

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

---

**TOSHKENT KIMYO-TEXNOLOGIYA INSTITUTI**

**RUZMATOV ELDOR IKROM O‘G‘LI**

**OSMONSOY BAZALTI ASOSIDA RANGLI SHISHA  
VA SHISHAKRISTALL FASAD KOSHINLAR OLISH  
TEXNOLOGIYASINI ISHLAB CHIQISH**

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

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

**Toshkent - 2024**

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

**Ruzmatov Eldor Ikrom o'g'li**

Osmonsoy bazalti asosida rangli shisha va shishakristall  
fasad koshinlar olish texnologiyasini ishlab chiqish .....5

**Рузматов Элдор Икром угли**

Разработка технологии получения цветного стекла и  
стеклокристаллической фасадной плитки на основе  
Осмонсайского базальта .....21

**Ruzmatov Eldor Ikrom ugli**

Development of technology for obtaining colored glass and  
glass-ceramic facade tiles based on Osmonsoy basalt .....39

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

**Список опубликованных работ**

List of published works.....42

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

---

**TOSHKENT KIMYO-TEXNOLOGIYA INSTITUTI**

**RUZMATOV ELDOR IKROM O‘G‘LI**

**OSMONSOY BAZALTI ASOSIDA RANGLI SHISHA VA  
SHISHAKRISTALL FASAD KOSHINLAR OLISH  
TEXNOLOGIYASINI ISHLAB CHIQISH**

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

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

**Toshkent - 2024**

Falsafa doktori dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasida B2024.3.PhD/T4806 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Falsafa doktori dissertatsiyasi Toshkent kimyo-texnologiya institutida bajarilgan.  
Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy Kengash veb-sahifasi (ik-kimyo.nuu.uz) hamda "ZiyoNet" Axborot-ta'lim portalida ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)) joylashtirilgan.

**Ilmiy rahbar:** Aripova Mastura Xikmatovna  
texnika fanlari doktori, professor

**Rasmiy opponentlar:** Yunusov Mirjallil Yusupovich  
texnika fanlari doktori, professor

Jumaniyazov Xurmat Palvannazirovich  
texnika fanlari falsafa doktori (PhD), dotsent

**Yetakchi tashkilot:** Jizzax politehnika instituti

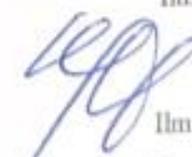
Dissertatsiya himoyasi Toshkent kimyo-texnologiya instituti huzuridagi DSc.03/30.12.2019.T.04.01 raqamli Ilmiy Kengashining "19" 11 2024 y. soat 11<sup>30</sup> daqiqa majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 100011, Toshkent sh., Shayxontohur tumani, A. Navoiy ko'chasi, 32-uy. Tel.: (99871) 244-79-20, faks: (99871) 244-79-17, e-mail: [ikti\\_info@edu.uz](mailto:ikti_info@edu.uz), Toshkent kimyo-texnologiya instituti Ma'muriy binosi, 2-qavat, anjumanlar zali).

Dissertatsiya bilan Toshkent kimyo-texnologiya instituti Axborot-resurslar markazida tanishish mumkin (№ 88/ raqam bilan ro'yxatga olingan). Manzil: (100011, Toshkent sh., Shayxontohur tumani, A. Navoiy ko'chasi, 32. Tel.: (99871) 244-79-20).

Dissertatsiya avtoreferati 2024 yil "26/0" kuni tarqatildi.  
(2024 yil "26/0" daqiqa № 48/ raqamli reestr bayonnomasi).



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

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

  
Z.A. Babaxanova  
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy  
Kengash qoshidagi Ilmiy seminar raisi, t.f.d., professor

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

**Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zaruriyati.** Hozirgi vaqtda rangli shisha va shishakristall materiallar mashinasozlik, kimyo, radio elektronika, elektrotexnika, tibbiyot, maishiy xo‘jaliklar, geologik qidiruv, neft va gaz qazib olish bilan birga, arxitektura-qurilish sohasida zamonaviy binolar hamda turar joy inshootlarining estetik holati va tashqi ta’sirlarga bardoshlilikini yaxshilashda muhim ahamiyatga ega. Bu borada, AQSH, Yaponiya, Xitoy va Rossiya kabi rivojlangan mamlakatlar ma’lum darajada yutuqlarga erishgan bo‘lib, yangi resurslar va innovatsion texnologiyalarni joriy qilish bo‘yicha alohida e’tibor berilmoqda.

Jahonda metallurgiya sanoatining xomashyolari va chiqindilari asosida sintez qilingan rangli shishalarning fizik-kimyoviy xossalarini o‘rganish, turli pigmentlarning shisha shixtasiga qo‘shish orqali rangli shishalar ishlab chiqarish texnologiyasini takomillashtirish, turli metall oksidlaridankristallanish nukleatorlari sifatida foydalanib, shishakristall materiallarni sintez qilish jarayoniga ta’sirini aniqlash bo‘yicha chuqur tadqiqotlar olib borilmoqda. Bu borada tog‘ jinslaridan sof yoki kompozitsiyalarda foydalanib turli ranglardagi shaffof shishalar olish, sintez qilingan shishalarning yo‘naltirilgan kristallanishi natijasida olingan yuqori parametrlarga ega bo‘lgan shishakristall materiallarni ishlab chiqarish texnologiyalarini jadallashtirish va sinovdan o‘tkazishga alohida e’tibor berilmoqda.

Respublikamizda rang beruvchi qo‘shimchalardan foydalangan holda rangli shishalar ishlab chiqarish, qurilish materiallarini ishlab chiqarish uchun yangi xomashyolarning zaxiralarini yaratish, import o‘rnini bosuvchi raqobatbardosh silikat maxsulotlarini ishlab chiqarishning texnologiyalarini rivojlantirish bo‘yicha muayyan ilmiy natijalarga erishilmoqda. Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasida «qurilish sanoati materiallarini ishlab chiqarish hajmini ikki barobarga oshirish, mahalliy xomashyo manbalaridan foydalanishning yangi bosqichiga o‘tish, yangi turdagi maxsulotlarni ishlab chiqarishning texnologiyalarini o‘zlashtirish»<sup>1</sup> bo‘yicha muhim vazifalar belgilab berilgan. Bu borada, Osmonsoy bazalti, Samarqand kvarts qumi va Qo‘ng‘irot texnik sodasi asosida turli xil rangli, yuqori fizik-kimyoviy xususiyatlarga ega, tashqi ta’sirlarga chidamli rangli shisha va shishakristall materiallarning tarkiblari hamda texnologiyalarini ishlab chiqish muhim ahamiyat kasb etadi.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60-son «2022-2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida»<sup>1</sup>gi, 2022-yil 21-fevraldagi PQ-139-son «Uy-joy qurilishi va qurilish sohasini qo‘llab-quvvatlashga doir qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida»gi, 2019 yil 1 maydagi PQ-4302-son «Sanoat koorperatsiyasini yanada rivojlantirish va talab yuqori bo‘lgan mahsulotlar ishlab chiqarishni kengaytirish chora-tadbirlari to‘g‘risida»gi, 2019 yil 3 apreldagi PQ-4265-son «Kimyo sanoatini yanada isloh qilish va uning investitsiyaviy jozibadorligini oshirish chora-tadbirlari to‘g‘risida»gi, 2019 yil 23 maydagi PQ-4335-son «Qurilish materiallari sanoatini jadal rivojlantirishga oid qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida»gi farmon va qarorlari

---

<sup>1</sup>O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60 «2022-2026 yillarga mo‘ljallangan yangi O‘zbekiston taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida»gi farmoni

hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishda ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

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

**Tadqiqot mavzusining o'rganilganlik darajasi.** Rangli shisha va shishakristall materiallarning tarkibi, tuzilishi va xossalari o'zlashtirish, olish texnologiyasini ishlab chiqish bo'yicha B. Matovic, He. Yuanyuan, S.D. Stookey, Yue. Yuanzheng, Luiza Felippi de Lima, J.E. Zorzi, R.C.D. Cruz, J. Weiland, O.O. Alejandra, R.L. White, S.N. Beom, M. Allahverdiyev, Y. Yucesoy, V.S. Bessmertniy, T.K. Pavlushkina, V.A. Smoliy, A.S. Kosarev, Ye.A. Yassenko, A.P. Zubexin, Ye.A. Lazareva, Yu.S. Mamayeva, I.A. Levitskiy, S.Ye. Baranseva, P.D. Sarkisov, G. Yu. Shaxgildyan, V.I. Savinkov, L.F. Papko, Yu.G. Pavlyukevich, N.A. Sirajiddinov, A.A. Ismatov, M.X. Aripova, M.Yu. Yunusov, Z.K. Babayev, J.Sh. Sharipov, N.T. Xodjayev, Z.A. Babaxanova, B.R. Ro'zibayev, X.A. Adinayev, Y.X. Mamadjanova, D.B. Axunov, H.P. Jumaniyozov va boshqalar tomonidan ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilgan.

Ular tomonidan  $\text{Li}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ ,  $\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ ,  $\text{ZnO}-\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ ,  $\text{VaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ ,  $\text{SrO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{MgO}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$  tizimlaridagi shishalarning fizik-kimyoviy xossalari aniqlangan, shishalarning kristallanish jarayoniga nukleatorlarning ta'sirining ilmiy asosi yaratilgan, shisha shixtasiga metallurgiya sanoati ikkilamchi mahsulotlarini qo'shish bilan rangli shishalar olish texnologiyalari takomillashtirilgan.

Shu bilan birga, tog' jinslarining sof yoki kompozitsiya shaklda rang beruvchi oksidlari miqdoriga qarab turli xil rangdagi shaffof va shaffof bo'lmagan shishalar olish imkoniyatini berishi, shishalarning yo'naltirilgan kristallanishi natijasida olingan yuqori parametrlarga ega bo'lgan shishakristall materiallar ishlab chiqarish texnologiyalarini yaratish yo'nalishida ilmiy ishlar olib borilmoqda.

**Dissertatsiya mavzusining dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim muassasasi ilmiy-tadqiqot ishlari bilan bog'liqligi.** Dissertatsiya ishi Toshkent kimyo-texnologiya institutining ilmiy-tadqiqot rejasiga muvofiq ITD 6-119 «O'zbekiston bazalt tog' jinslari asosida texnik yo'nalishlar uchun shishakristall kompozitsion materiallar olish» (2021-2023 yy.) mavzularidagi amaliy loyihalari doirasida bajarilgan.

**Tadqiqotning maqsadi** Osmonsoy koni bazalti asosida rangli shisha va shishakristall koshinlar olish texnologiyasini ishlab chiqishdan iborat.

**Tadqiqotning vazifalari:**

Osmonsoy koni bazaltining kimyoviy, rentgenografik va IQ-spektroskopik tahlillarini o'tkazish;

bazalt-kvarts-soda tizimida shisha hosil bo'lish sharoitlarini o'rganish;

bazalt-kvarts-soda tizimida sintez qilingan shishalarning fizik-kimyoviy xossalari va kristallanish qobiliyatlarini aniqlash;

shishalarni kristallantirib olingan maxsulotlarning tuzilishi, fizik-kimyoviy xususiyatlarini tadqiq qilish;

bazalt tog' jinslari asosida rangli shisha va shishakristall koshinlar olish texnologik tizimini ishlab chiqish.

**Tadqiqotning obyekti** Osmonsoy koni bazalti, kvarts-bazalt-soda tizimida olingan rangli shishalar va shishakristall koshinlar hisoblanadi.

**Tadqiqotning predmetini** Osmonsoy koni bazaltiining kimyoviy-mineralogik tarkiblari, bazalt-kvarts-soda tizimida olingan rangli shishalar va shishakristall koshinlarning fizik-kimyoviy ko'rsatkichlarini o'rganish hisoblanadi.

**Tadqiqot usullari.** Tadqiqot jarayonida olingan rangli shishalar va shishakristall koshinlarning fizik-kimyoviy xossalari va tuzilishini tahlil qilishning zamonaviy usullaridan rentgen-flyuoresans, rentgenografik, IQ-spektroskopik, differensial termik, energiya dispersli rentgen spektroskopiya, skaner elektron mikroskopik tahlil usullaridan foydalanilgan.

**Tadqiqotning ilmiy yangiligi** quyidagilardan iborat:

miqdoriy chegaralari 10-80% bazalt, 10-70% kvarts qumi va 10-60% soda bo'lgan bazalt-kvarts-soda tizimida 1450 °C haroratda shisha hosil bo'lish maydoni aniqlangan;

Osmonsoy koni bazalti asosida rang beruvchi qo'shimchalarsiz olingan shishalarning «tarkib-xususiyat-rang» bog'liqligi asoslangan;

bazalt-kvarts-soda tizimida kristallanish nukleatorini qo'shmasdan olingan shishalarning kristallanish sharoitlari aniqlanib, shishakristall materiallarning xususiyatlari va tuzilishini nazorat qilish mumkinligi isbotlangan;

shishakristall namunaning tuzilishida diopsid va anortit kristallarining teng taqsimlanishi aniqlanib, o'lchamlari 1,2-1,5 mikron zarrachalarning butun hajm bo'ylab birlashishi isbotlangan;

Osmonsoy koni bazalti asosida zichligi 2940-3100 kg/m<sup>3</sup>, chiziqli termik kengayish koeffisienti 53-64 K<sup>-1</sup>, mexanik egilishga mustahkamlik darajasi 108-120 MPa, mexanik siqilishga mustahkamlik darajasi 700-810 MPa, suv yutuvchanligi 0,001-0,009%, sovuqqa bardoshliligi 112-145 tsikl bo'lgan shishakristall koshinlar olish texnologiyasi ishlab chiqilgan.

**Tadqiqotning amaliy natijalari** quyidagilardan iborat:

bazalt-kvarts-soda tizimida rangli shisha va shishakristall materiallarning optimal tarkiblari ishlab chiqilgan;

Osmonsoy koni bazalti asosida rangli shishalar ishlab chiqarishning texnologik sxemasi ishlab chiqilgan;

Osmonsoy koni bazalti asosida shishakristall koshinlar ishlab chiqarishning texnologik sxemasi ishlab chiqilgan.

**Tadqiqot natijalarining ishonchligi** zamonaviy fizik-kimyoviy usullar rentgen-flyuoresans, rentgenografik, IQ-spektroskopik, differensial termik, energiya dispersli rentgen spektroskopiya, skaner elektron mikroskopik, tahlillardan foydalanilganligi, rangli shisha va shishakristall koshinlarning sinov partiyalari olinganligi bilan izohlanadi.

**Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.** Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati Osmonsoy koni bazalti asosida rangli shishalarning sintezi hamda

zichligiyuqori va chiziqli termik kengayish koeffisientipast, mexanik egilishga mustahkam, suv yutuvchanligi past, sovuqqa bardoshli, tuzilishida diopsid va anortit kristallariteng taqsimlangan shishakristall koshinlarnisintez qilishning ilmiy asosi yaratilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati mahalliy xomashyolar Osmonsoy koni bazalti va Samarqand kvarts qumi asosida rang beruvchi pigmentlar hamda kristallanish nukleatorlarini qo'shmasdan yuqori fizik - kimyoviy xususiyatlarga ega bo'lgan rangli shisha va shishakristall materiallarni olish texnologiyasi ishlab chiqilganligi bilan izohlanadi.

**Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi.** Rangli shisha va shishakristall materiallar olish texnologiyasini ishlab chiqish bo'yicha olish texnologiyasini ishlab chiqish bo'yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

Osmonsoy bazalti, Samarqand kvarts qumi va Qo'ng'iro't texnik sodasi asosida shishakristall materiallar ishlab chiqarish texnologiyasi «GOLDFIBER PRO» qo'shma korxonasida ishlab chiqarishdasi novdan o'tkazilgan (O'zbekiston qurilish materiallari sanoati korxonalari uyushmasining 2024 yil 12 avgustidagi 04/13-2255 son ma'lumotnomasi). Natijada, kristallanish nukleatoridan foydalanmasdan tashqi ta'sirlarga chidamli yuqori fizik-kimyoviy xususiyatlarga ega bo'lgan shishakristall koshinlar ishlab chiqarish imkonini bergan;

bazalt–kvarts–soda tizimidarangli shishalar ishlab chiqarish texnologiyasi «GOLDFIBER PRO» qo'shma korxonasida ishlab chiqarishdasi novdan o'tkazilgan (O'zbekiston qurilish materiallari sanoati korxonalari uyushmasining 2024 yil 12 avgustidagi 04/13-2255 son ma'lumotnomasi). Natijada, zichligi 2512-2537 kg/m<sup>3</sup>, chiziqli termik kengayish koeffisienti 87-140 K<sup>-1</sup>, sirt tarangligi 3,04-3,61 n/sm bo'lgan turli xil rangli shishalar ishlab chiqarish imkonini bergan.

**Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi.** Tadqiqot natijalari ma'ruza ko'rinishida 6 ta xalqaro va 2 ta respublika ilmiy-texnik anjumanlarda muhokamadan o'tkazilgan.

**Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi.** Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 12 ta ilmiy ish chop etilgan, shulardan, O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining falsafa doktori (PhD) dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 4 ta maqola: jumladan, 3 tasi respublika va 1 tasi xorijiy jurnallarda nashr etilgan.

**Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi.** Dissertatsiya ishining tuzilishi kirish qismi, to'rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 109 bet, 13 ta jadval va 19 ta rasmdan iborat.

## DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

**Kirish** qismida tadqiqot ishining dolzarbligi va hozirgi kundgi ahamiyati, dissertatsiya ishining maqsad va vazifalari, ob'yekt va predmetlari tavsiflangan, tadqiqot ishi respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga bog'liligi ko'rsatilgan, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon qilingan, olingan natijalarning ilmiy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, tadqiqot ishi bo'yicha sinov partiyalarning olinganligi, nashr etilgan ishlar va dissertatsiya tuzilishi haqida ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiya ishining “**Adabiyotlar sharhi.rangli shisha va shishakristall materiallar ishlab chiqarishning hozirgi holati**” deb nomlangan birinchi bobida rangli shisha va shishakristall materiallar ishlab chiqarish uchun xomashyolar bazasi, ularni olishning texnologiyalari, rang beruvchi komponentlar, sanoat chiqindilari va tog‘ jinslaridan foydalangan holda shishalar olish imkoniyatlari yoritilgan. So‘nggi yillarda bazalt tog‘ jinslari asosida rangli shisha va shishakristall materiallar olish bo‘yicha dunyo olimlarining ilmiy tadqiqotlari tahlil qilingan hamda ayni sohadagi muammolarning yetarlicha hal etilmaganligi va yanada kengroq izlanishlarni talab qilishi aniqlandi. Shularga asoslanib, tadqiqot ishining maqsadi va vazifalari belgilab olingan.

Dissertatsiyaning “**Tadqiqot usullari, qo‘llanilgan uskuna va xomashyolar**” deb nomlangan ikkinchi bobida tanlangan xomashyo va olingan maxsulotlarning tarkiblari, tuzilishi hamda fizik-kimyoviy xossalarini aniqlashda davlat andoza talablari bo‘yicha tajriba-sinov usublari hamda zamonaviy rentgen-fluoresans, rentgengenografik, IQ-spektroskopik, differensial termik va elektron mikroskopik tahlil usullaridan foydalaniladi.

Dissertatsiya ishining “**Osmonsoy bazalti asosida rangli shisha va shishakristall materiallarni sintez qilish**” deb nomlangan uchinchi bobida

Osmonsoy koni bazaltning kimyoviy va mineralogik tarkibini o‘rganish natijalari, bazalt-kvars-soda tizimida shisha hosil bo‘lish maydoni va sintez qilingan shishalarning fizik-kimyoviy xossalari, kristallanish qobiliyati, issiqlik bilan ishlov berish jarayonida shishalarda fazalar o‘zgarishi va hosil bo‘lgan shishakristall materiallarning xususiyatlari keltirilgan.

Osmonsoy koni bazaltining o‘rtacha kimyoviy tahlili natijalari 1-jadvalda keltirilgan.

### 1-jadval

#### Osmonsoy koni bazaltlarining kimyoviy tahlil natijalari

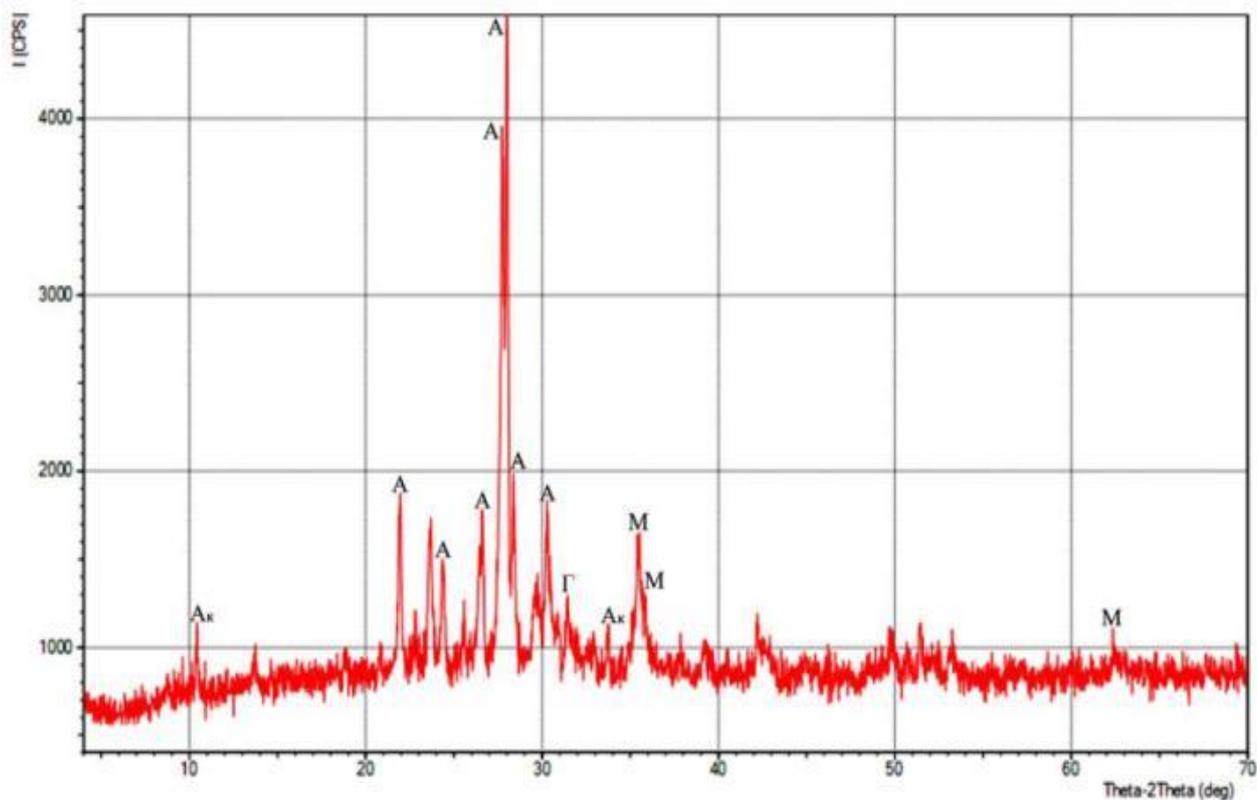
Oksidlar miqdori, mass %:												
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub>	k.k.m.
47,14	16,98	10,73	9,59	4,52	3,54	1,09	1,87	0,05	0,06	0,2	0,17	4,06

Tadqiqot natijalariga ko‘ra, Osmonsoy koni bazaltining tarkibidagi SiO<sub>2</sub> miqdoridan kelib chiqqan holda, asosli tog‘ jinsi deb tasniflash mumkinligi aniqlandi. Kimyoviy tarkibi bo‘yicha tog‘ jinsi dunyoning ayrim mintaqalaridagi bazaltlardan ko‘p miqdorda Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub> va Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> mavjudligi bilan farq qiladi.

Bazalt jinsining rentgenografik tahlilidan olingan fazaviy tarkibi natijalari 1-rasmda keltirilgan.

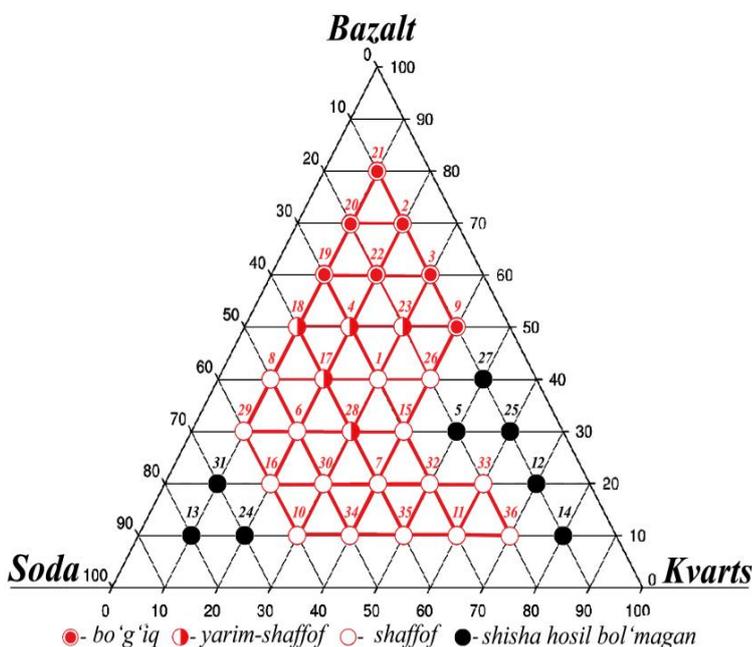
Osmonsoy koni bazaltining difraktogrammasi natijalari, tog‘ jinsining tarkibida anortit (d = 4,03; 3,20; 3,14;), aktinolit (d = 2,74; 2,52; Å), magnetit (d = 2,97, 2,95, 2,96 Å) fazalari mavjudligi aniqlandi.

Shisha hosil bo‘lish maydoni mahalliy xomashyolar Osmonsoy bazalti, Samarqand kvarts qumi va Qo‘ng‘irot texnik sodasidan foydalangan holda o‘rganildi. 2-rasmda bazalt-kvars-soda tizimida shisha hosil bo‘lish maydonining diagrammasi ko‘rsatilgan.



A-anortit, Ak-aktinolit, Γ-gonnardit, M-magnetit.

**1-rasm. Osmonsoy koni bazaltining difraktogrammasi.**



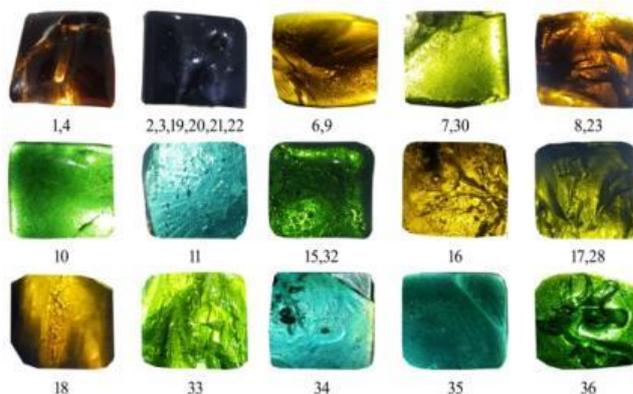
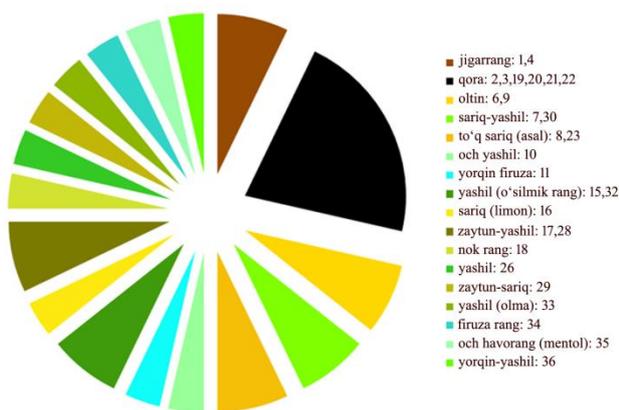
**2-rasm. Bazalt–kvarts–soda tizimida shisha hosil bo'lish maydoni**

Diagrammadan ko'rinib turibdiki, ushbu tizimda shisha hosil bo'lish maydoni keng bo'lib, uning chegarasi quyidagicha: bazalt 10–80%; kvarts qumi 10–70%; soda 10–60%.

Bazalt–kvarts–soda tizimida o'tkazilgan tadqiqotlar natijasiga ko'ra, bazalt miqdorining 50–80% gacha oraliqda ko'payishi bilan bo'g'iq shishalar, kvarts qumi 10–30% va sodaning 20–40% gacha oraliqlarda ko'payishi orqali yarim shaffof shishalar, sodaning miqdori 50–60% gacha hamda kvarts qumining 40% dan 70% gacha miqdori oshishi bilan shaffof shishalar olish mumkinligi

va tizimda kvarts qumi va sodaning miqdori 70% dan oshishi bilan shisha hosil bo'lmasligi aniqlandi. 3-rasmida sintez qilingan shisha namunalari keltirilgan.

Bazalt-kvarts-soda tizimida sintez qilingan shishalarning rentgen tahlillari barcha shishalar amorf fazada ekanligini tasdiqladi.



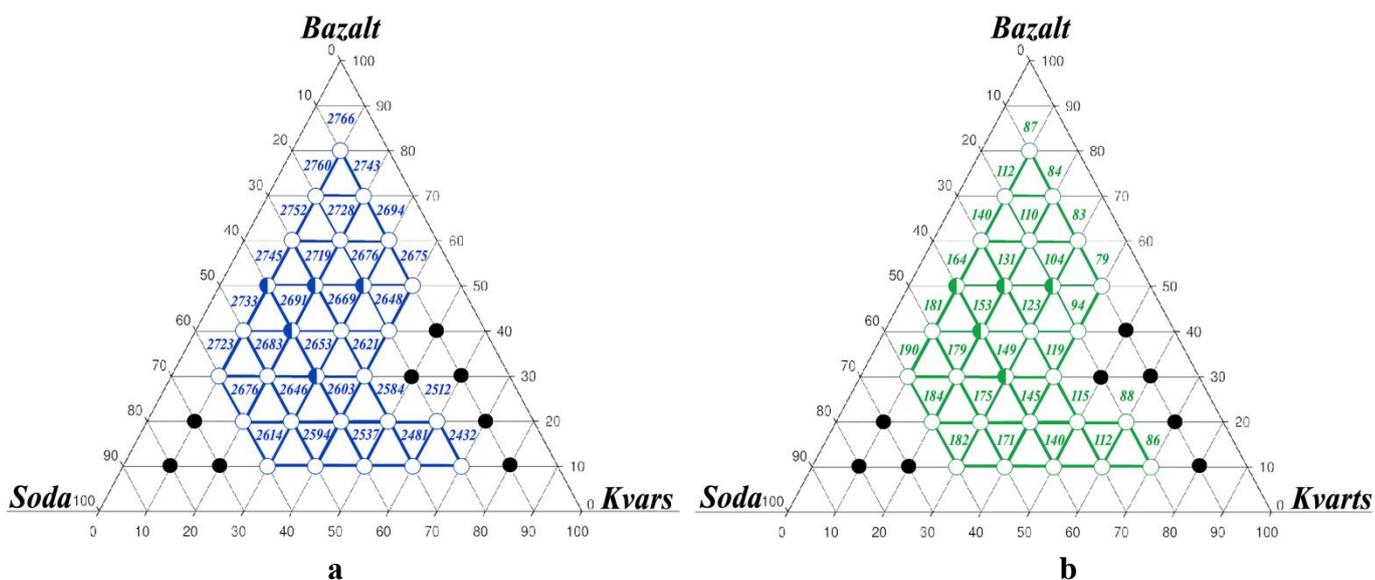
### 3-rasm. Bazalt-kvars-soda tizimida sintez qilingan shishalar

Yuqoridagi diagrammadan ko‘rinib turibdiki, shisha tarkibidagi o‘zgarishlar uning rangiga sezilarli ta’sir qiladi (3-rasm). Ranglar diapozoni qora, och ko‘k, yashil, jigarrang va sariq ranglarni o‘z ichiga oladi.

Bazalt-kvarts-soda tizimida olingan shishalarning fizik-kimyoviy xususiyatlari, jumladan zichlik, chiziqli termik kengayish koeffitsienti (CHTKK), sirt tarangligi, nur sinish indeksi, elastiklik modul, termik, sovuqqa va kimyoviy bardoshliligi tahlil qilindi. 4-rasmda ba’zi xususiyatlarning shisha tarkibiga bog‘liqligi ko‘rsatilgan.

Tahlil natijalariga ko‘ra, bazalt-kvarts-soda tizimida sintez qilingan shishalarning tarkibida soda miqdori ortishi bilan CHTKK ortadi va shisha zichligi, termik bardoshliligi, sovuqqa bardoshliligi va kimyoviy chidamliligi pasayadi, bu esa, o‘z navbatida, stakandagi  $\text{Na}_2\text{O}$  tarkibining ko‘payishi natijasidir.

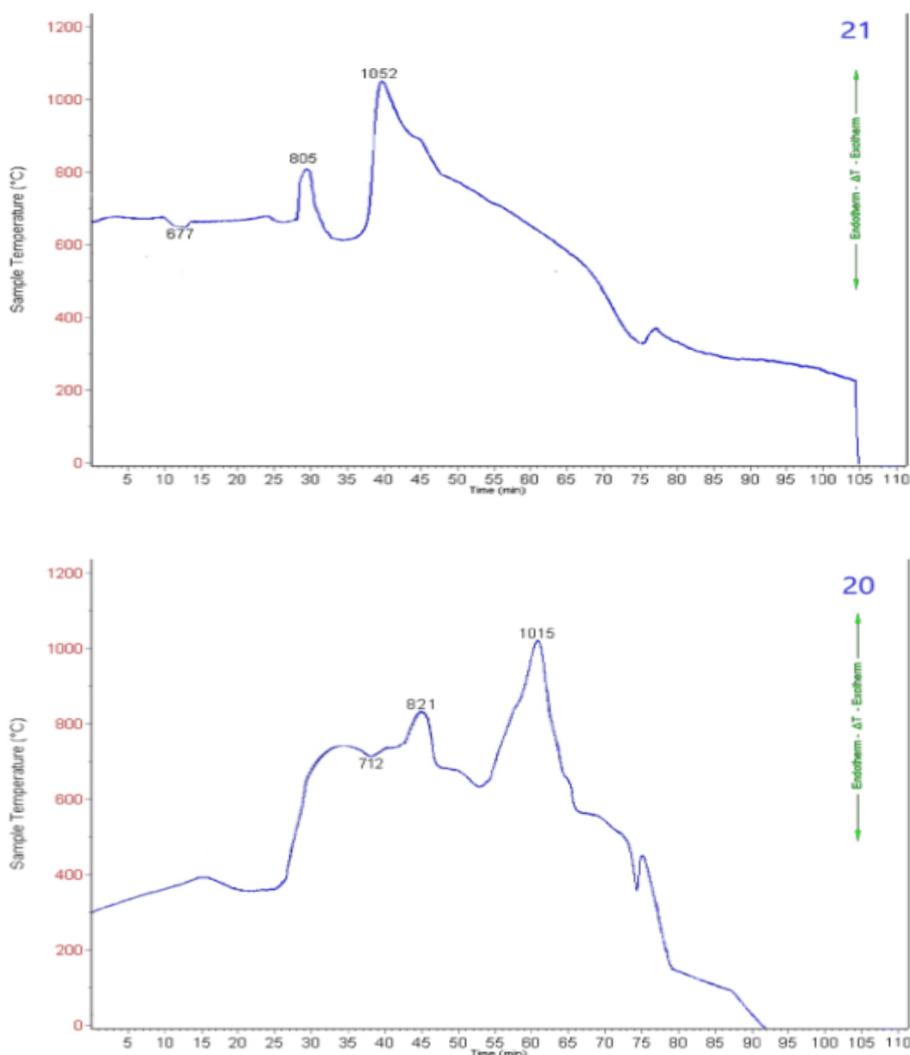
Tizimdagi bazalt miqdori ortishi bilan shishaning zichligi oshadi va chiziqli termik kengayish koeffitsienti pasayadi, termik bardoshliligi, sovuqqa bardoshliligi va kimyoviy bardoshliligi ortadi. Kvarts qumi miqdorining ko‘payishi sintez qilingan shishalarning CHTKK va zichligiga ta’sir qilib, ushbu xususiyatlarning pasayishiga olib keladi, shuningdek, termik va sovuqqa bardoshliligini, shuningdek kimyoviy qarshiligini oshiradi.



