

ADINAYEV XIDIR ABDULLAYEVICH

**PbO-SiO₂ SISTEMASI
ASOSIDA BEZATISH VA
TEXNIK MAQSADLAR UCHUN
RANGLI SHISHA VA
SHISHAKRISTALL
MATERIALLARINING SINTEZI**



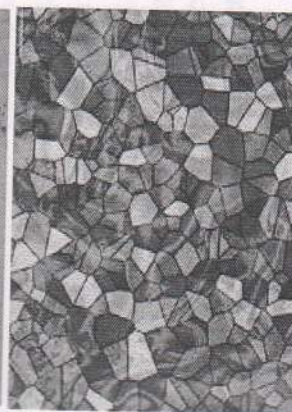
MONOGRAFIYA

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIV TA'LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI
DENOV TADBIRKORLIK VA PEDAGOGIKA INSTITUTI

ADINAYEV XIDIR ABDULLAYEVICH

$PbO-SiO_2$ SISTEMASI ASOSIDA BEZATISH VA TEXNIK
MAQSADLAR UCHUN RANGLI SHISHA VA SHISHAKRISTALL
MATERIALLARINING SINTEZI

MONOGRAFIYA



UO'K 666.11

KBK 35.712

A 31

Adinayev X.A. PbO-SiO₂ sistemasi asosida bezatish va texnik maqsadlar uchun rangli shisha va shishakristall materiallarining sintezi [matn]:- Denov: "Lochin ta'lim" nashriyoti, 2026. - 170 b.

Ushbu monografiya PbO-SiO₂ sistemasiga asoslangan yangi, past haroratda pishuvchi va yuqori nur sindirish ko'rsatkichiga ega bo'lgan shishalar, mikroshariklar sintezi hamda ular asosida avtotransport vositalari uchun aks ettiruvchi yo'l belgilarini loyihalash masalalari muhokama qilinadi. Bundan tashqari, rangli shishalar olish, badiiy bezak pannolari va vitrajlar tayyorlash hamda shishakristall (sital) materiallarini sintez qilish masalasi ham hal etiladi.

Monografiya qo'shimchalarsiz va B₂O₃, Na₂O, CaO va Al₂O₃ qo'shimchalari bilan PbO-SiO₂ sistemasi asosidagi shishalarning sintez sharoitlarini eksperimental va nazariy jihatdan aniqlash, texnologik parametrlarini belgilash va fizik-kimyoviy xususiyatlarini aniqlash natijalari keltirilgan. Shuningdek, rangli shishalar ishlab chiqarish uchun Cr₂O₃, Mn₂O₃, Fe₂O₃, Ni₂O₃ xromofor oksidlari qo'shimchalaridan va noyob yer elementlari oksidlaridan foydalangan holda rangli shishalar ishlab chiqarish hamda PbO-SiO₂ sistemasiga noyob yer elementlari oksidlari va an'anaviy nukleatorlarni qo'shib shishakristall (sital) materiallarini sintez qilish va kristallanish markazlarini aniqlash bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

Monografiya oliy o'quv yurtlarining kimyoviy texnologiya ta'lim yo'nalishlaridagi bakalavr va magistratura mo'ljallangan. Bundan tashqari, tadqiqotchilar, doktorantlar, ishlab chiqarish sohasidagi muhandis-texnologlar va texnik xodimlar ham foydalanishlari mumkin.

Mas'ul muharir: t.f.d., prof. Qosimova S.S.

Taqrizchilar:

Xo'jamqulov Saxomiddin Zairovich – Termiz muhandislik va agrotekhnologiyalar universiteti, Kimyo muhandisligi kafedrasida dotsent, t.f.d., dotsent.

Ismatov Sunnatullo Shamsulloyevich – Denov tadbirkorlik va pedagogika instituti, Umumiy kimyo va kimyoviy texnologiyalar kafedrasida professori, t.f.d., professor.

*O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi
Denov tadbirkorlik va pedagogika instituti Ilmiy Kengashining 2026 yil 06
maydagi № 9 - sonli bayonnomasi bilan nashr etishga ruxsat berilgan.*

ISBN: 978-9910-09-880-2

DENOV TADBIRKORLIK
VA PEDAGOGIKA
INSTITUTI ARM
№ 34509

© Adinayev X.A., 2026 y.

© "Lochin ta'lim" nashriyoti, 2026 y.

KIRISH

Jahonda shisha materiallar ishlab chiqarish sanoati iqtisodiyotning yetakchi sohalari orasida muhim o'rin egallaydi hamda ularni rivojlantirishda asosiy omil bo'lib hisoblanadi. Shisha va shishakristall (sitall) materiallar shaffof holda rangsiz va turli xil gamma rangni namoyon etish xossasiga egaligi bilan, ularning iste'molchilari hisoblangan xo'jalik-maishiy, avtomobil, qurilish, farmashevika, kosmetika va bir qator sanoat sohalarining asosiy hamda butlovchi qismi sifatida foydalaniladigan materiallari hisoblanadi. Shisha va shishakristall materiallar har bir hudud iqtisodiyotining rivojida strategik jihatdan muhim joy egallagan. Ular ekologik toza, shaffof, yuqori nur o'tkazish xususiyatiga ega, atmosferaga chidamli, agressiv muhitlarga kimyoviy turg'un, estetik jihatdan badiiy bezakli materiallar bo'lganligi tufayli muhim ilmiy va amaliy ahamiyatga ega.

Hozirgi vaqtda dunyoda ishlab chiqarish va xizmat ko'rsatish sohalarining ehtiyojlarini ta'minlash uchun, turli xildagi tabiiy va sun'iy xomashyo komponentlari asosida, rangsiz, rangli, shaffof va o'ziga xos funksional xususiyatlarga ega bo'lgan shisha materiallar sintez qilish, ularning tarkibini va olish texnologiyalarini ishlab chiqish bo'yicha ilmiy izlanishlar olib borilmoqda. Bu borada, talab darajasidagi shisha va shishakristall materiallarini sintez qilishda, xomashyo komponentlarining kimyo-mineralogik tarkiblarini aniqlash, ularga termik ishlov berishdagi yuqori haroratda boradigan fizik-kimyoviy jarayonlarni boshqarish, fazaviy o'tishlar, kremnezem polimorfizmi va suyuqlanma hosil bo'lishiga ta'sir etuvchi asosiy omillar, rang beruvchi komponentlarni tanlash va olingan shisha va stall material namunalarning fizik-kimyoviy, funksional va estetik xossalarini aniqlashlarga alohida e'tibor qaratilmoqda.

Respublikada bugungi kunda shisha va shishakristall materiallar sintez qilish va ularni olish texnologiyasini yaratish sohasida keng qamrovli chora tadbirlar amalga oshirilib, muayyan ilmiy va amaliy natijalarga erishilmoqda. 2022-2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning Taraqqiyot Strategiyasida¹ noan'anaviy xomashyo va ikkilamchi resurslarni

jalb qilish hisobiga xomashyo bazasini kengaytirish, "Yashil iqtisodiyot" doirasida chiqindisiz texnologiyalarni ishlab chiqish va joriy etish belgilangan [1]. Bundan kelib chiqqan holda mahalliy xomashyo komponentlari asosida, turli sanoat chiqindilaridan foydalanangan holda talab darajasidagi materiallar hamda butlovchi qismlar ishlab chiqarish texnologiyalarni yaratish va ularni o'zlashtirish kabi muhim vazifalar belgilab berilgan. Bu borada, Respublikada yangi tarkibli kompozitsiyalar asosida talab darajasidagi shisha va shishakristall materiallar olish uchun tabiiy-mineral va ikkilamchi resurslar hamda sun'iy xomashyo komponentlarini kompleks o'rganish bo'yicha ilmiy-tadqiqot ishlarini rivojlantirish muhim ahamiyat kasb etadi.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF 60-sonli "2022-2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning Taraqqiyot Strategiyasi" va 2017 yil 7 fevraldagi PF-4947-son "2017-2021 yillarda O'zbekiston Respublikasini rivojlantirishning beshta ustuvor yo'nalishi bo'yicha Harakatlar strategiyasi" to'g'risidagi Farmonlari [1, 2] va 2019 yil 23 maydagi PQ-4335 sonli "Qurilish materiallari sanoatini jadal rivojlantirishga oid qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida" hamda 2016 yil 26 dekabrda, PQ-2698-son "2017-2019 yillarda tayyor mahsulot turlari, butlovchi buyumlar va materiallar ishlab chiqarishni mahalliy lashtirishning tatqiqbolli loyihalarini amalga oshirishni davom ettirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi Qarorlari [3, 4] hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu tadqiqot ishi muayyan darajada xizmat qiladi.

Jahonda turli rang beruvchi oksidlardan foydalanib rangli shishalarni sintez qilish Korea Advanced Institute of Science and Technology (Janubiy Koreya), Belorussiya davlat texnologiyalari universiteti (Belorussiya), Kiyev politexnika universiteti, Xarkov texnika universiteti (Ukraina), D.I.Mendeleyev nomidagi Rossiya kimyo-texnologiya universiteti, hamda Rossiyaning Vladimir davlat universiteti, Sankt-Peterburg texnologiya universiteti, "Institut Stekla", Ural federal universiteti, Tomsk politexnika universiteti, Janubiy-Rossiya texnika universiteti va M.Aueyev nomidagi Janubiy Qozog'iston texnologiya universitetida amalga oshirilmoqda. Respublikamizning ilmiy-tadqiqot institutlari va oliy ta'lim muassasalarida

¹ O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi ПФ 60-son «2022-2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning Taraqqiyot Strategiyasi» tuziladigan Farmoni.

ham turli maqsadlardagi shisha kompozitsiyalarini mahalliy komponentlar asosida sintez qilish, shisha texnologiyasi bo'yicha ilmiy tadqiqotlar, O'zR FA Umumiy va noorganik kimyo instituti va "Fizika-quyosh" IICHB qoshidagi Materialshunoslik instituti, Toshkent kimyo-texnologiya instituti, Turin politexnika instituti Toshkent filiali, Termiz davlat universiteti, Denov tabirkorlik va pedagogika instituti, Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universitetlarida olib borilmoqda.

Shisha va shishakristall materiallar olishda tarkibida kremnezem miqdori yuqori bo'lgan tabiiy kvartsit, kvarts qumlaridan va turli kimyoviy reagentlardan foydalanishning ilmiy asoslarini yaratish bo'yicha quyidagi ustivor yo'nalishlarda, ya'ni kremnezem konsentratini olish uchun kvarts qumlarini boyitishning yangi uslublarini ishlab chiqish, shisha sanoatini yuqori sifatli xomashyo komponentlari bilan ta'minlash, yangi tarkibli shisha va shishakristall materiallari olish texnologiyalarini yaratish, nur sindirish ko'rsatkichi yuqori bo'lgan shaffof shisha mahsulotlarini olish imkoniyati ishlab chiqilgan va sanoat miqyosida joriy etish bo'yicha bir qator tadqiqotlar olib borilgan va ijobiy yutuqlarga erishilgan. Zamonaviy fizik-kimyoviy tadqiqot usullarini qo'llash natijasida xomashyo komponentlarini tarkibi va tuzilishini kompleks o'rganish orqali yuqori sifatli shisha va shishakristall mahsulotlari olish imkoniyatlari tajribalarda asoslangan.

Shisha va shishakristall materiallarni sintez qilishda foydalaniladigan xomashyo komponentlarini kompleks chuqur tahlil qilish, ularning yaroqliligini aniqlash, hamda rang beruvchi va kristall markazlarini hosil qiluvchi qo'shimchalarni aniqlash bo'yicha ilmiy tadqiqotlar adabiyot manbalarida taniqli olimlar, jumladan N.M.Bobkova, P.D.Sarkisov, A.A.Appen, M.A.Zenxum, A.Y.Shimotsuna, P.G.Kazansky, J.QiuK, D.Hirao Hülsenberg, A.Harnisch, A.Bismarck, Ye.Bourhis, A.Guangtong, G.Songjiang, Z.Junjie, D.Xiaocong, W.Kuixian, M.Wenhui, A.C.Mohana, B.Renjanadevi va boshqalar tomonidan keng yoritilgan.

O'zbekistonda xo'jalik-maishiy, qurilish, hamda texnik maqsadlarda foydalaniladigan shisha va shishakristall materiallar tarkiblarini va olish texnologiyalarini yaratishda, yuqori kremnezemli mahalliy tabiiy-mineral va sun'iy xomashyo komponentlarning yaroqliligini aniqlashlar bo'yicha

olib borilgan ilmiy-tadqiqot ishlari bilan yetakchi olimlar, jumladan A.A.Abdurazzokov, N.A.Sirajiddinov, A.P.Irkaxodjayeva, F.X.Tojiyev, Sh.Yu.Azimov, A.A.Ismatov, V.B.Ilganayev, Sh.Abdusattorov, M.Yu.Yunusov, Z.R.Qodirova, D.U.Tulaganov, S.S.Qosimova, P.A.Arifov, M.T.Maxamadjonova, K.F.Tadiyev, Q.Yu.Ismatov, D.K.Gafarova, G.A.Qosimova va boshqalar shug'ullanishgan. Bajarlilgan ilmiy-tadqiqot ishlari natijasida tabiiy mineral xomashyo va ikkilamchi resurslar asosida turli maqsadlardagi rangli va rangsiz, shaffof shisha va shishakristall kabi materiallarini sintez qilish, hamda olish texnologiyalari bo'yicha maqbul yechimlar ishlab chiqilgan.

Shuni ta'kidlash lozimki, so'nggi yillarda, ekologik toza mahsulot hisoblangan shisha va sitall buyumlariga bo'lgan talabning ortishi sababli, ko'pgina sanoat sohalari ushbu materiallar bilan to'liq ta'minlash muammo bo'lib qolmoqda. Shisha olish uchun Respublikada tarkibida kremnezem miqdori yuqori bo'lgan mineral xomashyo resurslari va rangli shisha olishda sanoat chiqindilarini qo'llash yetarlicha o'rganilmagan. Vaholanki, Respublikada turli maqsadlardagi shisha va shishakristall materiallarni sintez qilish va ularni seriyali ishlab chiqarish uchun xomashyo komponentlari mavjudligi hamda iqtisodiy va ekologik jihatlarini hisobga olgan holdagi ilmiy-tadqiqot ishlari olib borishni taqozo etadi.

Tadqiqot ob'yekti bo'lib, kimyoviy reagentlar - Pb_3O_4 , SiO_2 , H_3BO_3 , Na_2CO_3 , $CaCO_3$, Al_2O_3 , rang beruvchi oksidlar - Cr_2O_3 , Mn_2O_3 , Fe_2O_3 , H_2O_2 , noyob yer elementlari oksidlari - Y_2O_3 , Ce_2O_3 , Nd_2O_3 , Er_2O_3 , an'anaviy nukleatorlar - Cr_2O_3 , TiO_2 , ZrO_2 , WO_3 va Sherobod, Jarqo'rg'on, Uzun kvarts qumi konlari, Xondiza qo'rg'oshin konsentratini hamda rangli shisha va sitall tajriba namunalari olingan. Tadqiqot ishida fizik - kimyoviy tahlil, xususan, kimyo - analitik, rentgenofazali, differensial-termik, skanerli elektron mikroskopik, IQ-spektroskopik va shisha materiallar texnologiyasining an'anaviy tadqiqot usullaridan foydalanilgan.

I-BOB. BEZATISH VA TEXNIK MAQSA DLARDAGI SHISHA, SHISHAKRISTAL (SITALL) MATERIALLARINING SINTEZI, XOSSALARI VA ISHLAB CHIQARISHNING ZAMONAVIY HOLATI HAMDA RIVOJLANTIRISH ISTIQBOLLARI

1.1. Bezatish va texnik maqsadlardagi shisha, shishakristall materiallar sintezi, tarkiblari va olishning zamonaviy xolati, rivojlantirish istiqbollari

Yo'1 signal belgilari va dekorativ kompozitsiyalar uchun shishaga qo'yiladigan talablar ularning ishlash shartlari bilan bog'liq. Yo'1 signal belgilari uchun eng tipik shartlar yorug'lik oqimlarini o'tkazish orqali isitish tufayli haroratning o'zgarishi bilan atmosfera sharoitida uzoq muddatli xizmat ko'rsatishidir. Shu munosabat bilan shishalarga kimyoviy qarshilik, asosan namlik qarshiligi, termik barqarorlik va mexanik kuchga nisbatan talablar qo'yiladi. Ushbu talablar shuningdek, xususiyatlari silikat shishalarga qo'yilgan chegaralar ichida bo'lgan dekorativ kompozitsiyalarning shishalariga ham tegishlidir.

Ushbu toifadagi shishalarga qo'yiladigan maxsus talablar ularning yorug'lik xususiyatlari: uzatilgan nurlanishni o'tkazish, aks ettirish, nur sindirish, rang ohangini cheklash va rangning tozaligidir [5; 280-284 b.].

Shishasimon materiallarga qo'yiladigan asosiy talablardan biri shundaki, ular yuqori darajada bir xillik va shaffoflikka ega bo'lishi kerak. Bunday fazilatlariga optik shishalar ega. Ularning xossalari asosan kimyoviy tarkibi va ishlash chiqarish sharoitlariga bog'liq. Optik shishalarda oksidlarning turli xil birikmalari bo'lishi mumkin, chunki shu tarzda nur sindirish ko'rsatkichining kerakli qiymatlari, o'rtacha dispersiya, dispersiya ko'effitsiyenti va termooptik konstantalar bo'lgan shishalarni olish mumkin [6; 489 b.].

Bobkova N.M. ta'rifi bo'yicha shisha hosil qiluvchi oksidlar kimyoviy jihatdan uch guruhga bo'linadi: kislotali oksidlar (SiO_2 , B_2O_3 , As_2O_3 , Sb_2O_3 , G'eO_2 , P_2O_5 va boshqalar); ishqoriy yer oksidlari (MgO , CaO , SrO , BaO va boshqalar) va ishqoriy oksidlar (Na_2O , K_2O , Li_2O va boshqalar) [7; 135 b.]. Ulardan kislotali oksidlar asosiy shisha hosil qiluvchilar bo'lib, shisha ramkasi (asosi)ni tashkil qiladi. Ishqoriy metall oksidlari esa, shishaning erish haroratini pasaytirish va ma'lum xususiyatlarni - portlash,

yopishqoqlik, kristallanish tendensiyasini tartibga solish uchun kiritiladi. Ular rang va shaffoflikni yaxshilaydi. Ishqoriy yer elementlari shishaning optik, kimyoviy, elektr va boshqa xususiyatlariga ijobiy ta'sir ko'rsatadi.

