komponentlarni kuydirishda keramik sopolakning struktura hosil bo'lishi bo'yicha ma'lumotlar muhokama qilingan. Nashr etilgan ishlarni tanqidiy tahlil qilish va muhokama qilish asosida ushbu tadqiqotning maqsad va vazifalari shakllantirilgan.

Dissertatsiyaning “**Ob’ektni tanlash, xomashyo komponentlari va keramik massa tajriba namunalarini tayyorlash, hamda tadqiq etish usullari**“ nomli **ikkinchi bobida** tadqiqot ob’ektini tanlash, boshlang’ich gilsimon va toshsimon komponentlar, jumladan Kulatau koni gili va Tuproqqal’a massivining barخان qumlarini, hamda ular asosidagi keramik koshin tajriba namunalarining tayyorlash usullari to’g’risida ma’lumotlar keltirilgan. Ularning kimyoviy, fraksiya, mineralogik tarkibi, fizik-kimyoviy xossalari, qattiq fazali sintez jarayonlari zamonaviy fizik-kimyoviy va keramik materiallar ishlab chiqarish texnologiyasining zamonaviy usullaridan foydalanish bilan o’rganilgan. Umuman olganda, keramik koshinlar namunalarining fizik-kimyoviy va texnologik xossalari tadqiq etish natijalari xususiyatlarini o’rganish natijalari, shuningdek ularni olishning texnologik rejimlari ko’rsatilgan.

Dissertatsiyaning “**Kulatau koni gili va Tuproqqal’a massivi barخان qumlarining fizik-kimyoviy tadqiqi, “gil-barخان qumi” sistemasi asosida keramik koshinlar sintez qilish uchun massa tarkiblarini ishlab chiqish**” deb **nomlangan uchinchi bobida** Kulatau koni gili va Tuproqqal’a massivining barخان qumlarining kimyoviy-mineralogik va granulometrik tarkiblari, fizik-kimyoviy xususiyatlarini tadqiq etish natijalari keltirilgan (1-jadval). Ushbu gil kimyoviy tarkibining o’ziga xosligi qiyin eriydigan gil bilan taqqoslaganda, bir vaqtning o’zida ishqoriy yer oksidlarining ( $\text{CaO}+\text{MgO}>2,0$ ) yuqori miqdoriga nisbatan ishqoriy oksidlarning ( $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}>5,0\%$ ) ko’pligi hisoblanadi, bu esa bo’yovchi oksidlar miqdorining ko’pligi bilan birga ushbu gilni yengil eruvchan qiladi.

Nozik dispers fraksiyalar miqdorlari bo’yicha gil yuqori dispers xomashyo guruhiga (fraksiyaning  $60\% < 1$  mkm dan ko’p), qovushqoqligi bo’yicha yuqori qovushqoq gil xomashyosi (qovushqoqlik soni  $>25$ ) va olovbardoshligi (olovbardoshlik ko’rsatkichi  $1100^\circ\text{C}$  dan kam) bo’yicha yengil eruvchan guruhiga mos keladi (2-jadval).

### 1-Jadval

#### Kulatau koni gili va Tuproqqal’a massivining barخان qumlari namunalarining kimyoviy tarkibi

| Xomashyo nomi           | Oksidlarning miqdori, mas.% |                                |                                |                  |      |      |                   |                  |                 | K.Y. mas.% |
|-------------------------|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|------|------|-------------------|------------------|-----------------|------------|
|                         | SiO <sub>2</sub>            | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | TiO <sub>2</sub> | CaO  | MgO  | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O | SO <sub>3</sub> |            |
| Kulatau gili            | 57,91                       | 17,65                          | 4,58                           | 0,83             | 0,81 | 1,52 | 2,75              | 2,86             | 0,20            | 9,95       |
| Tuproqqal’a barخان qumi | 77,54                       | 7,63                           | 2,61                           | 0,54             | 4,20 | 0,30 | 1,76              | 1,82             | 0,10            | 2,88       |

### 2-Jadval

#### Xomashyo komponentlarining granulometrik tarkiblari

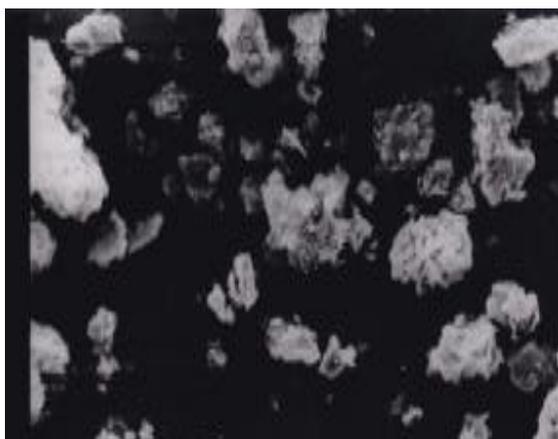
| Tuproqqal’a barخان qumi       |      |       |       |       |       |         |
|-------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|---------|
| Zarrachalarning o’lchami, mkm | 500  | 315   | 125   | 100   | 56    | < 56    |
| Zarrachalarning miqdori, %    | 0,25 | 3,19  | 21,6  | 52,62 | 16,11 | 6,0-7,0 |
| Kulatau gili                  |      |       |       |       |       |         |
| Zarrachalarning o’lchami, mkm | >50  | 50-25 | 25-10 | 10-5  | 5-1   | <1      |
| Zarrachalarning miqdori, %    | 2,35 | 5,30  | 7,0   | 6,48  | 17,45 | 61,42   |

2-Jadval ma'lumotlaridan ko'rinib turibdiki, tekshirilayotgan namuna nozik disperslik fraksiya miqdoriga bog'liq ravishda yuqori disperslik gil xomashyosi guruhiga mos keladi. Chunki, <1 mkm o'lchamidagi fraksiya miqdori 60%dan ko'pni tashkil etadi va undagi erkin kvartsning miqdori 16-19 mas.% oralig'ida bo'lgani sababli, ushbu gilni qurilish maqsadlaridagi keramik massa uchun boyitishga xojat yo'q.

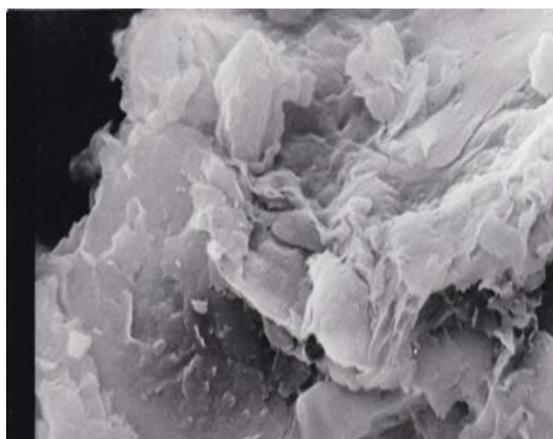
Tuproqqal'a barxan qumida o'lchami <56 bo'lgan fraksiya miqdori 6-7% oralig'ida bo'ladi va o'zining tarkibida 30 mas. % anortitni namoyon etuvchi nozik maydalangan dala shpatiga ega bo'lgan dala shpatili kvarts qumi guruhiga mos keladi. Bunga bog'liq ravishda undan dala shpatili kvarts komponenti sifatida keramik koshin tarkibida foydalanilganligi, sababli, ushbu jinsdan turli maqsadlardagi keramik materiallar ishlab chiqarishda zaruriy xomashyo hisoblanishini ko'rsatadi.

Oddiy kvarts qumi bilan solishtirganda Tuproqqal'a massivi barxan qumining kimyoviy tarkibida  $\text{SiO}_2$  miqdori kam va makroskopik ko'rinishida temir gidroksidlari hisobiga sariqroq-kulrangga ega bo'lgan holda mayda zarrachali sochiluvchan material bo'lib hisoblanadi. Temir gidroksidi aralashmasi qumning yuzasida yupqa parda holatida bo'lib, kuydirilgandan so'ng qumni qizil rangga bo'yaydi, bunda kalsitning sochiluvchan minerali kuydirilgandan so'ng oq nuqtalar ko'rinishida bo'ladi. Ushbu qum massivi eol davridagi qayta ishlanishi hisobiga yaxshi ajratilgan.

Kulatau gili namunasining morfologik strukturasi rastr elektron mikroskop yordamida o'rganilgan va uning mikrofotosi 1-rasmدا keltirilgan. Gilning mikrostrukturasi zarrachalari turli qavatli teksturaga ega tartibsiz joylashgan zarrachaga ega illit, gidromuskovit va montmorillonit minerallari miqdorlari uchraydi. Bunda nisbatan yirik (20-25 mkm gacha) va mayda (1-2 mkm) o'lchamdagi zarrachalar ham aniqlangan.



**kat.x5000**

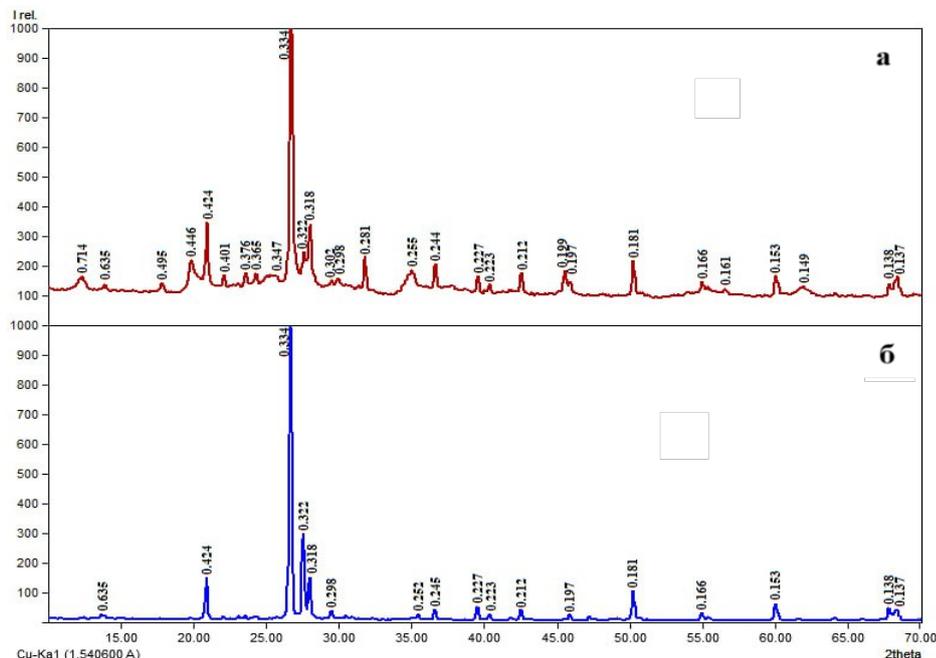


**kat.x500**

### **1-Rasm. Kulatau gili namunasining rastr elektron mikroskop rasmi**

Gilning mineralogik tarkibini rentgenfazaviy tahlil usulida tadqiq etilgan (2a-rasm). Kulatau koni gil namunasining rentgenogrammasida quyidagi minerallarga mos kelgan difraksiya maksimumlari: muskovit  $d=0,256; 0,212; 0,181; 0,137$  nm, gidromuskovit  $d=0,199; 0,138; 0,129$  nm, illit  $d=0,446; 0,256$

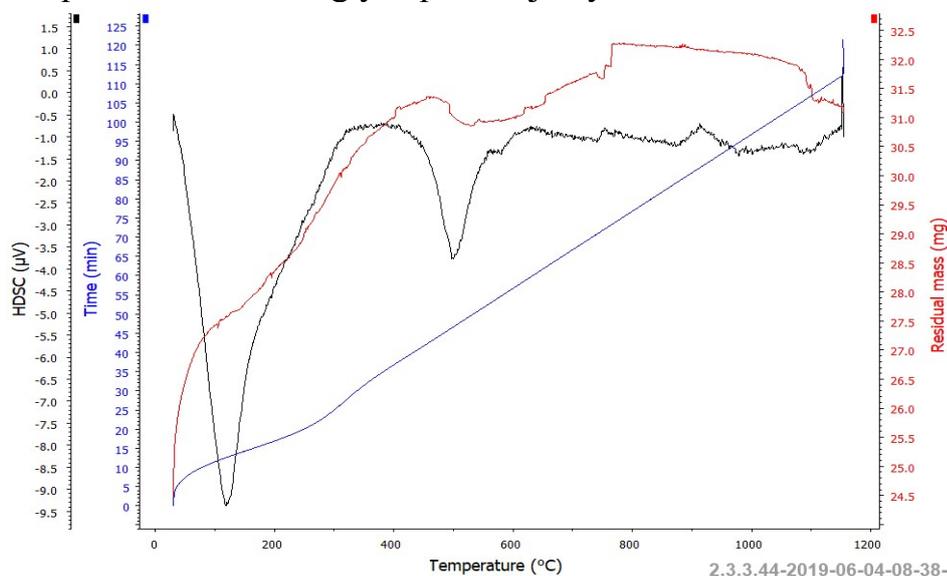
nm, seritsit  $d=0,245; 0,223; 0,199$  nm, gidrobiotit  $d=0,166; 0,153$  nm, kvars  $d=0,424; 0,334; 0,245; 0,228; 0,223; 0,212; 0,197; 0,154$  nm, montmorillonit  $d=0,345; 0,257; 0,255; 0,165; 0,149; 0,138; 0,128$  nm, glaukonit  $d=0,197; 0,181; 0,165; 0,153; 0,137; 0,128; 0,125$  nm, kaolinit  $d=0,714; 0,446; 0,228$  nm, hamda dala shpati va temirli minerallarning aralashmalari ham kuzatilgan.



**2-Rasm. Kulatau gili (a) va Tuproqqal'a massivi barخان qumi (b) namunalarining rentgenogrammalari**

Tuproqqal'a barخان qumi namunasining rentgenogrammasida (2b-rasm) kvars  $d=0,424; 0,334; 0,245; 0,228; 0,212; 0,181; 0,138; 0,137$  nm, anortit  $d=0,318; 0,182; 0,154; 0,138$  nm, albit  $d=0,334; 0,245; 0,138; 0,137$  nm, ortoklaz  $d=0,318; 0,213; 0,182; 0,137$  nm va getit  $d=0,336; 0,245$  nm minerallariga mos kelgan oraliqlaroro masofaga ega difraksiya chiziqlari kuzatilgan.