4-rasm. Shishaning zichligi,  $\text{kg} / \text{m}^3$  (a) va CHTKK,  $\text{K}^{-1}$  (b) shisha tarkibiga bog‘liqligi.

Shishaning xossalari quyidagi chegaralarda o'zgaradi: CHTKK –  $79...119 \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$ ; zichligi –  $2481...2766 \text{ kg/m}^3$ ; sirt tarangligi –  $3,02...3,61 \text{ N/sm}$ ; nur sindirish ko'rsatkichi –  $1,462...1,482$ ; elastiklik modul –  $6,25...6,51 \text{ MPa}$ ; mexanik egilish kuchi –  $33...55 \text{ MPa}$ ; termik bardoshlilik –  $230...260 \text{ }^\circ\text{C}$ ; sovuqqa bardoshlilik -  $33...40$  tsikl; kimyoviy qarshiligi – konsentrlangan  $\text{H}_2\text{SO}_4$ da  $96,19...98,75\%$ ; konsentrlangan  $\text{HCl}$  da  $97,73...98,00\%$ . Olingan ko'rsatkichlar GOST R 54169-2010 talablariga to'liq mos keladi.

Shishalarda kristall markazlarning hosil bo'lish temperaturalarini aniqlash uchun differensial termik tahlil jarayoni o'tkazildi (5-rasm). Shisha namunalarning termogrammasi 3 ta issiqlik effektini ko'rsatdi. 20-tarkibli namunada  $712 \text{ }^\circ\text{C}$  endoeffekt,  $821$  va  $1015 \text{ }^\circ\text{C}$  haroratda ekzoeffekt, 21-namunada esa  $677 \text{ }^\circ\text{C}$  endoeffekt,  $805$  va  $1052 \text{ }^\circ\text{C}$  haroratda ekzoeffekt aniqlandi.



**5-rasm. Bazalt-kvars-soda tizimida olingan shisha namunalarning termogrammasi**

Olingan natijalarga ko'ra, shisha kristallanishi ikki bosqichda sodir bo'ladi deb xulosa qilindi:  $600 - 800 \text{ }^\circ\text{C}$  harorat oralig'ida birinchi bosqich kristall markazlarning shakllanishi va ikkinchi bosqich - taxminan  $1050 \text{ }^\circ\text{C}$  haroratda kristallanishning o'sishi. Olingan tahlil natijalarini hisobga olgan holda, shishalarning kristallanish qobiliyati massaviy kristallanish usuli yordamida o'rganildi (2-jadval).

**Bazalt–kvars–soda tizimida olingan shishalarning  
kristallanish qobiliyati**

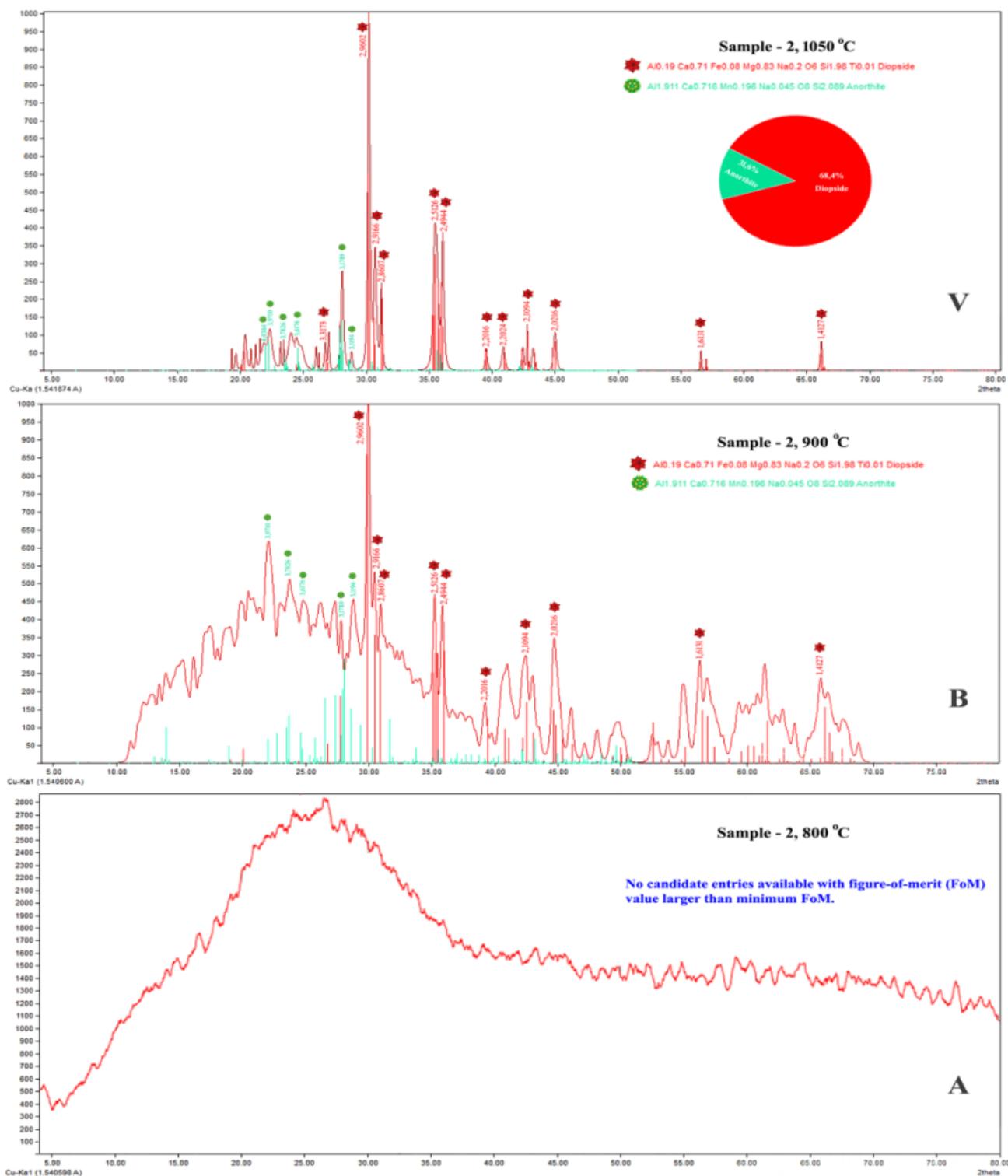
Shisha indeksi	Harorat ta'sirida kristallanish darajasi					
	600 °C	700 °C	800 °C	900 °C	1000 °C	1050 °C
2						
3						
9						
11						
15						
20						
21						
22						
23						
26						
32						
33						

Kristallanish turi: - kristallanish belgilari yo'q - kichik ajratilgan sohalarda sirt tomondan kristallanish - uzluksiz yupqa qoplam shaklida sirt kristallanishi - qisman taqsimlangan qalin qobiq shaklida yuza kristallanishi - kristallanishning namunada butun hajm bo'ylab tarqalishi, 50-60% dan kam emas - - shishalarda erish jarayonining boshlanishi - to'liq hajmli kristallanish.

Shishalarning kristallanish qobiliyati 600-1050 °C harorat oralig'ida issiqlik bilan ishlov berish orqali o'rganildi, ushlab turish vaqti 1 soat edi. Tajribalar natijasida №2, №3, №9, №20 va №21- namunalar 1050 °C haroratda to'liq kristallanishi aniqlandi. № 22 namuna 1000 °C haroratda shartli ravishda to'liq kristallandi va harorat oshishi bilan erish jarayoni kuzatildi.

Bazalt-kvars-soda tizimida sintez qilingan shishalarning kristallanish qobiliyatini tahlil qilish natijasida 700 °C haroratda shisha namunalarida kristall markazlarning shakllanishi va 1050 °C haroratda to'liq kristallanish aniqlandi.

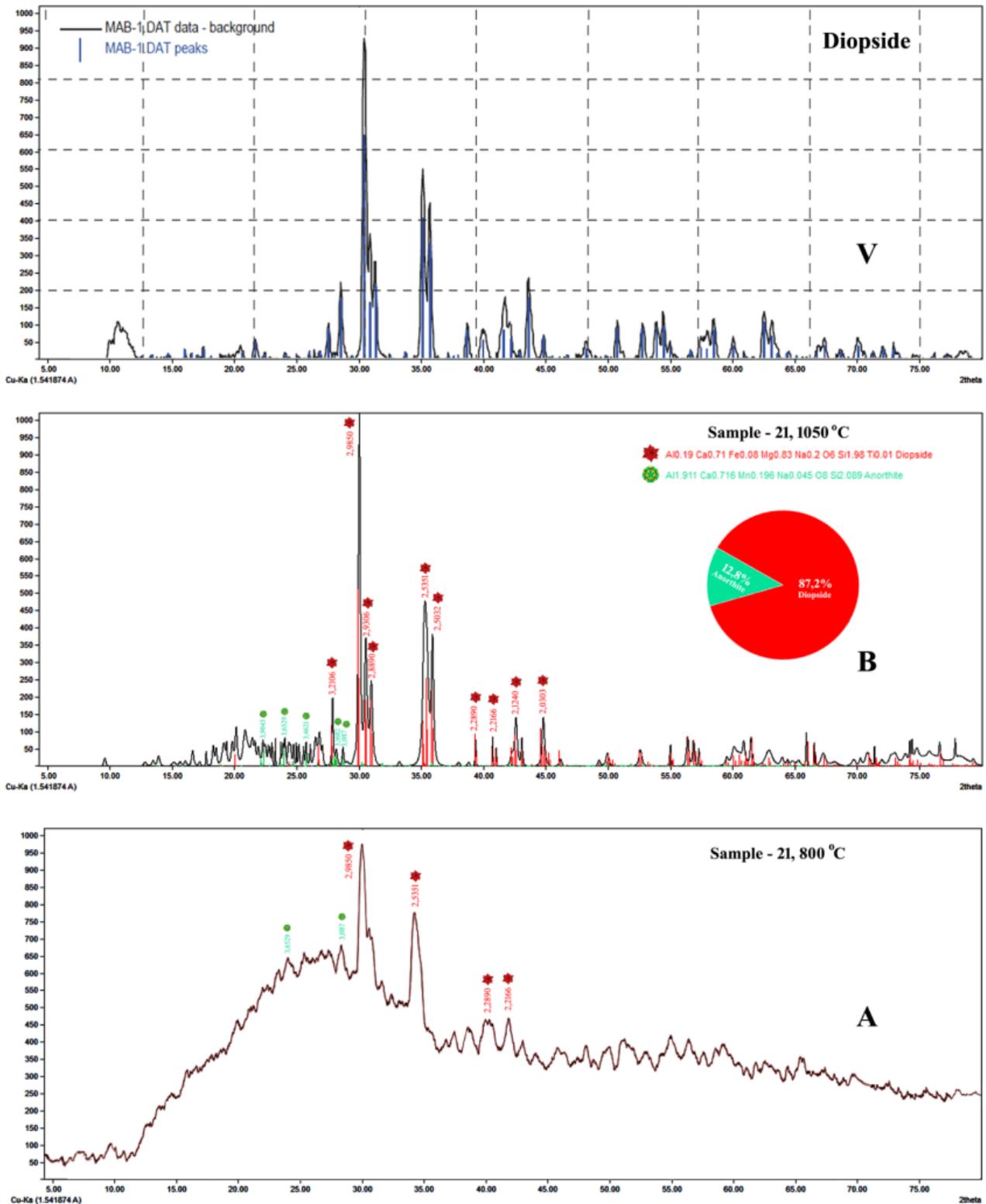
Rentgen tahlil natijalari shuni ko'rsatdiki, №2 shisha namunalariga 800 °C, 900 °C va 1050 °C haroratlarda issiqlik bilan ishlov berish jarayonida faza o'zgarishlari sodir bo'lgan - amorf fazaning to'liq yo'qolishi va harorat 1050 °C yetganda diopsid va anortit fazalarining hosil bo'lishi kuzatildi (6-rasm). Diopsid kristall fazalari miqdori 68,4% va anortit 31,6% ni tashkil qiladi.



**6-rasm. №2–shisha namunalarining A–800 °C, B–900 °C, V–1050 °C haroratlarda kristallangan difraktogrammasi (★ diopsid, ● anortit).**

800 °C va 1050 °C haroratlarda №21-shisha namunalarini issiqlik bilan ishlov berish jarayonida №2-namunaga nisbatan diopsid bilan bog‘liq bo‘lgan fazalar intensivligining oshishi kuzatildi. Olingan difraktogrammalardan aniq ko‘rinib turibdiki oldinroq ya‘ni 800 °C haroratda diopsid ( $d = 2, 2166; 2,2890; 2,5351; 2,9850 \text{ \AA}$ ) va anortit ( $d = 3,087; 3,6529 \text{ \AA}$ ) hosil bo‘ladi. Kristallangan №21-

namunada kristall fazalar miqdori mos ravishda 87,2% diopsid va 12,8% anortitni tashkil qiladi (7-rasm). №21–tarkibli namunaning va tabiiy diopsid minerali difraktogrammalari o‘zaro solishtirilganda muayyan o‘xshashliklarga ega ekanligi ya’ni bir biriga mos kelishi namoyon bo‘ldi.



**7-rasm. №21–tarkibli namunaning shisha texnologiyasi bo‘yicha A-800 °C, B-1050 °C haroratlardagi difraktogrammasi (★ diopsid, ★ anortit), V-diopsid minerali.**

Shishakristall namunalarning fizik-kimyoviy xossalari 3-jadvalda keltirilgan.