Shishasimon holatda davriy sistemaning VI-guruhi elementlarini - kislorod, oltingugurt, selen va tellurni olish mumkin. Sof shaklda oksidlar - B_2O_3 , SiO_2 , P_2O_5 , GeO_2 , As_2O_3 , Sb_2O_3 va xalkogenidlar As_2S_3 , As_2Se_3 , As_2Se_5 , berilliy florid VeF_2 va kamroq darajada ZnCl_2 tipidagi xloridlar kabi binar birikmalarda shisha ishlab chiqariladi. Ayrim oksidlar - Al_2O_3 va TeO_2 faqat boshqa oksidlar bilan birlashganda shisha hosil qiladi. Tayyorlangan komponentlarning mikro tuzilishi va xususiyatlari, ya'ni termik kengayishi va qattiqligi o'rganildi [8; 123-130 b.].

Chetdan yorug'lik manbalari bilan yoritilgan belgilarni ishlab chiqarish texnikasida shisha chaqmoq toshlari o'ziga xos yuqori aks ettirish qobiliyati tufayli keng qo'llaniladi.

Yuqori nur sindirish ko'rsatkichiga ega shishalar chaqmoq shishalari deb ataladi (inglizcha flintglass so'zidan olingan).

Hozirgi vaqtda ma'lum bo'lgan chaqmoq shishalari ko'p miqdorda qo'rg'oshin oksidini o'z ichiga oladi, buning natijasida ular boshqa shisha turlariga qaraganda nur sindirish ko'rsatkichining yuqori qiymatlariga ega. Ular qo'rg'oshin oksidi tarkibiga va optik parametrlarga qarab, shartli ravishda 4 toifaga bo'linadi (1.1.1-jadval).

Patent, ilmiy va texnik adabiyotlaridan qo'rg'oshin, kadmiy, kaltsiy, bor, alyuminiy, lantan, tellur, terbiy, titan, germaniy, vismut va kremniy oksidlaridan tashkil topgan yo'1 signal belgilarini ishlab chiqarish uchun ishlatiladigan chaqmoq shishalari tarkibini turli kombinatsiyalari ma'lum [9; 5 b.].

Lantan oksidi niobiy oksidi bilan almashtirilganda, komponentlarning ma'lum diapazonida sinishi ko'rsatkichi oshadi, shishalar zichligi pasayadi va ularning kristallanish barqarorligi oshadi [10; 34-36 b.].

1.1.1-jadval
Shishalardagi qo'rg'oshin oksidining tarkibi va chaqmoq shishaning optik parametrlari

Tar- tib raqa- mi	Shisha nomi	PbO tarkibi, mas. %	Optik parametrlarni o'zgartirish chegaralari				
			n _D	ρ g/sm ³	N _p - N _g	Ikki yuzadan yo'qo- tishlar	γ
1	Toj chaqmoq shishalar i	3-15	1,51- 1,52	3,60- 4,25	0,93- 0,90	7,0-9,5	54-51
2	Engil chaqmoq shishalar i	15-40	1,54- 1,58	-	0,90	9,5	47-41
3	Chaqmo q shishalar i	40-50	1,59- 1,62	4,80	-	-	37-35
4	Og'ir chaqmoq shishalar i	50 dan ortiq	1,63 dan yuqori	11,63	0,78	22,0	33-15

Shunday qilib, 69,8 mas. % PbO, 12,6 mas. % ZrO va 18,5 mas. % SiO₂ tarkibi tasvirlangan. Bu shishaning nur sindirish ko'rsatkichi $n_D = 1,90$ ga teng. PbO - B₂O₃ - TeO₂ sistemasida nur sindirish ko'rsatkichi $n_D > 2,0$ ning yuqori qiymatini olgan [11; 192 b.].

Ixtiroda optika sohasiga tegishli materialshunoslik, xususan rangsiz optik qo'rg'oshinli shishalarni nur sindirish ko'rsatkichi $n_D = 1,73$ ga, zichligi esa, $\rho = 4,2$ g/sm³ ga tengli aniqlangan [12; 8 b.].

Shishalarning keng assortimentida ishlab chiqilgan. Ikki va uch komponentli tizimlardagi mualliflar: PbO - TeO₂, TeO₂ - Nb₂O₃, Bi₂O₃ -

TeO₂ - WO₃, TiO₂ - WO₃ - TeO₂ - bir qator nur sindirish ko'rsatkichi $n_D = 2,2-2,3$ bo'lgan shisha tarkiblarni ishlab chiqdilar. Nur sindirish ko'rsatkichi $n_D = 2,0-2,3$ bo'lgan shunga o'xshash tellurli shishalar ham patentda ko'rsatilgan. Ammo bu shishalar kristallanishga katta moyillik bilan ajralib turadi [13; 20 b.].

Qo'rg'oshin oksidi o'z ichiga olgan va nur sindirish ko'rsatkichi $n_D = 1,9$ dan yuqori bo'lgan turli xil shisha kompozitsiyalari ma'lum [14; 5 b.].

Bir qator shishalar agressiv muhitda, shuningdek, nur sindirish ko'rsatkichi $n_D = 2$ ga teng. O'z ichiga og'irligi (mas. %) TeO₂ - 55-65%, WO₃ - 15%, Ta₂O₅ - 8%, Bi₂O₃ - 6%, shuningdek, VaO, Te₂O, PbO, Ga₂O₃ bo'lgan bir qator shishalar og'irligi 5 mas. % gacha oshirildi [15; 2553-2558 b.]. Keltirilgan adabiyotda nur sindirish ko'rsatkichini qiymatini oshirish uchun PbO tarkibi 45 mas. % ga oshirildi [16; 6791-6795 b.].

Yaponiyada mikroshariklarni ishlab chiqarish uchun shisha uch komponentli PbO - TiO₂ - B₂O₃ sistemasi asosida olinadi va Rossiyada PbO, TiO₂, B₂O₃, CdO, ZnO va B₂O₃ oksidlari mikroshariklarni ishlab chiqarish uchun ishlatiladi [17; 120-124 b., 18; 2776 b., 19; 222-228 b., 20; 237-240 b., 21; 485-503 b., 22; 222 b., 23; 720-433 b., 24; 266-675 b., 25; 1-16].

Muayyan kimyoviy birikma asosida olingan sintez mahsulotlarining fizik-kimyoviy xususiyatlarini tartibga solish, kristall panjaraning kation yoki anion qismidagi ionlarni izo- yoki geterovalent almashtirish orqali amalga oshirilishi mumkin [26; 11-19 b.]. Shishasimon jismlarda oksidlarning ekvimolekulyar almashinishi sodir bo'ladi [27; 128-195 b.].

Yuqoridagi hollarda kristall panjaraning kation yoki anion qismidagi ionlarni izo- yoki geterovalent almashtirish orqali ma'lum bir kimyoviy birikma asosida olingan sintez mahsulotlarining fizik-kimyoviy xususiyatlarini nazorat qilish mumkin.

Tuzilgan shishasimon tizimlarning "xususiyat-tarkib" diagrammalarini taqqoslash shuni ko'rsatadiki, molekulyar hajm - V₁, nur sindirish ko'rsatkichi - n_D , kimyoviy barqarorlik, o'rta dispersiya - $n_F - n_C$, issiqlikdan chiziqli kengayish koeffitsiyenti (ICHKK) - α , dielektrik o'tkazuvchanlik - ϵ va boshqalar, birinchi yaqinlashuvda, shishaning molyar tarkibiga nisbatan oddiy bog'liqdir va shuning uchun miqdoriy jihatdan hisoblanishi mumkin. Birinchi jihatdan, qisman qiymatlar to'g'risidagi

qoida, bir xil shisha tarkiblar ichidagi turli xil boshqa kombinatsiyalarga o'tishda tarkibiy qismlarning qisman xususiyatlari juda oz o'zgaradi degan taxminga asoslanib, istiqbolli foydalaniladi. Silikat shishalarining fizik-kimyoviy xususiyatlari o'zgarishining ushbu qonuniyatlari ma'lum tushunchalar, shu jumladan strukturaviy tushunchalar asosida mantiqiy ravishda tushuntirilishi mumkin [28; 272 b.].

Strukturaviy konsepsiya atomlarni izomorf almashtirish konsepsiyasidan foydalanilganda, ularni shishasimon silikatlariga yanada kengroq ma'noda qo'llashda eng samarali hisoblanadi. Xuddi shunday faktlar shishasimon materiallar uchun ham ma'lum. Masalan, $\text{MeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ sistemasi [29; 128 b.], bu yerda distillangan suvda qaynatilganda gidroksidi ishqoriy yer elementlarining oksidlari almashtirilganda, mikroqattqlik asta-sekin o'sib boradi, nur sindirish ko'rsatkichi, zichlik va vazn yo'qotadi.

Agar strukturaning kation va anion qismlarida kristall moddalarda izomorf almashinish radiuslardagi farq 15% dan oshmasagina [30; 17 b.], shishasimon moddalarda bu holat qisman yo'qoladi. Kremniy-kislorod skeletining (tarmoq) davriyligi tufayli, oxirgisining strukturaviy elementlari shisha qotib qolganda har doim ochilishi mumkin va har qanday kichik kation (radikal bo'lmagan) har qanday katta kation bilan almashtirilishi va saqlanishi mumkin. Elektrostatik valentlik qoidasi talab qilinadi. Ammo shisha ramkaga (to'rga) kiradigan ionlarning izomorf almashinuvi kristall holatga xos bo'lgan qonunlar bilan boshqariladi. Bu shundan kelib chiqadiki, shishasimon holatda skeletni tashkil etuvchi $[\text{SiO}_4]$ tetraedrning (qisqa diapazondagi tartib) muntazam geometrik shakllari asosan saqlanib qoladi. Ushbu ma'lumotlar (Pb, Ba, Sd) tarkibida tasdiqlangan $\text{Zn}_{1-x} \cdot \text{Fe}_x$ (B, Si, G'e, Ti) $_{2-x}$ O₇, keyinchalik yo'l signal belgilarining mikroshishasharliklari uchun, shisha eritish uchun asos bo'lib xizmat qiladi.

Misol tariqasida turli xil silikatlardan foydalanilgan holda, mualliflar moddalarning xususiyatlarini ulardagi ionlarni, xususan, yo'l signal belgilarining bir qismi sifatida foydalanish uchun yuqori shishasimon jismlar va mikroshishasharliklar uchun izomorf almashtirishni amalga oshirish orqali nazorat qilish imkoniyatini ko'rsatdilar [31; 115 b., 32; 99 b., 33; 18-23 b.].

Medvedev Ye.F. [34; 24-28 b.] mikrosferalarning tarkiblarini hisoblash yo'li bilan modellashirishni taklif qiladi. U mikrosferalar uchun shishalarning tarkibi va strukturaviy mezonlarini tahlil qildi. Modellashirish uchun tenglamalar sistemasi olinadi, modelni qo'llash chegaralari o'rnatiladi. Past vodorod o'tkazuvchanligi va atmosfera korroziyasiga chidamliligi bo'lgan mikrosferalar uchun shishalarni loyihalash texnikasi taklif etiladi.

Mualliflar [35; 18-23 b.] yorug'lik manbalarini ishlab chiqarishda ko'p qo'rg'oshinli (polilead) shishasining samarali o'rni bosuvchi sifatida harbiy abishani ishlab chiqdilar.

Tunda aniq ko'rinadigan va ko'chalarni, aerodrom uchish-qo'nish yo'llarini va hokazolarni belgilash uchun mo'ljallangan yuqori darajada aks ettiruvchi sharlarni ishlab chiqarish uchun shisha tarkibini ishlab chiqiladi. Diametri 0,7-2,5 mm bo'lgan sharlar nur sindirish ko'rsatkichi 1,55-1,8 dan yuqori bo'lgan shishadan yasalgan va tarkibida 30-40 mas.% SiO_2 , 10-30 mas.% BaO, 10-20 mas.% TiO_2 , 8-12 mas.% CaO, 7-10 mas.% Al_2O_3 , 5-10 mas.% Na₂O va 0-5 mas.% B₂O₃ bo'ladi.

Ixtiro kimyo sanoatiga tegishli bo'lib, qattiq va ichi bo'sh bo'lgan mikrosharhlar yoki mikrosferalarni ishlab chiqarishda, texnik natijasi ularning hosildorlik foizini oshirish, ishlab chiqarishni ko'paytirish, mahalladorlik va sifatini yaxshilashdan iborat [36; 6 b.].

Nur sindirish ko'rsatkichi $n_D = 1,55-1,79$ va o'rtacha dispersiya ko'effitsiyenti $n_F - n_C = 25-42$ bo'lgan qo'rg'oshin silikat shishasi tarkibiga ega: 29-56 mas.% SiO_2 , 0,25-2,0 mas.% Li₂O, 0-15 mas.% Na₂O, 0-15 mas.% K₂O va Li₂O + Na₂O + K₂O miqdori 0,25-25 mas.%, ZnO 0,3 mas.% atdacha miqdorda va tiniqlashtiruvchi sifatida esa, As₂O₃ 0,05-0,25 mas.% ni tashkil qiladi [37; 142 b.].

Shishakristall (sital) materiallarini ishlab chiqarishda shisha omuxtasi va shishalarga qo'yiladigan asosiy talablar [38; 65 b., 39; 318 b., 40; 540 b.].

1. Shishaning yo'naltirilgan va boshqariladigan hajimli kristallanishi uchun aharoit yaratish kerak - (shisha omuxtalari tarkibi, harorat va boshqalar bo'yicha). Ular hosil bo'lgan kristallarning asl shishaning butun hajmini bo'ylab bir xil taqsimlanishiga olib keladi.

2. Olingan kristall materialning nozikligi kristall o'lchamlari, qoida tariqasida 1 mikrondan kam bo'lgan tuzilish bilan tavsiflanadi. Kristallarning o'lchamlari 1 mikrondan 10-20 mikrongacha yoki undan ko'p bo'lgan holatlar mavjud.

3. Kristallanish jarayonlarining yo'nalishi shishakristallning asosiy kristal fazasini hosil qilish uchun sharoit yaratadi. Masalan, kristallari ajratilgan mullit turi $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$, $\text{SaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2$ diopsidi, gelenit $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$, anortit $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ va boshqa fazalar hosil bo'lishi hamda ular talab qilinadigan xususiyatlarga ega.

4. Xususiyatlarning boshqarilishi kristallanish jarayonlarini aniq nazorat qilish imkoniyatini yaratishni talab qiladi, ya'ni, muayyan harorat rejimlarini oldindan aniqlash va prognozlashdan iborat.

5. "Kristal faza - qoldiq shisha" nisbatini nazorat qilish uchun harorat sharoitlari o'rganiladi. Shakllangan kristal faza va qoldiq shishasimon fazaning oraliq qatlamlari o'rtasidagi nisbat juda keng chegaralarda o'zgarishi mumkin.

Shishakristall ishlab chiqarishda yuqoridagi talablar qo'shimcha haroratli operatsiyalarni - "shishaga issiqlik bilan ishlov berish" ni joriy etishni va shisha omuxtalarni komponentlari kristallanish katalizatorlari sifatida, shisha omuxtalarning asosiy tarkibiy qismlariga Au, Ag, Cu, Pt, Ce va boshqa metall zarralarini qo'shishni talab qiladi [41; 710 b., 42; 218 b., 43; 8-13 b.]. Vaqt o'tishi bilan, hali ham fotokimyoviy jarayonni talab qiladigan bu qimmat qo'shimchalar (nurlanish orqali, masalan, kirib boruvchi nurlanish va boshqa usullar bilan) Cr_2O_3 , TiO_2 , ZrO_2 , FeS kabi birikmalar bilan almashtirildi. Shunday ta'sir, shishani ajratish uchun sharoit yaratish orqali ham erishiladi [44; 24 b.].

Shunday qilib, "shisha" deb nomlangan materialni "sitall"ga aylantirish uchun shisha massasida ko'plab kristallanish markazlarini hosil qilish kerak. Keyin bu markazlarda asosiy fazaning kristallari o'sishi kerak [45; 170 b., 46; 432 b.]. Katalizator va cho'kma kristalli fazaning panjara parametrlari yaqin bo'lishi va 10-15% dan ortiq farq qilmasligi kerak.

Kristallanish markazlari ikki shaklda paydo bo'lishi mumkin:

1. Bir jinsli kristallanish tufayli o'z-o'zidan;

2. Chet zarralar tomonidan tashqaridan kiritilgan kristallanish katalizatorlari tufayli.

Shishakristall materiallari polikristalli tuzilishga ega. Ularning kristal o'lchamlari an'anaviy kristalli materiallarnikidan ancha kichikdir. Agar bu o'lchamlar submikroskopik xususiyatga ega bo'lsa, ular shaffof yoki yarimshaffofdir [47; 448 b.]. 1 mkm va undan yuqori kristall o'lchamida fazoviy yo'naltirilgan qattiq bog'langan ramka hosil bo'ladi va shishakristall shaffof bo'lmay qoladi [48; 170 b.].

Kristal fazaning kristallari orasida qoldiq shishasimon faza oraliq qatlam shaklida bir tekisda joylashgan. Shaffof shishakristall materiallarida uning miqdori 10% dan ortiq. Biroq, yaxshi kristallangan shaffof bo'lmagan materiallar uchun u 5-10% ni tashkil qiladi.

Shaffof va shaffof bo'lmagan, texnik va toshlar, sanoat chiqindilari asosidagi shishakristall va fotositallar mavjud [38; 65 b., 39; 318 b., 40; 540 b., 42; 218 b.].