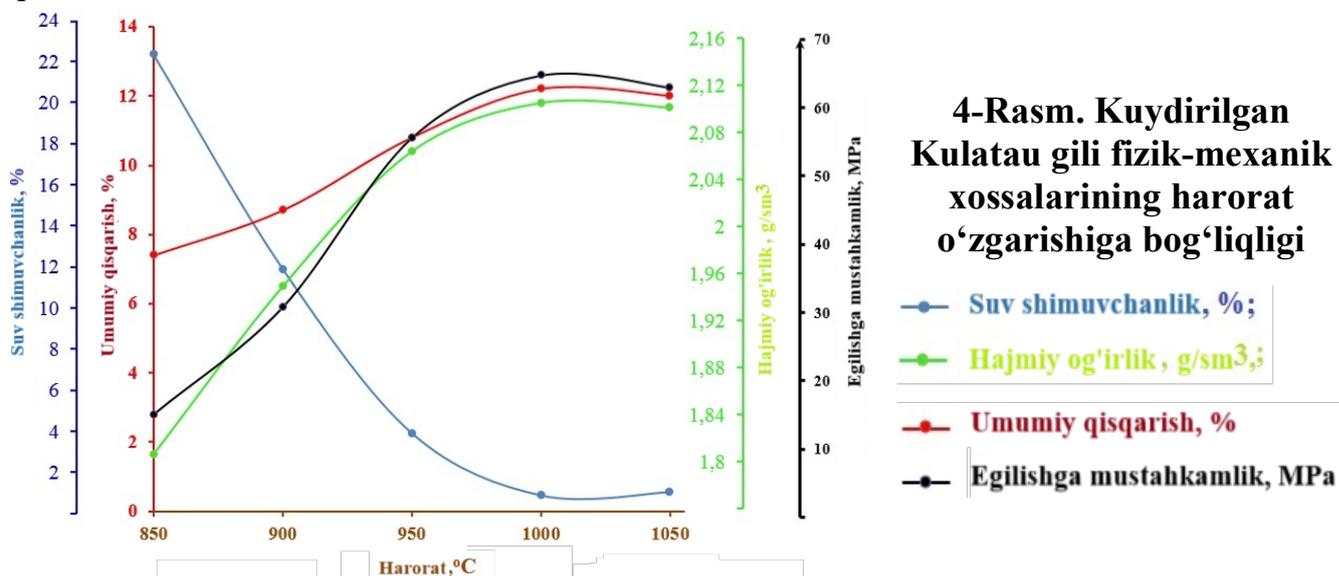
Kulatau gili namunasining TG va HDSC egri chiziqlarida (3-rasm) qizdirish jarayonida uch davrni qayd etuvchi massa va energiya yo'qotilishi kuzatiladi.  $140^\circ\text{C}$  haroratdagi kuchli davrdagi endoeffektni yuzaga kelganligini gigroskopik va qavatlaroro suvning yo'qotilish jarayoni bilan tavsiflanadi.



**3-Rasm. Kulatau gilining kompleks termogrammasi**

400-610°C harorat oralig'idagi 490°C maksimumga ega ikkinchi davr giroksil guruhlarini ajralishi bilan, gilsimon minerallar kristall strukturasi parchalanishidan darak beradi. 900-950°C haroratdagi ekzotermik effekt yangi kristall fazalarni, asosan mayda kristall mullit hosil bo'lishining jadallashuv jarayoni bilan bog'liq.

Kulatau gili 850°C dan 950°C gacha kuydirilgan namunasining fizik-mexanik xossalarini aniqlash natijalari (4-rasm), kuydirish haroratini ortishi bilan namunaning umumiy qisqarishini, hajmiy og'irligini va siqilishdagi mexanik mustahkamligining jadal o'sishi yuzaga kelganligini ko'rsatadi. Shunday qilib, Kulatau gili texnologik ko'rsatkichlari bo'yicha qisqa pishish oralig'iga va katta qisqarishga ega kuchli pishuvchi xomashyo bo'lib tavsiflanadi. Shuning uchun, keramik materiallar ishlab chiqarishda undan foydalanish chog'ida, qisqarishni kamaytiradigan va pishish oralig'ini kengaytiradigan korrektirlovchi qo'shimchalarni tanlash zarurdir.



Bundan tashqari, gilni qurilish keramikasi ishlab chiqarish uchun Quyi Amudaryo hududining yuqori sifatli istiqbolli xomashyo manbasi deb qarash lozimdir.

Kulatau gili va Tuproqqal'a barxan qumi orasidagi qattiq fazali pishish, fazaviy o'tish, izomorf almashishlarni va namunalarni erish haroratlarini tadqiq etish uchun "gil-barxan qumi" sistemasining bir qator konsentratsion tarkiblari ishlab chiqildi.

Boshlang'ich komponentlar va ikkilamchi sistema konsentratsion tarkib namunalarining erish haroratlarini aniqlash natijalari 3-jadvalda ko'rsatilgan.

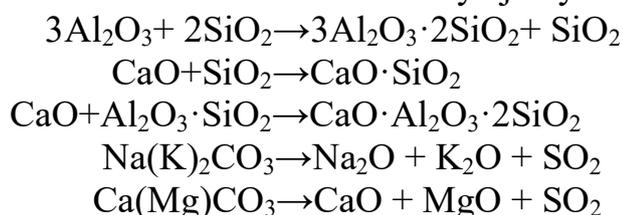
"Gil-barxan qumi" sistemi konsentratsion tarkiblarining erish haroratlarini aniqlash natijalari gil miqdorining ortishi bilan ikkilamchi sistema konsentratsion tarkiblarining erish haroratlari, sistema boshlang'ich komponentlari erish haroratlarigacha, ya'ni Kulatau gilining erish haroratining boshlanishi 1030°C va erishning tugashiga 1070°C mos ravishda pasayishini ko'rsatadi. Bunda, Kulatau gilining yengil eruvchanligiga bog'liq ravishda, konsentratsion tarkiblar erish haroratini sekin-asta pasayishi kuzatiladi.

**“Gil-barxan qumi” sistemasi konsentratsion tarkiblaridan olingan  
namunalari erishining boshlang‘ich va tugash haroratlari**

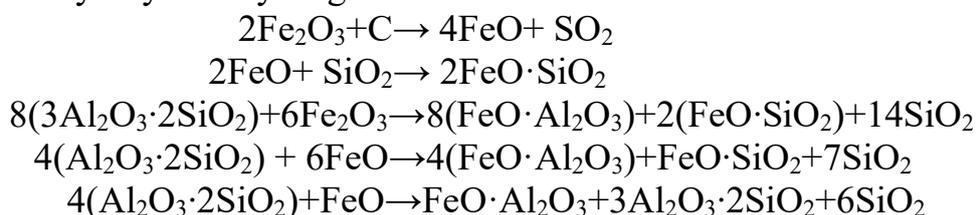
| Namunalari<br>nomi | Komponentlar, mass.% |                            | T erish., °C |         | Harorat<br>oralig‘i, °C |
|--------------------|----------------------|----------------------------|--------------|---------|-------------------------|
|                    | Kulatau gili         | Tuproqqal’a<br>barxan qumi | Boshlanishi  | Tugashi |                         |
| G-0                | 0                    | 100                        | 1320         | 1400    | 80                      |
| GB-1               | 10                   | 90                         | 1280         | 1350    | 70                      |
| GB-2               | 20                   | 80                         | 1250         | 1320    | 70                      |
| GB-3               | 30                   | 70                         | 1220         | 1280    | 60                      |
| GB-4               | 40                   | 60                         | 1160         | 1210    | 50                      |
| GB-5               | 50                   | 50                         | 1130         | 1180    | 50                      |
| GB-6               | 60                   | 40                         | 1110         | 1160    | 50                      |
| GB-7               | 70                   | 30                         | 1090         | 1140    | 50                      |
| GB-8               | 80                   | 20                         | 1070         | 1120    | 50                      |
| GB-9               | 90                   | 10                         | 1050         | 1090    | 40                      |
| G-10               | 100                  | 0                          | 1030         | 1070    | 40                      |

Tuproqqal’a barxan qumi miqdorining ortishi bilan mos ravishda konsentratsion tarkiblarning erish haroratlari asta-sekin ko‘tariladi. Umuman olganda, “gil-barxan qumi” sistemasi konsentratsion tarkib namunalari past haroratda pishadigan massa guruhiga kiritish mumkin.

Kulatau gili va Tuproqqal’a barxan qumi orasida 900-1050°C harorat oralig‘idagi qattiq fazali reaksiya natijasida, kimyoviy reaksiya bo‘yicha dastlab, gilsimon minerallarni parchalanishi va dekarbonizatsiya jarayoni yuzaga keladi:



1100-1400°C harorat oralig‘ida suyuq faza ishtirokida quyidagi reaksiya bo‘yicha o‘zaro kimyoviy ta’sir yuzaga keladi:



Umuman olganda, Kulatau gili va Tuproqqal’a barxan qumi orasidagi qattiq fazali kimyoviy reaksiyaning pirovard natijasida mullit, gematit, anortit, temirli shpinel, tridimit va qoldiq kvarsning yuqori haroratli shakli hosil bo‘ladi.

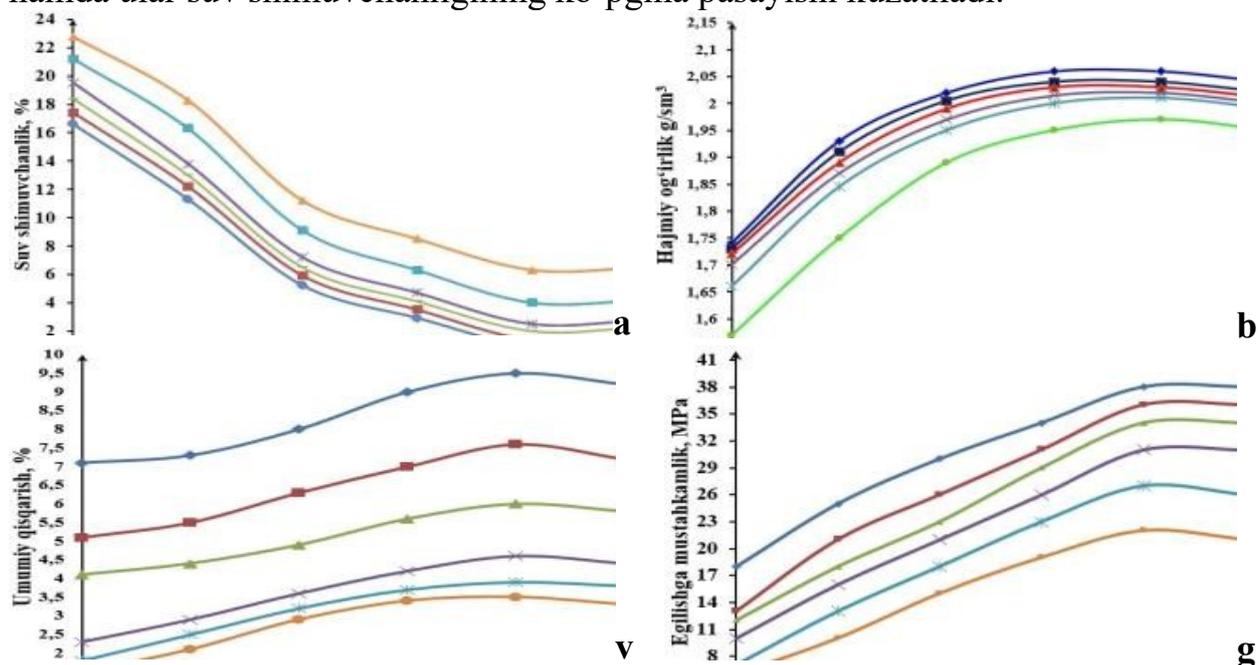
Shunday qilib, kuydirilgan tajriba namunalari oydinlashgan qonuniyatlar “gil-barxan qumi” sistemasi asosida keramik koshinning yangi tarkiblarini ishlab chiqish imkoniyatlarini ko‘rsatadi.

Dissertatsiyaning **“Keramik koshin namunalari qattiq fazali pishish, struktura hosil qilish jarayonlari va fizik-mexanik xossalari va ularning ishlab**

**chiqarishdagi tajriba sinovlari**” deb nomlangan **to‘rtinchi bobida**, sintez qilingan keramik koshin namunalarining qattiq fazali pishish, struktura hosil qilish, fazaviy o‘tish jarayonlari va fizik-mexanik xossalarini tadqiq etish, hamda ishlab chiqarish sharoitida aprobatsiyadan o‘tkazish natijalari keltirilgan.

Koshin massasi tajriba namunalaridagi qattiq fazali pishish va fazaviy o‘tish jarayonlarini tadqiq etish kuydirishning turli haroratlaridagi fizik-mexanik xossalarini aniqlash yo‘li bilan olib borildi (5-rasm).

Bog‘liqlik egri chizig‘idan ko‘rinib turibdiki, ya’ni 850°C dan boshlab, tajriba namunalarining xossalari sezilarli o‘zgaradi: 850-1000°C harorat oralig‘ida M-7 namunasida va 900-1000°C harorat oralig‘ida M-9 namunasida, namunalar chiziqli qisqarishi, hajmiy og‘irligi va mexanik mustahkamliklari ortishining jadallashuvi, hamda ular suv shimuvchanligining ko‘pgina pasayishi kuzatiladi.



**5-Rasm. Tajriba namunalarining suv shimuvchanligi (a), hajmiy og‘irligi (b), umumiy qisqarishi (v) va egilishga mustahkamliklarining (g) kuydirish haroratlariga bog‘liqligi**

Namunalarning umumiy qisqarishi 850°C haroratda M-7 namunasi uchun 2,3% ni, 900°C haroratda M-9 namunasi uchun 2,5% ni tashkil etadi. 1000°C da M-7 va M-9 maqbul tarkiblari uchun umumiy qisqarishi mos ravishda 4,0% va 3,7% gacha ko‘payadi (5v-rasm).