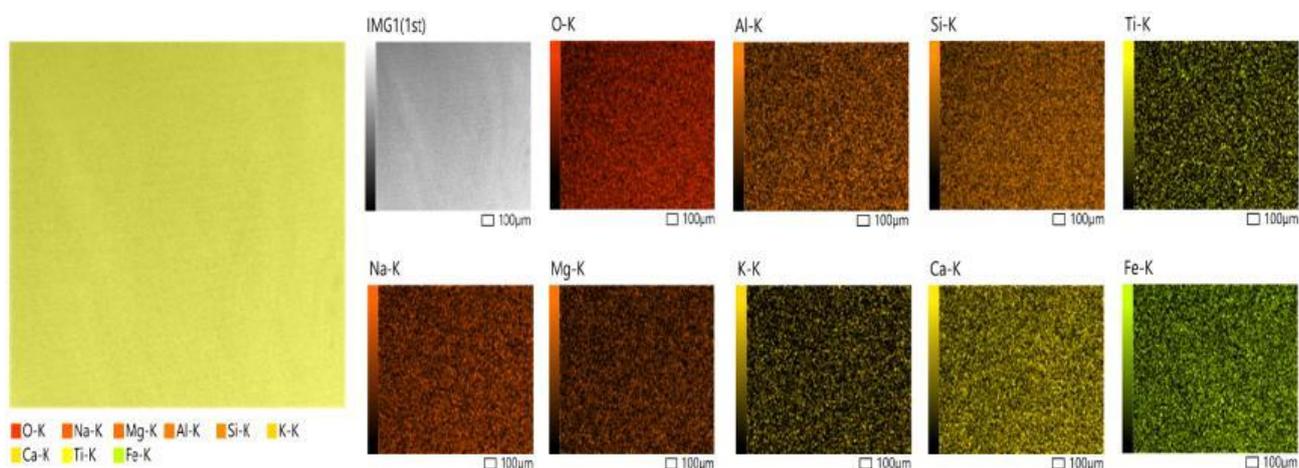
**3-jadval**

**Shishakristall namunalarning fizik-kimyoviy xossalari**

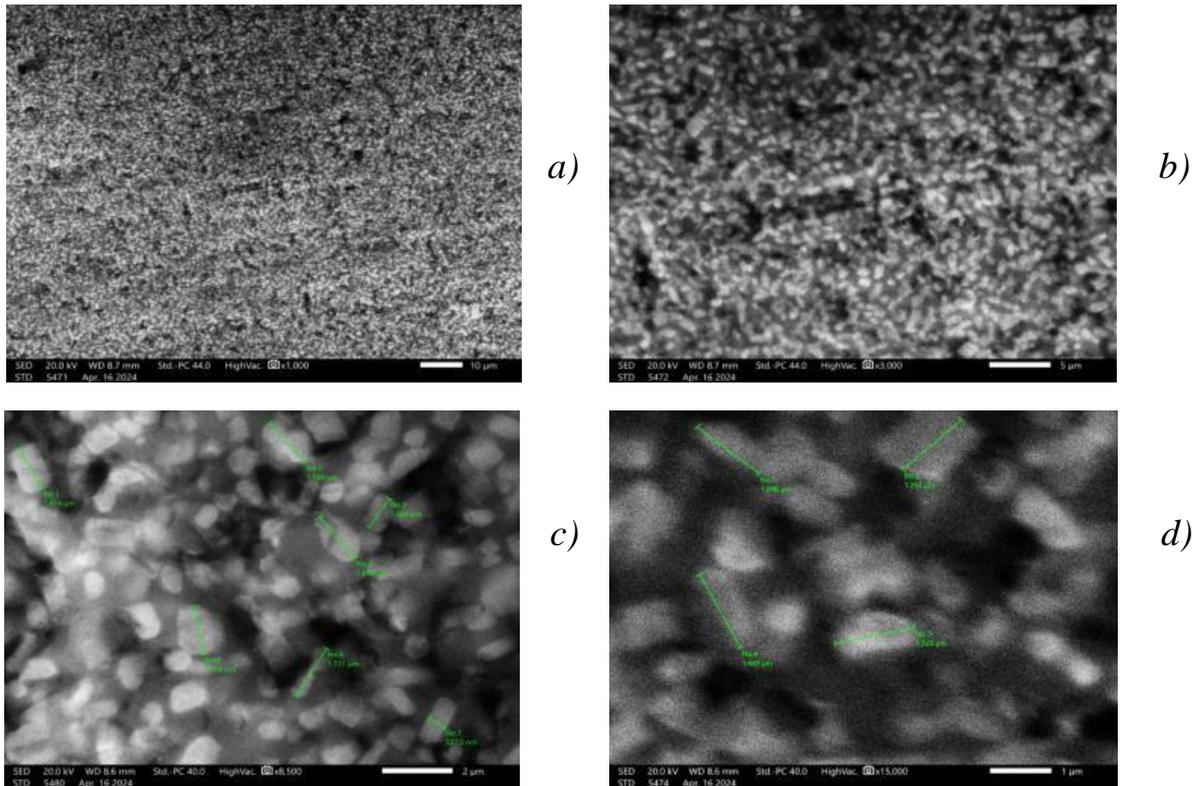
№	Xossalar	Tarkiblar						GOST 13996-2019	
		2	3	9	20	21	22		
1	Zichlik, kg/m <sup>3</sup>	3089	3038	3010	2987	3100	2940	–	
2	CHTKK•10 <sup>-7</sup> , K <sup>-1</sup>	55	57	58	60	53	64	–	
3	Mexanik egilishga mustahkamlik darajasi, MPa	119	116	113	111	120	108	15-35	
4	Mexanik siqilishga mustahkamlik darajasi, MPa	794	762	745	720	810	700	–	
5	Suv yutuvchanlik, %	0,003	0,003	0,005	0,007	0,001	0,009	0,5	
6	Sovuqqa bardoshlilik, tsikl	137	134	129	116	145	112	100	
7	Kislotalarga bardoshlilik, %	konst. HCl	99,49	98,68	98,45	98,07	99,94	97,52	–
		konst. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	98,51	98,34	98,16	97,23	99,89	96,80	–

Shishakristall koshinlarning kristallanish darajasi ularning yuqori zichligi, shuningdek, past CHTKK qiymati bilan belgilanadi. Tahlil natijalari shuni ko'rsatdiki, Osmonsoy bazalti, Samarqand kvarts qumi va Qo'ng'irotd sodasi asosida sintez qilingan shishani kristallash yo'li bilan olingan shishakristall namunalarning zichligi 2940 – 3100 kg/m<sup>3</sup>, CHTKK qiymati 53 – 64•10<sup>-7</sup> K<sup>-1</sup> oralig'ida. Ushbu ko'rsatkichlar namunalarning yetarlicha yuqori kristallanish darajasini ko'rsatadi. Shisha texnologiyasidan foydalangan holda olingan shisha kristall namunalarning egilish kuchi 108-120 MPa, bosim kuchi esa 700-810 MPa oralig'ida. 3-jadvaldagi ma'lumotlarda, kristallangan shisha suvning yutuvchanligi - 0,009% dan kam, yuqori sovuqqa bardoshliliigi - kamida 112 tsikl va yuqori kislotaga bardoshliliigi (HCl kons.: 97,52-99,94%; H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> kons.: 96,80-99,89%) keltirilgan. Olingan ko'rsatkichlar GOST 13996-2019 talablariga to'liq javob beradi. Optimal tarkib sifatida eng yaxshi xususiyatlarga ega bo'lgan №21- tarkibli namuna tanlangan.

№21 shishakristall koshinning struktura tuzilishi 7 va 8-rasmlarda keltirilgan.



**7-rasm. №21 shishakristall namunada elementlarning taqsimlanishi.**



**8-rasm. №21 shishakristall namunaning mikro tuzilishi:**

**a – x1000; b – x3000; c– x8500; d – x15000.**

Yuqoridagi rasmlar namunada elementlarning teng taqsimlanishini va materialning zich tuzilishga ega ekanligini aks ettiradi. Olingan suratlardan №21 shishakristall namunaning tuzilishida diopsid va anortit kristallarining o'lchamlari kichik 1,2-1,5 mikron oralig'ida ekanligi va ular butun hajm bo'ylab namunada birlashishi aniqlandi. Namunadagi kristallarning o'zaro bunday holatda joylashishi uning yuqori fizik-kimyoviy va mexanik xususiyatlarini ta'minlagan.

Dissertatsiya ishining **“Rangli shisha va shishakristall materiallar olish texnologiyasini ishlab chiqish”** to'rtinchi bobida rangli shisha va shishakristall koshinlar ishlab chiqarishning ishlab chiqilgan texnologik sxemalari hamda tayyor mahsulot ishlab chiqarishning iqtisodiy samaradorligi ko'rsatkichlari keltirilgan. Shuningdek, olingan natijalar asosida Jizzax viloyatidagi “GOLDFIBER PRO” QKda rangli shisha va shishakristall koshinlarning sinov partiyalarini ishlab chiqarish doirasida amalga oshirilgan ishlar natijalari ko'rsatilgan.

Rangli shishalar olishning texnologik tizimiga ko'ra xomashyolarga ishlov berish va shixta tayyorlash, shisha pishirish, shakllash va sovutish quyidagicha amalga oshiriladi.

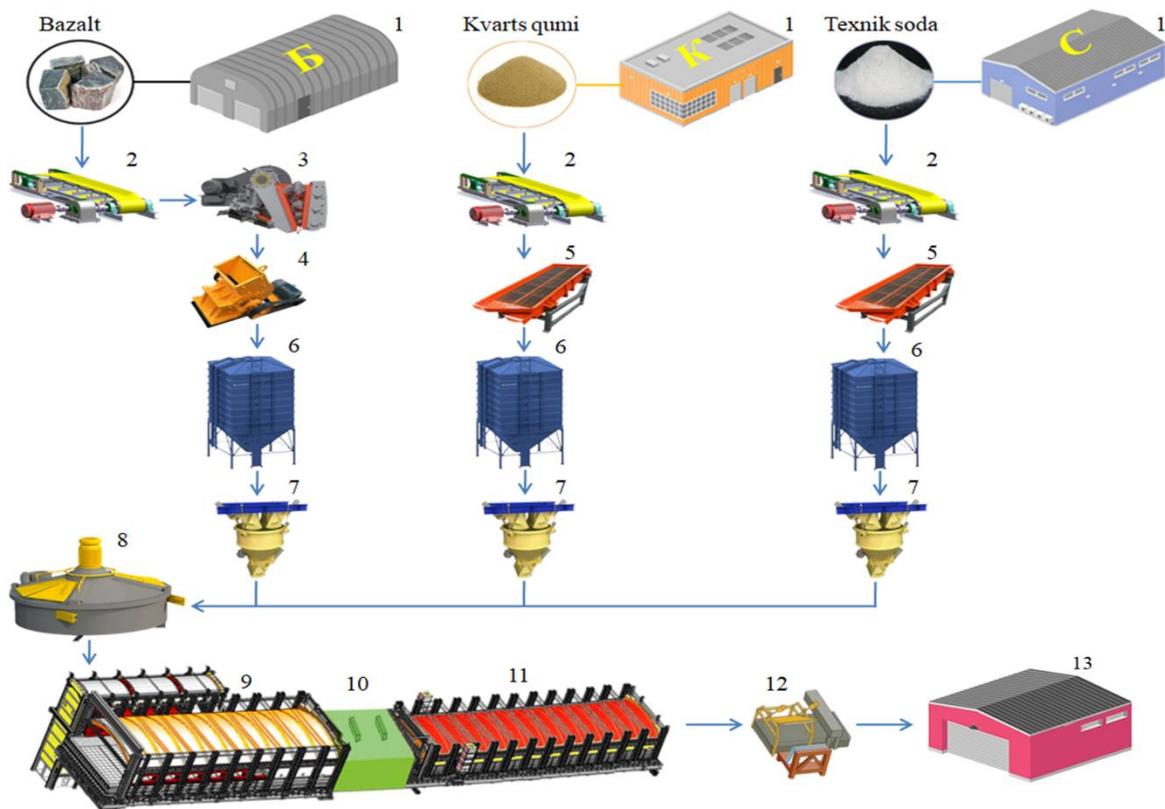
*Xomashyolarga ishlov berish va shixta tayyorlash.* Xomashyolar omborlardan lentali ta'minlagichlar orqali maydalagichlar va elaklarga yuboriladi. Bazalt tog' jinsining yirik namunalari birinchi jag'li maydalagichda va keyin bolg'ali maydalagichda 1mm o'lchamgacha maydalanadi. Kvars qumi va texnik soda vibro elaklardan o'tkaziladi. Mayda holatdagi xomashyolar lentali ta'minlagichlar yordamida zaxira bunkerlariga tushiriladi. Zaxira bunkerlardagi xomashyolar kerakli miqdorlarda dozatorlarda o'lchanadi va shixta tayyorlash uchun tarelkasimon

aralastirgichga uzatiladi, aralastirishda chang hosil bo‘lishini olini olish uchun aralashma 1-2% gacha oraliqda suv bilan namlantiriladi va ta‘minlagich yordamida hovuzli pechga yuboriladi .

*Shisha pishirish.* Shisha pishirish 1450 °C haroratda hovuzli pechda amalga oshiriladi. Shisha pishirishda gamogenlash va tiniqlashtirish jarayonlari tugagandan so‘ng shisha massasi shakllashga yuboriladi.

*Shakllash va sovutish.* Shisha massasiga shakl berish jarayoni 1150 °C haroratda press qurilmada amalga oshiriladi. Shakllangan shishalarni sovutish jarayoni ler pechida 700 °C haroratda 1 soat davomida olib boriladi. Olingan shisha maxsulotlari saralash bosqichidan o‘tkazilib, tayyor maxsulotlar omboriga yuboriladi. Rangli shishalar olishning prinsipial texnologik tizimi quyidagi 9-rasmda keltrilgan.

Ishlab chiqilgan texnologik tizim asosida “GOLDFIBER PRO” QKda qora, yashil va firuza rangli shishalarning sinov partiyalari olindi (“GOLDFIBER PRO” QKning 2024-yil 7 iyundagi dalolatnomasi). Olingan rangli shishalarning xususiyatlari quyidagicha: zichlik 2512–2766 kg/m<sup>3</sup>; CHTKK 87-88 K<sup>-1</sup>; sirt tarangligi 3,04-3,61 n/sm; nur sindirish indeksi 1,471-1,476; elastiklik moduli 6,46-6,74 MPa.



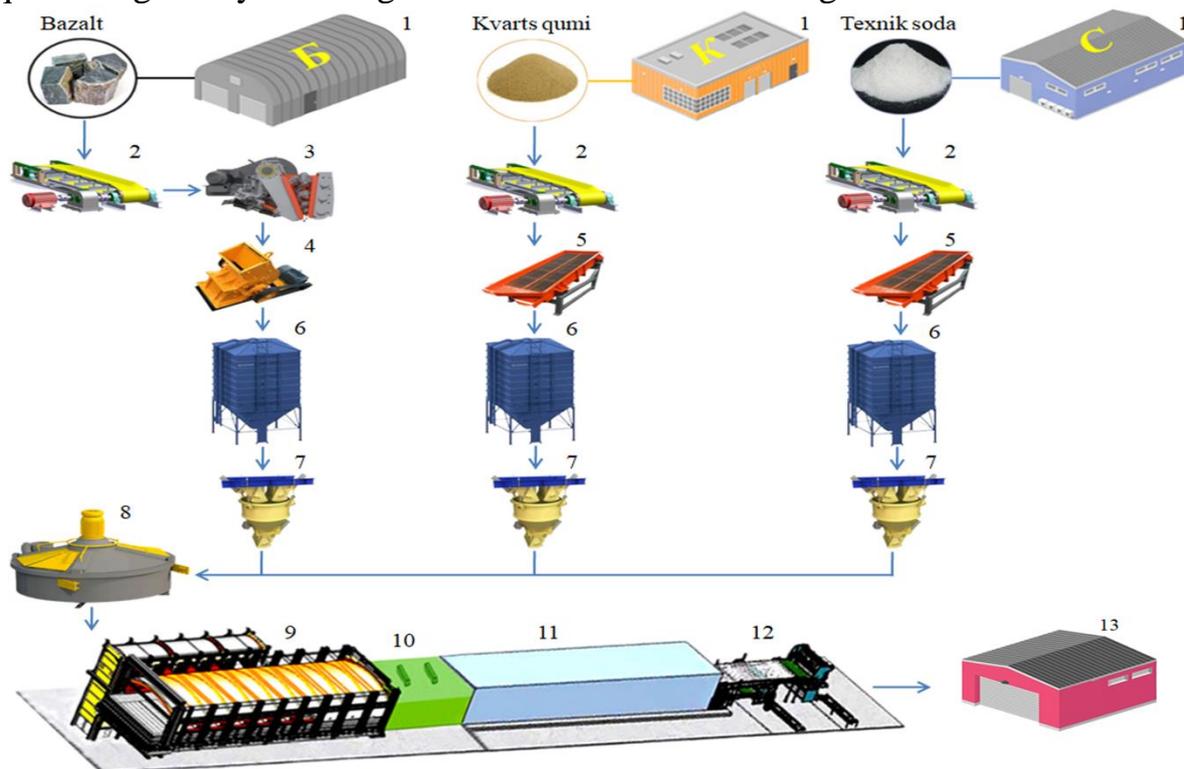
**9-Rasm. Rangli shishalar olishning prinsipial texnologik tizimi:**

1-xomashyolar ombori; 2-lentali ta‘minlagich; 3-jag‘li maydalagich; 4-bolg‘ali maydalagich; 5-vibro elak; 6- zaxira buniker; 7-dozator; 8-tarelkasimon aralastirgich; 9-hovuzli pech; 10-press; 11-ler pechi; 12-saralash; 13-tayyor maxsulotlar ombori.

“GOLDFIBER PRO” QKda bazalt-kvars-soda tizimida olingan rangli shishalarning sinov partiyalaridan bino va inshootlarning tashqi hamda ichki interyerini dekorativ bezashda foydalanish tavsiya etildi.

Taklif etilayotgan tizim bo‘yicha rangli shishaning ishlab chiqarish tannarxi an’anaviy ravishda rang beruvchi qo‘shimchalar qo‘shish yo‘li bilan olingan rangli shisha tannarxidan 4 barabar kam.

Shishakristall koshinlar ishlab chiqarishning texnologik sxemasida shisha eritish va koshinlarni shakllash bosqichlari rangli shisha ishlab chiqarish texnologiyasining ushbu bosqichlariga to‘g‘ri keladi. Shakllash 1150 °C haroratda amalga oshiriladi, so‘ngra konveyerli kristallanish pechida mahsulotlar 2 bosqichda kristallanadi. Kristallanish jarayonining birinchi bosqichi 800 °C haroratda (1 soat), ikkinchi bosqichi 1050 °C (2 soat) haroratda amalga oshiriladi. Shishakristall koshinlar ishlab chiqarishning asosiy texnologik tizimi 10-rasmda ko‘rsatilgan.



**10-rasm. Shisha texnologiyasi bo‘yicha shishakristall koshinlar prinsipial texnologik tizimi:**

1-xomashyolar ombori; 2-lentali ta‘minlagichlar; 3-jag‘li maydalagich; 4- bolg‘ali maydalagich; 5-vibro elaklar; 6- zaxira bunkerlar; 7-dozatorlar; 8-tarelkasimon aralashtirgich; 9-hovuzli pech; 10-press; 11-kristallanish pechi; 12-saralash; 13-tayyor mahsulotlar ombori.

Ishlab chiqilgan texnologik tizimlar asosida Jizzax shahri Forish tumani hududida joylashgan “GOLDFIBER PRO” QKda shishakristall koshinlarning sinov partiyalari olindi (“GOLDFIBER PRO” QKning 2024-yil 7 iyundagi dalolatnomasi). Olingan 21№ shishakristall koshinning zichligi 3100 kg/m<sup>3</sup>, mexanik egilishga mustahkamligi 120 MPa bo‘lib, ushbu materialdan bino va inshootlarning fasad va pol qismlari uchun foydalanish tavsiya etildi.

Hisoblangan ma‘lumotlar asosida tavsiya etilgan texnologik sxema bo‘yicha olingan ishlab chiqilgan tizimdagi 1 m<sup>2</sup> shishakristall koshinlar narxi Xitoyda ishlab chiqarilgan shishakristalli koshinlar narxiga nisbatan 7 barobar arzon ekanligi aniqlandi.