Texnik sitallar eng ko'p o'rganilgan. Bularga birinchi navbatda quyidagilar kiradi:

1. Spodumen tarkibidagi sitallar. Ular $\text{Li}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ sistemasiga tegishli;

2. $\text{MnO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ sistemasida olingan kordiyerit tarkibidagi sitallar;

3. Yuqori kremniyli shishakristallar. Ular $(177-316) \cdot 10^{-7} \text{grad}^{-1}$ diapazonda issiqlikdan chiziqli kengayishning ko'rsatkichiga ega bo'lishi mumkin, bu mis, alyuminiy, kumush bilan muhim;

4. Spektarning ko'rinadigan qismida shaffof sitallar;

5. Spektarning infraqizil qismida shaffof ko'rinishga ega sitallar.

Tog' jinslari va sanoat chiqindilari asosidagi yirik tonnali shishakristallar ham yetarli darajada o'rganilgan [49; 105-115 b., 50; 187- b., 51; 310-312 b.]. Bularga, birinchi navbatda, shlak, kul va petrositallar kiradi. Petrositall toshlardan, shlakli sitall esa, metallurgiya va yoqilg'i shlaklaridan tayyorlanadi. Tog' jinslari va sanoat chiqindilaridan birgalikda foydalanish holatlari ham ma'lum.

$\text{SiO}_2 \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaO}$ (SAC) shisha sistemasida hosil bo'lgan kompozision o'zgaruvchanlik, kristallanish harakati, kristall fazalari va mikro tuzilmalariga ta'siri sifatida kristallanish markazini hosil qiluvchi

TiO₂ ishlatilgan [52; 4127-4134 b.]. Tefrit-bazaltlar asosida shisha va shishakristall materiallar sintez qilgan.

Hozirgi vaqtda O'zbekiston olimlari tog' jinslari – bazalt va serpentinitlarni o'rganish bo'yicha ilmiy tadqiqot ishlari olib borishmoqda. Ular shisha va shishakristall materiallarini sintez qilish uchun dastlabki xomashyo bo'lishi mumkin.

Qo'rg'oshinli shishakristallar kamroq o'rganilgan ob'yektlar hisoblanadi. Ularga boshqa komponentlar qo'shilishi bilan qo'rg'oshin surigi (qizil) asosida olinishi mumkin. Masalan, P₂O₅, BaO, CdO va hokazo tipik vakili sifatida tarkibi berilgan: 75-82 mas.% PbO, 7-14 mas.% ZnO, 1,5-3 mas.% SiO₂, 0-3 mas.% Al₂O₃, 48-52 mas.% ZnO, 16-18 mas.% PbO, 12-15 mas.% B₂O₃ va 18-20 mas.% SiO₂.

Ma'lum bo'lgan qo'rg'oshinli shishakristall elektrovakuum qurilmalarini qoplash va yopish uchun vosita sifatida qo'llanilishini topdi. Ular past yumshatilish nuqtasiga, past dielektrik yo'qotishlarga ega, ammo ularning kuch xususiyatlari juda ko'p narsani talab qiladi. Ularning issiqlik barqarorligi va kimyoviy barqarorligi ham kam o'rganilgan.

Yuqoridagilar bilan bog'liq holda, dissertatsiya ishining o'rganilayotgan ob'yektlari hisobiga bunday shishakristall turlarini kengaytirish, shuningdek, sintez qilingan shishalarning fizik-mexanik va kimyoviy parametrlarini yaxshilash zarur.

1.2. Bezatish va texnik maqsadlardagi shisha, shishakristall materiallarning fizik-texnik va funksional xossalari

Shisha ishlab chiqarish jarayoni jarayonning boshqa bosqichlari bilan chambarchas bog'liq holda ko'rib chiqilishi kerak. Misol uchun: shishani eritish jarayonini talablari tufayli xomashyoni maydalash, ularni yaxshilab aralashtirish, quritilgan yoki namlangan aralashmani tayyorlashdan iborat. Boshqa tomondan, turli xil mashinalarda shisha mahsulotlarini shakllantirishning murakkab jarayonlari ham shisha massasiga bir qator talablarni qo'yadi, ya'ni, shisha tayyorlash jarayoniga shisha massasi bir xillik, ma'lum bir yopishqoqlik va qattiqlashuv tezligi, ma'lum sirt tarangligi, qattiqlikka chidamliligi va boshqa bir qator xususiyatlarga ega bo'lishi kerak. Ushbu talablar asosan pishirish jarayonining xususiyatlarini, uning davomiyligini, harorat rejimini, pechni istitish usullarini,

ishlatiladigan o'tga chidamli materiallarning sifatini va boshqa holatlarni aniqlaydi. [53; 108 b., 54; 11 b., 55; 77-83 b.].

Shishani eritish jarayoni – bu murakkab fizikaviy, fizik-kimyoviy va kimyoviy hodisalarni o'zida to'liq birlashtirgan jarayon bo'lgani uchun, buning natijasida xomashyo komponentlarning mexanik aralashmasi - shisha omuxtalari ma'lum fizik va kimyoviy xususiyatlarga ega, murakkab eritmadan iborat bo'lgan aralashma - shisha massasiga aylanadi [56; 576 b.].

1.3. Shisha va shishakristall materiallari olishda omuxtradagi suyuqlanma hosil bo'lish va qaynash jarayonlarining o'ziga xos xususiyatlari

Shishani eritish jarayonini quyidagi besh bosqichga bo'lish mumkin [56; 576 b.].

1-bosqich - silikatlarni shakllanish jarayoni. Tarkibiy qismlar bir qator fizik va kimyoviy o'zgarishlarga uchraydi. Oddiy soda - kalsiy-kremniyli shishalar uchun bu bosqich 800-900°C haroratda tugaydi.

2-bosqich - shishani shakllanish jarayoni. Keyinchalik istitish bilan sintezlangan shisha massasi eriy boshlaydi. Erish bilan bir vaqtda silikatlar va kremniyning o'zaro erishi sodir bo'ladi. Ushbu bosqichning oxiriga kelib, shisha massasi shaffof bo'ladi. Shu bilan birga, shisha massasi hali ham ko'p miqdordagi pufakchalar bilan kirib boradi va o'z-o'zidan kimyoviy tarkibi va xususiyatlari bo'yicha bir xil bo'lmagan (chiziqlarga boy) holat kuzatiladi [57; 131 b., 58; 480 b., 59; 108 b.]. Oddiy shishalar uchun bu bosqich 1°C haroratda tugaydi.

3-bosqich - oqartirish jarayoni. Keyinchalik istitish bilan shisha massasining yopishqoqligi kamayadi va undan gazsimon qo'shimchalar ajralib chiqib boshlaydi, shisha chiziqlardan chiqariladi. Oddiy shishalar uchun bu bosqich 1400-1500 °C haroratda tugaydi va shisha eritmasining yopishqoqligi $\eta = 100$ puazga teng bo'ladi.

4-bosqich - gomogenizatsiya jarayoni. Shisha massasiga yuqori haroratda uzoq vaqt davomida ta'sir qilish uning kimyoviy tarkibini tenglashtiradi. Diffuziya natijasida shisha massasi chiziqlardan ozod bo'lib, bir xil holga keladi [60; 151 b.].

Bir jinsli shisha massasining turli qismlarining nur sindirish ko'rsatkichlarini mos kelishi bilan tavsiflash

tebranishlar $\pm 0,0005$ dan oshmasligi kerak). Oddiy shishalar uchun bu bosqich oqartirishdan pastroq haroratlarda bajarilishi mumkin [61; 3-9 b.].

5-bosqich - studka (sovutish) jarayoni. Shisha massasining harorati - 300°C ga kamayadi va shu bilan qoliplash uchun zarur bo'lgan yopishqoqlikni hosil qiladi.

Shisha eritish pechiga shisha omuxtalar yuqori haroratda yuklanishi va xomashyoning ancha tez qizdirilishini hisobga olgan holda, shisha eritish jarayonini ketma-ket besh bosqichga bo'lish shartli hisoblanadi. Aslida, bosqichlar bir-biriga mos keladi. Shisha ishlab chiqarish shisha omuxtalarda, so'ngra bir xil qotishmada va nihoyat, shisha massasida sodir bo'ladigan turli xil hodisalarning murakkab to'plamidir. Harorat qanchalik baland bo'lsa, aralashma tezroq qaynatiladi. Bu ayniqsa, 1400°C dan yuqori haroratlarda to'g'ri keladi. Masalan, harorat 1450°C dan 1500°C gacha ko'tarilganda, tezligi ikki barobar ortadi. Shu bilan birga, erish haroratining oshishi bilan shisha eritmasi shisha erituvchi pechning qozon yoki havzasining o'tga chidamli materiallarini korroziyaga olib keladi. Bu shisha massasiga parchalanib ketgan o'tga chidamli material qismlarining kirib borishi, shuningdek shisha bilan aloqa qilganda shisha tarkibidagi zararli aralashma - temir oksidining o'tga chidamli materialda erishi tufayli mahsulotlarni rad etishga olib keladi [62; 710 b.].

Shisha omuxtalarning deyarli barcha komponentlari, SiO_2 dan tashqari, eritish jarayonida ma'lum darajada uchuvchan bo'ladi va shuning uchun shisha hosil bo'lishida ishtirok etmaydi. Shisha eritishning ma'lum bir rejimi uchun uchuvchi komponentlarning yo'qolishini aniqlab, kelajakda shisha omuxtalarni hisoblashda tuzatishlar kiritish kerak [63; 223 b.].

Aralashmani tashkil etuvchi moddalar turli haroratlarda eriydi. Birinchidan, suyuqlik eritmasining birinchi tomchilari aralashmada yoki ular aytganidek, suyuq fazada paydo bo'ladi. Suyuq fazaning paydo bo'lishi bilan shisha omuxtalardagi kimyoviy reaksiyalar jadatroq boradi va shuning uchun shisha tezroq qaynatiladi [64; 264 b., 65; 647 b., 66; 360 b., 67; 288 b., 68; 495-508 b.]. Suyuq faza silikatlarining eritmasidir. Shisha omuxtalarning kirib borish tezligiga silikat eritmasida ortiqcha qum zarralarining erishi ta'sir qiladi. Qum donalari qanchalik nozik bo'lsa, ularning umumiy yuzasi shunchalik katta bo'ladi va shuning uchun ular

tezroq eriydi. Shisha eritmasining kirib borishi oxirgi qum donalari eritilganda tugaydi. Natriy sulfat, bor angidridi, flor va mishyak birikmalari, marganes va boshqalar shisha massasining erishini tezlashtirish uchun aralashmaning ichiga maxsus moddalar kiritiladi, ular eritish tezlatgichlari deb ataladi. Partiyali pishirishning fizik va kimyoviy jarayonlari oqimini osonlashtiradigan shisha massasining kuchlanishi, shisha omuxtalarni qaynatish jarayonida moddalar reaksiyaga kirishib, kimyoviy birikmalar hosil qiladi. Bunda har xil kimyoviy reaksiyalar sodir bo'ladi, ular hatto qattiq shisha omuxtalarda ham boshlanadi. Ammo bu reaksiyalar suyuqlik fazasi paydo bo'lganda eng kuchli bo'ladi. Kimyoviy reaksiyalar natijasida erigan natriy va kalsiy silikatlarini olinadi. Bundan tashqari, xomashyo komponentlaridan soda, kaliy va borning parchalanishi natijasida ushbu silikatlar eritmasida ortiqcha kremniy oksidi donalari erishi natijasida tarkibidan karbonat angidrid chiqarilib yuboriladi [66; 360 b.].

Oksidlovchi moddalar sifatida natriy va kaliy nitratlar ishlatiladi: NaNO_3 va KNO_3 , ular qizdirilganda parchalanadi va zarur kislorodni chiqaradi. Kristalli shishalarni eritganda, oksidlovchi moddalar sifatida mishyak va surma oksidlari ko'pincha ishlatiladi: As_2O_3 va Sb_2O_3 sifatida mishyak va surma oksidlari selitranning parchalanishi tugallanganda yuqori haroratda kislorod chiqaradi. Shuning uchun selitra (kaliy yoki natriy) ko'pincha mishyak yoki surma oksidlari bilan birgalikda ishlatiladi.

Shishani eritish jarayonida ko'p miqdorda gazlar ajralib chiqadi: SO_2 , O_2 , SO_2 va boshqalar. Shunday qilib, oddiy soda - ohak shishasini eritganda, shisha massasidan hisoblangan 18% CO_2 hosil bo'ladi. Bu gazlarning hajmi shisha massasining hajmidan bir necha ming marta katta. Ushbu gazlarning asosiy miqdori shisha hosil bo'lish bosqichida chiqariladi. Shisha omuxtalar donalari parchalanganda 20% CO_2 shishada qoladi [69; 108 b.].

Keyin eng muhim bosqich - oqartirish jarayoni keladi. Shisha omuxtalar donalarining yakuniy erishi vaqtiga kelib, SO_2 , O_2 , SO_2 va boshqa gazlar shisha ichida erkin gazlar pufakchalari shaklida va erigan holatda bo'ladi.

Shishani oqartirish jarayoni nisbatan yuqori harorat va uzoq vaqt talab qiladi. Bunday sharoitda shisha o'tga chidamli materiallarni shiddat bilan korroziyaga olib keladi, bu shishada nuqsonlarga olib kelishi mumkin.

Shuning uchun shisha massasini tiniqlash jarayonini yengillashtirish uchun aralashmaga maxsus tiniqlashtiruvchi moddalar qo'shiladi.

Natriy sulfat Na_2SO_4 , kaliy nitrat KNO_3 , mish-yak (III) oksidi As_2O_3 va kriolit bo'lgan tarkibida 12,8 mas.% Al_2O_3 , 32,8 mas.% Na_2O va 54,4 mas.% F_2 ishlatiladi. Aralashmaning og'irligi bo'yicha 0,5-1 mas.% miqdorida tiniqlashtiruvchi moddalar qo'shiladi. Suv bug'lari yaxshi yoritish ta'siriga ega.

Kompozitsiyada quyidagi tarkibdagi shishalardan foydalanish mumkin:

- kvarts - qum shaklidagi xomashyo (70; 26 b., 71; 24-26 b., 72; 324-327 b.);

- soda, reaksiya katalizatori, natriy karbonat va sulfat (taxminan 14%);

- ohak, stabilizator, qattiq shaklda (taxminan 10%);

- ba'zi boshqa oksidlar - alyuminiy, magniy shishaning fizik xususiyatlarini, shu jumladan atmosferaga chidamliligini yaxshilash uchun ishlatiladi.

Shisha kristallizatsiyasining xususiyatlari - stimulyasiya qilingan kristallanishdan foydalanishdir. Haqiqatan ham, 1.1-bo'limda ko'rsatilganidek, stimulyasiya qilingan kristallanish yordamida shishasimon moddalarning xususiyatlarini sezilarli darajada o'zgartirish mumkin.

Shishaning katalizlangan yoki yadroli kristallanish holati uning shishakristall hosil bo'lishining asosini tashkil etishi bilan bog'liq. Sital shishaning deyarli to'liq kristallanishi mahsulotidir va uning tuzilishi genetik jihatdan shisha tuzilishi bilan bog'liq. O'zining tuzilishiga ko'ra, shishakristall deyarli ideal polikristalldir, chunki u juda dispersli, o'lchami taxminan bir xil (oddiy shishakristallda ≤ 1 mkm va shaffoflarda taxminan 0,1 mkm), tasodifiy yo'naltirilgan kristallardan iborat, birlashtirilgan yoki shisha qoldiqlari bilan yopishtirilgan (oddiy shishakristallda 5-10% va shaffofda 40% gacha). Ularda sezilarli nuqsonlar yoki bo'shliqlar yo'q.

Yadroli kristallanish oraliq holatdan o'tish bilan tavsiflanadi, uning asosiy xususiyatlarini aniqlash mumkin - bu shisha bo'lib, uning butun

hajmi bo'ylab yadrolar bir tekis taqsimlanadi. Bunday yadrolar taxminan 10 nm o'lchamdagi kristallar bo'lishi mumkin.

Deraza va eshiklarning eng ajoyib va g'ayrioddiy bezaklari vitrajlar yoki bezatilgan shishalardir [86; 76-77 b., 87; 4 b., 88; 1-9 b., 89; 5-9 b., 90; 1996-6 b., 91; 124-133 b., 92; 677-691 b., 93; 69-82 b., 94; 81-87 b.]. Vitraj vitrajning o'zi - metall bilan ajratilgan shishalar tarkibidir [95; 420-424 b.]. IV-asrda allaqachon rangli shisha deraza teshiklarini to'ldirish (yopish) uchun ishlatila boshlangan. Dekorativ bezaklarida vitrajlar qo'llanilgan binolar orasida eng mashhuri eramizning 537 yilda qurilgan Avliyo Sofiya maqbarasi bo'lgan.

Keyinchalik bezakli shisha tayyorlash texnologiyasi arab davlatlari va Rim imperiyasining koloniyalariga o'tdi. Birinchi bo'yalgan shisha X-asrning boshlarida Germaniyada paydo bo'lgan. Shu bilan birga, avliyolarning yuzlari tasvirlangan vitrajlar ham keng tarqaldi. Germaniyada bezatilgan shisha XIV-asrda eng mashhur bo'ldi.

Vitraj san'ati XIV-XVII asrlarda eng keng tarqalgan. Keyin rassomlarning e'tibori katta hajmli dekorativ shisha idishlarga o'tdi. XIX-asrning boshlarida shishani bo'yashning rivojlanishining yangi bosqichi boshlandi.

Yaqin Sharq va Markaziy Osiyo mamlakatlarida ishlab chiqarilgan bezakli shishalar o'ziga xos yengilligi, yorqinligi va nafisligi bilan ajralib turadi.

Sharq mamlakatlarida ishlab chiqarilgan vitrajlarning yana bir o'ziga xos xususiyati - ular ramkaga joylashtirilgan. Qoida tariqasida, u tosh yoki yog'ochdan yasalgan va bezakli shargona bezaklar bilan bezatilgan.

Vitraj san'ati AQSHga faqat XX-asrning boshlarida kirib kelgan. Shu bilan birga, bezakli shisha san'atining rivojlanishida yangi bosqich boshlangan. Masalan, Shveysariyada shisha ustida rasm chizish maktabi yaratilgan. XX-asrning o'rtalarida Fransiya bir guruh rassomlar deraza shishalarini bo'yash bilan shug'ullana boshladilar.

O'sha davrdagi vitrajlarni yasash texnologiyasining o'ziga xos xususiyati shundaki, ular bir-biriga birlashtirilgan rangli shisha bo'laklaridan yasalgan.