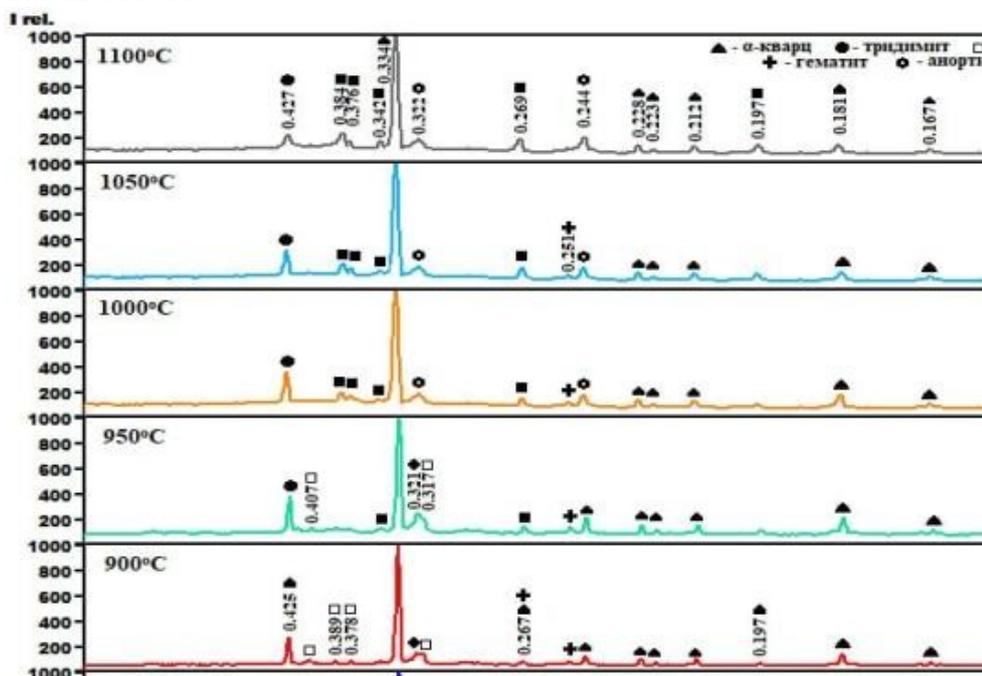
Ushbu harorat oralig‘ida, M-7 massadan olingan namunaning suv shimuvchanligi 19,5% dan 4,8% gacha va M-9 massadan olingan namunada 16,3% dan 6,4% gacha mos ravishda pasayadi. Bunda, M-7 massasi uchun egilishga mustahkamlik 26 MPa va M-9 massasi uchun 22 MPa, ularning hajmiy og‘irligi esa mos ravishda 2,02g/sm<sup>3</sup> va 2,00g/sm<sup>3</sup> ni tashkil etadi. Xaroratning 1000 °C dan 1050°C gacha oshirilishida M-7 va M-9 namunalar uchun umumiy qisqarish ko‘pgina pasayadi, chiziqli qisqarishi, suv shimuvchanligi, egilishga mustahkamligi va hajmiy og‘irliklarining egri chiziqlari sekin-asta gorizontall chiziqqa o‘tadi, bu esa koshin masasining pishish jarayonini tugallanganligidan darak beradi. Haroratning mos oraliqlarida namunalarning umumiy qisqarishi M-7

massasi uchun 4,6% gacha va M-9 massasi uchun 3,9% gacha ortadi (5v-rasm). Ushbu harorat oralig'ida hajmiy og'irlikning va egilishga mustahkamlikning sezilarli ortishi kuzatiladi. Namunalardagi haroratning keyinchalik 1110°C gacha ko'tarilishida, M-7 va M-9 namunalari uchun suv shimuvchanligi, egilishga mustahkamligi va hajmiy og'irligi sezilarli kamayadi. Namunalarda erish belgilari, deformatsiya elementlari yuzaga keladi va ko'pchilik sodir bo'ladi.

Mustahkamlik va zichlik bo'yicha M-7 va M-9 namunalari M-ZM etalon massaga nisbatan maqbul fizik-mexanik xossalarni namoyon etishi aniqlandi. "Gil-barxan qumi" sistemasi asosida ishlab chiqilgan tarkiblar, keramik koshinning kuydirish haroratini 100°C (M-7 uchun) va 50°C (M-9 uchun) pasayishgiga olib keldi. Shuning uchun, keyinchalik keng tadqiqot o'tkazish maqsadida ushbu massalardan koshin namunalari tanlab olindi.

Turli haroratlarda kuydirilgan M-7 namunasidagi fazaviy o'tishlarni tadqiq etishda, 850°C haroratda gematit chizig'ining yuzaga kelishi, haroratning 1050°C gacha ortishi bilan kamayishi va 1100°C haroratda yo'qolishi ko'rsatilgan. Rentgenogrammada 850°C-950°C harorat oralig'ida ta'sirlanmagan albitga tegishli bo'lgan chiziqlar 1000°C haroratda to'laligicha yo'qolganligi ko'rsatilgan. 850°C-950°C harorat oralig'ida vollastonit kristallarining kuchsiz chiziqlari kuzatilgan va 1000°C haroratda yo'qolib, anortitga o'tgan va 1100°C dan harorat ortishi bilan anortit chizig'ining jadallashuvi bir muncha o'sganligi aniqlangan.

M-7 namunasining rentgenogrammasida (6-rasm) 950°C haroratda mullitning kuchsiz chiziqlari yuzaga kelib, kuydirish haroratining 1100°C gacha ortishi bilan ular miqdorining ko'payishi va jadallashuvi o'sgan. Haroratning 850°C dan 1100°C gacha ortishi bilan kvarts chiziqlari uning massadagi erishi sababli, sekin-asta kuchsizlanib boradi, ulardan ayrimlari 950°C haroratda tridimitga o'tadi. 1100°C haroratda namunalarda shisha faza miqdorining ko'payishi, rentgenogrammalarda galo va difraksiyalarni aks etgan yuzadagi cheksiz nisbatdan darak beradi.



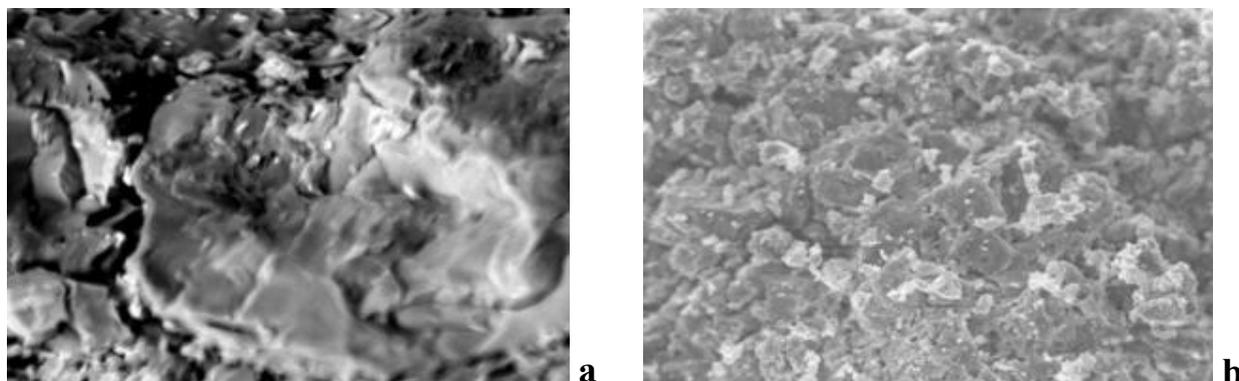
**6-Rasm. Turli haroratlarda kuydirilgan M-7 koshin namunasining rentgenogrammalari**

Haroratning keyinchalik 1050-1080°C gacha ortishi shisha fazaning va kristallarni tashkil etuvchi mullit va anortit minerallarining ko‘payishiga olib keladi. 1080°C haroratdan yuqorida kuydirilgandan so‘ng, shisha faza miqdorini ko‘payishi sababli, deformatsiya jarayonlari tezgina rivojlanadi va namunalar ko‘pchiydi. Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ning FeO ga qaytarilish jarayoni hisobiga gaz hosil bo‘lishining jadallashuvi, namunalarda esa ko‘pchish va deformatsiya yuzaga keladi.

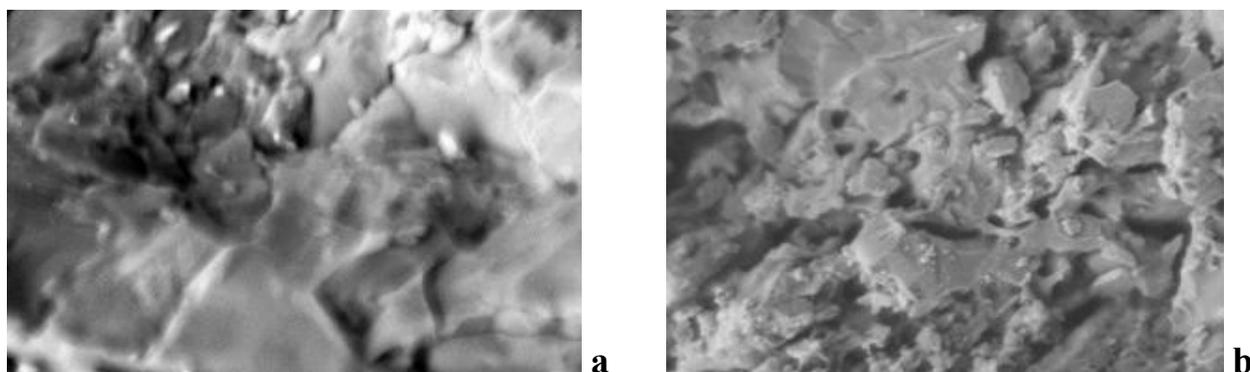
Bunda shuni ta’kidlash lozimki, M-7 va M-9 namunalari kimyo-mineralogik tarkiblarining yaqinligi va “gil-barxan qumi” sistemasidagi joylashuvlari sabablidir. Shuning uchun, M-9 namunasini kuydirishdagi rentgenorammasida fazaviy o‘tishlar deyarli bir hil va juda ham kam farq qiladi.

Rentgenfazaviy usul tahlil natijalari “Kulatau gil-Tupraqqala barxan qumi” sistemasidagi qattiq fazali reaksiyani murakkab hususiyatidan darak berib, kuydirilganda tajriba namunalarida kvars, gematit, mullit, anortitlarni va ushbu ko‘rsatilgan birikmalar orasini to‘ldirgan shisha fazani hosil bo‘lishiga olib keladi.

1050°C haroratda kuydirilgan M-7 va M-9 namunalarning elektron mikroskop rasmlari (7a-ram va 7b-rasm) nisbatan past haroratda kuydirilgan namunalar bilan solishtirilganda yopiq g‘ovaklarning ko‘proq bir jinsli tarqalganligini ko‘rsatadi. Gidroslyuda minerallarining erishi hisobiga hosil bo‘lgan silikat suyuqlanmasi asosiy massadan quyiladi. M-7 va M-9 kuydirilgan namunalardagi asosiy struktura elementi bo‘lib, silikat suyuqlanmasiga biriktirilgan tartibsiz joylashgan yangi hosil bo‘lgan mullit, gematit, anortit kabi va boshqa kristallar hisoblanadi.



**7-rasm. 1050 °C (a) va 1100°C (b) haroratlarda kuydirilgan M-7 namunalarining elektron mikroskop rasmlari (kat.x1000)**



**8-rasm. 1050 °C (a) va 1100°C (b) haroratlarda kuydirilgan M-9 namunalarining elektron mikroskop rasmlari (kat.x4000)**

1100°C haroratda ularning mikrostrukturasi erimagan qoldiq kvarsni o'z ichiga olgan shisha va kristall yangi hosil bo'lishlar (8a-rasm va 8b-rasm) ko'rinishida bo'ladi.

Qoldiq kvarsning donalari, ularning silikat suyuqlanmasida erishi hisobiga hosil bo'lgan shisha faza bilan o'ralgan bo'ladi. M-7 va M-9 tajriba namunalarining fizik-mexanik xossalarini aniqlash natijalari (4-jadval va 5-jadval), "ART GLOSS GALLERY" QK sharoitida olingan keramik koshin namunalarining fizik-mexanik hususiyatlarini standart talablarga javob berishini ko'rsatadi.

#### 4-Jadval

##### Keramik koshin M-7 namunasining fizik-mexanik xossalari

| Xossalar ko'rsatkichlari                                              | Massa indeksi |      |      | GOST 13996-93<br>(tashqi yuza<br>(fasad) uchun) | GOST 6787-2001<br>(pol uchun<br>glazurlanmagan<br>koshin) |
|-----------------------------------------------------------------------|---------------|------|------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
|                                                                       | M-ZM          | M-7  | M-7  |                                                 |                                                           |
| Kuydirish harorati, °C                                                | 1100          | 1000 | 1050 | reglament yo'q.                                 | reglament yo'q.                                           |
| Suv shimuvchanlik, %                                                  | 7,89          | 4,8  | 2,5  | 2 dan kam emas<br>9 dan ko'p emas               | 3,5 dan ko'p emas                                         |
| Sovuqqa chidamlilik,<br>sickl soni                                    | -             | 53   | 59   | 40 dan kam emas                                 | 25 dan kam emas                                           |
| Egilishga mustahkamlik<br>chegarasi, MPa                              | 15            | 26   | 33   | 16 kam emas                                     | 28 dan kam emas                                           |
| Yemirilishga mustahkamlik<br>(kvars qumi bo'yicha), g/sm <sup>2</sup> | -             | -    | 0,14 | reglament yo'q.                                 | 0,18 dan ko'p<br>emas                                     |
| Umumiy qisqarish, %                                                   | 4,29          | 4,0  | 4,6  | reglament yo'q.                                 | reglament yo'q.                                           |

#### 5-Jadval

##### Keramik koshin M-9 namunasining fizik-mexanik xossalari

| Xossalar ko'rsatkichlari                 | Massa indeksi |      |      | GOST 6141-91<br>(pardozebop<br>koshin uchun) | GOST 13996-93<br>(tashqi yuza<br>(fasad) uchun) |
|------------------------------------------|---------------|------|------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------|
|                                          | M-ZM          | M-9  | M-9  |                                              |                                                 |
| Kuydirish harorati, °C                   | 1100          | 1000 | 1050 | reglament yo'q.                              | reglament yo'q.                                 |
| Suv shimuvchanlik, %                     | 7,89          | 6,4  | 4,0  | 16 dan ko'p<br>emas                          | 2-9                                             |
| Sovuqqa chidamlilik,ickl<br>soni         | -             | 43   | 54   | -                                            | 40 dan kam<br>emas                              |
| Egilishga mustahkamlik<br>chegarasi, MPa | 15            | 22   | 27   | 15 dan kam emas                              | 16 dan kam<br>emas                              |
| Glazurning termik<br>mustahkamligi, °C   | 155           | 155  | 155  | 150 dan kam<br>emas                          | 125 dan kam<br>emas                             |
| Umumiy qisqarish, %                      | 4,29          | 3,7  | 3,9  | reglament yo'q.                              | reglament yo'q.                                 |

Bundan tashqari, ta'kidlash lozimki, turli maqsadlar uchun yaratilgan kam komponentli va pastda pishuvchi tajriba massasidan olingan keramik koshin ishlab chiqarish texnologiyasi, amaldagi texnologiyadan hech qanday o'zgarishni talab

qilmaydi, material va energiya resurslari tejashga imkon beradi va keramik materiallar sanoatining xomashyo bazasini kengaytiradi.