## XULOSA

1. Mahalliy xomashyolar asosida bazalt–kvars–soda tizimida bo‘yovchi qo‘shimchalardan foydalanmagan holda jigarrang, qora, firuza, yashil, och havorang va sariq rangli shisha namunalari sintez qilingan.

2. Osmonsoy koni bazaltining tarkibida  $TiO_2$  – 1,87%;  $Fe_2O_3$  – 10,73% oksidlarining mavjudligi shishakristall materiallar olishda nukleator vazifasini bajarishga yetarli miqdorda ekanligini ko‘rsatdi.

3. Bazalt-kvarts-soda tizimidagi shishalarning fizik-kimyoviy xossalari komponent tarkibiga funksional bog‘liqligi o‘rganilgan, unga ko‘ra texnik sodaning miqdori oshishi shishaning zichligi pasayishiga, chiziqli termik kengayish koeffitsiyenti oshishiga, termik chidamliligi, sovuqqa va kislotalarga nisbatan bardoshlilikini pasayishiga, bazalt va kvarts qumining miqdorini ortishi esa ushbu xususiyatlarning o‘shishiga olib keldi.

4. Sintez qilingan rangli shishalarning zichligi  $2481-2766 \text{ kg/m}^3$ , termik bardoshlilik 240-260 °C, sovuqqa bardoshlilik 34-40 tsiklni tashkill etib, GOST 54169-2010 talablarini qanoatlantirdi.

5. Olingan shishakristall koshinlarning zichligi  $2940-3100 \text{ kg/m}^3$ , chiziqli termik kengayish koeffitsiyenti  $53-64 \text{ K}^{-1}$ , mexanik egilishga mustahkamlik darajasi 108-120 MPa, mexanik egilishga mustahkamlik darajasi 700-810 MPa, suv yutuvchanligi 0,001-0,009%, sovuqqa bardoshlilik 112-145 tsikl bo‘lib, ushbu ko‘rsatkichlar GOST 13996-2019 talablariga mos keldi.

6. Osmonsoy koni bazalti asosidagi shishakristall namunalari yupqa dispersli polikristall strukturasi ega bo‘lib, diopsid va anortit kristallarining o‘lchamlari 1,2-1,5 mkm oralig‘ida ekanligi yuqori fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlarini ta‘minlab berdi.

7. Osmonsoy koni bazalti asosida rangli shishalar olishning texnologik tizimi ishlab chiqildi va hisoblangan iqtisodiy samaradorlik natijalaridan  $1 \text{ m}^2$  shishaning tannarxi mahalliy xomashyolar va rang beruvchi qo‘shimchalar asosida olingan  $1 \text{ m}^2$  rangli shishaning narxidan 4 barobar arzon va yiliga  $101400 \text{ m}^2$  rangli shisha ishlab chiqarilganda uning har  $1 \text{ m}^2$  dan 114940 so‘m, bir yilda esa 11 mlrd so‘m tejalishi mumkinligi aniqlandi.

8. Osmonsoy koni bazalti asosida shishakristall fasad koshinlar olishning texnologik tizimi ishlab chiqildi. Taklif etilayotgan texnologik tizim bo‘yicha olingan  $1 \text{ m}^2$  №21 shishakristall koshinning tannarxi chet eldan keltirilayotgan shishakristall koshin narxiga nisbatan 7 barobar arzon ya‘ni Xitoydan import qilinayotgan  $1 \text{ m}^2$  shishakristall koshin narxi 35\$, №21 shishakristall namunaning tannarxi 5\$ ga teng bo‘lib, yiliga  $32000 \text{ m}^2$  maxsulot ishlab chiqarilsa har  $1 \text{ m}^2$  dan 379598 so‘m, bir yil mobaynida esa 12 mlrd so‘m tejalishi mumkinligi aniqlandi.

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

---

**ТАШКЕНТСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

**РУЗМАТОВ ЭЛДОР ИКРОМ УГЛИ**

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЦВЕТНОГО СТЕКЛА И  
СТЕКЛОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ ФАСАДНОЙ ПЛИТКИ НА ОСНОВЕ  
БАЗАЛЬТА ОСМОНСАЙСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

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

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

**Ташкент – 2024**

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрировано в Высшей аттестационной комиссии за № В2024.3.PhD/Т4806.

Диссертация выполнена в Ташкентском химико-технологическом институте.  
Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещён на веб-странице научного совета по адресу (ik-kituo.pii.uz) и информационно-образовательном портале "ZiyoNet" ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)).

**Научный руководитель:** **Арпнова Мастура Хикматовна**  
доктор технических наук, профессор

**Официальные оппоненты:** **Юнусов Миржалил Юсупович**  
доктор технических наук, профессор

**Джуманиязов Хурмат Палванназирович**  
доктор философии технических наук (PhD), доцент

**Ведущая организация:** **Джизакский политехнический институт**

Защита диссертации состоится «29» 11 2024 г. в «11» часов на заседании Научного Совета DSc.03/30.12.2019.T.04.01 при Ташкентском химико-технологическом институте. (Адрес: 100011, г. Ташкент, Шайхантахурский район, ул. А.Навои, 32. Тел.: (99871) 244-79-20, факс: (99871) 244-79-17, e-mail: [tkti\\_info@edu.uz](mailto:tkti_info@edu.uz), Административный корпус Ташкентского химико-технологического института, 2 этаж, конференц-зал).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского химико-технологического института (зарегистрирован под номером 221). Адрес: (100011, г.Ташкент, Шайхонтохурский район, улица А.Навои, 32. Тел.: (99871) 244-79-20).

Автореферат диссертации разослан «26» 10 2024 года  
(Протокол рассылки № 481 за «26» 10 2024 г.).



**С.М. Туробжанов**  
Председатель Ученого совета присуждению ученых по степеней, д.т.н., профессор

**Х.И. Каширов**  
Секретарь Ученого совета по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

**Э.А. Бабаханова**  
Председатель научного семинара при Ученом совете, д.т.н., профессор

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

**Актуальность и необходимость темы диссертации.** В настоящее время цветное стекло и стеклокристаллические материалы играют важную роль в улучшении эстетики и устойчивости к внешним воздействиям современных зданий и жилых сооружений в области архитектуры и строительства, а также в машиностроении, химии, радиоэлектронике, электротехнике, медицине, домашнем хозяйстве, геологоразведке, добыче нефти и газа. В этом отношении развитые страны, такие как США, Япония, Китай и Россия, добились определенных успехов, и особое внимание уделяется внедрению новых ресурсов и инновационных технологий.

В мире проводятся углубленные исследования по синтезу и изучению физико-химических свойств цветных стекол, полученных на основе реактивного сырья и отходов металлургической промышленности, совершенствованию технологии получения цветных стекол путем добавления стекольной шихте пигментов, определению влияния различных оксидов металлов, как нуклеаторов кристаллизации, на процесс синтеза стеклокристаллических материалов. В связи с этим особое внимание уделяется ускорению и апробации технологий получения прозрачных и цветных стекол различных оттенков с использованием горных пород в чистом виде или в композициях, стеклокристаллических материалов с высокими параметрами, полученных в результате направленной кристаллизации синтезированных стекол.

В нашей республике достигнуты определенные научные результаты по производству цветного стекла с использованием красящих добавок, разработке новых видов сырья для производства строительных материалов, разработке технологий производства конкурентоспособной силикатной продукции, замещающей импорт. В новой стратегии развития Узбекистана определены важные задачи по «удвоению объемов производства строительных материалов, переходу на новый уровень использования местных источников сырья, освоению технологий производства новых видов продукции»<sup>1</sup>. В связи с этим актуальна разработка состава и технологии получения цветного стекла и стеклокристаллических материалов различной окраски, с высокими физико-механическими свойствами, устойчивых к внешним воздействиям, на основе базальта месторождения Осмонсай, самаркандского кварцевого песка и кунградской технической соды.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит реализации задач, поставленных в указе и решениях Президента Республики Узбекистан № УП-60 от 28 января 2022 года «о новой стратегии развития Узбекистана на 2022-2026 годы», УП-139 от 21 февраля 2022 г. «О дополнительных мерах по поддержке сферы жилищного строительства и

---

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

строительства», УП-4302 от 1 мая 2019 г. «О мерах по дальнейшему развитию промышленной кооперации и расширению производства продукции повышенного спроса», УП-4265 от 3 апреля 2019 года «О мерах по дальнейшему реформированию химической промышленности и повышению ее инвестиционной привлекательности», УП-4335 от 23 мая 2019 года «О дополнительных мерах, связанных с опережающим развитием промышленности строительных материалов» и других нормативных правовых документах.

**Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и техники Республики.** Данное исследование выполнено в рамках приоритетного направления «Химическая технология и нанотехнология».

**Степень изученности проблемы.** По составу и технологии получения цветного стекла и стеклокристаллических материалов, по изучению структуры и свойств получаемых материалов Б. Matovic, Не. Юаньюань, С.Д. Стоуки, Юэ. Юаньчжэн, Луиза Фелиппи де Лима, Дж.Е. Зорзи, Р.С.Д. Круз, Дж. Weiland, О.О. Александра, Р.Л. Уайт, С.Н. Бем, М. Аллахвердиев, Ю. Юесой, В.С. Бессмертный, Т.К. Павлушкина, В.А. Смолий, А.С. Косарев, Е.А. Яценко, А.П. Зубехин, Е.А. Лазарева, Ю.С. Мамаева, И.А. Левицкий, С.Е. Баранцева, П.Д. Саркисов, Г.Ю. Шахгильдян, В.И. Савинков, Л.Ф. Папко, Ю.Г. Павлюкевич, Н.А. Сираджиддинов, А.А. Исматов, М.Х. Арипова, М.Ю. Юнусов, З.К. Бабаев, Н.Т. Ходжаев, З.А. Бабаханова, Б.Р. Рузибаев, Х.А. Адинаев, Е.Х. Мамаджанова, Д.Б. Ахунов, Х.П. Жуманиязови другие ученые, проводили научные исследования.

Ими определены физико-химические свойства стекол в системах  $\text{Li}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ ,  $\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ ,  $\text{ZnO}-\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ ,  $\text{V}_2\text{O}_5-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ ,  $\text{SrO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{MgO}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ , определены физико-химические свойства стекол, создана научная основа влияния нуклеаторов на процесс кристаллизации, усовершенствованы технологии получения цветного стекла с добавлением в стекольную шихту вторичных продуктов металлургической промышленности.

В то же время ведутся научные работы в направлении создания технологий производства стеклокристаллических материалов с высокими показателями, получаемых направленной кристаллизацией стекла, позволяющих получать прозрачные и непрозрачные стекла различной окраски в зависимости от количества окрашивающих оксидов горных пород в чистом или композиционном виде.

**Связь темы диссертации с планами научно-исследовательских работ образовательного учреждения, где выполнена диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в соответствии с проектом ИТД 6-119 «Получение стеклокристаллических композиционных материалов для технических направлений на основе базальтовых пород Узбекистана» (2021-2023 гг.) плана научно-исследовательских работ Ташкентского химико-технологического института.

**Цель исследования:** разработка технологии получения цветного стекла и стеклокристаллической плитки на основе базальта Осмонсайского месторождения.

### **Задачи исследования:**

анализ химического и минералогического состава базальта Осмонсайского месторождения;

изучение условий стеклообразования в системе базальт-кварц-сода;

определение физико-химических свойств и кристаллизационных способностей стекла, синтезируемого в системе базальт-кварц-сода;

исследование структуры, физико-химических свойств продуктов кристаллизации стекла;

разработка технологической схемы получения цветного стекла и стеклокристаллической плитки на основе базальтовой породы.

**Объекты исследования:** базальт Осмонсайского месторождения, стекла и стеклокристаллические плитки в системе базальт-кварц-сода.

**Предмет исследования:** физико-химические процессы синтеза цветных стекол и стеклокристаллических материалов.

**Методы исследования.** В процессе исследований применены рентгенофлуоресцентный, рентгенографический, ИК спектроскопический, дифференциально-термический, сканирующий электронно-микроскопический методы анализа и другие методы.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

определена область стеклообразования в системе базальт–кварц–сода при температуре 1450 °С, ограниченная концентрациями: 10-80% базальт; 10-70% кварцевый песок; 10-60% сода;

Установлена зависимость «состав-свойство-цвет» стекол различной цветовой гаммы, полученных без красящих добавок на основе базальта Осмонсайского месторождения;

определены условия кристаллизации стекол, без добавления нуклеаторов кристаллизации в системе базальт-кварц-сода, доказана возможность управления свойствами и структурой стеклокристаллических материалов;

установлено равномерное распределение кристаллов диоксида и анортита по всему объему в структуре стеклокристаллических образцов размерами частиц 1,2-1,5 мкм;

Разработана технология получения стеклокристаллических плиток на основе базальта Осмонсайского месторождения со следующими свойствами: плотность 2940-3100 кг/м<sup>3</sup>, коэффициент линейного теплового расширения 53-64 К<sup>-1</sup>, механическая прочность на изгиб 108-120 МПа, механическая прочность на сжатие 700-810 МПа, водопоглощение 0,001-0,009%, морозостойкость 112-145 цикл.

**Практические результаты исследования** следующие:

разработаны оптимальные составы цветных стекол и стеклокристаллических материалов в системе базальт-кварц-сода;

разработана технологическая схема получения цветных стекол на основе базальта месторождения Осмонсай;

разработана технологическая схема производства стеклокристаллической плитки на основе базальта месторождения Осмонсай;

**Достоверность результатов исследований** объясняется применением современных физико-химических методов рентгенофлуоресцентного, рентгенографического, ИК спектроскопического, дифференциально-термического, сканирующего электронно-микроскопического, анализа, получением пробных партий цветного стекла и стеклокристаллических стекол.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.** Научная значимость результатов исследований заключается в том, что на основе базальта месторождения Осмонсай создана научная основа для синтеза цветных стекол и стеклокристаллических плиток с высокой плотностью и низким коэффициентом линейного термического расширения, прочных на механический изгиб, малым водопоглощением, морозостойких, в структуре которых кристаллы диоксида и анортита распределены равномерно.

Практическая значимость результатов исследования заключается в том, что разработана технология получения цветных стекол и стеклокристаллических материалов с высокими физико-химическими свойствами без добавления пигментов и нуклеаторов кристаллизации на основе местных сырьевых материалов - базальта месторождения Осмонсай и самаркандского кварцевого песка.

**Введение результатов исследования.** На основе полученных научных результатов по разработке технологии получения цветного стекла и стеклокристаллических материалов:

Технология производства стеклокристаллических материалов на основе базальта Осмонсайского месторождения, Самаркандского кварцевого песка и Кунградской технической соды апробирована в производстве на СП "GOLDFIBER PRO" (Справка № 04/13-2255 от 12 августа 2024 года Ассоциации предприятий промышленности строительных материалов Узбекистана). В результате доказана возможность производства стеклокристаллических плиток без использования нуклеатора кристаллизации, обладающих высокими физико-химическими свойствами, устойчивые к внешним воздействиям;

Технология производства цветных стекол в системе базальт-кварц-сода апробирована в производстве на СП «GOLDFIBER PRO» (Справка № 04/13-2255 от 12 августа 2024 года Ассоциации предприятий промышленности строительных материалов Узбекистана). В результате получены цветные стекла широкой гаммы с плотностью 2512-2537 кг/м<sup>3</sup>, коэффициентом линейного теплового расширения 87-140 К<sup>-1</sup>, поверхностным натяжением 3,04-3,61 н/см.

**Апробация результатов исследования.** Результаты исследования обсуждались в виде докладов на 6 международных и 2 республиканских научно-технических конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** Всего по теме диссертации опубликовано 12 научных работ, из них 1 опубликована в международном издании, 2 опубликованы в республиканских журналах, рекомендованных ВАК РУз. Республики Узбекистан: 3 в республиканских и 1 в зарубежных журналах.

**Структура и объем диссертации.** Структура диссертационной работы состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 109 страниц, 13 таблиц и 19 рисунков.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во **введении** описывается актуальность и востребованность исследовательской работы, цели и задачи, объекты и предметы диссертационной работы, указывается связь исследовательской работы с приоритетными направлениями развития науки и техники Республики, излагается научная новизна и практические результаты исследования, раскрывается научно-практическая значимость полученных результатов, приводятся данные о получении опытных партий по исследовательской работе, приведены опубликованные работы и сведения о структуре диссертации.

В первой главе под названием **«Современное состояние производства цветного стекла и стеклокристаллических материалов»** описывается сырьевая база для производства цветного стекла и стеклокристаллических материалов, технологии их извлечения, получения стекла с использованием красящих компонентов и промышленных отходов, освещены возможности получения различных цветных стекол с использованием горных пород, проанализированы научные исследования мировых ученых по получению стеклокристаллических материалов на основе базальтовых пород за последние годы и установлено, что проблемы в этой области недостаточно решены и требуют более масштабных исследований. На основании этого были определены цели и задачи исследования.

Во второй главе диссертации **«Методы исследования, применяемое оборудование и сырье»** представлены экспериментальные методы испытаний по государственным стандартным требованиям при определении состава, структуры и физико-химических свойств отобранного сырья и полученных продуктов, а также используемые современные рентгенофлуоресцентные, рентгенографические, ИК спектроскопические, дифференциально-термические, электронные микроскопические методы анализа.

В третьей главе диссертационной работы под названием **«Синтез цветного стекла и стеклокристаллических материалов на основе базальта Осмонсайского месторождения»** представлены результаты исследования химико-минералогический состав базальта месторождения Осмонсай, определения области стеклообразования в системе базальт-кварц-сода и физико-химические свойства синтезированного стекла, способности к кристаллизации, фазовые изменения в стекле при термической обработке, свойства полученных стеклокристаллических материалов.

Результаты усредненного химического анализа базальтов месторождения Осмонсай представлены в таблице 1.