XVIII-asrda Lomonosov M.V. o'z resepti bo'yicha nozik shishalarni ommaviy ishlab chiqarish texnologiyasini ishlab chiqqan. U deraza oynalarini bezash uchun ishlatilgan.

Vitraj sanoati bilan shug'ullanadigan eng mashhur rus rassomlari: Vrubel M.A., Vasnesova V.N., Rerix N.K., Shextel F.O., Volkotta V.F. va boshqalar. Ularning asarlari nafaqat davlat binolarini, balki o'sha davrning ko'plab mashhur kishilarining qasrlarini ham bezatgan.

XX-asrning 50-yillarida Latviya va Litvaning Veyland E., Garbauskas A., Bine E., Morkunas K., Stoshkus A. va boshqa taniqli ustalari tomonidan yasalgan vitrajlar keng ommalashdi. XX-asr o'rtalarida Rossiya vitrajlarini ishlab chiqarish markazi Rossiya Federatsiyasi Badiiy jamg'armasining Moskva filiali qoshidagi dekorativ va dizayn san'ati kombinati hisoblangan.

Vitrajlar dekorativ kompozitsiyalardan eng keng tarqalgan bo'lib, quyida biz "vitraj" so'zining ta'rifini va ularni ishlab chiqarish texnologiyasining asoslarini beramiz [96; 130-135 b., 97; 39-41 b., 98; 2-3 b., 41 b., 99; 23-24 b., 100; 24 b.].

Vitrajlar nima deb ataladi? Vitraj (fransuzcha vitrage, lotincha vitrum so'zidan) shisha yoki yorug'likni o'tkazuvchi boshqa materialdan yasalgan bezak yoki dekorativ kompozitsiya (deraza, eshik, bo'lim, mustaqil panel shaklida) [87; 4 b.]. Vitraj shishalari - alohida inter'yerdagi badiiy element, bu ham san'at asaridir. Masalan, "Art-vitraj" vitraj ustaxonasi barcha uslub va yo'nalishdagi klassik badiiy vitrajlar ishlab chiqarish, shishalarni qum bilan tozalash va "eritish" texnologiyasidan foydalangan holda dekorlar ishlab chiqarish bilan shug'ullanadi [101; 2881-2891 b.].

Vitraj ishlab chiqarish texnologiyalari haqida bir necha xil texnologiyalar mavjud: 1. Klassik; 2. Tiffani; 3. Fyuzing; 4. Fasetli vitraj (qirrali); 5. Qum bilan gravyura; 6. Vitraj shishasini bo'yoqlar bilan bo'yash; 7. Eglomiz texnikasi; 8. Shisha mozaika; 9. Plyonkali vitrajlar [88; 1-9 b., 89; 5-9 b., 90; 1996-2006 b., 91; 124-133 b., 92; 677-691 b., 93; 69-82 b., 94; 81-87 b., 95; 420-424 b., 103; 20-31 b., 112; 622-627 b., 113; 5 b.].

1. Klassik. Klassik yoki haqiqiy turdagi vitraj - bu ma'lum bir naqsh bo'yicha kesilgan va maxsus qo'rg'oshin, mis, mis kuprosi, nikel yoki boshqa metall profillar bilan mahkamlangan rangli shishalar to'plami.

Klassik vitrajlar eng qadimgi vitraj texnikalaridan biridir. Amalda eskiz bo'yicha kesilgan rangli shisha ma'lum bir profilning metall chiziqlari bilan o'zaro bog'langan.

2. Tiffani. O'tgan asrning boshlarida Amerikada vitrajlar tayyorlashning yangi texnologiyasi paydo bo'ldi - "Tiffani", uning ixtirochisi Lui Kamforta Tiffani (1848-1933) sharafiga nomlangan. Tiffani texnikasidagi vitrajlar, shisha bo'laklari mis chiziq yoki falga bilan bir-biriga mahkamlanadi. Perimetr bo'ylab har bir shisha bo'lagi mis lenta bilan o'ralgan va vitraj shishani yotqizayotganda aloqada bo'lgan mis chiziqlar bog'langan.

3. Fyuzing - bu "Sankt-Peterburg Vitraji" kompaniyasi tomonidan ishlatiladigan texnologiya bo'lib, shisha sintezlash hisoblanadi. Masalan, u yopishtirilgan va sintezlangan vitrajlar uchun ishlatiladi. Bu shisha sintezlashga asoslangan juda yangi texnologiya hisoblanadi. Alohida shisha varag'ida (listi) ustiga shisha bo'laklari (granulalar) qo'yish yo'li bilan naqsh tayyorlanadi va keyin hamma narsa maxsus pechda bir qatlamga sintezlanadi (eritiladi).

4. Fasetli vitraj (qirrali). Ushbu texnologiya (fransuz facet - chekka) yordamida vitraj shisha oldindan o'rnatilgan shisha elementlardan yig'iladi. Nishabning kengligi shisha qalinligiga bog'liq, shuning uchun qalinligi 4 mm yoki undan ko'p bo'lgan keng burchak shisha talab qiladi.

5. Qum bilan gravyura. Bu kerakli maydonga bosim ostida kvarts qumini yetkazib beradigan maxsus apparat bilan shishani qayta ishlashdan iborat. Keyinchalik, bu maydon matoli bo'ladi. Shisha varag'iga trafaret orqali qum bilan ishlov berish orqali naqsh qo'llaniladi. Qumlash juda chuqur bo'lishi mumkin va shu bilan shishada yengillik hosil qiladi.

6. Vitraj shishasini bo'yoqlar bilan bo'yash. Vitraj shishasi XIV asrdan boshlab bo'yalgan. Buning uchun tabiiy mineral asosli bo'yoqlardan foydalanilgan. Hozirgi vaqtda akril bo'yoqlar yoki ko'p komponentli epoksi asosli bo'yoqlar qo'llaniladi. Nozik shishaga tayyorlangan bu bo'yoqlar asosiy shishaga 600 dan 700°C gacha bo'lgan haroratda pishiriladi. Chinni ham xuddi shunday bo'yoqlar bilan bo'yaladi.

7. Eglomiz texnikasi. Fransuz rassomi Glomi (Glomy) sharafiga nomlangan. Eglomiz - shisha ustidagi naqsh turi, ko'pincha shisha bo'lib,

2. Eritma va xomashyo olish. Pechda shisha eritish jarayoni 3 ta asosiy bosqichdan o'tadi:

- eritish, xomashyo 1550°C gacha bo'lgan haroratda eritilganda;
- eritilgan shisha bir xil holga kelganda va undan gaz pufakchalari chiqarilganda aniqlashtirish;

- harorat rejimini o'zgartirish, eritma yopishqoq holatga qadar sovutilganda, uni qalay vannasi orqali tortib olish uchun qulay.

3. Shisha sirtini shakllantirish. Suyuq shisha eritilgan qalay bilan to'ldirilgan vannaning yuzasiga quyiladi, uning harorati taxminan 1000°C.

4. Shishani yumshatish. Qalay hammomidan so'ng, lenta shaklidagi qattiq shisha "Ler" deb nomlangan tunnel pechidan o'tadi. Shisha harorati asta-sekin 620°C dan 250°C gacha kamayadi. Sovutish jarayoni shishaning holati uni kesish va qayta ishlashga imkon berguncha davom etadi.

5. Shisha kesish. Sovutilgan shisha lenta avtomatik stollarda kerakli o'lchamda kesiladi.

Standart usullar bilan aniqlangan shisha tipidagi shishaning mexanik xususiyatlari quyidagi natijalarni beradi:

zichlik - 2,5 (2,5 kg/m³);

bosim qarshiligi - 1000 N/mm² = 1000 MPa. Bu shuni anglatadiki, 1 sm³ shishani maydalash uchun uni 10 t og'irlikda yuklash kerak.

sindirish kuchi: agar shishaning bosim qarshiligi yuqori bo'lsa, u holda sindirish kuchi ancha past bo'ladi. Shisha sindirishi qarshiligi: oddiy shisha uchun - 40 MPa (N/mm²); temperli shisha uchun - 120- MPa (N/mm²) qalinligi, chekka ishlov berish, teshiklarning mavjudligi va boshqalarga qarab.

elastiklik: shisha juda elastik materialdir, u vayronagarchilikka qadar hech qanday deformatsiyaga uchramaydi. Biroq, shisha juda mo'rt va haddan tashqari tashqi kuch ta'sirida bir zumda sinadi.

Mikroshishashariklarni olishning asosiy shartlari.

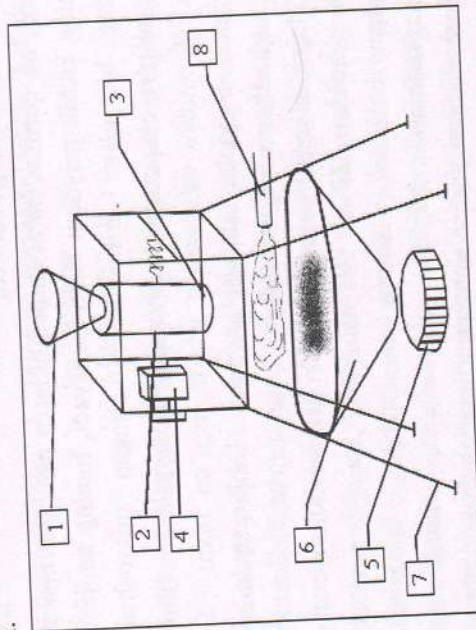
Yo'l signal belgilarini ishlab chiqarishda aks ettiruvchi sifatida mikroshishashariklar ishlatiladi.

Shishadan mikroshishashariklarni olishning bir necha yo'li mavjud - donalarni qayta ishlash va eritmadan mikroshishashariklarni granula holatida ishlab chiqarishdan iborat.

Laboratoriya sharoitida shisha donalaridan mikroshishashariklarni ishlab chiqarish texnologiyasi quyidagi asosiy jarayonlarni o'z ichiga oladi: shisha maydalash → maydalash → zarrachalarni gaz yondirgich alangasida eritish → fraksiyalarga ajratishdan iborat.

Mikroshishashariklarni ishlab chiqarishda optik shishani qayta eritish va shishaning erishiga qaraganda nisbatan noqulay sharoitlarda sodir bo'ladi, shuning uchun shishaning kimyoviy tarkibi va holatining barqarorligiga alohida e'tibor beriladi, chunki nur sindirish ko'rsatkichining qiymati birinchisiga, aks ettiruvchi tizimning sifati esa, ikkinchisiga bog'liq.

Mikroshishashariklarni to'g'ridan-to'g'ri eritmadan olishda, [73; 248 b., 74; 8 b., 75; 32 b., 76; 952-58 b., 77; 132-136 b., 78; 7 b.] tavsiyilanganidek, shisha massasi elektron tashuvchisi oqimi, yuqori chastotali elektromagnit maydon, ultratovush, markazdan qochma kuchlar ta'sirida kichik zarrachalarga bo'linadi va sirt tarangligi ta'sirida ulardan sharlar hosil bo'lishiga va olingan sharsimon shaklni mustahkamlashga yordam beradi.



1.4.1-Rasm. Mikroshishashariklar ishlab chiqarish uchun laboratoriya qurilmasining sxemasi

- | | |
|--------------------------|--------------------------|
| 1. Voronka | 5. Magnit aralashtirgich |
| 2. Shisha (metall) | 6. Prujina |
| 3. Panjara | 7. Ramka |
| 4. Elektromagnit relyesi | 8. Garelka |

1.4.1-rasmda Mo'minova D.R. tomonidan yig'ilgan mikroshariklarni ishlab chiqarish uchun laboratoriya qurilmasining sxemasi ko'rsatilgan. Qurilmaning ishlash prinsipi quyidagicha. Pishirilgan shisha maydalash va nozik silliqlashga duchor bo'ladi. Silliqlash moslamalari zarba va maydalash prinsipi asosida ishlaganligi sababli hosil bo'lgan kukun 100 dan 150 mikrongacha bo'lgan noziklikka ega [79; 7 b.].

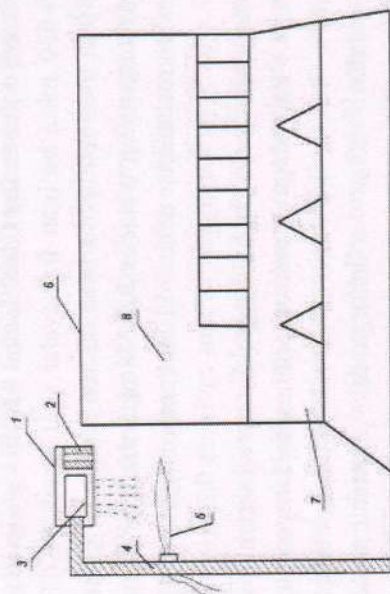
70-100 mikron o'lchamdagi mikroshishashariklar yo'l signal belgilarida eng yaxshi aks ettirish xususiyatiga ega bo'lganligi sababli, ma'lum bir fraksiyaning donalari ishlatiladi. Shisha kukunini fraksiyalash orqali kichik (10-50 mikron), o'rta (50-100 mikron) va katta (100 mikron dan ortiq) fraksiyalarga ajratiladi. Bizning tadqiqot ishimizda optimal o'lchamdagi mikroshishashariklarni olish uchun 50-100 mkm gacha bo'lgan donalar ishlatilgan.

Belgilangan fraksiyaning ezilgan va tanlangan shisha donalari pastki to'rtli silindr bo'lgan metall shishaga quyiladi. Shundan so'ng, mash'al yonadi va harorat tartibga solinadi.

Biroq, bu qurilma ba'zi kamchiliklarga ega. Qurilma samaradorligi mash'alning kichik maydoni bilan kamayadi, buning natijasida uchuvechi donalarning bir qismi erimaydi va olingan mikroshishashariklarni to'g'ridan-to'g'ri eksperiment davomida fraksiyalarga ajratish mumkin emas.

Qurilma bo'yicha uning sxemasi 1.4.2-rasmda ko'rsatilgan. Mikroshishashariklarni yig'ish uchun bunker to'rtta bo'limmaga bo'linadi va mash'alning alangali oqimi ta'sirida uchib, bo'limlarga tushadigan mikroshishashariklari 20-40, 40-60, 60-90 va 90 dan ortiq mikron fraksiyalarga bo'linadi. Ammo bu qurilma ishlashda noqulay: mikroshishashariklarni yig'ish qiyinlashadi, chunki bo'limlardan mikroshishashariklarni yig'ish uchun qurilma ichida joylashgan darvozani ko'tarish kerak. Bir kompozitsiyadan ikkinchisiga va bir dona hajmidan ikkinchisiga o'tishda qurilmaning ishlashi to'xtatiladi.

Bessmertnyy V.C. va boshqalar [80; 6-7 b.] plazma bilan purkash usuli orqali mikroshariklarni olishni taklif qiladilar. Mualliflar plazma mash'alasi parametrlarining mikroshariklarning dona tarkibiga ta'sirini o'rganishdi.



1.4.2-Rasm. Mikroshishashariklar ishlab chiqarish uchun sanoat qurilmasi sxemasi

1. Myetall korpus
2. Elektromagnit aralashtirgich
3. Pastki qismida panjara bilan shisha
4. Tirkama
5. Garelka
6. Mikroshishashariklarni yig'ish uchun bunker
7. Mikroshishashariklarni bo'lish uchun bo'limlar
8. Mikroshariklar

Mikroshariklarni olish jarayoni quyidagi bosqichlarni o'z ichiga oladi. Diametri 1,0-2,5 mkm bo'lgan shisha tayoqchalar avtomatik ravishda plazma mash'alining yuqori harorati ta'sirida tayoqning uchi erigan va plazmadagi mikroshariklar paydo bo'lishi bilan eritma tarqaladigan plazma gorelkasiga gaz oqimi avtomatik ravishda yuborilgan. Olovga chidamli konusda harakatlanayotganda, mikroshariklar suv bilan sovutilgan metall yarim shar bilan aloqa qilganda qisman soviydi va nihoyat soviydi. Yarim shar bilan to'qnashgandan so'ng, mikroshariklar tebranish elakiga tushdi, u yerda "yirik" va boshqa nostandart zarralar olib tashlandi. Diametri > 630 mkm bo'lgan mikroshariklarning katta qismi kollektorda to'plangan, kichik fraksiyalar esa, quvur liniyasi orqali chiqarilgan. Plazma hosil qiluvchi gazlarni olib tashlash majburiy shamollatish orqali amalga oshirildi. Tajribalar shuni ko'rsatdiki, mikroshariklarning dona tarkibiga plazma hosil qiluvchi gazning oqim tezligi ta'sir qiladi. 320-630 mikron o'lchamdagi mikroshariklar umumiy massaning 42-52% ni tashkil qiladi. Plazma hosil

qiluvchi gazning oqim tezligi 0,00093 dan 0,00163 g/s gacha oshishi bilan diametri 80-630 mkm bo'lgan fraksiyalar soni ortadi va 630-1250 mkm gacha kamayadi. Diametri 1250-1450 mikron bo'lgan eng katta fraksiyalar soni umumiy massaning o'rtacha 2,5-5% ni tashkil qiladi. Yuqori sifatli shishalardan mikroshariklar uchun shisha kompozitsiyalari R_2O oksidlarida o'rtacha $0,7 \pm 0,2\%$ ga kamaygan va mos ravishda $0,6 \pm 0,2$ kalsiy va $0,9 \pm 0,2\%$ kremniy oksidlari bilan boyitilgan. Bu nur sindirish ko'rsatkichining 0,005-0,008 ga o'zgarishiga va mikroshariklarning kimyoviy qarshiligidan oshishiga olib keldi. Ikkinchisi mikroshariklarni olishning ma'lum an'anaviy usullari bilan solishtirganda plazma texnologiyasining afzalliklaridan biridir.

Ixtiro kimyo, kemasozlik, aviatsiya va boshqa sohalarida, shuningdek, qurilish sanoatida qo'llanilishi mumkin bo'lgan noorganik moddalari, ya'ni shisha mikroshariklar ishlab chiqarish bilan bog'liq. Ixtironing texnik natijasi yuqori sifatli shisha mikroshariklar natijadorligini oshirish va energiya va moddiy harajatlarni kamaytirishdan iboratdir [81; 7 b.].

Myetallarni sirtiga ishlov berish, filtrlar, turli maqsadlar uchun aks ettiruvchi qurilmalar, issiqlik izolyasiya qiluvchi kimyoviy bardoshli yengil materiallar va sferoplastlarni ishlab chiqarish uchun ishlatiladi.