Shunday qilib, “gil-barxan qumi” asosidagi tajriba namunalarida, keramik koshin tajriba namunalarining fizik-mexanik xossalari oshirishga olib keluvchi minerallar kristall fazalarining hosil bo‘lishi aniqlangan. Sintez qilingan keramik koshinning fazaviy tarkibi, asosan mullit, anortit, kvarts va shisha fazadan tarkib topgan. Bundan tashqari, maqbul massadan olingan tajriba namunalari, nisbatan zichroq strukturaga, yangi hosil bo‘lishlar darajasining ko‘pligiga va buning natijasida yuqori fizik-mexanik xossalarga ega bo‘lganligi sababli, etalon massaga qaraganda farq qiladi.

## X U L O S A

1. Boshlang‘ich komponentlarni kuydirishda qattiq fazali pishishning yuqori haroratli jarayonlari va sopolak strukturasi hosil bo‘lishi, hamda turli maqsadlardagi keramik koshinlar olishda xomashyo resurslari va sanoat chiqindilaridan foydalanish masalalari bo‘yicha mavjud chop etilgan ishlar umumlashtirilgan.
2. Quyi Amudaryo hududi xomashyolari, jumladan, Kulatau koni gili va Tuproqqal’a massivi barxan qumlarining, hamda ular asosidagi tajriba namunalarining kimyoviy-mineralogik, granulometrik tarkiblari, fizik-kimyoviy xususiyatlari fizik-kimyoviy tahlil va keramika texnologiyasi usullaridan foydalanib o‘rganilgan.
3. Gillarni sinflanishi bo‘yicha Kulatau gili gidroslyudali-montmorillonit turiga mos kelishi sababli undan keramik massa tayyorlashda, tez pishuvchi, yengil eruvchan qimmatbaho gil sifatida foydalanish mumkinligi, sababli, keramik koshin ishlab chiqarish uchun istiqbolli xomashyo ekanligi aniqlangan.
4. Tuproqqal’a massivi barxan qumi sinflanishi bo‘yicha dala shpatili kvarts qumi guruhiga tegishli bo‘lganligi sababli, keramik koshin tarkibida qimmatbaho dala shpati o‘rniga foydalanish mumkinligi ko‘rsatilgan. Bundan tashqari, u 950°C haroratdan yuqorida massadagi shisha fazaning miqdorini ko‘payishiga, hamda tajriba namunalarining umumiy qisqarishining kamayishiga va pishish oralig‘ining uzayishiga olib kelgan.
5. “Kulatau gil-Tuproqqal’a barxan qumi” ikkilamchi sistemasining fizik-kimyoviy xususiyatlari tadqiq etilgan, erish va fazalar nisbat diagrammasi qurilgan. Sintez qilingan keramik koshinning fazaviy tarkibi, asosan mullit, gematit, anortit, temirli shpinel, tridimit va shisha fazadan tarkib topganligi aniqlangan.
6. “Gil-barxan qumi” ikkilamchi sistemasida bir qator konsentratsion tarkiblar ishlab chiqilgan va maqbul tarkiblar M-7 va M-9 namunalari tanlab olingan va M-ZM ishlab chiqarishdagi etalon massa bilan taqqoslaganda, keramik koshin kuydirish haroratini 50-100°C ga pasaytirishga erishilgan. Maqbul massadan olingan tajriba namunalari, nisbatan zichroq strukturaga, yangi hosil bo‘lishlar darajasining ko‘pligiga va buning natijasida yuqori fizik-mexanik xossalarga ega bo‘lganligi sababli, etalon massaga qaraganda farq qiladi.

7. Namligi 8% va bosimi 30 MPa bo'lgan massadan shakllangan namunalarning zichlashish darajasi va texnologik ko'rsatkichlari maksimum qiymatiga erishishi ko'rsatilgan. Ishlab chiqilgan M-7 tarkibidan 1000°C va 1050°C haroratlarda mos ravishda glazurlanmagan tashqi pardoz va pol uchun koshin olish mumkinligi aniqlangan. Shuningdek, M-9 maqbul tarkibidan 1000°C va 1050°C larda glazurlangan ichki va tashqi pardozbop koshin olish mumkinligi ko'rsatilgan.
8. Olingan natijalar ishlab chiqarishdagi tajribada sinov yo'li bilan aprobatsiyadan o'tkazilgan. Sintez qilingan pardozbop, fasad va pol uchun koshinlarning ko'rsatkichlari, amaldagi qo'yilgan standart talablarga to'la mos kelishi aniqlangan. Taklif etilayotgan M-7 va M-9 tarkiblarini joriy etishdagi kutilayotgan iqtisodiy samaradorlik "ART GLOSS GALLERY" QK sharoitida mos ravishda yiliga 529 va 536 mln so'm atrofini tashkil etgan.
9. Olingan ilmiy natijalar, keramik koshin olishdagi qattiq fazali sintez va xossalarni, fazaviy o'tish jarayonlarini tadqiq etish, qo'llanma material sifatida foydalanish mumkinligi, hamda xomashyo bazasini kengaytirishga va yoqilg'i-energiya resurslarini tejashga olib kelishi ko'rsatilgan.

**РАЗОВЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.02/05.05.2023.К/Т.35.02 ПО  
ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ПРИ ИНСТИТУТЕ ОБЩЕЙ И  
НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

---

**УРГЕНЧСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

**ДЖАББЕРГАНОВ ДЖАХАНГИР САБИРБАЕВИЧ**

**ТВЕРДОФАЗНЫЙ СИНТЕЗ, СВОЙСТВА И ПРОЦЕССЫ СПЕКАНИЯ  
КЕРАМИЧЕСКИХ ПЛИТ В СИСТЕМЕ «ГЛИНА-БАРХАННЫЙ  
ПЕСОК»**

**02.00.15 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов**

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

**Тошкент – 2025**

**Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована под номером B2024.2.PhD/K545 в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан.**

Диссертация выполнена в Ургенчском государственном университете и в Институте общей и неорганической химии Академии наук Республики Узбекистан.

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

**Научный руководитель:**

**Эминов Ашрап Мамурович**  
доктор технических наук, профессор

**Официальные оппоненты:**

**Ибрагимов Азиз Бахтиярович**  
доктор химических наук, профессор

**Алихонова Зухрихон Саитходжаевна**  
кандидат химических наук, доцент

**Ведущая организация:**

**Ферганский государственный  
технический университет**

Защита диссертации состоится 28 мая 2025 году в 14<sup>00</sup> часов на заседании разового Научного совета DSc.02/05.05.2023.K/T.35.02 при Институте общей и неорганической химии АН РУз. по адресу: 100170, г. Ташкент, ул. Мирзо Улугбека, 77-а. Тел.: (+99871) 262-56-60; факс: (+99871) 262-79-90, e-mail: [ionx@academy.uz](mailto:ionx@academy.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в информационно-ресурсном центре Института общей и неорганической химии (указан под № 72). (Адрес: 100170, г. Ташкент, ул. Мирзо Улугбека, 77-а. Тел.: (99871) 262-56-60; факс: (+99871) 262-79-90.

Автореферат диссертации разослан 14 мая 2025 года.  
(реестр протокола рассылки № 72 от 14 мая 2025 года.)

**Н.Х. Усанбаев**  
председатель разового научного совета  
по присуждению ученой степени, д.т.н., проф.

**Ж.С. Шукуров**  
Учёный секретарь разового научного совета  
по присуждению ученой степени, д.т.н., проф.

**Ш.С. Намазов**  
Председатель разового научного семинара  
при разовом научном совете по присуждению  
ученой степени, д.т.н., проф., академик

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

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В мире последнее время в производстве керамических материалов большое внимание уделяется выпуску продукции с использованием энергосберегающих технологий, с низкой себестоимостью на основе новых и перспективных сырьевых ресурсов. Изменение необходимых технологических свойств керамических материалов функционально зависит от процессов твердофазных физико-химических и фазовых переходов, происходящих при обжиге сырьевых компонентов. Потому что, основное влияние оказывает процесс твердофазного синтеза для интенсификации формирования кристаллических фаз алюмосиликатных минералов, обеспечивающий образование прочной и плотной структуры керамического черепка, а также химических реакций между глинистыми и каменистыми сырьевыми компонентами при высоких температурах. Поэтому, имеет важное значение проведение научно-исследовательских работ по проектированию малокомпонентных и энергосберегающих керамических новых шихтовых составов, а также определение процессов их спекания, в результате твердофазного синтеза.

В настоящее время во всем мире широко проводятся научно-исследовательские работы по исследованию физико-химических процессов твердофазного синтеза, спекания, фазовых превращений для разработки энергосберегающих составов керамических материалов, в частности строительного назначения на основе инновационных технологий их производства. В связи с этим, особое внимание уделяется исследованию физико-химических процессов твердофазного синтеза и спекания составляющих компонентов алюмосиликатных систем при высоких температурах, обоснованию формирования структуры новых кристаллических фаз минералов кварца, муллита, анортита и др. в результате сложных фазовых превращений компонентов смеси, установлению закономерности функциональной зависимости «состав-структура-свойства» синтезируемого керамического материала от режима температуры обжига.

В республике осуществляются широкомасштабные мероприятия по разработке технологии получения керамических материалов строительного назначения на основе новых отечественных перспективных сырьевых ресурсов, с изучением их физико-химических, технологических свойств и достигнуты определенные научные и практические результаты. В Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 гг. отмечено, что объем строительных материалов следует увеличить в 2 раза и расширить сырьевую базу за счет вовлечения нетрадиционных нерудных сырьевых ресурсов.<sup>1</sup> В этом плане проведение работ по исследованию твердофазного синтеза, спекания и свойств при получении керамических плит на основе низкотемпературной технологии является весьма актуальным.

---

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

Данное диссертационное исследование в определенной степени способствует выполнению задач, предусмотренных в Указах Президента Республики Узбекистан УП № 60 от 28 января 2022 г. «О Стратегии Развития Нового Узбекистана на 2022-2026 гг.», УП № 4947 от 7 февраля 2017 года «Стратегий действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан в 2017-2021 годах», № УП-6244 от 9 июня 2021 года «О дополнительных мерах по повышению промышленного потенциала регионов» и комплексному развитию промышленности строительных материалов» и Постановлениями Президента Республики Узбекистан ПП-4335 от 23 мая 2019 г. «О дополнительных мерах по ускоренному развитию промышленности строительных материалов», а также в других нормативно-правовых документах, принятых по данной сфере.

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

**Степень изученности проблемы.** В опубликованных литературных источниках широко освещены исследования, посвящённые вопросам твердофазного синтеза и процессов спекания, разработке состава и технологии получения керамической плитки на основе глинистого и каменистого сырья, а также вторичных ресурсов, и улучшению их физико-механических и технологических свойств. В этом направлении ведущими мировыми учёными Масленниковой Г.Н., Верещагиным В.И., Щукиной Л.П., Левицким И.А., Позняком А.И., Лукиным Е.С., Захаровым А.И., Рыщенко М.И., Seabra M.P., Labrincha J.A., Ferrer S., Попова Л.Д., Лисачук В.Г., Абдрахимов Е.С., Щепочкина Ю.А., Дятлова Е.М., Tonello G., Lin Kae-Long, Баранцевой С.Е., Мороз И.Х. и другими достигнуты значимые и комплексные результаты в области технологии получения керамической плитки.

Ученые нашей страны Таджиев Ф.Х., Сиражиддинов Н.А., Азимов И.А., Исмаилов А.А., Исмаилов А.Х., Иркаходжаева А.П., Эминов А.М., Абдуллаева Р.И., Кадырова З.Р., Сабиров Б.Т., Таиров С.С. и другие проводили научные исследования по синтезу и получению керамической плитки с улучшенными свойствами на основе отечественных сырьевых и вторичных ресурсов и внесли свой огромный вклад на развитие технологий керамических материалов, в том числе керамических плит.

Несмотря на положительные результаты достигнутые в проведенных к настоящему времени исследований, отсутствует достоверная и научно-обоснованная информация по получению востребованных керамических плит на основе местных сырьевых ресурсов, в том числе нижнеамударьинского региона, с использованием энергосберегающих технологий производства с учетом экономических аспектов.

**Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами, выполненными в организации, где выполняется диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в Институте общей и неорганической химии АН РУз в рамках бюджетной тематики «Разработка

энерго и ресурсосберегающих составов и технологии получения силикатных и функциональных материалов строительного и технического назначения» (2020-2023гг.).

**Целью исследования** является твердофазный синтез, определение свойства и процессов спекания керамических плит в системе «глина-барханный песок».

**Задачи исследования:**

исследование химико-минералогического состава и физико-химических свойств глины Кулатауского месторождения;

изучение технологических свойств и процессов спекания глины Кулатауского месторождения при обжиге;

изучение химико-минералогического состава и других качественных характеристик барханного песка Тупраккалинского массива;

твердофазный синтез энергосберегающих составов масс керамической плитки на основе двойной системы «глина-барханный песок». Установление закономерности функциональной зависимости «состав-структура-свойства» в зависимости от температуры обжига;

исследование влияния компонентов масс на процессы спекания, структурообразования, фазовый состав и физико-механические свойства керамической плитки и разработка технологического режима их получения;

опытно-производственное испытание разработанных образцов керамических плит на основе двойной системы, осуществление расчета экономической эффективности и рекомендации к практическому использованию.