**Таблица 1**

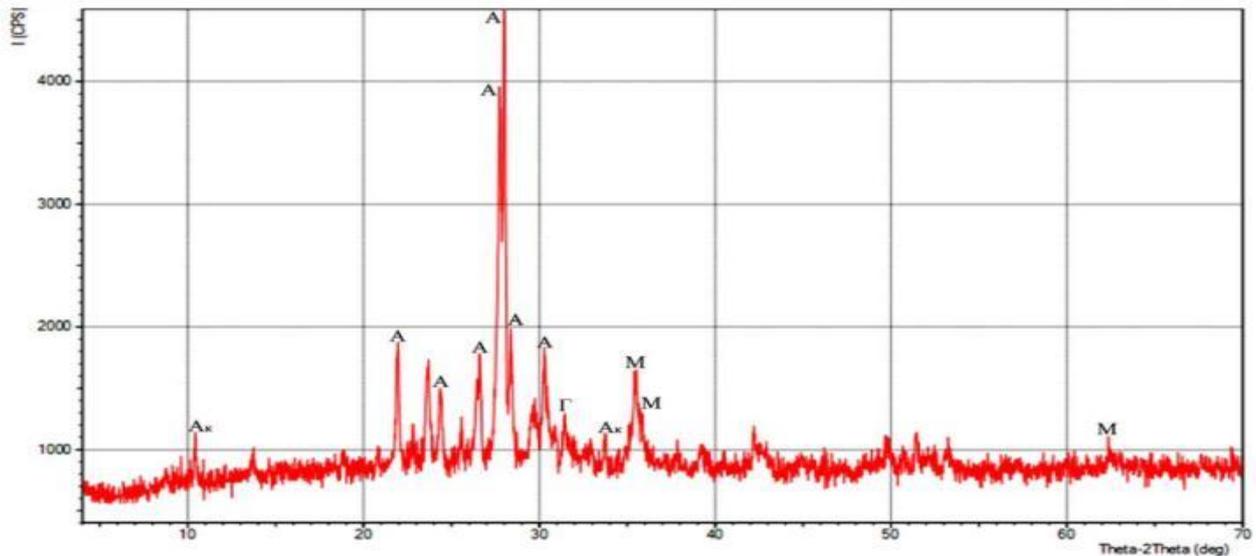
### **Химический анализ базальтов месторождения Осмонсай**

Массовое содержание оксидов, масс %:
--------------------------------------

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub>	п.п.п.
47,14	16,98	10,73	9,59	4,52	3,54	1,09	1,87	0,05	0,06	0,2	0,17	4,06

По результатам исследований установлено, что по количеству SiO<sub>2</sub> в составе базальта Османсайского месторождения порода можно отнести к основной. По химическому составу порода отличается от базальтов некоторых регионов мира большим количеством Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

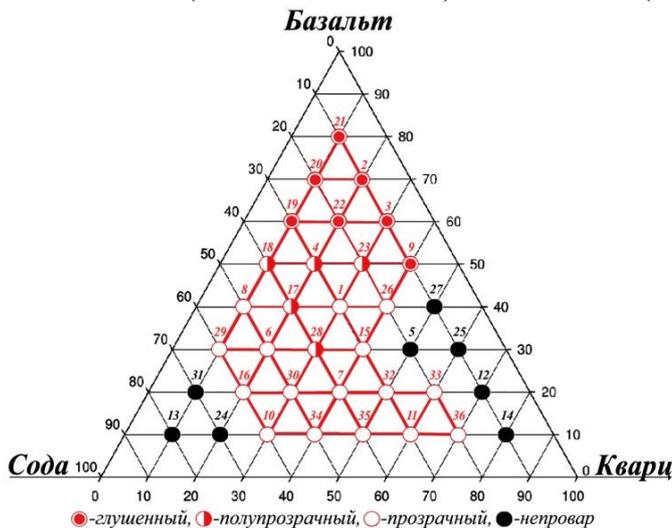
Фазовый состав базальтовой породы, полученный на основе рентгенографического анализа, представленной на рисунке 1.



А-анортит, Ак-актинолит, Г-гоннардит, М-магнетит.

**Рисунок 1. Дифрактограмма исходной горной породы.**

Результаты анализа полученной дифрактограммы показали наличие в составе базальта Османсайского месторождения анортита ( $d = 4.03; 3.20; 3.14 \text{ \AA}$ ), актинолита ( $d = 2.74; 2.52; \text{ \AA}$ ), магнетита ( $2.97, 2.95, 2.96 \text{ \AA}$ ).



**Рисунок 2. Область стеклообразования в системе базальт-кварц-сода.**

Область стеклообразования изучена с использованием местной сырьевой системы базальт осмонсай, кварцевый песок самаркандский и техническая сода. На рисунке 2 представлена диаграмма области стеклообразования в системе базальт-кварц-сода. Как видно из приведенной диаграммы, область стеклообразования в этой системе широкая, границы ее следующие, мас. %: 10-80 базальт; 10-70 кварцевый песок; 10-60 сода.

Исследования, проведенные в системе базальт-кварц-сода, показали, что при увеличении содержания

базальта в интервале до 50-80% можно получить глушеное стекло, полупрозрачное стекло за счет увеличения содержания кварцевого песка в интервале 10-30% и соды в интервале 20-40%, прозрачное стекло за счет увеличения содержания соды до 50-60% и кварцевого песка от 40% до 70%.

Установлено, что при содержании в



системе более 70% кварцевого песка и соды стекло не образуется. На рисунке 3 показаны образцы синтезированных стекол.

### Рисунок 3. Стекло, синтезированное в системе базальт-кварц-сода.

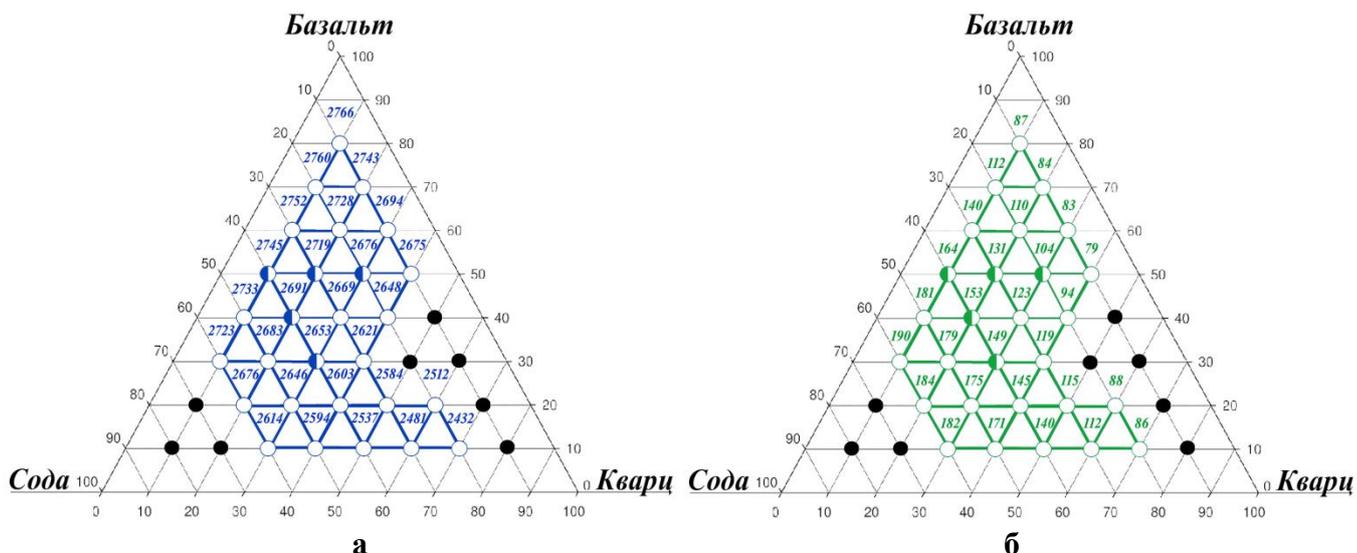
Рентгенофазовый анализ синтезированных стекол подтвердил, что во всех стеклах отсутствует кристаллическая фаза.

Как видно из приведенной диаграммы изменение состава стекла существенно влияет на его цвет (рис. 3). Цветовая гамма включает черный, насыщенный голубой и зеленый, оттенки коричневого и желтого.

Были проанализированы физико-химические свойства стекол, полученных в системе базальт–кварц–сода, в том числе плотность, термический коэффициент линейного расширения (ТКЛР), поверхностное натяжение, показатель преломления, модуль упругости, термическая и морозо- и химическая стойкость. На рисунке 4 представлены зависимости некоторых свойств от состава стекла.

По результатам анализа, в стеклах, синтезированных в системе базальт-кварц-сода, с увеличением количества соды в содержании увеличивается ТКЛР и снижается плотность стекла, термостойкость, морозостойкость и химическая стойкость, что, в свою очередь, является результатом увеличения содержания  $\text{Na}_2\text{O}$  в стекле.

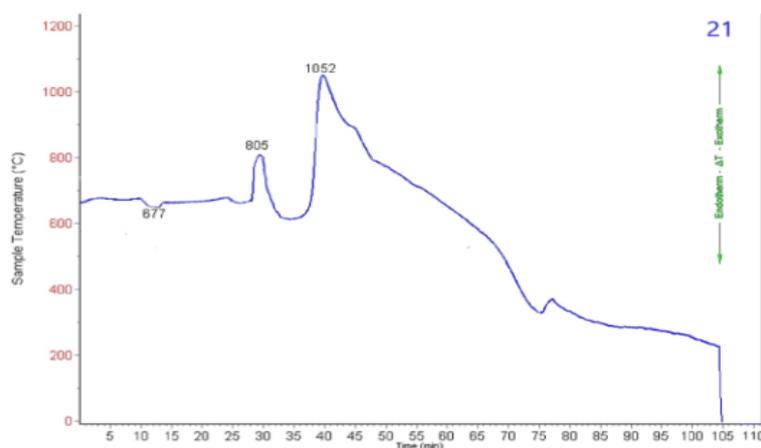
С увеличением количества базальта в системе увеличивается плотность стекол и снижается ТКЛР, повышается термостойкость, морозостойкость и химическая стойкость. Увеличение количества кварцевого песка влияет на показатели ТКЛР и плотности синтезированного стекла, вызывая их снижение, а также повышает термическую и морозостойкость, а также химическую стойкость.

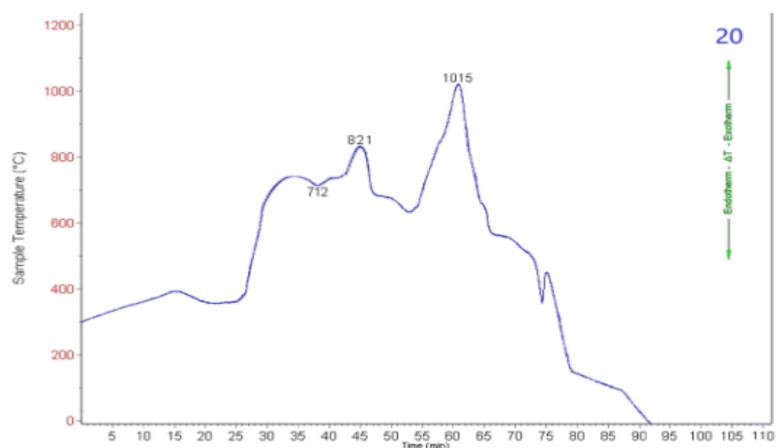


**Рисунок 4. Зависимость плотности, кг/м<sup>3</sup> (а) и ТКЛР, К<sup>-1</sup> (б) стекол, от состава стекла.**

Свойства стекол изменяются в таких пределах: ТКЛР –  $79...119 \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$ ; плотность –  $2481...2766 \text{ кг/м}^3$ ; поверхностное натяжение –  $3,02...3,61 \text{ Н/см}$ ; показатель преломления –  $1,462...1,482$ ; модуль упругости –  $6,25...6,51 \text{ Мпа}$ ; механическая прочность на изгиб –  $33...55 \text{ Мпа}$ ; термическая стойкость –  $230...260 \text{ }^\circ\text{C}$ ; морозостойкость –  $33...40$  циклов; химическая стойкость –  $96,19...98,75\%$  в концентрированной кислоте  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ;  $97,73...98,00$  в концентрированной соляной кислоте. Полученные показатели полностью соответствуют требованиям ГОСТ Р 54169-2010.

С целью определения температур образования кристаллических центров полученные стекла подвергались процессу дифференциального термического анализа (рис. 5). Термограммы образцов стекол показали 3 термических эффекта. В образце состава 20 был обнаружен эндоэффект  $712 \text{ }^\circ\text{C}$ , экзоэффекты при температурах  $821$  и  $1015 \text{ }^\circ\text{C}$ , а в образце 21 – эндоэффект  $677 \text{ }^\circ\text{C}$ , экзоэффекты при температурах  $805$  и  $1052 \text{ }^\circ\text{C}$ .





**Рисунок 5. Термограмма проб стекла, полученных в системе базальт–кварц–сода**

На основании полученных результатов сделано предположение, что кристаллизация стекла осуществляется в две стадии: Первая стадия при в интервале температур 600 – 800 °С – образование кристаллических центров и вторая стадия при температуре порядка 1050 °С – рост кристаллов. С учетом полученных результатов анализа изучалась кристаллизационная способность стекол методом массовой кристаллизации (табл. 2).

**Таблица 2**

**Кристаллизационная способность стекол, полученных в системе базальт-кварц-сода**

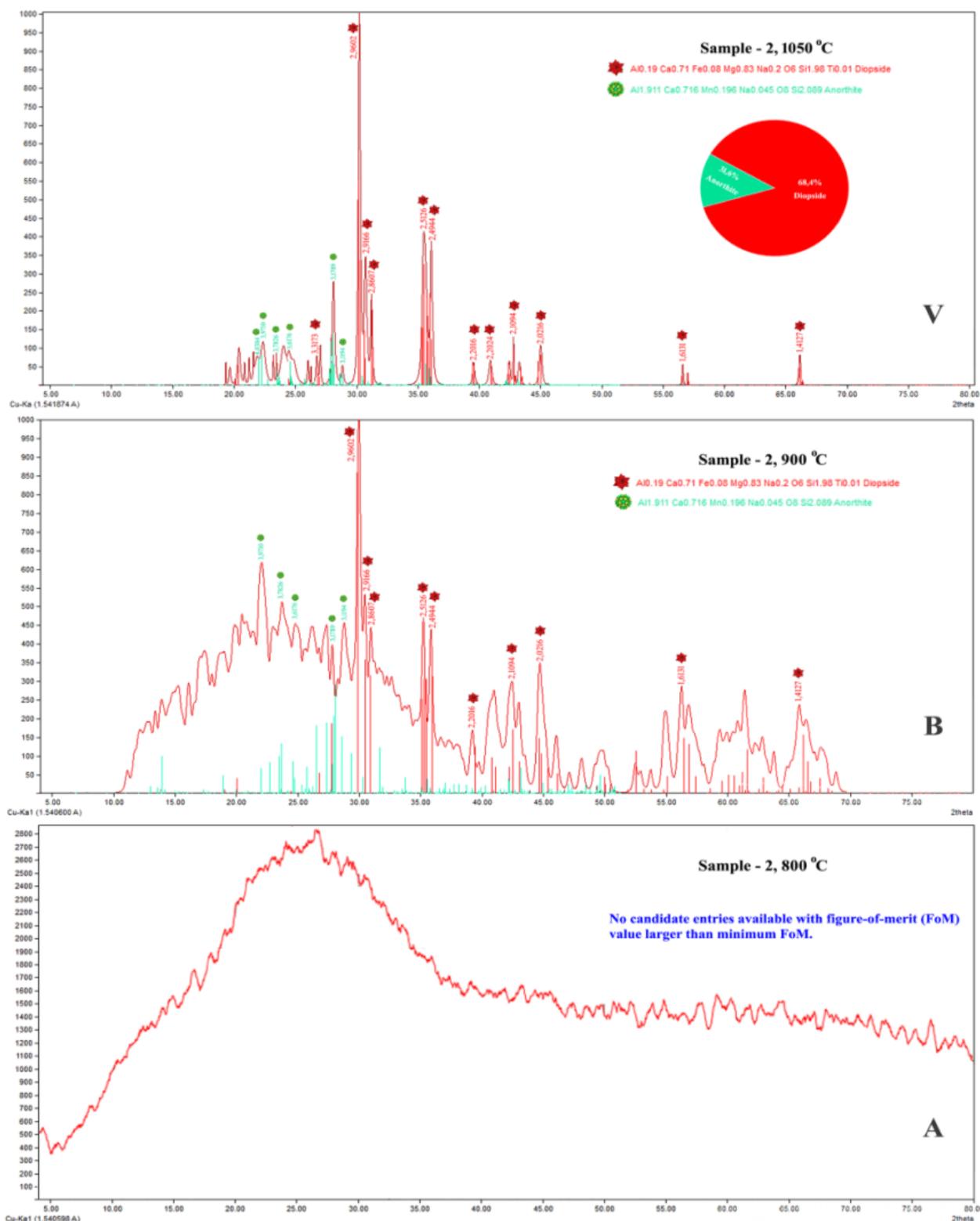
Индекс стекла	Степень кристаллизации под воздействием температуры					
	600 °С	700 °С	800 °С	900 °С	1000 °С	1050 °С
2						
3						
9						
11						
15						
20						
21						
22						
23						
26						
32						
33						

Примечание:  - отсутствие;  - кристаллизация поверхностная в отдельных областях;  - поверхностная кристаллизация в виде сплошного тонкого покрытия;  - поверхностная кристаллизация в виде частично распределенной толстой оболочки;  - распределение кристаллизации по объему образца не менее 50-60%;  - плавление;  - полная объемная кристаллизация.