Mikroshishashariklar shakli, ulushi va shunga mos ravishda yorug'likni qaytarish qobiliyatining bir xilligi tufayli yo'l signal belgilarini ishlab chiqarishda qo'llaniladi.

Buning asosiy sababi shundaki, sintez qilingan shisha mexanik agregatlar yordamida maydalanganda turli shakllarga va har xil o'lchamdagi bo'laklarga bo'linadi hamda shunga mos ravishda ular turli xil optik parametrlar bilan ajralib turadi. Oxirgi qismi ishlab chiqarilgan, elementlarning aks ettirish qobiliyatining pasayishiga, shuningdek agressiv muhitlar - kislotalar yoki turli konsentratsiyali ishqorlarning eritmaları va harorat farqlari ta'siriga, kimyoviy qarshilikning yomonlashishiga ta'sir qilishi mumkin.

Ushbu ixtiro tibbiyot sohasiga, xususan, radioterapiya uchun itriy alyuminoilikat oynasidan mikroshariklar olishga bag'ishlangan. $Y_2O_3-Al_2O_3-SiO_2$ sistemasidagi shishalar va ular asosidagi mikroshariklardan

transport vositasini qismi sifatida foydalanish imkoniyatini uyg'otadi [82; 7 b.].

Turli texnologik rejimlar ostida mikroshariklar keng fraksiyalarda olinadi. Yo'l signal belgilarining aks ettiruvchi elementlariga qo'yiladigan talablarga ko'ra, eng maqbuli 80-100 mikron o'lchamdagi mikroshariklardir.

Yuqoridagi chegara bilan solishtirganda kichikroq fraksiyalar nisbatan past nur sindirish ko'rsatkichiga ega va shunga mos ravishda ular asosida tayyorlangan mahsulotlar nisbatan pastroq aks ettirishga ega, buning natijasida ular faqat nisbatan yaqin masofadan aniqlanishi mumkin. Bu aks ettiruvchi elementlarning samaradorligini aniqlashda salbiy omil hisoblanadi.

Yuqoridagi optimallarga nisbatan kattaroq fraksiyalar texnologik bo'lmagan fraksiyalar sifatida tavsiflanadi, chunki yo'l belgilari ishlab chiqarishda, katta o'lchamlari tufayli, bu mikroshariklar hajmining yarmidan kamrog'ini mahkamlaydigan lak bilan qoplangan va uzoq xizmat qilish muddati bilan yopishadi va joylashadi. Katta mikroshariklarning butun balandligi lak bilan qoplanmaganligi sababli, qoplangan yo'l belgisi yoki yorug'lik o'tkazmaydigan plyonka yuzasi notekis yuzaga ega, bu esa tayyor mahsulotlarning aks ettirish effektini pasayishiga olib keladi.

O'zi yorug'lik chiqarish manbasiga ega bo'lmagan aks ettiruvchi yoki yorug'likni qaytaruvchi elementlar avtonom yoritish bilan ishlash uchun mo'ljallangan. Barcha turdagi yorug'likni qaytaruvchi tizimlarni loyihalashda - kub, linza, linza-plyonka, strukturaviy elementlarning tarkibi va xususiyatlari hisobga olinadi. Plastik material, yorug'likni aks ettiruvchi material qatlami, rangli material qatlami va mahkamlash qatlami yorug'likni qaytaruvchi elementlarni tashkil etadi hamda ular mikroshishashariklarni o'z ichiga olgan murakkab sistemadan iboratdir. Yorug'likni qaytaruvchi tizimlarning sanab o'tilgan tarkibiy qismlaridan mikroshariklar asosiy elementlardir.

Yorug'likni qaytaruvchi tizimning tekisliklaridan yorug'lik oqimining yorug'lik manbasiga qaytarilishining ketma-ketligi diqqatga sazovordir. Dizaynning murakkabligiga qarab, yorug'lik oqimi tizimlari turli xil xususiyatga ega, masalan, kub katafotalarda, mahsulot yuzasiga tushgan

avtomobil farasidan yo'naltirilgan yorug'lik oqimi ketma-ket tekislikdan keyin aks ettiriladi, bu yorug'lik manbasiga qaytadi. Monolitik katafotalarda ko'zgu sharsimon aks ettiruvchi sirt yordamida sodir bo'ladi.

Yuqorida tavsiflangan adabiyotlardan ko'rinib turibdiki, yuqori nur sindirish ko'rsatkichiga ega bo'lgan shisha kompozitsiyalari uchun yorug'likni aks ettirish qobiliyati juda xilma-xildir. Nur sindirish ko'rsatkichi $n_D = 2,2$ va undan yuqori bo'lgan shishalar tarkibiga PbO dan tashqari, Te_2O 20% dan 35% gacha, BaO 50% gacha, Bi_2O_3 25% dan 80% gacha, So_2O_3 30% gacha, La_2O_3 30% gacha, CeO_2 55% gacha, TiO_2 40% gacha, Ta_2O_5 10 % gacha, Nb_2O_5 55% gacha kabi oksidlar yoki WO_3 dan og'irligi 45% gacha kiradi.

Ushbu (RF 2505492 S1) ixtiro texnologiya sohasiga tegishli og'ir oksidlar asosida shishalar olish, metallar va shisha kompozitsiyalarga tegishli optikada foydalanish mumkin [82; 7 b].

Yuqoridagi kamyob yoki kamyob yer komponentlari asosan o'tga chidamli, kam va qimmat. Malomur konida nodir metallar (Au, Ti, Zr, Hf, Sc, Be, Ga, Y, V, Nb, Ta) va noyob yer (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Er, Tm, Yb, Lu) elementlari aniqlangan [83; 127-131 b].

Fizik-kimyoviy ko'rsatkichlarning yaxshilanishi bilan ular shisha sintezi haroratining oshishiga olib keladi va mikroshishashariklarda qayta eritish texnologiyasini murakkablashtiradi va tayyor materialning narxini oshiradi [84; 41-42 b., 85; 92-99 b.].

Texnologik shishalarni yaxshilangan fizik-kimyoviy ko'rsatkichlarga ega tarkibini ishlab chiqish uchun yuqori nur sindirish ko'rsatkichli shishalar bo'yicha tarkibi, ularni sintez talablari, tuzilishi va asosiy xususiyatlari bo'yicha foydalanilgan adabiyot ma'lumotlari to'liq umumlashtirildi.

Yo'l signal belgilari uchun mikroshishashariklarni sintezi va natijalari.

$PbO-SiO_2$ sistemasini Krakau va Vaxrameyev, Geller, Krimer va Bantinglar o'rganganlar. Mualliflar $2PbO-SiO_2$ va $PbO-SiO_2$ birikmalarining mavjudligini aniqladilar. Bundan tashqari, ular sistemada qo'rg'oshin oksidiga boy bo'lgan $3PbO-SiO_2$ yoki $4PbO-SiO_2$ birikmalarining mavjudligini tasdiqlaydi [27; 128-195 b., 155; 237 b.].

Appen A.A. [27; 128-195 b.] ma'lumotiga ko'ra, $PbO-SiO_2$ sistemasining shisha ishlab chiqarish maydoni 33-100 mol.% SiO_2 oralig'idadir. Pastki chegara ko'p jihatdan shartli, chunki u aralashmaning talitish darajasiga va eritmaning sovutish tezligiga bog'liq.

Kristall va shishasimon fazalarning holatini SiO_2 miqdori og'irligi 4% dan kam va undan ko'p bo'lganida aniqlanadi. SiO_2 miqdori $700^\circ C$ da 3 soat davomida issiqlik bilan ishlov berishda og'irligi 4 mas.% dan kam bo'lsa, kristalli PbO shishasimon silikat eritmasi bilan olingan. SiO_2 ning og'irligi 4 mas.% dan ortiq bo'lsa, bir xil shisha hosil bo'ladi.

Adabiyotlarda shisha hosil bo'lishi haqidagi qarashlarning xilma-xilligi tufayli va shisha hosil bo'lish sohasini aniqlashtirish uchun biz $700-1300^\circ C$ da $PbO-SiO_2$ sistemasida eruvchan shishalarni olishga harakat qildik. Shisha omuxtasini tayyorlashda qo'rg'oshin komponenti sifatida qo'rg'oshin surigi (rangi qizil) Pb_3O_4 "kimyoviy toza" qo'rg'oshin ishlatilgan, u pishirish jarayonida qo'rg'oshin glyoti- PbO hosil bo'lishi bilan parchalanadi. Ikkinchi komponent analitik darajadagi taxlil uchun toza SiO_2 shaklida aralashmaga kiritilgan.

$PbO-SiO_2$ sistemada shisha hosil bo'lishi $1300^\circ C$ da 1 (100 mas.% PbO) - 5 (60 mas.% PbO + 40 mas.% SiO_2) kompozitsiyalarida uchraydi. Ushbu chegaralar ichida o'ta sovutilgan eritma sarg'ish tusli sof va shaffof shishasimon faza edi (1-tarkib). SiO_2 ning miqdori ortishi bilan shishaning rangi oqarib ketadi. Shu bilan birga, shishalarning past haroratli shakllanishi ($700 - 800^\circ C$ da) PbO miqdori 70 mas.% dan 80 mas.% gacha bo'lganida sodir bo'ladi. Shunday qilib, 70 mas.% PbO bo'lgan kompozitsiya uchun shisha $700^\circ C$ da hosil bo'ladi. Shaffof shishalar 80 mas.% PbO va 20 mas.% SiO_2 kompozitsion uchun $800^\circ C$ da hosil bo'ladi. Shuning uchun ular qo'shimcha sinovdan o'tkazildi.

Kompozitsiyalarni tanlash (70 mas.% PbO va 30 mas.% SiO_2 ; 80 mas.% PbO va 20 mas.% SiO_2) maqbul tarkib sifatida quyidagi omillarga bog'liq: Birinchidan, PbO va SiO_2 ning bunday nisbatlarida past erish haroratiga ega evtetik aralashmalar hosil bo'ladi. Ikkinchidan, 70-80 mas.% PbO ning mavjudligi yuqori nur sindirish ko'rsatkichlarini ta'minlaydi, bu esa, ishlash uchun muhimdir. 1mas.% gacha N_3BO_3 va $NaNO_3$ qo'shilishi shisha shakllanishiga yordam beradi.

1.4.1-Jadval
Mikroshishashariklarning ba'zi bir texnologik va fizik-kimyoviy ko'rsatkichlari

No	Mikroshishashariklarni fizik-kimyoviy ko'rsatkichlari	Sh-3 (80 mas.% PbO + 20 mas.% SiO ₂)	Sh-4 (70 mas.% PbO + 30 mas.% SiO ₂)
1.	Pishirish harorati, °C	1000	1000
2.	Pishirish vaqti, soat	1	1
3.	Nur sindirish ko'rsatkichi, n _D	2,0	1,9
4.	Zichlik, g/sm ³	6,0	5,9
5.	Mikroshishasharikning diametri, mkm	60-90	60-90
6.	Suvga chidamlilik, %	95,1	95,5
7.	Rangi	Och sariq	Och sariq

Birinchii alyuminiy falgaga lak qatlami qo'llaniladi va 60-70°C haroratda 5-6 daqiqa davomida quritiladi. Ushbu qatlamga mikroshishashariklar qatlami yotqizilgan, qatlarning qalinligi shariklar diametriga bog'liq. Ularni 60-70°C haroratda 2 soat davomida quritiladi. Ikkinchi lak qatlami 20-30 mkm qalinlikda qo'llaniladi va 2 soat davomida sovutiladi.

Laboratoriya sharoitida olingan, sanoat sharoitida ishlab chiqarish sxemasini ishlab chiqish va ushbu shishalarni yo'l signal belgilari uchun mikroshishashariklarga qayta ishlash imkonini beradigan past haroratda eriydigan shishalar sxemasi quyida keltirilgan:

Boshlang'ich komponentlar



Aralashmani tayyorlash



Shisha erishi (1000 - 1100 °C)



Purkash (shisha granuliyatini olish)



Sovutish (°C gacha, 4 soat)



Elaklardan o'tkazish (0,5 mm, 0,125 mm, 0,040 mm)



Mikroshishashariklarni olish



Mikroshishashariklarni fraksiyalash



Tayyor mahsulotlar ombori

Shunday qilib, H₃BO₃ qo'shilishi qo'rg'oshin glyoti va kvarts qumining o'zaro faolligi va reaktivligini oshiradi, nisbatan past haroratlarda shisha shakllanishiga yordam beradi. NaNO₃ eritish jarayonida NO₂ va O₂ ning tez parchalanishi tufayli shisha massasining gomogenlashuvi va tiniqlanishini yaxshilaydi. Kichik miqdordagi H₃BO₃ va NaNO₃ ning o'zaro mavjudligi shishalarning kristallanishini kamaytiradi.

Olingan mikroshishashariklarning ba'zi bir texnologik va fizik-kimyoviy ko'rsatkichlari 1.4.1-jadvaldan keltirilgan.

II-BOB. SHISHA VA SITALLAR OLISHDAGI TADQIQOT OB'YEKTLARI, USULLARI VA FOYDALANILGAN ASBOP-USKUNALARNING TASNIFI. OLINGAN SHISHA NAMUNALARINING O'ZIGA XOS XUSUSIYATLARINI ANIQLASH

2.1. Tadqiqot ob'yektlari va ular to'g'risida asosiy ma'lumotlar

Qo'rg' oshinli silikat sistemasi asosida turli xil qo'shimcha oksidlar va bo'yoqlarni (noyob yer elementlarining oksidlari hamda rang beruvchilar) kiritish orqali yo'l signal belgilari va shisha bezaklarini ishlab chiqarish uchun qo'rg' oshinli shishalar ishlab chiqarish kompozitsiyalari va texnologiyasini ishlab chiqishdan iboratdir.

Shisha omuxta kompozitsiyalarini o'zgartirish orqali erish va erish harorati past bo'lgan qo'rg' oshinli shishalar ishlab chiqarish uchun kompozitsiyalar va texnologiyani ishlab chiqishdan iborat.

Yorug'likni aks ettiruvchi ko'rsatkichlar va ishlash xususiyatlari yuqori bo'lgan sariq, yashil va qizil rangli shishalarni olish uchun zarur bo'lgan qo'shimchalar - bo'yoqlarning konsentratsiyasini aniqlashdan iborat.

Sintez qilib olingan shisha namunalarning xossalriga (issiqlikdan chiziqli kengayish ko'effitsiyenti, yuqori nur sindirish ko'rsatkichi, mikroqattiqliqi, mexanik mustahkamligi, zichligi va boshqalar) dastlabki aralashmaning tarkibi, harorat va erish sharoitlarining ta'sirini aniqlashdan iborat.

Past haroratlarda sintez qilib olingan shishalarning strukturaviy xususiyatlarini rentgenofazaviy, IQ-infraqizil spektroskopik, differensial termik tahlil (DTT), skanerli elektron mikroskopik (SEM) va elektron paramagnit rezonans (EPR) usullari yordamida eksperimental o'rganishdan iborat hisoblanadi [46; 432 b.]. Sintez qilib olingan shishasimon materiallardan mikroshishasharik-larni ishlab chiqish va ular asosida yo'l signal belgilari va katafotalarni olishdan iborat.

Qo'rg' oshinli rangli erituvchi shishalar ishlab chiqarish va yo'l signal belgilari va vitrajlar ishlab chiqarishda foydalanish uchun yarim sanoat sinovlarini o'tkazish hisoblanadi.

Yo'l signal belgilari uchun shisha ishlab chiqarishni tashkil etishning texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarini aniqlash va ularning bezatish dizaynini o'rganishdan iborat.

2.2. Foydalanilgan kimyoviy reagentlar

Belgilangan vazifalarni hal qilish uchun o'rganish ob'yektlari tanlangan:

H_3BO_3 , Na_2CO_3 , $CaCO_3$, Al_2O_3 qo'shilgan PbO - SiO_2 sistemasining shishalari (B_2O_3 , Na_2O , CaO , Al_2O_3 dan og'irligi 1 dan 5 mas.% gacha);

$PbO-R_2O_3-SiO_2$ uchlik sistemasida olingan shaffof va rangli shishalar, bu yerda $R - Cr, Mn, Fe, Ni, Y, Ce, Nd, Er$ elementlari;

$PbO-SiO_2$ sistemasi asosida laboratoriya va yarim sanoat sharoitida tayyorlangan mikroshishashariklar, yo'l signal belgilari va katafotalar hisoblanadi;

$PbO - Se_2O_3 - SiO_2$, $PbO - Nd_2O_3 - SiO_2$ va $PbO - Er_2O_3 - SiO_2$ sistemalari asosida sintez qilib olingan shishakristall materiallari;

- turli xil tabiiy materiallardan foydalangan holda tayyorlangan optimal kompozitsiyalarning shaffof, rangli shisha va shishakristall (sital) aralashmalari;

- yarim sanoat erituvchi shaffof va rangli shishalar, mikroshishashariklar, bezakli shisha qismlari va shishakristall yoki sitall materiallari.

2.3. Foydalanilgan tabiiy xomashyo va ishlab chiqarish konsentrati

Ilmiy tadqiqot ishlarida ob'yekt sifatida tabiiy xomashyo komponentlaridan Surxondaryo viloyatidagi Sherobod va Jarqo'rg'on konlarining kvarts qumllari, Qashqadaryo viloyatining Yakkabog' tumanidagi Ugun koni kvarts qumi va Surxondaryo viloyati Uzun tumanida joylashgan Xondiza qo'rg' oshin konsentratidan foydalanildi.

Ugun koni kvarts qumi Qashqadaryo viloyatining Yakkabog' tumanidagi "Ugun" qishlog'i hududida joylashgan. "Ugun" konining yer maydoni Chubron qishlog'idan 8,2 km sharqda, Yakkabog' temir yo'l bekatidan esa, 38 km janubiy-sharqda joylashgan. Ugun kvarts qumini 22 gektar maydonda zahiralari borligi aniqlangan. Ushbu yer maydonidan

shisha xomashyosi kvarts qumi hisoblangan zahirasi 2,020900 mln. tonnani tashkil etadi.