**Объектом исследования** является гидрослюдисто монтмориллонитовая глина Кулатауского месторождения и барханный песок Тупраккалинского массива, опытные образцы керамической плитки на их основе.

**Предметом исследования** является твердофазный синтез и исследование процессов спекания, влияние компонентов масс на физико-химические свойства и структурообразования керамических материалов. Установление оптимальных составов и технологических режимов их спекания путем выполнения лабораторных исследований и производственных испытаний.

**Методы исследований.** В диссертационной работе использованы современные физико-химические методы анализа (рентгенофазовый, дифференциально-термический, растр электронно-микроскопический, рентгенофлуоресцентный) и традиционные методы исследований керамической технологии.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

установлено, что по химико-минералогическому составу глина Кулатауского месторождения аналогична гидрослюдисто-монтмориллонитовому сырью и доказана возможность использования его в качестве флюса для получения керамической массы низкотемпературного спекания;

обосновано влияние гидрослюдистых и монтмориллонитовых минералов в Кулатауской глине на интенсификацию процессов образования

кристаллических и жидких фаз, а также способствованию к снижению температуры обжига керамических масс;

установлено, что по минералогическому составу барханный песок Тупракалинского массива аналогичен полевошпатовым кварцевым пескам, содержащим 30 мас.% анортита и малое количество кальцита, а также смеси железистых и глинистых минералов;

научно обосновано образование новых кристаллических фаз в виде минералов волластонита, муллита, анортита, кварца и жидких фаз в процессе высокотемпературного твердофазного синтеза в образцах различного концентрационного состава системы «глина-барханный песок»

установлены закономерности функциональной зависимости «структура-свойства» соответственно от температуры обжига керамических образцов в системе «глина-барханный песок»;

определено, что полученные образцы из массы оптимального состава в результате образования кристаллических фаз плотной структуры при низкотемпературном, т.е. 1000-1050°C обжиге имели высокие физико-механические свойства по сравнению с эталонной массой.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

обоснована возможность использования Кулатауской глины и Тупракалинского барханного песка для разработки состава и получения керамических плит низкотемпературного спекания (50-100°C) по сравнению выпускающимися керамическими плитками в республике;

разработаны энергосберегающие составы керамических плит с необходимыми физико-механическими и технологическими свойствами при сравнительно низких температурах обжига, на основе композиции «Кулатауская глины - Тупракалинский барханный песок»;

полученные на основе новой рецептуры составы керамической массы образцы керамической плитки апробированы путем проведения экспериментальных испытаний в производственных условиях.

**Достоверность результатов исследований** подтверждается выполнением диссертационной работы с использованием современных методов физико-химического анализа и традиционных методов исследования технологии керамических материалов в соответствии с требованиями соответствующих стандартов и опытно-промышленными испытаниями.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость результатов исследований подтверждается определением образования новых кристаллических фаз в результате твердофазного спекания керамической массы на основе вторичной системы «глина-барханный песок», изменением основных физико-механических и технологических показателей керамической плитки, ее состава, установлением функциональной зависимости структуры компонентов сырья от физико-химических процессов при спекании, а также проведением испытаний образцов керамической плитки в опытно-промышленном производстве.

Практическая значимость результатов исследований заключается в расширении сырьевой базы Республики, разработке энергоэффективных

составов и низкотемпературной технологии производства востребованных керамических плиток на основе системы «глина-барханный песок», что приведет к повышению экономического уровня производства керамических материалов Нижнеамударьинского региона, а также послужит справочником для обеспечения расширения сырьевой базы.

**Внедрение результатов исследований.** На основе полученных научных результатов по твердофазному синтезу, исследованию свойств и процессов спекания керамических плит на основе системы «глина-барханный песок»:

физико-химические процессы твердофазного синтеза и спекания разработанных составов масс для керамических плит на основе отечественных компонентов использованы в бюджетной тематике «Разработка энерго и ресурсосберегающих составов и технологии получения силикатных и функциональных материалов строительного и технического назначения» (2020-2023гг.) (справка Академии наук Маъмур Республики Узбекистан №4/1255-1147 от 28 мая 2024 года). В результате показано возможность получения научно-обоснованных, фундаментальных данных о твердофазных синтезах и процессах низкотемпературной спекания при получении керамических материалов;

состав керамической плитки, разработанный на основе композиции «Кулатауская глина-Тупроккалинский барханный песок» включен в «Перечень перспективных разработок для внедрения в 2024-2025 годах» СП «ART GLOSS GALLERY» (справка СП «ART GLOSS GALLERY» №23/2022-4 от 23 мая 2022 г.). В результате создается имеется возможность получения востребованных составов керамических плит низкотемпературного спекания.

**Апробация результатов исследования.** Результаты исследования обсуждались на 2 международных и 6 республиканских научно-практических конференциях.

**Публикация результатов исследования.** По теме диссертации опубликовано 14 научных работ. Из них 6 научные статьи, в том числе 2 в республиканских и 4 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистана для публикации основных-научных результатов докторских диссертации.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложения. Объем диссертации составляет 120 страниц.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**Во введении** обоснована актуальность и востребованность темы диссертации, сформулированы цель и задачи, выявлены объекты и предмет исследования, определено соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, изложена научная новизна и практические результаты исследования, раскрыты теоретическая и практическая значимость полученных результатов,

приведены сведения о состоянии внедрения в практику результатов исследования по опубликованным работам и структуре диссертации.

**В первой главе диссертации «Современное состояние исследований сырьевых ресурсов и технологий получения керамических материалов, перспективы их развития. Процессы твердофазного спекания и структурообразования керамики»** приведены результаты анализа и обсуждение работ, опубликованных в современных научно - технической литературе, по вопросам выбора сырьевых смесей и разработки составов, перспективы применения барханных песков в производстве силикатных материалов и современные исследования влияния компонентов массы на технологические свойства керамических плиток. Показано, что наряду с имеющимися достижениями, в данном направлении существуют проблемы, связанные с целенаправленным исследованием нетрадиционных сырьевых ресурсов для разработки составов с энерго- и ресурсосберегающими технологиями их получения. Обсуждены данные по технологии получения керамических плит различного назначения, а также Физико-химические процессы твердофазного спекания и структурообразования керамического черепка при обжиге исходных компонентов. На основе критического анализа и обсуждения опубликованных работ сформулирована цель и задачи данного исследования

**Во второй главе диссертации «Выбор объекта. методы приготовления и исследования свойств сырьевых компонентов и опытных образцов керамических масс»** приведены данные о подборе объектов исследований, способах приготовления исходных глинистых и каменистых компонентов, в частности глины Кулатауского месторождения и барханного песка Тупраккалинского массива и опытных образцов керамических плит на их основе. Исследованы их химические, фракционные, минералогические составы, физико-химические свойства, процессы твердофазного синтеза с использованием современных методов физико-химического анализа и способов производства технологий керамических материалов. В целом, показаны результаты исследования физико-химических и технологических свойств образцов керамических плит и технологические режимы их получения.

**В третьей главе диссертации «Физико-химические исследования глины Кулатауского месторождения и барханного песка Тупраккалинского массива. Разработка состава масс для синтеза керамических плит на основе системы «глина-барханный песок»** приводятся результаты исследования химико-минералогических и гранулометрических составов, физико-химических характеристик глины Кулатауского месторождения и барханного песка Тупраккалинского массива. (табл.1). Характерными особенностями химического состава данной глины являются одновременное повышенное содержание щелочных оксидов ( $K_2O+Na_2O>5,0\%$ ), при относительно высоком содержании щелочноземельных оксидов ( $CaO+MgO>2,0$ ) по сравнению с тугоплавкими глинами, что вместе с высоким содержанием красящих оксидов даёт легкоплавкость

данной глины. По содержанию тонкодисперсных фракций глина относится к группе высокодисперсного сырья (фракция <1 мкм-свыше 60%), по пластичности относится к группе высокопластичного глинистого сырья (число пластичности >25) и по огнеупорности является легкоплавкая (огнеупорность -ниже 1100°C) (табл.2).

**Таблица 1**

**Химический состав глины Кулатауского месторождения и барханного песка Тупраккалинского массива**

| Наименование сырья | Содержание оксидов, мас. % |                                |                                |                  |      |      |                   |                  |                 | ппп, мас. % |
|--------------------|----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|------|------|-------------------|------------------|-----------------|-------------|
|                    | SiO <sub>2</sub>           | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | TiO <sub>2</sub> | CaO  | MgO  | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O | SO <sub>3</sub> |             |
| Глина              | 57,91                      | 17,65                          | 4,58                           | 0,83             | 0,81 | 1,52 | 2,75              | 2,86             | 0,20            | 9,95        |
| Барханный песок    | 77,54                      | 7,63                           | 2,61                           | 0,54             | 4,20 | 0,30 | 1,76              | 1,82             | 0,10            | 2,88        |

**Таблица 2**

**Гранулометрические составы сырьевых компонентов**

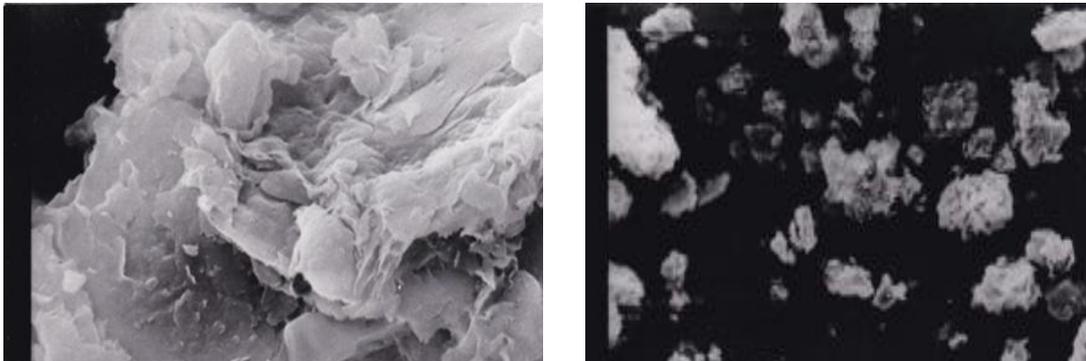
|                 |                       |      |       |       |       |       |         |
|-----------------|-----------------------|------|-------|-------|-------|-------|---------|
| Барханный песок | Размер частиц, мкм    | 500  | 315   | 125   | 100   | 56    | < 56    |
|                 | Содержание частиц, %. | 0,25 | 3,19  | 21,6  | 52,62 | 16,11 | 6,0-7,0 |
| Глина           | Размер частиц, мкм    | >50  | 50-25 | 25-10 | 10-5  | 5-1   | <1      |
|                 | Содержание частиц, %. | 2,35 | 5,30  | 7,0   | 6,48  | 17,45 | 61,42   |

Из данных табл.2 видно что, в зависимости от содержания тонкодисперсных фракций исследуемые пробы относятся к группе высокодисперсного глинистого сырья. Так как содержание фракции с размером <1 мкм составляет свыше 60% и содержание свободного кварца в нем колеблется в пределах 16-19 масс.%, при использовании данной глины в составе керамических масс для строительного назначения нет необходимости обогащения.

В Тупраккалинском барханном песке содержание частиц размером < 56 мкм находится в пределах 6-7% и относится к группе кварц-полевошпатовых песков, содержащий в своем составе около 30 мас.% мелко измельченного полевого шпата, с преобладанием анортита. В связи с этим использование его в составе керамических плит в качестве кварц-полевошпатового компонента означает что, данная порода является ценным сырьём для производства керамических материалов различного назначения.

В химическом составе барханного песка Тупраккалинского массива содержание SiO<sub>2</sub> меньше по сравнению обычного кварцевого песка и он макроскопически представляют собой мелкозернистый сыпучий материал, имеющий желтовато-бурый цвет за счет гидроксидов железа. Примеси гидроксида железа находящиеся пленочном состоянии в поверхности песков после обжига окрашивают барханный песок на красный оттенок, а сыпучие минералы кальцита после обжига приобретают белые точки. Благодаря золотой переработке пески данного массива хорошо отсортированы.

Морфологическая структура образцов Кулатауской глины изучена с помощью растрового электронного микроскопа, микрофотография которого представлены на рис.1. В микроструктуре глины встречаются преобладающее количество минералов иллита, гидромусковита и монтмориллонита имеющие слоистую текстуру, образующие разупорядоченные сростки с различной ориентировкой частиц. Обнаружены сравнительно крупные (до 20-25 мкм) и мелкие сростки (1-2 мкм).