Кристаллизационную способность стекол изучали путем термической обработки в интервале температур 600–1050 °С, время выдержки составляло 1 час. В результате проведенных экспериментов установлено, что образцы, №2, №3, №9, №20 и №21 полностью кристаллизуются при температуре 1050 °С. Образец № 22 условно полностью закристаллизовался при температуре 1000 °С, при повышении температуры наблюдался процесс плавления.

Из анализов кристаллизационной способности стекол, синтезированных в системе базальт-кварц-сода, установлено образование кристаллических центров в образцах стекол при температуре 700 °С и полная кристаллизация при температуре 1050 °С.

Результаты рентгенофазового анализа показали, что в образцах стекла №2 при термообработке при температурах 800 °С, 900 °С и 1050 °С произошли фазовые изменения – полное исчезновение аморфной фазы и образование диопсида и анортита после воздействия 1050 °С (рис. 6). Количество кристаллических фаз диопсида – 68,4% и анортита – 31,6%.



**Рисунок 6. Дифрактограммы стекла состава, кристаллизованного при температурах: А – 800 °С; В – 900 °С; V-1050 °С (★ диопсид, ● анортит).**

При термической обработке образцов стекла состава № 21 при температурах 800 °С и 1050 °С наблюдалось увеличение интенсивности фаз, относящихся к диопсиду, по сравнению с образцом состава № 2. Из представленных дифрактограмм видно, что уже при температуре 800

°Собразуются диопсид ( $d = 2,2166; 2,2890; 2,5351; 2,9850 \text{ \AA}$ ) и анортит ( $d = 3,087; 3,6529 \text{ \AA}$ ). Количество кристаллических фаз в закристаллизованном стекле состава 21 составляет 87,2% диопсида и 12,8% анортита соответственно. На снимке 7 представлена дифрактограмма природного диопсида, рефлексы которого во многом совпадают с рефлексами синтезированного кристаллизацией стекла.

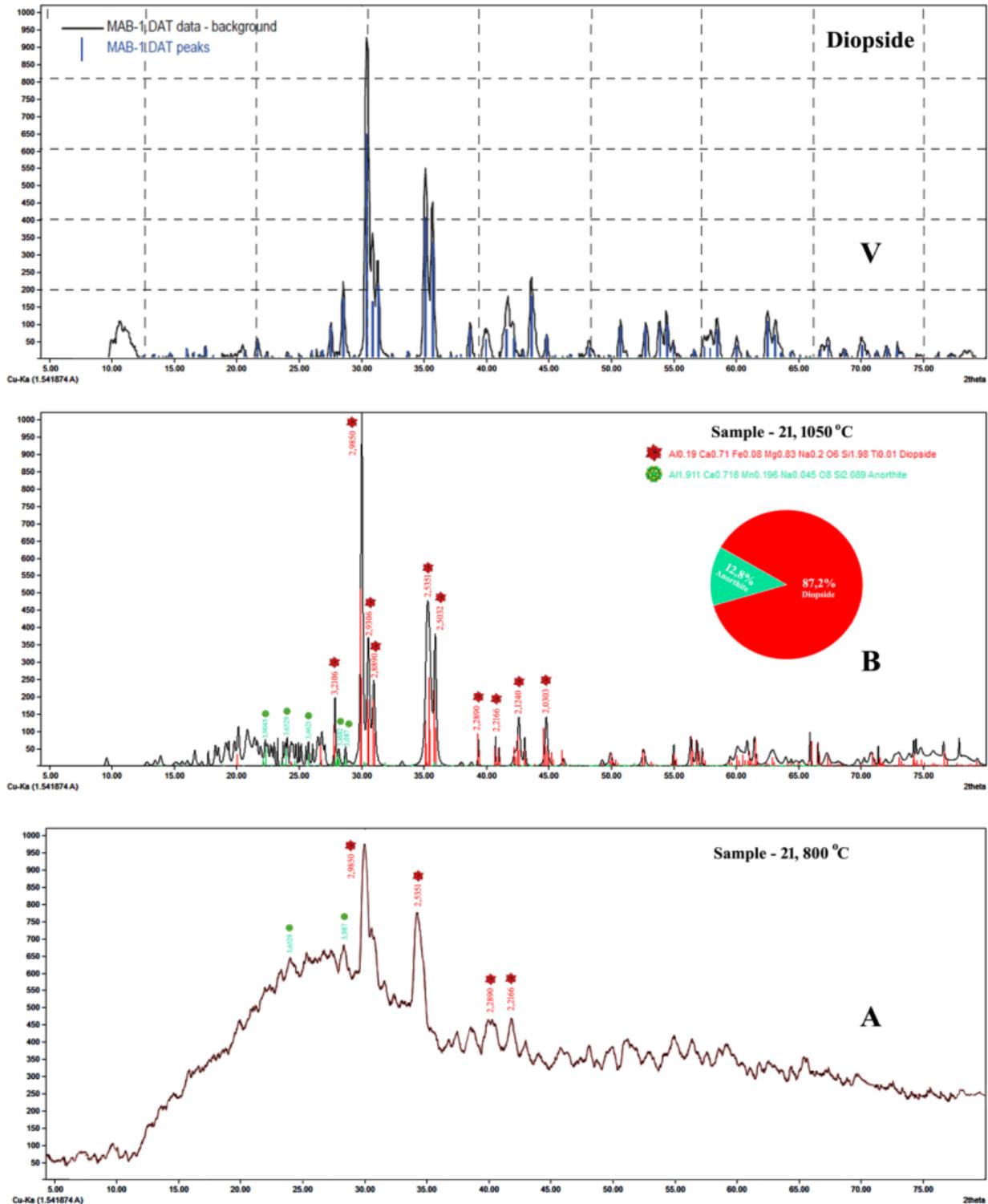


Рисунок 7. Дифрактограммы стекла состава №21, кристаллизованного при температурах: А – 800 °С; В – 1050 °С (★ диопсид, ★ анортит); V – минерал диопсид.

Физико-химические свойства стеклокристаллических образцов приведены в таблице 3.

Таблица 3

Физико-химические свойства стеклокристаллических образцов

№	Свойства	Составы						ГОСТ 13996-2019	
		2	3	9	20	21	22		
1	плотность, кг/м <sup>3</sup>	3089	3038	3010	2987	3100	2940	–	
2	ТКЛР·10 <sup>-7</sup> , К <sup>-1</sup>	55	57	58	60	53	64	–	
3	Предел прочности при изгибе, МПа	119	116	113	111	120	108	15-35	
4	Предел прочности при сжатии, МПа	794	762	745	720	810	700	–	
5	Водопоглощение, %	0,003	0,003	0,005	0,007	0,001	0,009	0,5	
6	Морозостойкость, цикл	137	134	129	116	145	112	100	
7	Химическая стойкость, %	конц. HCl	99,49	98,68	98,45	98,07	99,94	97,52	–
		конц. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	98,51	98,34	98,16	97,23	99,89	96,80	–

Степень кристаллизации стеклокристаллических плит определяется высокими показателями их плотности, а также низким значением ТКЛР. Результаты анализа показали, что плотность образцов стеклокристаллических материалов, полученных кристаллизацией стекла, синтезированного на основе Османсойского базальта, Самаркандского кварцевого песка и Кунградского соды, находится в интервале 2940 – 3100 кг/м<sup>3</sup>, а значение ТКЛР в диапазоне 53 – 64·10<sup>-7</sup>К<sup>-1</sup>. Эти показатели свидетельствуют о достаточной высокой степени кристаллизации образцов. Прочность на изгиб образцов стеклокристаллов, полученных по стекольной технологии, составляет 108 – 120 МПа, а прочность на сжатие находится в диапазоне 700 – 810 МПа. Из данных таблицы 3 видно, что закристаллизованное стекло характеризуется низкой величиной водопоглощения – менее 0,009%, высокой морозостойкостью – не менее 112 циклов и высокой кислотостойкостью (конц. HCl: 97,52 – 99,94%; конц. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>: 96,80 – 99,89%). Полученные показатели полностью соответствуют требованиям ГОСТ 13996-2019. В качестве оптимального состава выбран образец №21, обладающий лучшими свойствами.

Тонкая структура стеклокристаллического материала состава № 21 представлена на рисунках 7 и 8.

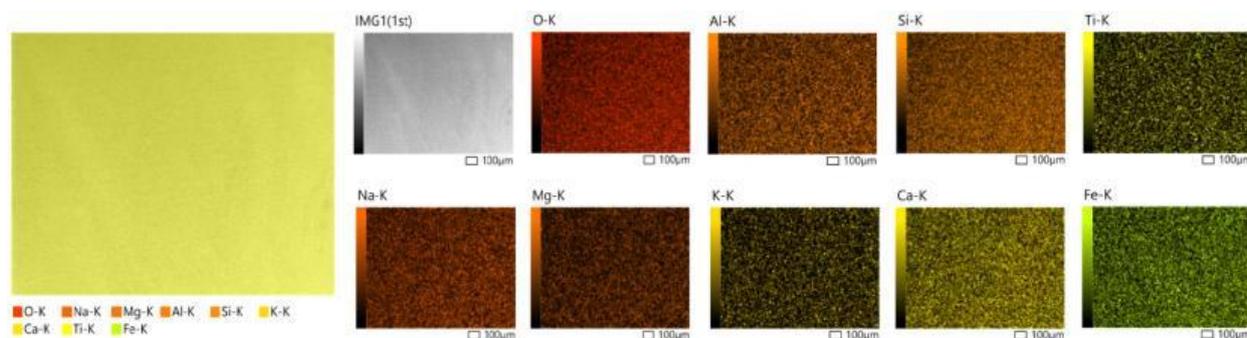
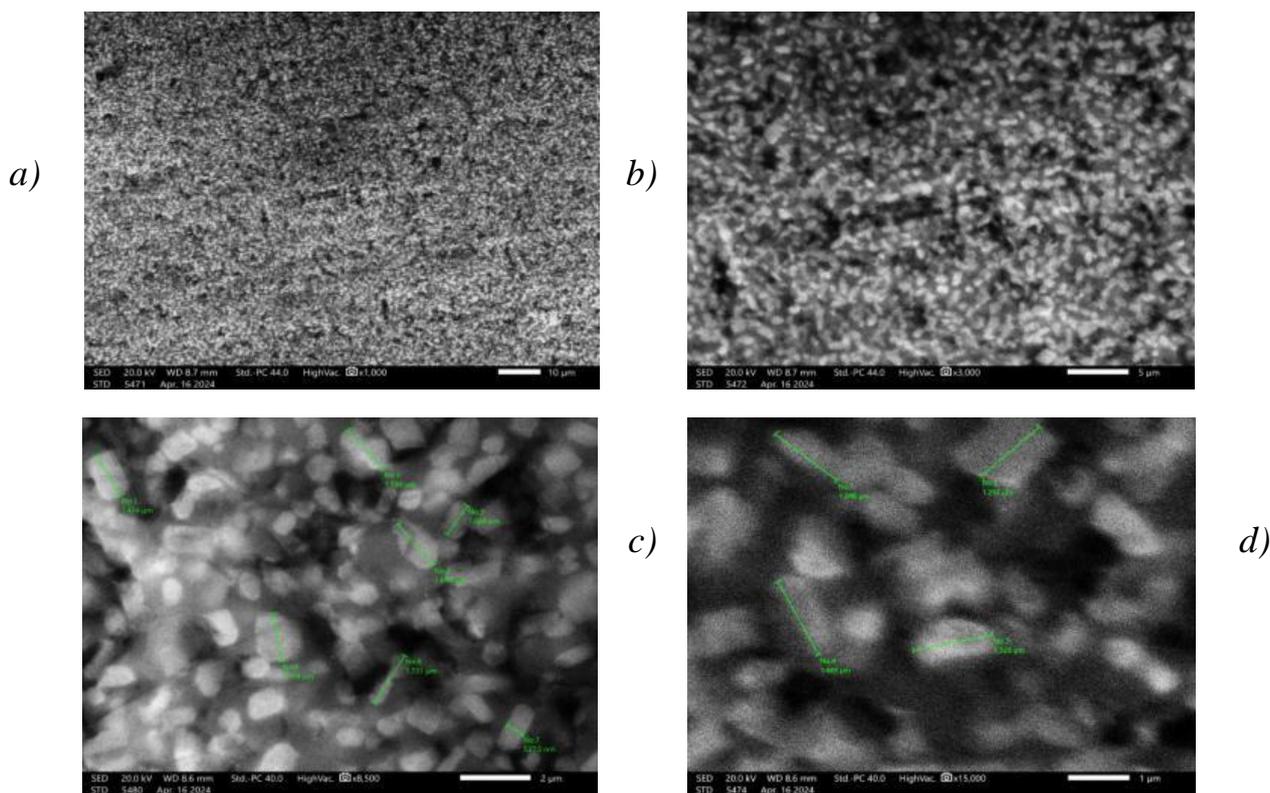


Рисунок 7. Распределение элементов в стеклокристаллическом образце состава №21.



**Рисунок 8. Микроструктура стеклокристаллического образца состава 21:**  
**a – x1000; b – x3000; c – x8500; d – x15000.**

Представленные снимки демонстрируют плотную структуру материала с равномерно распределенными элементами. По полученным снимкам установлено, что в структуре стеклокристаллического образца №21 размеры кристаллов диопсида и анортита находятся в небольшом диапазоне 1,2-1,5 мкм и что они сливаются в образце по всему объему в виде цепочки. Взаимное расположение кристаллов в образце в таком состоянии обеспечило ему высокие физико-химические и механические свойства.

В четвертой главе диссертации «**Разработка технологии получения цветного стекла и стеклокристаллических плит**» представлены разработанные технологические схемы получения цветного стекла и стеклокристаллических плит и показатели экономической эффективности производства готовой продукции. Также на основании полученных результатов показаны результаты работ, проведенных в рамках получения пробных партий цветного стекла и стеклокристаллической плитки в СП «GOLDFIBER PRO» Джизакской области.

По технологической схеме получения цветного стекла обработка сырья, подготовка шихты, варка стекла, формовка и охлаждение осуществляются следующим образом.

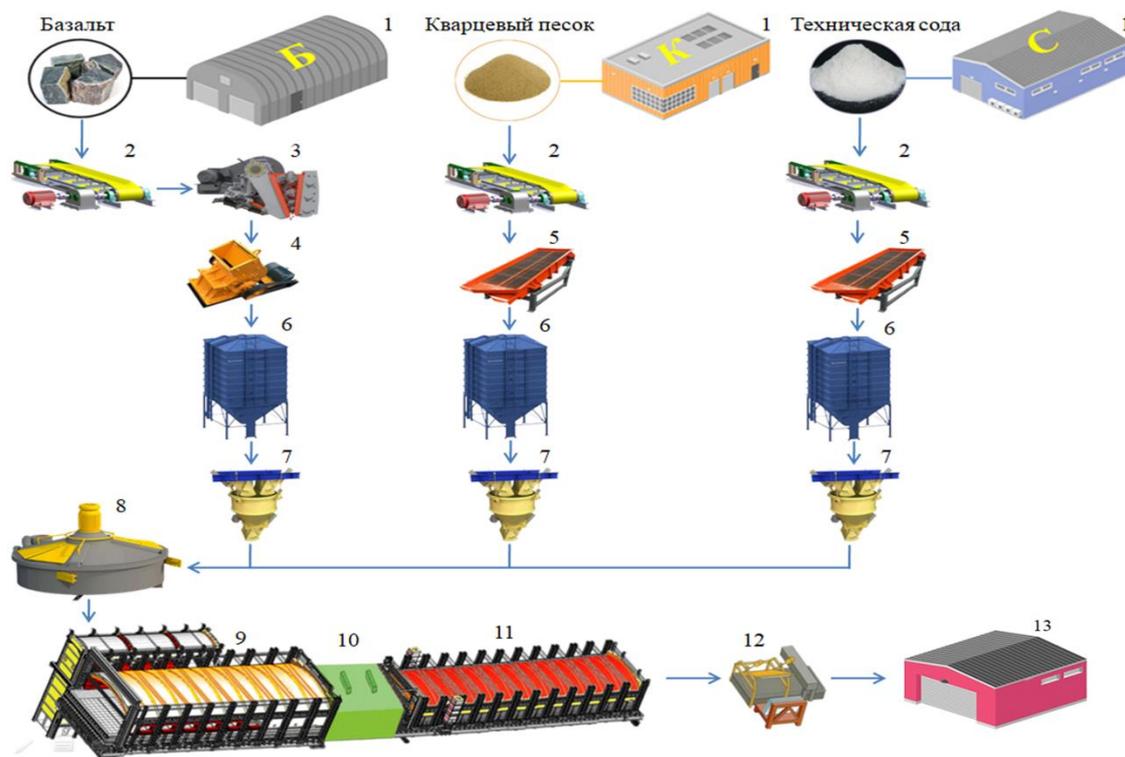
*Обработка сырья и притовление шихты.* Базальтовая порода со склада через ленточные конвейеры направляется на дробилки и сита. Крупные образцы базальтовой породы сначала измельчают на щековой дробилке, а затем на молотковой дробилке до размера 1 мм. Через вибросито пропускают кварцевый песок и техническую соду. Сырье в мелкодисперсном состоянии

выгружается в бункеры хранения. Сырье из бункеров хранения через бункера дозаторы в расчетных количествах поступают в смеситель для приготовления шихты, смесь увлажняет паром до 1-2% для получения брикета, затем направляют в печь.

*Варка стекла.* Варка стекла производится в ванной печи при температуре 1450 °С. После завершения процессов гомогенизации и осветления стекломассу направляют на формование.