Surxondaryo viloyatining Uzun tumanida joylashgan Xondiza konining umumiy o'rganilgan zahiralar qariyb 1,5 million tonna rux, 700 ming tonna qo'rg'oshin, 180 ming tonna mis va 2,3 ming tonna kumushni tashkil etadi. Ruda zahiralar bo'yicha qo'shma qo'mita xalqaro tasnifiga ko'ra, konda 134 g/t kumush, 7,24 g/t rux, 3,5 g/t qo'rg'oshin, 0,86 g/t mis va 0,38 g/t oltin, hamda qimmatbaho zahira hisoblangan 14,4 million tonna ruda mavjud. Bundan tashqari, Xondiza rudasida selen, indiy, kadmiiy va oltin rudalari ham mavjud.

2.4. Boshlang'ich xomashyo komponentlari va tajriba namunalarning fizik-kimyoviy xossalari tadbqiq etish usullari

Ilmiy tadqiqot ishida dastlabki xomashyo komponentlari va materiallar, sintez qilib olingan shisha namunalari miqdoriy va sifat jihatidan tahlil qilishlar O'zR FA Umumiy va noorganik kimyo instituti, O'zR FA Bioorganika instituti, O'zR FA O'simlik moddalari va kimyosi instituti, O'zR FA "Fizika-Quyosh" ilmiy ishlab chiqarish birlashmasi Materialshunoslik instituti, O'zbekiston-Yaponiya yoshlar innovatsiya markazi, Tashkent kimyo-texnologiya instituti va "KVARTS" aksiyadorlik jamiyatining laboratoriyalarida olib borildi. Olib borilgan ilmiy tadqiqot tahlillarida analitik kimyo va silikat materiallari texnologiyalariga oid fizik-kimyoning zamonaviy uslublari va an'anaviy uskunalaridan keng foydalanildi, hamda aniq va ishonchli ma'lumotlar olindi [28; 272 b., 153; 533 b.].

PbO-SiO₂ sistemasi asosida olingan shisha va mikroshishashariklar xususiyatlarini o'rganishda standart usullar va uskunalar ishlatilgan.

Dastlabki xomashyolar tahlillarida tarkibidagi SiO₂ miqdori $\pm 0,08\%$ aniqlikda GOST 22552.-2019 [113; 5 b.] talablari asoslangan holda olib borildi.

Kvarts qumllari va sintez qilib olingan shishalar tarkibidagi Al₂O₃ miqdori GOST 22552.3-2019 [115; 11 b.] ga asoslangan holda olib borildi. Mahalliy xomashyolar, jumladan kvarts qumllari tarkibidagi Fe₂O₃ va FeO miqdori dastlabki xomashyolar va shisha tarkibidagi umumiy temir miqdori GOST 22552.2-2019 [114; 11 b.] talablari asosida olib borildi.

Dastlabki xomashyolar va shishalar tarkibidagi natriy va kaliy oksidlarining konsentratsiyasi ICE of 3000 Series (Thermo Scientific, USA) ariyali spektrometrlarning emissiya alangali fotometrik usuli yordamida aniqlandi. O'chash aniqligi $\pm 2\%$ bo'lgan, tadqiqot tahlili davomida namuna 1000-1100°C da kuydirildi va keyinchalik massa yo'qotilishi hisoblab topildi [116; 10 b.].

Shishani suyuqlantirish laboratoriya sharoitida silat qizdirgichlari bo'lgan elektr qarshilik pechida amalga oshirildi. Pishirish harorati bo'yoqning tarkibi va turiga qarab 1250-1500°C oralig'ida o'zgarib turadi. Izotermik ta'sir qilish vaqti bir soatdan ikki soatgacha davom etadi. Shishani eritish ml sig'imli karundli tigellar yordamida amalga oshirildi.

O'tkazilgan yorug'likdagi kristall optik tadqiqotlar MIN-8 poliarizasion mikroskopda immersiya usuli bilan amalga oshirildi [117; 283 b., 118; 98 b., 119; 62 b.].

Issiqlikdan chiziqli kengayish koeffitsiyenti (ICHKK) DKV-4 kvarts dilatometrida dilatometrik usul bilan aniqlandi [120; 92 b.].

Shishalarning zichligi gidrostatik usul bilan aniqlangan [121; 68 b., 122; 349-357 b.].

Sintez qilib olingan shisha namunalarning mikroqattiq PMT-3 qurilmasida 0,196 va 0,49 Nyuton kuchlanishida chuqurlik usuli bilan aniqlandi [123; 158 b., 124; 41-50 b., 125; 512 b.].

Siqilish kuchi va kimyoviy qarshilik [126; 80 b., 127; 113 b., 128; 175 b., 129; 25 b., 130; 54-63 b.] umumiy qabul qilingan usullarga muvofiq standart usullar bilan aniqlangan.

UR - 20 spektrometrida 400-1400 sm⁻¹ spektral mintaqada qayd etilgan [131; 173 b., 132; 528 b., 133; 230 b.].

Skannerlovchi elektron mikroskop (SEM) - elektron mikroskopiya turi, qattiq jismlar sirtini bevosita o'rganish uchun mo'ljallangan hamda namuna ustida muntazam ravishda skanerdan o'tkaziladigan elektron zond sifatida nisbatan past energiyali fokuslangan elektronlar oqimidan foydalanadi.

Namunalar sirtining morfologik tadqiqotlari SEM - EVO MA 10 (Zeiss, Germaniya) skanerlash elektron mikroskopi yordamida amalga oshirildi. Skanerli elektron mikroskopda tajribalar quyidagicha olib borildi, ya'ni namuna tayyorlash jarayonini amalga oshirish uchun metall

"Minerallarni rentgenografik aniqlash" usuli [140; 288 b., 141; 667-678 b.] bo'yicha amalga oshirildi.

Olingan rentgenogrammalarning qanday birikmalarga tegishli ekanligi adabiyotdan va jadval hamda kartotekadan foydalanib aniqlandi [137; 360 b., 142; 183 b.].

Mahalliy xomashyolar va qo'rg'oshin konsentratini tarkibidagi temir birikmalarini koordinasion holatini aniqlash maqsadida elektron paramagnit rezonansi (EPR) uslubini yordamida tahlil qilindi [143; 553 b.].

Sherobod boyitilmagan kvarts qumining EPR spektrlari polikristall kukunlar uchun 25°C haroratda 9,3 Gs ish chastotasida standart spektrometr (RE-1301) yordamida aniqlandi. Magnit maydon to'raligicha MgO - magniy oksidi kub panjarasida marganes standartlari yordamida kalibrlangan, g-omilli qiymati q-2,0036 bo'lgan DFGG radikal-standartga nisbatan aniqlandi. Sinov tajribalarini rejalashtirishning statistik usuli qo'llanildi [144; 533 b.].

Xomashyo komponentlari, qo'rg'oshin konsentratini va sintez qilib olingan shishalarning DTA va TG o'lchashlari Germaniyaning Linsayz (Linseis) kompaniyasi tomonidan ishlab chiqarilgan STAPT 1600 sinxron termooanalizatorida bajarildi, o'lchashlar minutiga 20°C tezlik bilan oksidlovchi muhit sharoitida olib borildi [188; 152 b.].

2.5. Shisha va shishakristall namunalarning funksional va fizik-texnik xossalarni aniqlash usullari

Xomashyoning komponent tarkiblari va sintez qilib olingan shisha namunalarning keng qamrovli differensial termik tahlili [145; 270 b., 146; 152 b., 147; 26 b., 148; 44 b.] Paulik-Paulik-Erdei sistemasi (PPES)ning Q-1500 derivatografiyasida o'tkazildi. Differensial egri chiziqlarni qayd qilish platina-platina-rodliyi termopara (PPRT) yordamida, galvanometring sezgirligi - DTA1/10, DTG - 1/10, haroratning 10-15 °C/min ko'tarilish tezligi bilan amalga oshirildi. Inert modda sifatida 1500°C da alyuminiy oksidi (glinazyom) ishlatilgan.

Elektron mikroskoplar 5000 dan 15000 gacha kattalashtirishda shisha parchalanish yuzasidan replika usuli bilan olingan [149; 536 b., 150; 160 b., 151; 61 b.].

Haqiqiy kompozitsiyalarning berilganlarga muvofiqligi kimyoviy tahlil usuli bilan nazorat qilindi. Buning uchun ba'zi namunalar to'liq silikat tahlildan o'tkazildi, boshqa namunalar esa, ma'lum elementlar yoki

qotishmasidan yasalgan dumaloq ushlagichda, uning ustiga ikki tomonlama yopishtiruvchi yuzasi bo'lgan alyuminiy folga yopishtirilgan, unga sinov namunalari kerakli miqdorda surtilgan.

Sintez qilib olingan shishalarning rangi vizual ravishda va 400-750 nm mintaqadagi SF-10 spektrofotometrda aks ettirish spektrlarini yozib olish orqali aniqlandi [132; 528 b.].

Ushbu namunani tayyorlash jarayoni namunalarning mikro tuzilishini o'rganish uchun ishlatilgan. O'lchov vaqtida 20 kV kuchlanishli tezlashtiruvchi kuchlanish (EHT - Extra High Tension) qo'llanildi, ish masofasi (WD-ish masofasi) 8,5 mm. Tasvir turli masshtablarda Smart SEM dasturi yordamida olingan. Elementar tarkibni aniqlash uchun mahalliy hududda energiya-dispersiv rentgen spektroskopiyasi (EDS) o'tkazildi, unda energiya dispersli elementar analizator markazi - Oxford Instrument - Aztec Energy Advanced X-act SDD yordamida aniqlandi. [134; 208 b., 135; 336 b.].

Dastlabki xomashyolar va sintez qilib olingan shisha namunalarning rentgenfazali tahlili [136; 768 b.] manbada keltirilgan uslublar asosida olib borildi. Ya'ni, silikat va shisha hosil bo'lish jarayonlarini o'rganish DRON-2.0 va DRON-4.0 diffraktometrida amalga oshirildi. Yozib olishdan oldin namunalar maydalangan va 006 (10 000 teshik/sm²) elakdan o'tkazilgan.

Rentgenfazali tahlillarni olib borish uchun D8-Advance "Bruker" markali rentgen diffraktometridan va CuK α nurlanishi trubkasidan foydalanilgan, ishchi kuchlanishi 40 kV va tok 40 mA. Mis antikatodli trubka rentgen nurlari manbai, nikel falga esa, filtr vazifasini o'tagan.

Zamonaviy fizik-kimyoviy tahlil usullari uchun tayyorlangan xomashyo komponentlari va shisha namunalari diffraktometr qurilmasi moslamasiga o'rnatilib tadqiqot ishlari olib borildi. Ya'ni sifat va miqdoriy faza tahlili uchun zamonaviy rentgen uskunasi - XRD-6100 (Shimadzu, Yaponiya) rentgen diffraktometri, shuningdek, kristallografiya ochiq ma'lumotlar bazasi va mineralogik kristall tuzilishini o'rganishda amerika ma'lumotlar bazasi qo'llaniladi, bu esa o'z navbatida tahlillarni tez va katta (yuqori) aniqlikda o'tkazish imkonini beradi.

Rentgen nurlarini talqin qilish uchun Giller Ya.L. tomonidan ishlab chiqilgan tekisliklararo masofalar jadvalidan foydalanilgan [137; 360 b., 138; 1-31 b., 139; 77-79 b.]. Olingan rentgenogrammalarni identifikatsiyasi

oksidlarni tanlab nazorat qilish bilan birga kimyoviy tahlildan o'tkazildi [152; 478 b., 153; 533 b.].

Dastlabki xomashyolarning omuxtalari va sintez qilib olingan shisha namunalarning erish harorati va ularning tabiatini aniqlash uchun yuqori haroratli mikroskopida amalga oshirildi va olingan natijalari ma'lumotnoma (spravochnik) bilan taqqoslandi [154; 248 b., 155; 679 b.].

Sintez qilib olingan shisha namunalarning IQ-infragizil uzatish spektrlari xona haroratida 4000-400 sm^{-1} va 4000-300 sm^{-1} to'lqin oraliqlarida SPECTORD M-80 (Carl Zeiss JENA) markali spektrofotometr yordamida 4 sm^{-1} spektral aniqlikda olingan. Tadqiqotga oid tahlillar elektr nol nuqtasini aniqlash va ikki tomonlama uzilish bilan ikki nurli o'lchash prinsipi asoslangan [125; 512 b., 149; 536 b.]. O'lchashlar shishalar va KBr kukunlari aralashmasidan vakuumda presslash yo'li bilan olingan tabletkalar ko'rinishidagi namunalar tayyorlab olindi. Vakuum presslash tartibidan oldin KBr va shisha kukunli aralashmalar SNOL 58/350 rusumli elektr pechida adsorbsiyalangan suvni yo'qotish uchun quritish ishlari olib borildi. Uning dasturiy ishlash rejimi: 20 ± 2 °C haroratdan 150 ± 3 °C haroratgacha 0,5 soatda isitish va keyin 150 ± 3 °C haroratda ta'sir qilish bilan 1,5 soat ushlab turishdan iborat. SPECTORD M-80 spektrometr qurilmasida olingan spektrlar Excelda maxsus yozilgan dastur yordamida atmosfera va KBr spektrlarini hisobga olgan holda qayta ishlandi [179; 736 b., 180; 473 b.].

Shaffof va rangli shishalarning qovushqoqlik ko'rsatkichlari kvarts dilatometrida-Chernousov-Klyuyev sistemasining 0,05 N kichik o'lchov kuchiga ega bo'lgan viskozimetrida o'lchash ishlari olib borildi, namunalar xona haroratidan deformatsiyalanishining boshlanishiga qadar harorat oralig'ida $3 \pm 0,2$ °C/min. tezlikda 600-750°C da qizdirilganda dilatometrik egri chiziqlar olinib, tajriba davomida harorat rostanib borildi va ± 1 °C aniqlikda o'lchash ishlari olib borildi [125; 512 b., 136; 768 b.].

Sintez qilib olingan shisha namunalari fizik ko'rsatkichlarini aniqlashda ularning zichligi GOST 9553-2017 [156; 7 b.], issiqlikga bardoshligi GOST 25535-2013 [157; 8 b.], optik ko'rsatkichlari GOST 32540-2013 [158; 9 b.] va issiqlikdan chiziqli kengayish ko'effitsiyenti DKV-4 kvarts vertikal dilatometrida [159; 11 b.], hamda shishalarning bu ko'rsatkichi L-76 qurilmasida standart usullar yordamida o'rganildi [160; 32-33 b.].

Sintez qilib olingan shisha namunalarning zichligi xona haroratida gidrostatik tortish uslubidagi suvning harorati $21,5 \pm 0,5$ °C yordamida aniqlandi [125; 512 b., 136; 768 b.]. Analitik torozidan foydalanilgan holda uning chap tomoniga chashka o'rni og'irlik yuki osildi, o'ng tomoniga distillangan suv bilan to'ldirilgan stakan qo'yildi. Shisha namunasi stakan markaziga qo'yildi. Shishaning zichligi quyidagi formula orqali hisob topildi:

$$d = \frac{G}{G - G_1} = (d_c - d_x) + d_x$$

bu yerda d – shisha zichligi, kg/m^3 ; G va G_1 – namunalarni havoda va suyuqlikda massasi, g; d_h va d_s – tajriba haroratidagi havo va suyuqlikning zichligi, kg/m^3 .

Olingan shisha namunalarning mikroqattiqdagi PMT-3 qurilmasida 0,196 va 0,49 Nyuton kuchlanishda aniqlandi [125; 512 b., 136; 768 b.].

Sintez qilib olingan shisha namunalarning mexanik xossalari standart usullar GOST 33002-2014 asosida o'rganib chiqildi [161; 11 b.].

Sintez qilib olingan shaffof va rangli shisha namunalarning kimyoviy bardoshligi GOST 10134.2-2017 talablari asosida o'rganildi [162; 11 b.]. Olingan shishalarni suv, kislotalar va ishqorlar ta'siriga chidamliligi yuqorida keltirilgan davlat andozalari asosida o'rganib chiqildi.

Vitrajlar (mebel fasadlari uchun, shkaflar, derazalar va eshiklar, ichki qismlar uchun) klassik texnologiya bo'yicha ishlab chiqariladi: yig'ilgan vitrajlar, qirrali shisha detallari bo'lgan vitrajlar [101; 2881-2891 b, 102; 236-250, 103; 20-31 b, 104; 30 b, 105; 723-732 b, 106; 683-692 b, 107; 229-239 b, 108; 300 b, 109; 274-278 b, 110; 345-368 b, 111; 81-103 b.].

Vitrajlarni ishlab chiqarish uchun Belgiya, Fransiya, Angliya va AQSHdan import qilinadigan maxsus badiiy shishalar o'rni uchun ushbu tadqiqot ishida sintezlangan bo'yalgan shishalar, zamonaviy - polimer materiallar, latunli va qalay tolalar, fasatli shisha elementlari qo'llaniladi.

Sintez qilib olingan shishani xususiyatlarini aniqlash uchun "kimyoviy toza" va "tahlil uchun toza" markali xomashyo materiallari ishlatilgan. Shishani eritish 1050-1°C da silikat pechida korund tigellarida amalga oshirildi. Shisha hosil bo'lish maydoni vizual tarzda va MIN-4 mikroskopidan foydalanilgan holda o'rganildi. Kristallanish qobiliyati ommaviy kristallanish jarayoni orqali aniqlandi. Shisha namunalari 650-750°C harorat oralig'ida kristallanishi aniqlandi.

III-BOB. SHAFFOF SHISHA TAJRIBA NAMUNALARINING OMUXTA TARKIBINI TUZISH, SUYUQLANMA HOSIL BO'LISH VA QAYNASH JARAYONLARI. SHAFFOF-RANGSIZ SHISHA SINTEZI VA FIZIK-KIMYOVIY XOSSALARINI ANIQLASH

3.1. PbO-SiO₂ sistemasi asosida turli konsentrasyon tarkiblardagi shaffof-rangsiz shisha sintezi va "tarkib-struktura-xossa" bog'liqliklarining haroratdan o'zgarishi

Kunduzi va tunda ishlaydigan aks ettiruvchi materiallarni yaratish, tashuvchi plyonka bilan birgalikda butunlay yangi materiallarni, jumladan, yuqori mexanik kuchga ega, qattiqlik, ob-havo va korroziyaga chidamliligi va eng muhimi, yuqori nur sindirish ko'rsatkichiga ega bo'lgan shaffof shishalarni ishlab chiqishni talab qiladi.