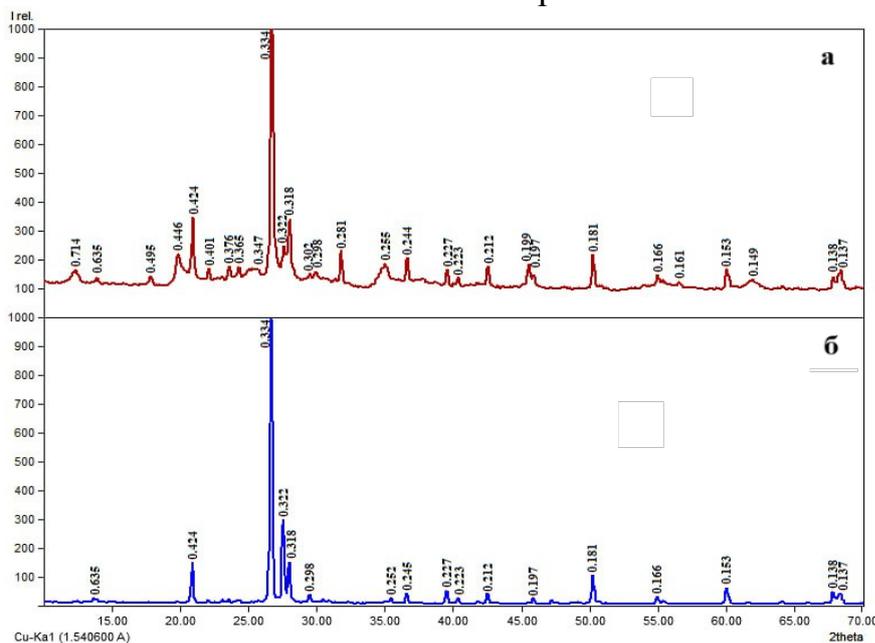


ув.х5000

ув.х500

**Рис.1. Растр электронно-микроскопические снимки образца Кулатауской глины**

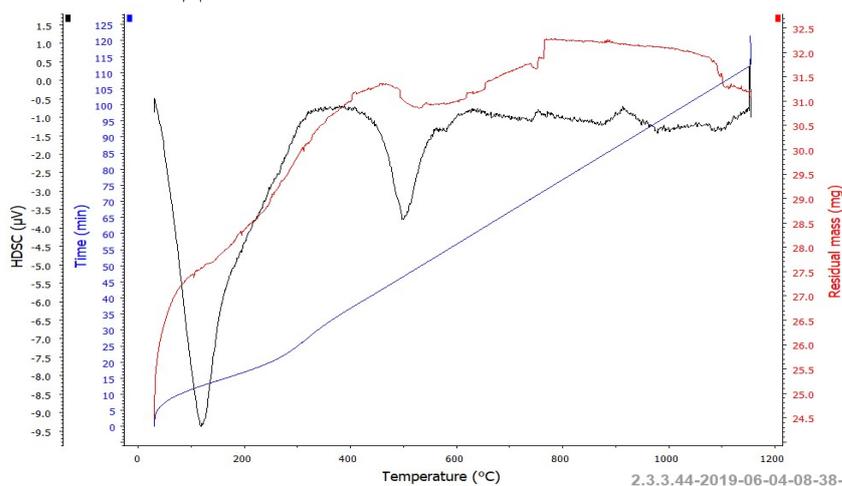
Результаты анализа минералогического состава глины (рис.2а) показали, что на рентгенограмме образца глины Кулатауского месторождения обнаружены дифракционные максимумы, относящиеся следующих минералов: мусковита с  $d=0,256$ ;  $0,212$ ;  $0,181$ ;  $0,137$  нм, гидромусковита с  $d=0,199$ ;  $0,138$ ;  $0,129$  нм, иллита с  $d=0,446$ ;  $0,256$  нм, серицита с  $d=0,245$ ;  $0,223$ ;  $0,199$  нм, гидробиотита с  $d=0,166$ ;  $0,153$  нм, кварца с  $d=0,424$ ;  $0,334$ ;  $0,245$ ;  $0,228$ ;  $0,223$ ;  $0,212$ ;  $0,197$ ;  $0,154$  нм, монтмориллонита с  $d=0,345$ ;  $0,257$ ;  $0,255$ ;  $0,165$ ;  $0,149$ ;  $0,138$ ;  $0,128$  нм, глауконита с  $d=0,197$ ;  $0,181$ ;  $0,165$ ;  $0,153$ ;  $0,137$ ;  $0,128$ ;  $0,125$  нм, каолинита с  $d=0,714$ ;  $0,446$ ;  $0,228$  нм, а также примеси полевого шпата и железистых минералов.



**Рис.2.  
Рентгенограмма  
глины  
Кулатауского  
месторождения (а)  
и барханного песка  
Тупраккалинского  
массива (б)**

На рентгенограмме образца (26) Тупраккалинского барханного песка обнаружены дифракционные линии, относящиеся минералов кварца с межплоскостными расстояниями  $d=0,424; 0,334; 0,245; 0,228; 0,212; 0,181; 0,138; 0,137$  нм, анортита  $d=0,318; 0,182; 0,154; 0,138$  нм, альбита  $d=0,334; 0,245; 0,138; 0,137$  нм, ортоклаза  $d=0,318; 0,213; 0,182; 0,137$  нм и гетита  $d=0,336; 0,245$  нм.

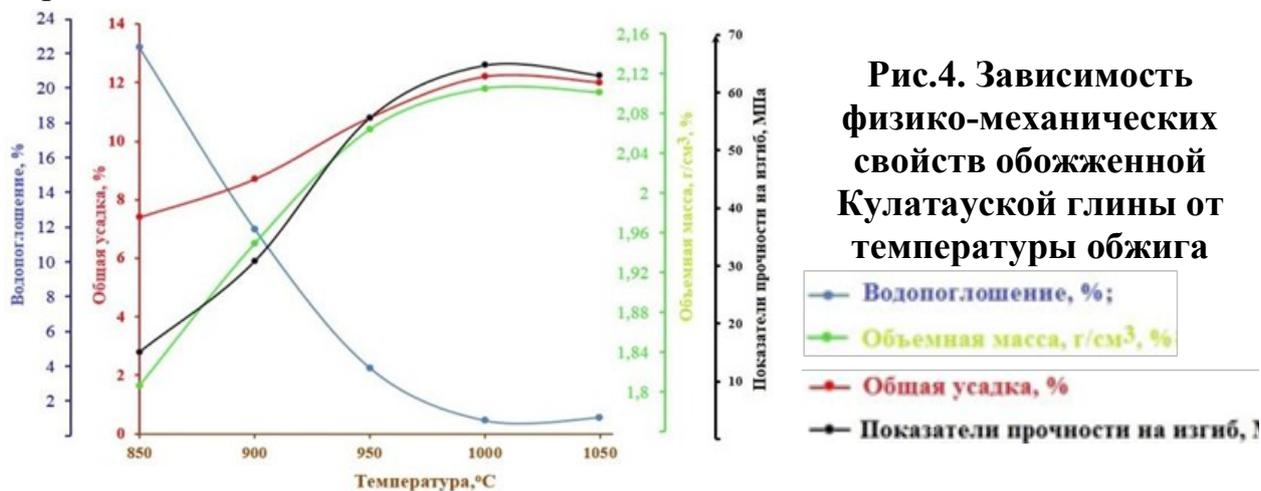
На кривых TG и HDSC (рис.3) Кулатаусской глины, фиксирующих потери веса и количества энергии в процессе нагрева, наблюдаются три периода. Сильный период при температуре  $140^{\circ}\text{C}$ , характеризуется наличием эндоэффекта и связана с процессом удаления потери гигроскопической и межслоевой воды.



**Рис.3.**  
**Комплексная**  
**термограмма**  
**образца**  
**Кулатаусской**  
**глины**

Второй период в температурном интервале  $400-610^{\circ}\text{C}$  с максимумом  $490^{\circ}\text{C}$ , характеризуется наличием эндоэффекта, свидетельствующего о разложении кристаллической решетки глинистых минералов с выделением гидроксильных групп. Экзотермический эффект при  $900-950^{\circ}\text{C}$  связан с интенсивными процессами образования новых кристаллических фаз, в основном мелкокристаллического муллита.

Результаты определения основных физико-механических свойств обожженного образца Кулатаусской глины (рис.4) показывает, что по мере роста температуры обжига от  $850^{\circ}\text{C}$  до  $950^{\circ}\text{C}$  наблюдается интенсивный рост общей усадки, объемной массы и механической прочности при сжатие образцов, а значение водопоглощения снижается.



**Рис.4. Зависимость**  
**физико-механических**  
**свойств обожженной**  
**Кулатаусской глины от**  
**температуры обжига**

- Водопоглощение, %;
- Объемная масса,  $\text{г}/\text{см}^3$ , %
- ▲— Общая усадка, %
- ◆— Показатели прочности на изгиб, МПа

Таким образом, по технологическим показателям Кулатауская глина характеризуется как сильноспекающееся сырье, с коротким интервалом спекания и с большими усадками. Поэтому при использовании ее в производстве керамических материалов необходимо подобрать корректирующие добавки, уменьшающие усадки и расширяющие интервал спекания. Кроме того, глину следует рассматривать как перспективный источник высококачественного сырья Нижнеамударьинского региона для производства строительной керамики.

Для исследования твердофазного спекания, фазовых превращений, изоморфных замещений между Кулатаусской глины и Тупраккалинского барханного песка и температуры плавления образцов разработаны ряд концентрационных составов системы «глина-барханный песок». Результаты определения температуры плавления исходных компонентов и образцов концентрационных составов двойной системы представлены в табл.3.

Результаты определения температуры плавления концентрационных составов системы «глина-барханный песок» показали, что при повышении содержания глины температуры плавления концентрационных составов двойной системы снижаются до температуры плавления исходного компонента системы – Кулатаусской глины, которые составляют начало плавления -1030°C и конец плавления -1070°C, соответственно. При этом наблюдается постепенное снижение температуры концентрационных составов, в связи с легкоплавкости Кулатаусской глины. С повышением содержания Тупраккалинского барханного песка соответственно постепенно повышается температура плавления концентрационных составов.

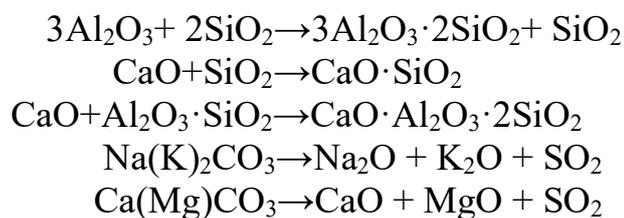
**Таблица 3**

**Температуры начала и конца плавления образцов из концентрационных составов системы «глина-барханный песок»**

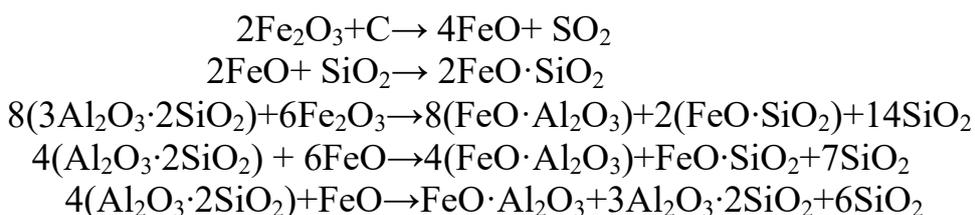
| Наименование образцов | Компоненты, мас.%  |                                 | Т плавл., °С |       | Интервал температуры, °С |
|-----------------------|--------------------|---------------------------------|--------------|-------|--------------------------|
|                       | Кулатаусская глина | Тупраккалинский барханный песок | Начало       | Конец |                          |
| Г-0                   | 0                  | 100                             | 1320         | 1400  | 80                       |
| ГБ-1                  | 10                 | 90                              | 1280         | 1350  | 70                       |
| ГБ-2                  | 20                 | 80                              | 1250         | 1320  | 70                       |
| ГБ-3                  | 30                 | 70                              | 1220         | 1280  | 60                       |
| ГБ-4                  | 40                 | 60                              | 1160         | 1210  | 50                       |
| ГБ-5                  | 50                 | 50                              | 1130         | 1180  | 50                       |
| ГБ-6                  | 60                 | 40                              | 1110         | 1160  | 50                       |
| ГБ-7                  | 70                 | 30                              | 1090         | 1140  | 50                       |
| ГБ-8                  | 80                 | 20                              | 1070         | 1120  | 50                       |
| ГБ-9                  | 90                 | 10                              | 1050         | 1090  | 40                       |
| Г-10                  | 100                | 0                               | 1030         | 1070  | 40                       |

В целом, образцы концентрационных составов системы «глина-барханный песок» можно отнести к группе масс низкотемпературной спекаемости.

В результате твердофазных реакций между Кулатауской глины и Тупраккалинского барханного песка в интервале температур 900-1050°C сначала происходит разложения глинистых минералов и процессы декарбонизации, согласно по химическим реакциям:



При интервале температур 1100-1400°C с участием жидкой фазы происходит химическое взаимодействие согласно по реакциям:



В целом, в конечном итоге результатах твердофазных химических реакций между Кулатауской глины и Тупраккалинского барханного песка образуются муллит, гематит, анортит, железистый шпинель, тридимит и высокотемпературная форма остаточного кварца.

Таким образом, выявленные закономерности в обожженных опытных образцов предоставляют возможность разработки новых составов керамических плит на основе системы «глина-барханный песок».

В четвертой главе диссертации «Процессы твердофазного спекания, структурообразования и физико-механических свойств образцов керамических плит и их опытно-производственные испытания» приведены результаты исследования процессов твердофазного спекания, структурообразования, фазовых превращений, физико-механических свойств синтезированных образцов керамических плит и апробации в производственных условиях.

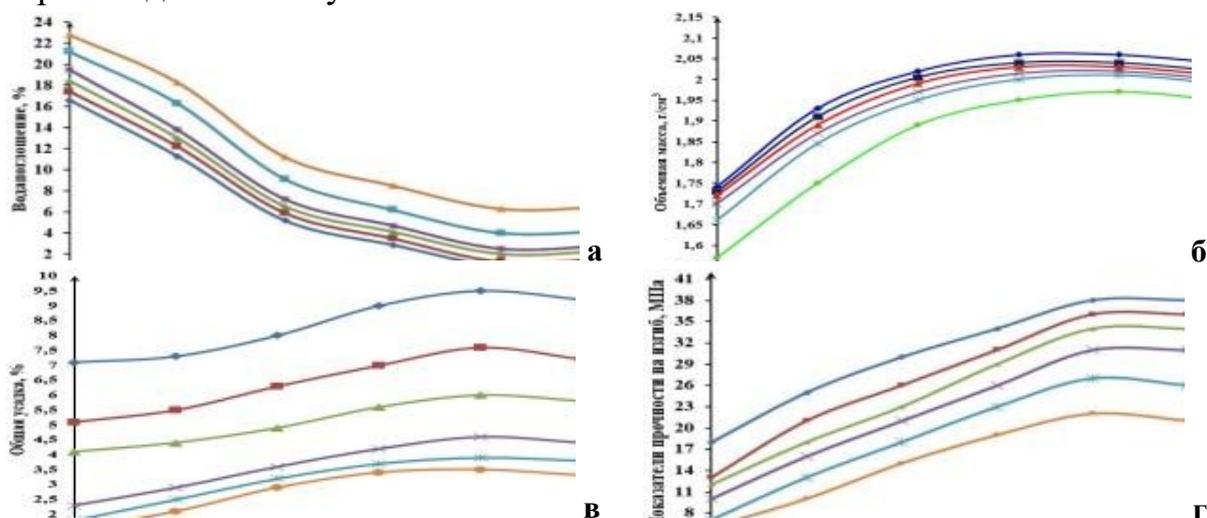


Рис.5. Зависимости водопоглощения (а), объемной массы (б), общая усадка (в) и прочности при изгибе (г) опытных образцов от температуры обжига

Исследования процессов твердофазного спекания и фазовых превращений, опытных образцов плиточных масс проводились путем определения физико-механических свойств при различных температурах обжига (рис.5).