*Формование и охлаждение.* Процесс формования стекломассы осуществляется в прессовом аппарате при температуре 1150 °С. Процесс охлаждения отформованного стекла осуществляется в печи при температуре 700 °С в течение 1 часа. Полученная стекловая продукция сортируется и отправляется на склад готовой продукции. Принципиальная технологическая система получения цветного стекла представлена на рисунке 9.

На основе разработанной технологической схемы в СП «GOLDFIBERPRO» получены пробные партии бутылок черного, зеленого и бирюзового цветов (акт СП «GOLDFIBERPRO» от 7 июня 2024 г.). Свойства полученного цветного стекла следующие: плотность – 2512-2766 кг/м<sup>3</sup>; ТКЛР – 87-88•10<sup>-7</sup> К<sup>-1</sup>; поверхностное натяжение – 3,04-3,61 Н/см; показатель преломления света – 1,471-1,476; модуль упругости – 6,46-6,74 МПа.

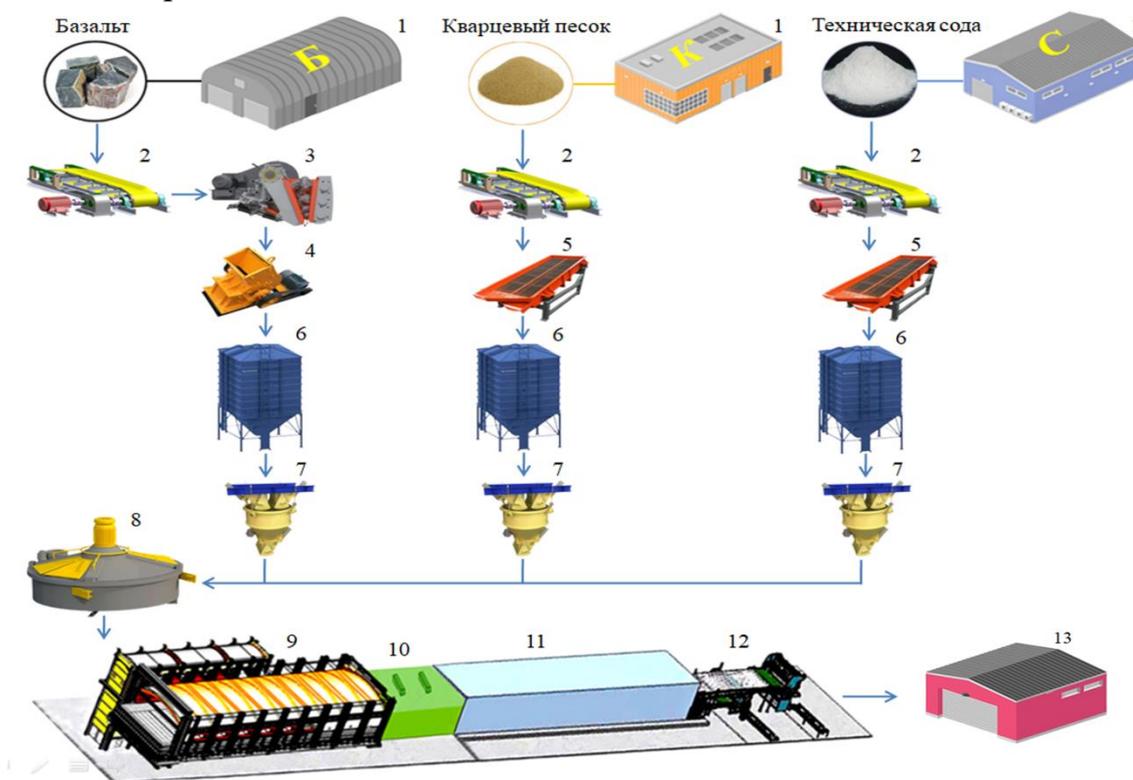


**Рисунок 9. Принципиальная технологическая схема получения цветного стекла:**

1 – склад сырья; 2 – ленточный конвейер; 3 – щековая дробилка; 4 – молотковая дробилка; 5 – вибросито; 6 – бункер хранения; 7 – дозатор; 8 – смеситель; 9 – варочный бассейн; 10 – формование; 11 – печь отжига; 12 – сортировка; 13- склад готовой продукции.

На основе полученных результатов рекомендовано СП «GOLDFIBERPRO» использовать цветное стекло для декоративной отделки наружных и внутренних интерьеров зданий и сооружений.

Расчетная себестоимость производства цветного стекла (мозаики) предлагаемого состава в 4 раза меньше традиционно получаемого с добавлением красящих компонентов.



**Рисунок 10. Принципиальная технологическая система изготовления стеклокристаллических плиток по стекольной технологии:**

1 – склад сырья; 2 – ленточный конвейер; 3 – щековая дробилка; 4 – молотковая дробилка; 5 – вибросито; 6 – бункер хранения; 7 – дозатор; 8 – смеситель; 9 – варочный бассейн; 10 – пресс; 11 – печь кристаллизации; 12 – сортировка; 13 – готовая склад продукции.

В технологической схеме получения стеклокристаллических плит этапы варки стекла формования плит совпадают с этими этапами технологии получения цветного стекла. Формование осуществляется при температуре 1150 °С, далее в конвейерной кристаллизационной печи плитки кристаллизуются в 2 этапа. Первый этап процесса кристаллизации осуществляется при температуре 800 °С (выдержка 1 час), второй этап-при температуре 1050 °С (2-й час). Принципиальная технологическая система получения стеклокристаллических плит представлена на рисунке 10.

На основе разработанных технологических систем в СП «GOLDFIBER PRO», расположенном на территории Форишского района города Джизак, были получены пробные партии стеклокристаллической плитки (акт СП «GOLDFIBER PRO» от 7 июня 2024 года). Полученная стеклокристаллическая плитка имеет плотность 3100 кг/м<sup>3</sup>, прочность на изгиб 120 Мпа. Полученный материал рекомендовано использовать для фасадных и напольных частей зданий и сооружений.

На основе расчетов установлено, что стоимость 1м<sup>2</sup> стеклокристаллической плитки разработанного состава, полученной по предлагаемой технологической схеме, в 7 раз дешевле по сравнению с ценой стеклокристаллической плитки, китайского производства.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В системе базальт-кварц-сода без использования красящих добавок на основе местного сырья синтезированы стекла коричневого, черного, бирюзового, зеленого, бледно-желтого и желтого цвета.

2. Доказана способность, содержащихся в базальте Осмонсайского месторождения количеств 1,87%  $TiO_2$ , 10,73%  $Fe_2O_3$  действовать в качестве зародышеобразования в процессе кристаллизации стекол, полученных в системе базальт-кварц-сода.

3. Исследование зависимости физико-химических свойств стекол, полученных в системе базальт-кварц-сода показало, что увеличение количества базальта и кварцевого песка приводит к увеличению плотности стекла, термостойкости, морозостойкости и кислотостойкости, уменьшению термического коэффициента линейного расширения, в то время как увеличение количества технической соды приводит ухудшению всех свойств.

4. Физико-технические свойства синтезированных цветных стекол в том числе плотность 2481-2766  $кг/м^3$ , ТКЛР  $79-119 \cdot 10^{-7} K^{-1}$  термостойкость 240-260  $^{\circ}C$ , морозостойкость 34-40 циклов, соответствует требованиям ГОСТ 54169-2010.

5. Синтезированные стеклокристаллический материал по физико-химическим показателям: плотность – 2940-3100  $кг/м^3$ , термический коэффициент линейного расширения –  $53-64 \cdot 10^{-7} K^{-1}$ , прочность на изгиб – 108-120 МПа, прочность на сжатие – 700-810 МПа, водопоглощение – 0,001-0,009%, морозостойкость – 112-145 циклов соответствует требованиям ГОСТ 13996-2019.

6. Стеклокристаллические материал на основе базальта Осмонсайского месторождения имеет тонкодисперсную поликристаллическую структуру, что обеспечивает высокие физико-химические показатели благодаря образованию кристаллов диоксида и анортита с размерами в пределах 1,2-1,5 мкм.

7. Разработана технологическая схема получения цветного стекла на основе базальта Осмонсайского месторождения, обеспечивающая снижение стоимости 1  $м^2$  по сравнению с идентичной продукцией, полученной по классической технологии с добавлением красящих веществ, в 4 раза. Внедрение технологии может обеспечить годовую экономию в размере 11 млрд сум.

8. Разработана технологическая схема получения стеклокристаллической фасадной плитки на основе базальта Осмонсайского месторождения. Стоимость стеклокристаллической плитки, полученной по предлагаемой технологической схеме, в 7 раз дешевле стоимости аналогичной импортной. При внедрении технологии в производство 32000  $м^2$  продукции в год можно получить экономию порядка 12 млрд сум.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARDING SCIENTIFIC DEGREES OF  
DSC.03/30.12.2019.T.04.01 UNDER TASHKENT INSTITUTE OF CHEMICAL  
TECHNOLOGY**

---

**TASHKENT INSTITUTE OF CHEMICAL-TECHNOLOGY**

**RUZMATOV ELDOR IKROM UGLI**

**DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR PRODUCING COLORED  
GLASS AND GLASS-CERAMIC FACADE TILES BASED ON BASALT  
FROM THE OSMONSAY DEPOSIT**

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

**DISSERTATION ABSTRACT OF DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD) THESIS  
ON ENGINEERING SCIENCE**

**Tashkent – 2024**

The topic of the Doctor of Philosophy (PhD) dissertation on engineering sciences was registered by the Supreme Attestation Commission under No. B2024.3.PhD/T4806

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

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

Scientific adviser:

**Aripova Mastura Khikmatovna**  
Doctor of Technical Sciences, Professor

Official opponents:

**Yunosov Mirjalil Yusupovich**  
Doctor of Technical Sciences, Professor

**Jumaniyazov Khurmat Palvannazirovich**  
Doctor of Philosophy of Technical Sciences  
(PhD), Docent

Leading organization:

**Jizzakh Polytechnic Institute**

The defense of the dissertation will take place on <sup>19.11</sup> 2024 at <sup>11.00</sup> at the meeting of the Scientific Council DSc.03/30.12.2019.T.04.01 at the Tashkent Institute of Chemical Technology. (Address: 100011, Tashkent, Shaykhontokhur district, A. Navoi st., 32. Tel.: (99871) 244-79-20, fax: (99871) 244-79-17, e-mail: [tkti\\_info@edu.uz](mailto:tkti_info@edu.uz), Administrative building of the Tashkent Institute of Chemical Technology, 2nd floor, conference hall).

The dissertation can be found at the Information and Resource Center of the Tashkent Institute of Chemical Technology (registered under the number 237). Address: (100011, Tashkent, Shaykhontokhur district, A. Navoi street, 32. Tel.: (99871) 244-79-20).

The abstract of the dissertation has been distributed on <sup>26.10</sup> 2024 y.  
(Mailing report № 421 on <sup>26.10</sup> 2024y.).



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

*[Signature]*  
**Kh.I. Kadyrov**  
Secretary of the Academic Council on awarding scientific degrees, doctor of technical sciences, professor

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

## INTRODUCTION (Abstract of doctoral dissertation)

**The aim of the research work:** development of technology for producing colored glass and glass-ceramic tiles based on basalt from the Osmonsay deposit.

**The object of the research work:** basalt from the Osmonsay deposit, glass and glass-ceramic tiles in the basalt-quartz-soda system.

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

the region of glass formation in the basalt–quartz–soda system at a temperature of 1450 ° C, limited by concentrations: 10-80% basalt; 10-70% quartz sand, 10-60% soda;

The dependence of the “composition-property-color” of glasses of various colors obtained without coloring additives based on the Osmonsay basalt deposit has been established;

the conditions of glass crystallization without the addition of crystallization nucleators in the basalt-quartz-soda system are determined, the possibility of controlling the properties and structure of glass-ceramic materials is proved;

a uniform distribution of diopside and anorthite crystals over the entire volume in the structure of glass-ceramic samples with particle sizes of 1.2-1.5 microns has been established;

A technology has been developed for the production of glass-ceramic tiles based on Osmonsay basalt with the following properties: density 2940-3100 kg/m<sup>3</sup>, coefficient of linear thermal expansion 53-64 K<sup>-1</sup>, mechanical bending strength 108-120 MPa, mechanical compressive strength 700-810 MPa, water absorption 0.001-0.009%, frost resistance 112-145 cycle.

**Implementation of the research results.**Based on the obtained scientific results on the development of technology for the production of colored glass and glass-ceramic materials:

The technology of production of glass-ceramic materials based on the Osmonsay deposit basalt, Samarkand quartz sand and Kungrat technical soda has been tested in production at the joint venture “GOLDFIBER PRO” (Reference No. 04/13-2255 dated August 12, 2024 of the “Association of Enterprises of the Building Materials Industry of Uzbekistan”). As a result, the possibility of producing glass-ceramic tiles without the use of a crystallization nucleator with high physico-chemical properties resistant to external influences has been proved;

The technology of production of colored glasses in the basalt-quartz-soda system has been tested in production at the joint venture “GOLDFIBER PRO” (Reference No. 04/13-2255 dated August 12, 2024 of the “Association of Enterprises of the Building Materials Industry of Uzbekistan”). As a result, colored glasses of a wide range with a density of 2512-2537 kg/m<sup>3</sup>, a linear thermal expansion coefficient of 87-140 K<sup>-1</sup>, and a surface tension of 3.04-3.61 n/cm were obtained.

**The structure and volume of the dissertation.**The structure of the dissertation work consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references and appendices. The volume of the dissertation is 109 pages, 13 tables and 19 figures.

**E'LONQILINGAN ISHLAR RO'YXATI**  
**СПИСОК ПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**

**I bo'lim (I часть; I part)**

1. Ruzmatov E. I., Aripova M. Kh. Development of colored glass compositions based on basalt of the Osmonsay deposit // Glass and ceramics. 2024. Vol. 81.-P.186–189.
2. E.I. Ruzmatov., M.X. Aripova, B.R. Ruzibayev. Bazalt-kvarts-soda tizimida sintez qilingan shishalarning kristallanish qobiliyatini o'rganish // Chemistry and chemical engineering, (3) 2024, -P. 27–32. (02.00.00 №3).
3. Рузматов Э. И., Арипова М. Х. Синтез декоративного стекла на основе базальта Осмонсайского месторождения // Химия и химическая технология. (4) 2022,-С. 3–8.(02.00.00 №3).
4. E.I. Ruzmatov., Aripova M.X. Study of the mineralogical composition of glass-ceramic material synthesized on the basis of basalt // Research Focus International Scientific Journal, Uzbekistan. Volume 2, Issue 12, 2023, -P. 12-15
5. E.I. Ruzmatov., Aripova M.X. Significance of studying composition of Osmonsoy basalt // Web of scientist: International scientific research journal. ISSN: 2776-0979, Volume 3, Issue 11, Nov., 2022, -P. 1259-1263.

**II bo'lim (II часть; II part)**

6. E.I. Ruzmatov., Aripova M.X. Study of various basalt and ready-made products that can be obtained from basalt in the different continents of the world // Science and innovation in the education system, Italy, T. 2, Issue 13, 2023, -P. 21–25.
7. Арипова М. Х., Рузматов Э. И. Кварц–Базальт–Сода системаси асосида шиша намуналарини синтез қилиш // Ilm-fan va innovatsiya. Respublika ilmiy-amaliy konferensiyasining 2023 yil 9-soni, Tashkent, Uzbekistan, -B. 93-95.
8. Aripova M.X., E.I. Ruzmatov. Dekorativ kompozitsiyalar uchun rangli shishalar sintezi // “Kompozitsion, korroziyaga qarshi va qurilish materiallarini mahalliy xom ashyolar hamda sanoat chiqindilari asosida olishning innovatsion texnologiyalari” Respublika ilmiy-amaliy konferensiyasi. O'zbekiston Respublikasi, Jizzax shahri, 26-aprel 2024 yil, -B. 38-40.
9. Арипова М. Х., Рузматов Э. И. Синтез цветных стекол на основе базальта месторождения Осмонсай // “WOMEN IN STEM” International festival. Tashkent, February 13 – 15, 2024, -P. 71-12.
10. Арипова М. Х., Рузматов Э. И. Исследование синтеза стеклокристаллических материалов на основе базальт Осмонсайского месторождения // Международная научная неделя «Устойчивое развитие и зеленая экономика» 20-25 мая 2024 года, Ташкент, Узбекистан,-С. 44-46.

11. Aripova M.X., E.I. Ruzmatov. To study the composition of osmonsoy basalt for obtaining decorative glass and glass crystal materials // Proceedings of the international scientific and technical conference, dedicated to the "International year of glass" May 26-29, 2022, Tashkent, Uzbekistan, -P. 60-61.
12. Арипова М. Х., Рузматов Э. И. Синтез декоративного стекла на основе базальта «Османсайкого месторождения» // «Функциональные стекла и стеклообразные материалы: Синтез. Структура. Свойства» GlassSPschool 3-7 октября 2022 года Санкт-Петербург, Россия. -С.93-94

Avtoreferat “Kimyo va kimyo texnologiyasi” jurnali tahririyatida tahrirdan o‘tkazilib, o‘zbek, rus va ingliz tillaridagi matnlar o‘zaro muvofiqlashtirildi.

Bosishga ruxsat etildi «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_2024 y.  
Bichimi:  $60 \times 84^{1/16}$ . Raqamli bosma usuli. Times garniturası.  
Shartli bosma tabog'i: 2,75. Adadi \_\_\_\_\_. Buyurtma № \_\_\_\_\_.

Guvoxnoma reestr № \_\_\_\_\_ - \_\_\_\_\_  
«Toshkent kimyo texnologiya instituti» bosmaxonasida chop etilgan.  
Bosmaxona manzili: 100011, Toshkent sh., Navoiy ko'chasi, 32-uy.