Optimal va texnik xususiyatlar to'plamiga ega yorug'likni qaytaruvchi mikroshishashariklar uchun shishalar yaratish vazifasi, birinchi navbatda shisha hosil qiluvchi tizimlarni tanlash bilan bog'liqdir.

PbO-SiO₂ sistemasidagi shishalar ular asosida yo'l signal belgilari uchun mikroshishashariklarni ishlab chiqarish nuqtai nazaridan qiziqish uyg'otadi.

Mikroshishashariklarni ishlab chiqarish uchun shishalarning asosiy ko'rsatkichi optik xususiyatlaridir [118; 98 b., 154; 248 b., 155; 679 b.]. Optik xususiyatlarga nisbatan eng muhim omil shisha tarkibidagi kremniy oksidining molyar miqdoridir.

PbO-SiO₂ sistemasini tarkibida boshqa birikmalarining ham mavjudligini chet el olimlaridan Krakau va Vaxrameyev, Geller, Krimer va Bantinglar ilmiy tadqiqot ishlari olib o'rganishgan. Mualliflar PbO-SiO₂ sistemasini tarkibida 2PbO-SiO₂ va PbO-SiO₂ birikmalarining mavjudligini tasdiqlaydilar [56; 576 b., 135; 336 b.]. Bundan tashqari, ular 3PbO-SiO₂ va 4PbO-SiO₂ birikmalarini ham mavjudligini topdilar.

Yerning tegida qo'rg'oshin miqdori 10-10⁻⁴% ni tashkil qiladi. Osonlik bilan eriydi. Sanoat ahamiyatiga ega bo'lgan asosiy qo'rg'oshin birikmalari PbO, Pb₃O₄, Pb(NO₃)₂, Pb(SN₃SOO)₂ va Pb(S₂N₅)₄ dir. [28; 272 b., 163; 125 b., 164; 560-566 b., 165; 136 b., 166; 146 b., 167; 296 b.].

O'rta Osiyoda jumladan, O'zbekiston Respublikasi qo'rg'oshinning o'rganilgan zahiralari va qazib olish bo'yicha muhim o'rinni egallaydi.

Shisha namunalarini fizik ko'rsatkichlarini aniqlashda ularning zichligi GOST 9553-2017 [156; 7 b.] bo'yicha distillangan suvda gidrostatik tortish orqali o'lchandi. Kimyoviy barqarorligi distillangan suvga nisbatan GOST 10134-82 bo'yicha standart usul bilan aniqlandi. Issiqlikga bardoshligi GOST 25535-2013 [157; 8 b.], optik ko'rsatkichlari GOST 32540-2013 [158; 9 b.] bo'yicha shishaning nur sindirish ko'rsatkichi immersion usuli bilan aniqlandi. Shishaning issiqlikdan chiziqli kengayish koeffitsiyenti va yumshatilishining boshlanish harorati DKV-4 kvarts vertikal dilotametrida [159; 11 b.] standart usullar yordamida o'rganildi.

Shisha namunalarining zichligi xona haroratida gidrostatik tortish uslubi (suvning harorati 21,5±0,5 °C) yordamida aniqlandi [125; 512 b.].

Sintez qilib olingan shisha namunalarining mikroqattiqligi PMT-3 qurilmasida 0,196 va 0,49 n-yuton kuchlanishida o'rganib chiqildi [125; 512 b.]. Shisha namunasining mikroqattiqlik qiymati quyida keltirilgan formuladan foydalanib hisoblab chiqildi. $H = \frac{1.854 \cdot P}{D^2}$

Issiqlikdan chiziqli kengayish koeffitsiyenti (ICHKK) quyidagi formuladan topildi: $\alpha = (l_1 - l_0)/(t_1 - t_0)$,

Bu yerda: l_0 - t_0 haroratdagi shisha sterjen uzunligi;

$l_1 - t_1$ har qanday haroratdagi shisha sterjen uzunligi;

Olingan namunalarining issiqlikka bardoshligi o'lchami 5x50x50 mm bo'lgan shisha va sitallarda olindi. Bunda 5 minut davomida pechlarda mo'ljallangan haroratgacha qizdirilib, 20 daqiqa davomida havoda yoki sun'iy ravishda siqilgan havoni (0,5 MPa) ventilyator yordamida va sovuq suvda sovutiladi. [125; 512 b.].

Shisha namunalarini kimyoviy bardoshligi GOST 10134.2-2017 talablari asosida o'rganildi [162; 11 b.]. Shaffof va rangli shishalarning suv, kislota va ishqorlar ta'siriga chidamliligi yuqorida keltirilgan davlat andozalari asosida o'rganib chiqildi. Bunda sintez qilib olingan shisha namunalari mayda kukun holatiga keltirildi. Ularning massa yo'qotishini aniqlash va suv, kislota, ishqorga kimyoviy bardoshlilik ko'rsatkichlari quyida keltirilgan formula asosida hisoblab chiqildi:

$$X = \frac{m - m_1}{m} \cdot 100, m - \text{shisha namunasining boshlang'ich og'irligi, kg,}$$

m_1 - shisha namunasining massa yo'qotishdan keyingi og'irligi, kg.

Ulardan eng yiriklari Uchquloqch (Shimoliy Nurota tizmasining shimoliy etaklarida joylashgan), Xondiza koni (janubiy-g'arbiy Hisor ob'yektlari bilan ifodalangan), qo'rg'oshin koni (Olmaliq viloyatida), Oltin-To'pqon (Tojikiston) hisoblanadi. Faqat bitta Uchquloqch konining zahirasi C_1 toifasi bo'yicha 2861 ming tonna, C_2 toifasi bo'yicha 431,6 ming tonnani tashkil etadi.

So'nggi paytlarda qo'rg'oshin va uning birikmalari ular asosida katafotalar va yo'l signal belgilarining mikroshishasharliklarini ishlab chiqarish uchun mos ob'yektlarga aylandi. Bu holda shishaning asosiy ko'rsatkichi bo'lgan optik xususiyatlari, shu jumladan yuqori nur sindirish ko'rsatkichidir. Qo'rg'oshin birikmalarining xarakteristikasi n_g va n_p ko'rsatkichlari bilan taminlanadi. Qo'rg'oshin qizil kukuni (glyot) uchun nur sindirish ko'rsatkichi - 2,665 va 2,535; α - $4PbO \cdot SiO_2$ uchun - 2,38 va 2,31; β - $4PbO \cdot SiO_2$ uchun - 2,34; $2PbO \cdot SiO_2$ uchun - 2,18 va 2,13; $PbO \cdot SiO_2$ uchun - 1,95 [28; 272 b., 163; 125 b., 168; 184 b., 169; 336 b.].

Ulardan qizil qo'rg'oshin Pb_3O_4 (qo'rg'oshin surigi) pigmentlar va yarim o'tkazgichlar, optik va qo'rg'oshin kristalli mahsulotlar ishlab chiqarishda ishlatiladi. Qizdirilganda u oson parchalanadi: $2Pb_3O_4 \rightarrow 6PbO + O_2$. Bu holda 97,7% PbO shishaga o'tadi va 2,3% O_2 bug'lanadi. Chiqarilgan kislorod shisha eritmasining tiniqlashishiga yordam beradi.

Pb_3O_4 kristallari $a = 8,80$ va $c = 0,556$ nm parametrlari bilan tetragonal singoniyada kristallanadi. Qattiqligi 2,5, zichligi 8,9 - 9,2 g/sm³ ni tashkil qiladi. Nur sindirish ko'rsatkichining o'rtacha qiymati $n_D = 2,42$.

Qo'rg'oshin oksidi ko'pchilik olimlarning fikriga ko'ra, 870-888°C da eriydi. Uning ikkita modifikatsiyasi mavjud: qizil kukuni (glyot) va massikot.

Qizil kukuni (glyot) kristallarining rangi qizil, u odatda $a = 3,970$ - 3,986, $c = 5,011$ - 0,5020 nm va $Z = 2$ parametrlari bilan tetragonal singoniyada kristallanadi. Glyotning qattiqligi 2, zichligi 9,13-9,30 g/sm³. Optik ko'rsatkichlari: $n_D = 2,665$ va $n_s = 2,535$.

Massikotning rangi sariq, tizim rombsimon: o'lchamlari $a = 5,476$ - 5,490, $v = 5,876$ - 5,890, $c = 4,743$ - 0,4760 nm va $Z = 4$. Massikotning qattiqligi 2 ga teng, zichligi esa 9,56-9,60 g/sm³. Massikotning optik

ko'rsatkichlari $n_g = 2,71$, $n_m = 2,61$ va $n_r = 2,51$ ga teng. [164; 560-566 b., 165; 136 b.].

Silikat tizimining ikkinchi komponenti SiO_2 ko'plab - polimorfik shakllarga ega: past va yuqori haroratli kvarts, past, o'rta va yuqori haroratli tridimit, past metastabil va yuqori haroratli kristobalit. Uning bir shakldan ikkinchi shaklga o'tishi adabiyotlarda keltirilgan [56; 576 b., 63; 223 b., 166; 146 b., 167; 296 b.].

Qashqadaryo viloyati Yakkabog' tumanidagi Ugun koni kvarts qumining tarkibi kimyoviy tahlil qilindi. Ularning natijalari quyidagi 3.1.1-jadvalda keltirilgan.

3.1.1-Jadval

Ugun kvarts qumlarining kimyoviy tarkibi

Komponent nomi	Oksidlarning miqdorlari, (mass. %)						q.y., mas. %
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O
UK-1	96,05	0,71	0,13	1,20	0,72	0,26	1,26
UK-2	97,54	0,08	0,10	0,25	0,13	0,02	0,70
UK-3	95,73	0,87	0,26	0,45	0,66	0,22	1,46
O'rtacha	96,44	0,55	0,16	0,63	0,50	0,17	1,14
UK-B (Boyitilgan)	99,15	0,03	0,04	0,12	0,06	0,02	0,26
							0,32

Jadvalda keltirilgan yuqori gorizontdan UK-3 komponent namunasi, pastki gorizontdan UK-1 va UK-2 komponent namunalari, yuvish va magnit ajratishdan keyin UK-B boyitilgan komponent namunasi.

Ugun koni kvarts qumi xomashyosi asosida shaffof va rangli shishalarni olish uchun tadqiqot ishlari olib borildi.

$PbO \cdot SiO_2$ sistemasida to'rtta birikma mavjudligi yuqorida qayd etilgan. Quyida ularning xarakterli nur sindirish ko'rsatkichlarini keltirib o'tamiz [154; 248 b., 155; 679 b.]: PbO (glyot) $n_g = 2,665$, $n_p = 2,535$; α - $4PbO \cdot SiO_2$ $n_g = 2,380$, $n_p = 2,310$; β - $4PbO \cdot SiO_2$ $n_g = 2,340$, $n_p = 0$; $2PbO \cdot SiO_2$ $n_g = 2,180$, $n_p = 2,130$;

$PbO \cdot SiO_2$ $n_g = 1,950$, $n_p = 0$.

$PbO \cdot SiO_2$ sistemasining shisha hosil bo'lish hududi Appen A.A. bo'yicha SiO_2 33 mol.% dan 100 mol.% oralig'ida bo'ladi [27; 128-195 b.].

Pastki chegara ko'p jihatdan shartli hisoblanadi, chunki u aralashmani ititish darajasiga va eritmaning sovutish tezligiga bog'liq bo'ladi.

PbO-SiO₂ sistemasining o'rganilayotgan shisha seriyasining kimyoviy tarkibi 3.1.2-jadvalda keltirilgan.

3.1.2-Jadval
PbO - SiO₂ sistemasidagi o'rganilayotgan shishalarning kompozitsiyalari

№	Shishaning kimyoviy tarkibi			
	mol. %		mas. %	
	PbO	SiO ₂	PbO	SiO ₂
Sh-1	100,0	-	100	-
Sh-2	70,8	29,2	90	10
Sh-3	51,8	48,2	80	20
Sh-4	38,6	61,4	70	30
Sh-5	28,7	71,3	60	40
Sh-6	21,2	78,8	50	50

Shisha hosil bo'lishi haqidagi qarashlarning adabiyot ma'lumotlaridagi nomuvofiqligi tufayli va tushuntirish maqsadida ushbu tadqiqot ishida PbO - SiO₂ sistemada 700-1000°C haroratda past eriydigan shishalar ishlab chiqarish bo'yicha ilmiy tadqiqotlar olib borildi.

3.1.3-jadvalda PbO-SiO₂ sistemasidagi shishalarning nazariy va tajribaviy xususiyatlari berilgan.

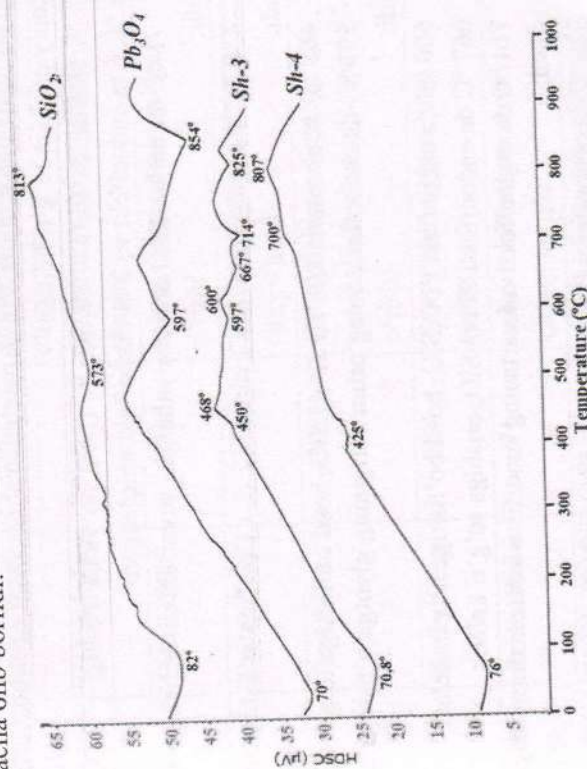
3.1.3-Jadval
O'rganilgan shishaning ba'zi xususiyatlari

Shishalarning tartib soni	Zichlik, ρ g/sm ³		Nur sindirish ko'rsatkichi, n_D		Issiqlikdan kengayishining o'rtacha koeffitsiyenti, $\alpha \cdot 10^{-7} \text{ grad}^{-1}$	
	Nazariy	Tajribaviy	Nazariy	Tajribaviy	Nazariy	Tajribaviy
Sh-2	7,473	7,872	2,194	2,361	103,122	103,493
Sh-3	5,962	6,173	1,932	2,072	85,703	85,911
Sh-4	4,961	5,292	1,782	1,973	73,491	73,882

Sh-5	4,252	4,514	1,693	1,901	64,462	64,901
Sh-6	3,713	4,101	1,621	1,862	57,511	57,923

Biz alohida moddalarni - Pb₃O₄ - 100 mas.% va SiO₂ - 100 mas.%, shisha omuxtalari tarkibini PbO - 80 mas.% + SiO₂ - 20 mas.% va PbO - 70 mas.% + SiO₂ - 30 mas.% maqbul tarkiblarni termik tahlil orqali o'rgandik, bu bitta isitish va sovutish jarayonida moddalar yoki tizimlarda sodir bo'ladigan fazaviy o'zgarishlarni o'rganishning eng sezgir usullaridan hisoblanadi. Olingan termik egri chiziqlar tahlillari 3.1.1-rasmda keltirilgan.

O'rganilayotgan moddalar va tizimlardagi issiqlik effektlarini doimiy ravishda ro'yhatga olish, qizdirish vaqtida moddaning haroratini muntazam ravishda o'lchash yo'li bilan amalga oshirildi. Moddaning harorati va vaqti yozish koordinatalarida amalga oshirib borildi. Bu jarayon 1000°C haroratgacha olib borildi.



3.1.1-Rasm. Shisha omuxtalarning termogrammalari:

Tarkiblari: 1. SiO₂, 2. Pb₃O₄.

3. PbO - 80 mas.% (PbO bo'yicha Pb₃O₄) + SiO₂ - 20 mas.%,

4. PbO - 70 mas.% (PbO bo'yicha Pb₃O₄) + SiO₂ - 30 mas.%,

3.1.1-rasmda kvarts qumi va qo'rg'oshin oksidining termogrammalarini tahlil qilish keltirilgan bo'lib, birinchi egri grafik uchta ta'sirning mavjudligini ko'rsatadi. Termogrammadagi ikkita endoeffekt chiziqning asl yo'nalishidan absissa o'qi tomon og'ishiga, bitta ekzoeffekt chiziqning ordinat o'qiga og'ishiga to'g'ri keladi. Olingan ma'lumotlarni adabiyot ma'lumotlari bilan solishtirish shuni ko'rsatadiki, 82°C da endoeffekti adsorbsiyalangan suvning chiqib ketishini, 573°C da endoeffekt ta'siri esa, β - kvartsning α - kvartsga o'tishini ko'rsatadi. 813°C da ekzoeffekt α - kvartsning α - tridimitga o'tishi bilan bog'liq [146; 152 b., 166; 146 b.].

Qo'rg'oshin surigi 70, 597 va 854°C da qizdirilganda uchta ta'sir ham qayd etilgan.

Ular adsorbsiyalangan suvni chiqib ketishiga, qo'rg'oshin glyoti PbO hosil bo'lishi bilan minimal Pb₃O₄ parchalanishiga va qo'rg'oshin surigining yakuniy erishiga to'g'ri keladi.

Aralashmada PbO – 80 mas.% (PbO bo'yicha Pb₃O₄) + SiO₂ – 20 mas.%, 6 ta endoeffekt va 2 ta ekzoeffekt aniqlangan:

71 °C da endoeffekti adsorbsiyalangan suvni chiqib ketishiga to'g'ri keladi;

450 °C da endoeffekt β - kvartsning α - kvartsga o'tishiga to'g'ri keladi;

468 °C da ekzotermik ta'sir 2PbO·SiO₂ hosil bo'lishiga to'g'ri keladi;

597 °C da endoeffekt qo'rg'oshin surigining glyotga o'tishiga to'g'ri keladi;

600 °C da ekzoeffekt PbO·SiO₂ hosil bo'lishiga to'g'ri keladi;

667 °C da endoeffekti 2PbO·SiO₂ erishiga to'g'ri keladi;

714 °C da endoeffekti α -kvartsning modifikasion transformatsiyasiga mos keladi;

825 °C da endoeffekti PbO (glyot) va PbO·SiO₂ erishiga to'g'ri keladi.