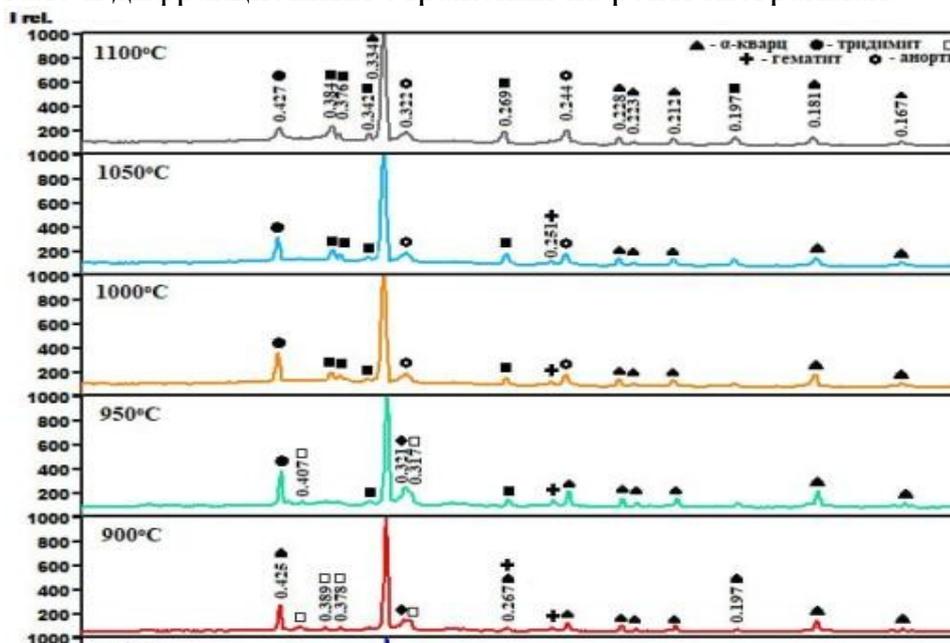
Из кривых зависимости видно, что начиная с 850 °С, свойства опытных образцов претерпевают заметные изменения: в интервале температур 850-1000°С в образцах М-7 и в интервале 900-1000°С в образцах М-9 наблюдается интенсивный рост линейной усадки, а также интенсивное повышение объемной массы и механической прочности образцов и существенное снижение их водопоглощения. Общая усадка образцов при 850 °С составляет 2,3% для образца М-7 и при 900°С 2,5% для образца М-9. Общая усадка при 1000 °С для оптимальных масс М-7 и М-9 увеличивается до 4,0% и 3,7 % соответственно (рис.5в).

В этом интервале температур водопоглощение образцов из массы М-7 снижается от 19,5% до 4,8% и из массы М-9 от 16,3% до 6,4%, соответственно. При этом прочность на изгибе составляет для массы М-7 26 МПа и для массы М-9 22 МПа, а их объемная масса увеличивается до 2,02 и 2,00 г/см<sup>3</sup>, соответственно. С увеличением температуры от 1000 до 1050 °С для образцов М-7 и М-9 рост общей усадки значительно падает, кривые зависимости линейной усадки, водопоглощения, прочности при изгибе и объемной массы начинают постепенно переходить в горизонтальную линию, что говорит о завершении процессов спекания плиточных масс. В соответствующих интервалах температур общая усадка образцов повышается до 4,6% для массы М-7 и до 3,9% для массы М-9 (рис.5в). В данном интервале температур наблюдается незначительное увеличение объемной массы и прочности при изгибе. При дальнейшем повышении температуры обжига для образцов М-7 и М-9 вплоть до 1110°С наблюдается повышение водопоглощения, прочность при изгибе и объемная масса образцов заметно уменьшается. В образцах появляются признаки оплавления, начинают проявляться элементы деформации и происходит вспучивание.

Установлено, что оптимальными физико-механическими свойствами обладают образцы М-7 и М-9, которые по показателям прочности и плотности превосходят образцами из эталонной массы М-3М. Разработанные составы на основе системы «глина-барханный песок», приводят к снижению температуры обжига керамических плит на 100°С (для М-7) и 50°С (для М-9). В связи с этим, для дальнейших более широких исследований, были выбраны плиточные образцы из этих масс.

Исследование фазовых превращений в образце М-7 обожжённых при различных температурах показаны что уже при температуре 850°С появляется линии гематита, которые ослабляются при температуре 1050°С и при 1100°С исчезают. При интервале температур 850°С-950°С на рентгенограмме также встречаются линии не реагировавшего альбита, которые при температуре 1000°С полностью исчезают. При интервале температур 850°С-950°С наблюдаются слабые линии кристалла волластонита, которые при 1000°С исчезают и переходят в анортит, с повышением температуры обжига 1100°С интенсивность линии анортита несколько растет.

На рентгенограмме образца М-7 (рис.6) при температуре 950°C появляются слабые линии муллита и с повышением температуры обжига до 1100°C их количество и интенсивность растут. С повышением температуры обжига от 850°C до 1100°C линии кварца вследствие растворения в массе постепенно ослабевают, а некоторые из них при 950°C переходят в тридимит. Повышение содержания стеклофазы в образцах при температуре 1100°C, свидетельствует соотношению интегральных площадей аморфного гало и дифракционных отражений на рентгенограммах.



**Рис.6.**  
**Рентгенограммы**  
**плиточного**  
**образца М-7**  
**обожженных**  
**при различных**  
**температурах**

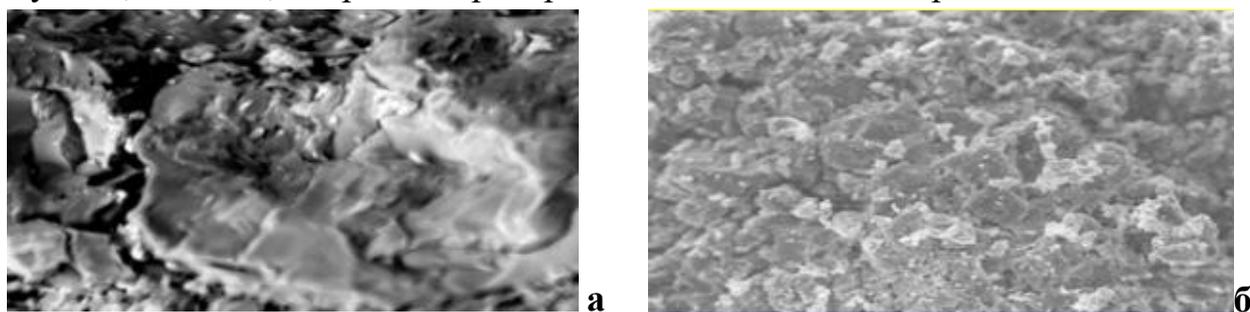
Дальнейшие повышения температуры до 1050-1080°C также приводят к увеличению стеклофазы и количественному росту основной кристаллической составляющей минералов муллита и анортита. После обжига опытных масс выше температуры 1080°C благодаря увеличению содержания жидкой фазы быстро развиваются деформационные процессы и вспучивание образцов. За счет процессов восстановления  $Fe_2O_3$  на  $FeO$  происходит интенсивное газообразование, начинается вспучивание и деформация образцов.

При этом следует отметить что, поскольку опытные образцы М-7 и М-9, близки по химико-минералогическому составу и по расположению в системе «глина-барханный песок». Поэтому, результаты фазовых превращений на рентгенограмме при обжиге образца М-9, почти идентичны и незначительно отличаются друг от друга.

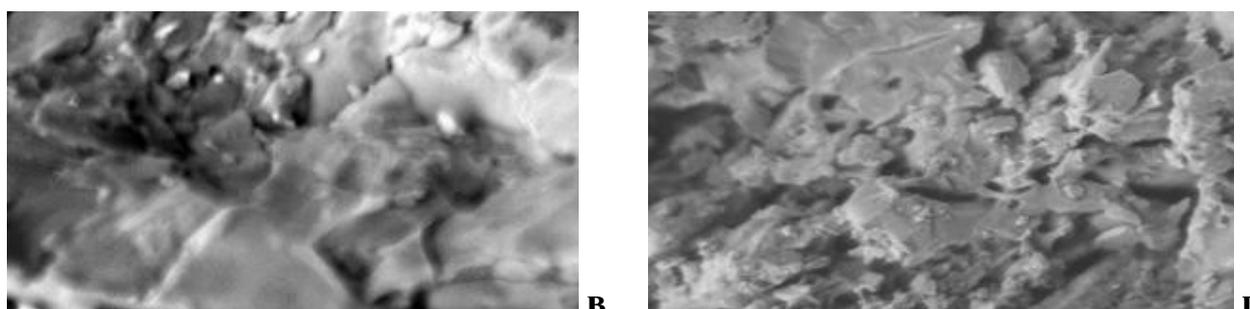
Результаты рентгенофазового метода анализа свидетельствуют о сложном характере твердофазных реакций в системе «Кулатауская глина-Тупраккалинский барханный песок», сопровождающихся образованием кварца, гематита, муллита, анортита. в опытных образцах при обжиге, а также стеклофазы, заполняющей промежутки между указанными соединениями.

Электронно-микроскопические снимки образцов М-7 и М-9, обожженных при температуре 1050°C показали, что в нем (рис.7а и рис.7б) закрытые поры распределены более однородно по сравнению с образцами, обожженными в более низких температурах. Силикатный расплав, образованный за счет расплавления гидрослюдистых минералов сливаются с основной массой. Основные элементы структуры обожженных образцов М-7

и М-9 - это хаотично расположенные кристаллы новообразований, такие как муллит, гематит, анортит и др. скрепленные силикатным расплавом.



**Рис.7. Электронно-микроскопический снимки образца М-7, обожженных при температурах 1050 °С (а) и 1100°С (б) (ув x1000)**



**Рис.8. Электронно-микроскопический снимки образца М-9, обожженных при температурах 1050 °С (а) и 1100°С (б) (ув x4000)**

Их микроструктура при температуре 1100°С представлена стеклом с включением нерастворенного остаточного кварца и кристаллических новообразований (рис.8а и рис.8б). Зерна остаточного кварца окружены стеклофазой, образовавшийся за счет их растворения в силикатном расплаве.

Результаты определения физико-механических свойств опытных образцов М-7 и М-9 (табл.4 и табл.5) показывают, что физико-механические характеристики, образцов керамических плит, полученных в условиях СП «ART GLOSS GALLERY» отвечают требованиям стандартов.

**Таблица 4**

**Физико-механические свойства образцов керамических плит М-7**

| Показатели свойств                                         | Индексы масс |      |      | ГОСТ 13996-93<br>для фасадных плит | ГОСТ 6787-2001 (для<br>половых плит<br>(неглазурованных)) |
|------------------------------------------------------------|--------------|------|------|------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
|                                                            | М-3М         | М-7  | М-7  |                                    |                                                           |
| Температура обжига, °С                                     | 1100         | 1000 | 1050 | -                                  | -                                                         |
| Водопоглощение, %                                          | 7,89         | 4,8  | 2,5  | -не менее 2<br>-не более 9         | не более 3,5                                              |
| Морозостойкость,<br>число циклов                           | -            | 53   | 59   | не менее 40                        | не менее 25                                               |
| Предел прочности при<br>изгибе, МПа                        | 15           | 26   | 33   | не менее 16                        | не менее 28                                               |
| Износостойкость (по<br>кварцевому песку) г/см <sup>2</sup> | -            | -    | 0,14 | -                                  | не более 0,18                                             |
| Общая усадка, %                                            | 4,29         | 4,0  | 4,6  | не регламен.                       | не регламен.                                              |

Таблица 5

**Физико-механические свойства образцов керамических плит М-9**

| Показатели свойств            | Индексы масс |      |      | ГОСТ 6141-91<br>облицовочных<br>плит | ГОСТ 13996-93.<br>для фасадных<br>плит (стеновых) |
|-------------------------------|--------------|------|------|--------------------------------------|---------------------------------------------------|
|                               | М-3М         | М-9  | М-9  |                                      |                                                   |
| Температура обжига, °С        | 1100         | 1000 | 1050 | -                                    | -                                                 |
| Водопоглощение, %             | 7,89         | 6,4  | 4,0  | не более 16                          | 2-9                                               |
| Морозостойкость, число циклов | -            | 43   | 54   | -                                    | не менее 40                                       |
| Прочность при изгибе, МПа     | 15           | 22   | 27   | не менее 15                          | не менее 16                                       |
| Термостойкость глазури, °С    | 155          | 160  | 175  | не менее 150                         | не менее 125                                      |
| Общая усадка, %               | 4,29         | 3,7  | 3,9  | не регламен.                         | не регламен.                                      |

Кроме того, следует отметить, что технология производства керамической плитки различного назначения из разработанных опытных масс не требует каких-либо изменений в действующей технологии и использование малокомпонентных и низкоспекающих масс, позволяет сэкономить материальные и энергетические ресурсы, а также расширяет сырьевой базы промышленности керамических материалов.

Таким образом, установлено, что в оптимальных образцах на основе системы «глина-барханный песок» происходит образование кристаллических фаз минералов, приводящих к повышению физико-механических свойств опытных образцов керамических плит. Установлено, что фазовые составы синтезированных керамических плит в основном представлены. Кроме того, опытные образцы из оптимальных масс отличаются от эталонных массы более плотной структурой, большей степенью новообразований, и вследствие этого, имеют высоких физико-механических свойств.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

1. Обобщены имеющиеся опубликованные работы по вопросам высокотемпературных процессов твердофазного спекания и структурообразования черепка при обжиге исходных компонентов, также по использованию сырьевых ресурсов и различных промышленных отходов при получении керамических плит различного назначения.
2. Изучены химико-минералогические, гранулометрические составы, физико-химические характеристики сырьевых пород Нижнеамударьинского региона, в частности глины Кулатауского месторождения и барханные пески Тупраккалинского массива и опытных образцов керамических плит на их основе с использованием методов физико-химического анализа и керамической технологии.
3. Установлено, что согласно классификации глин Кулатауская глина относится к легкоплавким, благодаря которой её можно использовать в качестве ценного сильноспекающегося легкоплавкого глинистого сырья

при приготовлении керамических масс, является перспективным сырьем для производства керамической плитки.

4. Показано, что барханный песок Тупраккалинского массива по классификации относится к группе кварц-полевошпатовых песков, благодаря которой его можно использовать в составе керамических плит взамен дорогостоящего полевошпатового сырья. Кроме того, он способствует увеличению количества стеклофазы в массе выше температуры 950°C, а также уменьшению усадки и удлинению интервала спекания опытных образцов.
5. Исследованы физико-химические характеристики, построена диаграмма плавкости и фазовых соотношений двойной системы «Кулатауская глина - Тупраккалинский барханный песок». Установлено, что фазовые составы синтезированных керамических плит в основном представлены муллитом, гематитом, анортитом, железистым шпинелем, тридимитом и стеклофазой.
6. Разработаны ряд концентрационных составов двойной системы «глина-барханный песок» и подобраны образцы оптимальных составов М-7 и М-9, и достигалось снижение температуры обжига керамических плит на 50-100°C, по сравнению с производственной эталонной массой М-3М. Опытные образцы из оптимальных масс отличаются от эталонных массы более плотной структурой, большей степенью новообразований, и вследствие этого, имеют высокие физико-механические свойства.
7. Показано, что степень уплотнения массы и технологические показатели отформованных образцов при влажности 8 % и при давлении 30 МПа достигают до значений максимума. Определено, что из разработанного состава М-7 можно получить неглазурованные фасадные и половые плитки при температурах обжига 1000°C и 1050°C, соответственно. Следовательно, показано, что из оптимального состава М-9 можно получить глазурованные облицовочные и фасадные плитки при температурах обжига 1000°C и 1050°C, соответственно.
8. Результаты исследований апробированы путем опытно-производственных испытаний. Установлено, что показатели синтезированных образцов облицовочных, фасадных и половых керамических плит, вполне соответствуют действующим требованиям стандартов. Ожидаемые экономические эффективности от внедрения предлагаемых составов М-7 и М-9 в условиях СП «ART GLOSS GALLERY» соответственно составляет около 529 и 536 млн. сум в год.
9. Показано, что полученные научные результаты могут быть использованы в качестве справочного материала по твердофазному синтезу и исследованию свойств, процессов фазовых превращений при получении керамических плит и приводит к расширению сырьевой базы и сбережению топливно-энергетических ресурсов.

**ONE-TIME SCIENTIFIC COUNCIL DSc.02/05.05.2023.K/T.35.02 FOR  
THE AWARD OF AN ACADEMIC DEGREE AT THE INSTITUTE  
GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY**

---

**URGANCH STATE UNIVERSITY  
INSTITUTE OF GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY**

**DJABBERGANOV DJAKHANGIR SABIRBAYEVICH**

**SOLID-PHASE SYNTHESIS, PROPERTIES AND SINTERING  
PROCESSES OF CERAMIC TILES IN THE “CLAY-DUNE SAND”  
SYSTEM**

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

**DISSERTATION ABSTRACT FOR THE DOCTOR OF PHILOSOPHY(PhD)  
CHEMICAL SCIENCES**

**Tashkent – 2025**

**The dissertation subject of Doctor of Philosophy (PhD) is registered at Supreme Attestation Commission under the Ministry of Higher education, science and innovations of the Republic of Uzbekistan in number B2024.2.PhD/K545**

The dissertation work was completed at Urgench state university, Institute of general and inorganic chemistry.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (uzbek, russian, english (resume)) on the scientific website page of the Scientific Council [www.ionx.uz](http://www.ionx.uz) and on the information of "ZiyoNet" Information and educational portal [www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz).

**Scientific supervisor:**

**Eminov Ashrap Mamurovich**  
doctor of technical sciences, professor

**Official opponents:**

**Ibragimov Aziz Bakhtiyarovich**  
doctor of chemical sciences, professor

**Alikhonova Zukhrikhon Saitdkhodjayevna**  
candidate of chemical sciences, dotsent

**Lead organization:**

**Fergana state technical university**

The defense of the thesis will take place 28 May 2025 at 14<sup>00</sup> hours at a meeting of the One-Time Scientific Council DSc.02/05.05.2023.K/T.35.02 at the Institute of General and Inorganic Chemistry at the address: (Address: 100170, Tashkent, Mirzo Ulugbek St., 77-a. Tel.: (+99871) 262-56-60; fax: (+99871) 262-79-90, e-mail: [ionx@academy.uz](mailto:ionx@academy.uz)).

The dissertation can be found at the information and resource center of the Institute of General and Inorganic Chemistry (indicated under № 72). (Address: 100170, Tashkent, Mirzo Ulugbek st., 77-a. Tel.: (99871) 262-56-60; fax: (+99871) 262-79-90, e-mail: [ionx@academy.uz](mailto:ionx@academy.uz))

The abstract of the dissertation was sent out 14 May 2025 y.  
(registry of the mailing protocol № 72 dated 14 May 2025y.)

**N.H. Usanbaev**

Chairman of the one-time scientific council  
for the award of an academic degree, doctor of technical sciences, professor

**J.S. Shukurov**

Scientific secretary of the one-time scientific council  
for the award of an academic degree, doctor of technical sciences, professor

**Sh.S. Namazov**

Chairman of a one-time scientific seminar  
with a one-time scientific council for the award  
scientific degree, doctor of technical sciences, prof., academician

## INTRODUCTION (abstract of (PhD) dissertation)

**The research aim** is to determine the solid-phase synthesis, properties, and sintering processes of ceramic tiles within the “clay–dune sand” system.

**The object of the research work** is hydromica-montmorillonite clay of the Kulatau deposit and dune sand of the Tuprakkala massif, experimental samples of ceramic tiles based on them.

**Scientific novelty of the research work** is as follows:

it was established for the first time that, according to its chemical and mineralogical composition, the clay of the Kulatau deposit belongs to the group of hydromica-montmorillonite raw materials with low-temperature sintering, thanks to which it can be used as a scarce low-temperature flux in the production of ceramic;

it has been established that a significant content of hydromica minerals, as well as montmorillonite minerals in Kulatau clay, has a strong mineralizing effect on the process of formation of the liquid phase in ceramic masses and helps to reduce the firing temperature, intensifies the processes of mineral formation;

It has been established that in the process of high-temperature solid-phase synthesis of samples of concentration compositions of the “clay-dune sand” system, new formations occur in the form of minerals wollastonite, mullite, anorthite, high-temperature quartz and a glassy phase;

the patterns of the functional relationship “composition-structure-properties” were established in ceramic samples of the “clay-dune sand” system depending on the firing temperature;

It has been shown that samples from optimal masses differ from standard masses with high physical and mechanical properties, due to a denser structure, a greater degree of crystalline formations and at relatively low firing temperatures of 1000-1050°C.

**Implementation of research results.** Based on scientific results on solid-phase synthesis, research on the properties and processes of baking ceramic tiles based on the “clay-dune sand” system:

physical-chemical processes of solid-phase synthesis and sintering of the developed compositions of masses for ceramic tiles based on domestic components were used in the budget topic “Development of energy and resource-saving compositions and technologies for producing silicate and functional materials for construction and technical purposes” (reference from the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan No. 4/ 1255-1147 dated May 28, 2024). As a result, the possibility of obtaining scientifically based, fundamental data on solid-phase syntheses and low-temperature sintering processes in the production of ceramic materials has been shown;

The ceramic tile composition developed based on the “Kulatau clay-Tuprakkala dune sand” system has been included in the “List of Promising Developments for Implementation in 2024-2025” by the joint venture “ART GLOSS GALLERY” (Reference No. 23/2022-4 dated May 23, 2022, from joint

venture “ART GLOSS GALLERY”). As a result, there is a possibility of obtaining in-demand compositions of low temperature sintering ceramic tiles.

**The structure and volume of the thesis.** The content of the thesis consists of an introduction, four chapters, a conclusion, and a list of references and applications. The volume of the dissertation is 120 pages.

**ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**

**I бўлим (I часть; part I)**

1. Eminov A.M., Boyjanov I.R., Djabberganov Dj.S., Allamov R.G. Use of clay of the Kulatau deposit for obtaining facade tiles. Electronic journal of Actual problems of modern science, education and training, December, 2/12-2021. P. 87-93. (02.00.00. №15)
2. Kadyrova Z. R., Kuryazov Z. M., Babayev Z.K. Djabberganov Dj.S. Anorthite ceramic based on loess loam. Glass and Ceramics. 2021. Vol.78, №8, P. 337-342. Scopus (3), IF-0,6.
3. Эминов А. М., Бойжанов И.Р., Джабберганов Дж.С. Исследование глины кулатауского месторождения как легкоплавкая флюсующая добавка в составе керамики. Композиционные материалы. Узбекский Научно-технический и производственный журнал. г.Тошкент. 2022. №1. С.101-104. (05.00.00. №13)
4. Эминов А. М., Бойжанов И.Р., Джабберганов Дж.С. Исследование физико-механических свойств керамических плит на основе новых сырьевых ресурсов Нижнеамударьинского региона. Universum: Технические науки: электрон. научн. журн. Москва 2022. №8. С. 61-65. (02.00.00. №1)
5. Eminov A.M., Boyjanov I.R., Djabberganov Dj.S. Energy-Saving Compositions of Masses of Ceramic Tiles from the Raw Material Resources of the Lower Amudarya region. International Journal of Current Science Research and Review. Vol. 06 Iss. July, 2023. P. 5061-5064. IF-6.789.
6. Eminov A.M., Boyjanov I.R., Djabberganov Dj.S. Eminov Al.A. Physical and mechanical properties of ceramic tile based on the clay-dune. Glass and Ceramics. 2024. Vol. 81, №4, P. 164-167. Scopus (3), IF-0,234.

**II бўлим (II часть; part II)**

7. Эминов А.М., Бойжанов И.Р., Джабберганов Дж.С. Глина Кулатауского месторождения сырье для получения керамических плит. «Қурилишда инновациялар, бинолар ва иншоотларнинг конструкциявий ва сейсмик хавфсизлиги» Халқаро микёсидаги илмий ва амалий-техник конференция Материаллар тўплами. Наманган. 2021 й. 11-13 ноябрь. 73-74 б.
8. Эминов А. М., Бойжанов И.Р., Джабберганов Дж.С. Машарипова Х.Ф. Кулатау кони гили керамик кошинлар олиш учун қимматли хом ашё. ТКТИ. Сборник тезисов Республиканской конференции с зарубежным участием «Инновационные технологии в химической и строительной отраслях промышленности и решение актуальных экологических проблем», 23-24 ноября 2021г. Тошкент. С. 102.
9. Эминов А.М., Бойжанов И.Р., Джабберганов Дж.С., Дўсчанов С.Қ.

- Кулатау гили асосида керамик кошнлар олиш имкониятлари. ЎзР ФА УНКИ, “Кимё ва кимёвий технология йўналишидаги долзарб муаммолар” Республика миқёсидаги ёш олимлар учун ташкил этилаётган илмий ва илмий-амалий анжумани. Тошкент. 2021 й. 20-21 декабрь. 368-369 б.
10. Эминов А.М., Бойжанов И.Р., Таджиев К.Ф., Джабберганов Дж.С., Кенжаев Ф.Д. Перспективы использования барханных песков кызылкума в силикатной промышленности республики Узбекистан. АН РУз., ИОНХ // Сборник материалов конференции Инновационные разработки и перспективы развития химической технологии силикатных материалов. Стекло-2022. 19-20 май 2022 г. Ташкент. С. 588-590.
  11. Эминов А. М., Бойжанов И.Р., Джабберганов Дж.С. Получения фасадных плит на основе глины Кулатауского месторождения. АН РУз, ИОНХ // Сбор. Матер., II-Респ.науч.практ.конф. с участием зарубежных ученых, «Инновационные разработки и перспективы развития химической технологии силикатных материалов», Стекло-2022. 19-20 май. 2022 г. Тошкент. С.184-187.
  12. Джабберганов Дж.С., Эминов А.М., Бойжанов И.Р., Дусчанов С.К. Барханный песок тупракалинского массива как сырье для получения керамических плит // Международная научно-техническая конференция, посвященная Международному году стекла «Инновационные технологии производства стекла, керамики и вяжущих материалов». 26-27 май. 2022 г. Ташкент. С. 54-55.
  13. Эминов А. М., Бойжанов И.Р., Джабберганов Дж.С. Изучение физико-механических свойств керамических плит на основе Кулатауской глины. Ташкентский государственный технический университет им. И. Каримова Государственное унитарное предприятие «Фан ва тараққиёт», Республиканская научно-техническая конференция «Новые композиционные материалы: получение и применение в различных отраслях промышленности» 15-16 сентября. 2022 г. Тошкент. С. 111-112.
  14. Эминов А. М., Джабберганов Дж.С., Бойжанов И.Р., Мусаев А.А., Омонбоева Т.Ф. Перспективы применения барханных песков в силикатной промышленности Республики Узбекистана “Kompozitsion, korroziyaga qarshi va qurilish materiallarini mahalliy xom ashyolar hamda sanoat chiqindilari asosida olishning innovatsion texnologiyalari” Respublika ilmiy-amaliy konferensiya materiallari to‘plami. Jizzax shahri, 2024 yil 26-aprel, 638-642 б.

Avtoreferat “\_\_\_\_\_” jurnali tahririyatida  
tahrirdan o‘tkazilib, o‘zbek, rus va ingliz tillaridagi matnlar o‘zaro  
muvofiglashtirildi.

**Bosmaxona litsenziyasi:**



**9338**

Bichimi: 84x60 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. «Times New Roman» garniturası.  
Raqamli bosma usulda bosildi.  
Shartli bosma tabog‘i: 3,5. Adadi 100 dona. Buyurtma № 19/25.

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