PbO – 70 mas.% (PbO bo'yicha Pb₃O₄) + SiO₂ – 30 mas.% shisha omuxtasida silikat hosil bo'lishi va shisha shakllanishi yuqorida tavsiflangan holatdan farq qiladi:

76 °C da endoeffekti adsorbsiyalangan suvni chiqib ketishiga to'g'ri keladi;

425 °C da endoeffekt β - kvartsning α - kvartsga aylanishiga mos keladi;

700 °C da ekzotermik ta'sir PbO·SiO₂ hosil bo'lishiga to'g'ri keladi;

807 °C da ekzotermik effekt α - kvartsning α - tridimitga aylanishiga va shisha omuxta komponentlarining erishiga mos keladi.

Termik tahlil usuli bilan olingan yuqoridagi natijalar (3.1.1-rasm) va tavsiflangan ma'lumotlar 3.1.3-jadval shaklida umumlashtirilgan.

3.1.3-Jadval

SiO₂, Pb₃O₄ va PbO·SiO₂ sistemasidagi shishalarda isitish vaqtida aniqlangan termoeffektlar

Moddaning nomi va formulasi	Termoeffekt turi	Termoeffekt harorati, °C	Issiqlik effektining tabiati
Kremnezoy m - SiO ₂	Endoeffekt	82	adsorbsiyalangan suvni chiqib ketishi
	Endoeffekt	573	β -kvartsning α -kvartsga o'tishi
	Ekzoeffekt	813	α -kvartsning α -tridimitga o'tishi
Qo'rg'oshin surigi-Pb ₃ O ₄	Endoeffekt	70	adsorbsiyalangan suvni chiqib ketishi
	Endoeffekt	597	Qo'rg'oshin surigining parchalanishi va glyotga o'tishi
	Endoeffekt	854	Qo'rg'oshin glyotining erishi
PbO-80 mas.% (Pb ₃ O ₄ qayta hisoblash PbO da) SiO ₂ -20%	Endoeffekt	71	adsorbsiyalangan suvni chiqib ketishi
	Endoeffekt	450	β -kvartsning α -kvartsga o'tishi
	Ekzoeffekt	468	2PbO·SiO ₂ hosil bo'lishi
	Endoeffekt	597	Qo'rg'oshin surigining glyotga o'tishi
	Ekzoeffekt	600	PbO·SiO ₂ hosil bo'lishi

3.2.1-Jadval

B₂O₃ qo'shimchalarning PbO-SiO₂ sistemali shishalarining erish nuqtasiga ta'siri

Shisha raqami	Shishaning kimyoviy tarkibi, og'irligi, %		Erish nuqtasi, °C
	PbO	SiO ₂	
Sh-7	80	20	780
Sh-8	80	20	760
Sh-9	80	20	740
Sh-10	80	20	720
Sh-11	80	20	680
Sh-12	80	20	640
Sh-13	80	20	600

Kichik miqdordagi qo'shimchalarni qo'llash bilan o'tkazilgan tajribalar natijasida erish harorati past bo'lgan shishalarni sintez qilish mumkin. Shu bilan birga rang, shaffoflik va asosiy ko'rsatkichi bo'lgan - nur sindirish ko'rsatkichi (3.2.2-jadval) saqlanadi. 3.2.2-jadvaldan 780°C da B₂O₃ miqdori ortishi bilan erish harorati pasayib borishini, xuddi shu haroratda SiO₂ miqdori kamayishi bilan erish jarayonlari tezlashishini ko'rish mumkin. Shunday qilib, PbO-SiO₂ sistemasidagi shishalarning erish harorati ushbu sistema tarkibiy qismlarining nisbatiga bog'liq.

Shishaning tuzilishini o'rganish zamonaviy kimyoning muhim muammolaridan biridir. Belgilangan va talab qilinadigan fizik-kimyoviy xususiyatlarga ega yangi shishalar yaratish zarurati shisha tuzilishini chuqur va batafsil o'rganishni talab qiladi.

MDH davlatlarida ham, xorijda ham, so'nggi yillarda bu borada ko'plab asarlar nashr etildi. Rentgenofazali, IQ-infraqizil spektroskopik, skanerli elektron mikroskopik (SEM), lyuminessyent tahlili va kombinasion tarqalishini o'rganish, ultrabinafsha spektrlar, yadroviy va elektron tartibda paramagnit rezonans tahlili bo'yicha sintez qilingan shisha namunasining tabiatini bilish uchun aniqlik darajasi yuqori bo'lgan zamonaviy usullarni qo'llashga bag'ishlangan.

	Endoeffekt	667	2PbO-SiO ₂ erishi
PbO - 70% (Pb ₃ O ₄ xususida PbO ga) SiO ₂ - 30%	Endoeffekt	714	α-kvartsning modifikasion transformatsiyasi
	Endoeffekt	825	PbO-SiO ₂ va glyotning erishi adsorbsiyalangan suvni chiqib ketishi
	Endoeffekt	76	β - kvartsning α - kvartsga aylanishiga mos keladi
	Endoeffekt	425	PbO-SiO ₂ hosil bo'lishi
	Ekzoeffekt	700	α - kvartsning α - tridimitga aylanishiga va shisha omuxta komponentlarining erishiga mos keladi
	Ekzoeffekt	807	

Shunday qilib, birinchi navbatda o'tkazilgan tadqiqotlar birinchi maqbul tarkib 80 mas.% PbO + 20 mas.% SiO₂ aralashmalarida silikat hosil bo'lishi oraliq fazalar - 2PbO-SiO₂ va PbO-SiO₂ hosil bo'lishi orqali borishini tasdiqlaydi; keyingi o'tkazilgan tadqiqotlarda ikkinchi maqbul tarkib 70 mas.% PbO + 30 mas.% SiO₂ faqat PbO-SiO₂ oraliq faza vazifasini bajaradi. Ikkinchidan, 1300 °C haroratda bir xil shisha faza hosil bo'lishi uchun 6 yoki undan ortiq soat vaqt talab etiladi.

3.2. Qo'rg'oshin silikat asosidagi shisha namunalarning sinteziga, xossalarga bor va natriy oksidlarining ta'siri

Sintez qilingan shisha namunasi tarkibi aralashmasida B₂O₃ - bor oksidi (PbO-80 mas.% va SiO₂ -20 mas.%) 1, 2, 3, 4 va 5 mas.% (3.2.1-jadval)ni tashkil etadi. B₂O₃ - bor oksidi miqdori shishaning asosiy ko'rsatkichlari - rangi, shaffofligi va nur sindirish ko'rsatkichlari o'zgarmagan nisbatda qo'shildi.

B₂O₃ - bor oksidi miqdori har xil bo'lgan kompozitsiyalarda shisha omuxtasini pishirishning maksimal harorati: 1, 1150, 1100 va 1050°C ga to'g'ri keldi, chunki haroratni pasayib borishiga bor oksidining miqdori ortishi sabab bo'ladi.

Quyidagi 3.2.2-jadvalda tarkibida B_2O_3 bo'lgan shisha namunalarning fizik-texnologik ko'rsatkichlari keltirilgan.

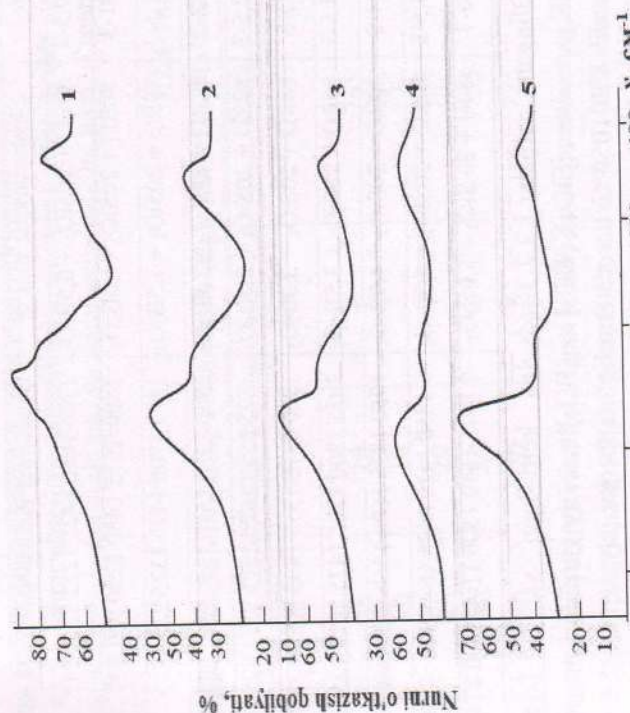
3.2.2-Jadval
Tarkibida B_2O_3 bo'lgan shisha namunalarning fizik-texnologik ko'rsatkichlari

No	B_2O_3 miqdori	Shisha omuxtasining suyuqlanish harorati, °C	Shisha-ning qaynash harorati, °C	Berilgan haroratda ushlab turish vaqti, min.	ICHKK, $10^{-7} \cdot \text{grad}^{-1}$	Nur sindirish ko'rsatkichi, n_D	Namuna-ning rangi
ShB0,5-3	0,50	780	980	60	70	1,84	Oq sariq
ShB1-3	1,00	760	960	50	61	1,83	To'q sariq
ShB1,5-3	1,50	740	940	50	62	1,82	To'q sariq
ShB2-3	2,00	720	920	40	63	1,81	To'q sariq
ShB2,5-3	2,50	700	900	35	64	1,80	To'q sariq
ShB3-3	3,00	680	880	30	65	1,79	Och sariq
ShB3,5-3	3,50	660	860	25	67	1,78	Och sariq
ShB4-3	4,00	640	840	20	69	1,77	Och sariq
ShB4,5-3	4,50	620	820	15	70	1,76	Och sariq
ShB5-3	5,00	600	800	10	71	1,75	Sarg'imtir
Taqqoslash uchun maqbul tarkib (Sh-3)							
Sh-3	0,0	800	1000	60	77	1,85	Sarg'ish

Shishaning tuzilishini o'rganishning bevosita va aniq usullaridan biri infraqizil spektral tahlil usulidir. O'rganilayotgan moddaning infraqizil spektri va chiziqlarining tuzilishi, holati, intensivligi va qutblanishini o'rganish orqali uning tuzilishi haqida ma'lumot olish mumkin [180; 473 b.].

Silikat shishalarining tuzilishini o'rganishda tadqiqotchilar bir qator o'ziga xos qiyinchiliklarga duch kelishadi. Avvalo, struktura shishaning termik o'tmishiga bog'liqligi va vaqt o'tishi bilan xususiyatlarning

o'zgaruvchanligi, shuningdek, hatto kichik miqdordagi aralashmalarning mavjudligidir.



3.2.1-Rasm. Tarkibida B_2O_3 bo'lgan $PbO-SiO_2$ sistemasi asosidagi namunalarning IQ spektrlari:

Sh-3+1 mas.% B_2O_3 ; Sh-3+2 mas.% B_2O_3 ;

Sh-3+3 mas.% B_2O_3 ; Sh-3+4 mas.% B_2O_3 ; Sh-3+5 mas.% B_2O_3

Yuqorida keltirilgan ma'lumotlarni hisobga olgan holda, tarkibida B_2O_3 bo'lgan $PbO-SiO_2$ sistemasi asosidagi ilmiy tadqiqot ishida sintez qilingan shisha namunalari IQ-spektroskopik va spektrofotometrik usullar bilan tahlil qilindi.

IQ spektrlarini qayd qilish uchun namunalar 006 elakdan o'tishdan oldin agatli hovanchada maydalangan. Tahlil UR-20 spektrometrida o'tkazilgan. Namuna tayyorlash uchun NaCl va KBr ishlatilgan. Namunalar 400 – 1400 cm^{-1} spektral diapazonida o'rganildi. Namunalarning rangi vizual ravishda va SF-10 spektrofotometrida 400-750 mkm oraliq mintaqada aniqlandi.

3.2.3-Jadval

Sintez qilingan shishalarning yutilish spektrlari

N ^o	Shisha tarkibi, mas. %	Shishaning yutilish spektrlari, sm ⁻¹
ShB0,5-3	80RO + 20SiO ₂ + 0,5B ₂ O ₃	1775 1650 1425 1275 875 775 650 450
ShB1-3	80RO + 20SiO ₂ + 1,0B ₂ O ₃	1800 1675 1450 1300 900 800 675 475
ShB1,5-3	80RO + 20SiO ₂ + 1,5B ₂ O ₃	1825 1700 1475 1325 925 825 700 500
ShB2-3	80RO + 20SiO₂ + 2,0B₂O₃	1850 1725 1500 1350 950 850 725 525
ShB2,5-3	80RO + 20SiO ₂ + 2,5B ₂ O ₃	1875 1750 1525 1375 975 875 750 550
ShB3-3	80RO + 20SiO ₂ + 3,0B ₂ O ₃	1900 1775 1550 1400 1000 900 775 575
ShB3,5-3	80RO + 20SiO ₂ + 3,5B ₂ O ₃	1925 1800 1575 1425 1025 925 800 600
ShB4-3	80RO + 20SiO ₂ + 4,0B ₂ O ₃	1950 1825 1600 1450 1050 950 825 625
ShB4,5-3	80RO + 20SiO ₂ + 4,5B ₂ O ₃	5 1850 1625 1475 1075 975 850 650
ShB5-3	80O + 20 SiO ₂ + 5,0B ₂ O ₃	0 1875 1650 1500 1100 1000 875 675

Olingan natijalar 3.2.3-jadvalda keltirilgan va 3.2.1-rasmdagi spektrlarga asosan, [SiO₄], [BO₄] va [BO₃] tarkibiy guruhlar mavjudligini ko'rsatadi. 850-1050°C harorat oralig'ida o'rganilayotgan shishalarning strukturaviy guruhlarining polimerlanish darajasining oshishi kuzatiladi. Shisha tarkibida 20-30 mas. % SiO₂ bo'lsa, kristallanish jarayonida issiqlik bilan ishlov berish tufayli shisha tarkibidagi [SiO₄] va [BO₄] tetraedrlar soni yanada ortadi, bu polimerlanish jarayonining kuchayishi bilan izohlanadi.

1400 sm⁻¹ da maksimal yutilish zonasi intensivligining oshishi kiritilgan bor kislotasi miqdori ortishi bilan [SiO₄] guruhlarini [BO₃] guruhiga almashtirish bilan bog'liq. Bunday holda, yutilish bandlari intensivligining ortishi kuzatiladi.

Tadqiqot ishinig bu qismida shisha olishda suyuqlanish haroratini pasaytirish uchun nazariy rejalashtirilgan tarkiblari keltirilgan. Buni tajriba asosida isbotlash uchun shisha tarkibiga qo'shimcha sifatida hisoblash yo'li bilan aniqlangan va Na₂O, CaO, B₂O₃ va Al₂O₃ qo'shimchalari kiritilgan.

Tadqiqotlar natijasida kichik qo'shimchalardan, ya'ni bor oksidi va natriy oksididan foydalanish shishani erish haroratini pasaytirishga yordam berishi aniqlandi.

Texnologik ko'rsatkichlarni yaxshilash uchun PbO-SiO₂ sistemasi shisha kompozitsiyalariga B₂O₃, Na₂O, CaO va Al₂O₃ oksidlarning kombinatsiyalangan qo'shimchalari kiritildi.

Na₂CO₃ ni ushbu sistemaga qo'shimcha sifatida kiritish orqali sintez qilingan shishalarning mineralogik va kimyoviy tarkibi ham o'rganildi (3.2.4-jadval).

3.2.4-Jadval

Shisha namunalarning erish haroratiga Na₂O ning ta'siri

Shisha namunalari	Omuxta tarkibi, mas. %		Erish harorati, °C
	PbO	SiO ₂	
ShNa1-3	80	20	1
ShNa2-3	80	20	2
ShNa3-3	80	20	3
ShNa4-3	80	20	4
ShNa5-3	80	20	5

Quyidagi kompozitsiyalarga mos keladigan shishalar o'rganildi, mas. %:

ShB2-3 – PbO 80 mas. %, SiO₂ 20 mas. %, B₂O₃ 2 mas. % 100% dan ortiq;

ShB1Na1-3 – PbO 80 mas. %, SiO₂ 20 mas. %, B₂O₃ 1 mas. %, Na₂O 1 mas. %;

ShB0,67Na0,67Ca0,66-3 – PbO 80 mas. %, SiO₂ 20 mas. %, B₂O₃ 0,67 mas. %, Na₂O 0,67 mas. %, CaO 0,66 mas. %;

ShB0,5Na0,5Ca0,5Al0,5-3 – PbO 80 mas. %, SiO₂ 20 mas. %, B₂O₃ 0,5 mas. %, Na₂O 0,5 mas. %, CaO 0,5 mas. %;

Shishalarning erish haroratini pasaytiruvchi komponentlar sifatida tajribalarda Mendeleyev D.I. davriy sistemasining 1-3 guruhi elementlaridan foydalanilgan.

Ushbu tadqiqot qismida shisha erish haroratini pasaytirish uchun nazariy rejalashtirilgan kompozitsiyalar keltirilgan. Eksperimental tasdiqlash uchun Na₂CO₃, CaCO₃, H₃BO₃ va Al₂O₃ qo'shimchalari aniqlandi va hisoblash usuli bilan shisha aralashmalarga kiritildi.

Eksperimental ravishda H₃BO₃ qo'shilgan tarkibda, Na₂CO₃, CaCO₃ qo'shimchalar miqdori ortishi bilan shishaning erish haroratida pasayish kuzatildi. Aniqlanishicha, kiritilgan qo'shimcha miqdoriga ko'ra, shisha erish harorati 1 dan 1050°C gacha pasaygan.

Tadqiqotlar natijasida 1-3 guruh elementlarining oksidlari shisha omuxtalarga qo'shimcha sifatida kiritilishi aniqlandi. Ayniqsa, bor oksidi ishlatilgan bo'lsa, shisha erish haroratini 25 dan 100°C gacha kamaytirishga imkon beradi. Qo'shimcha sifatida erish harorati 50-°C ga kamayadi va shu bilan birga yuqori sifatli shishalar olinadi.

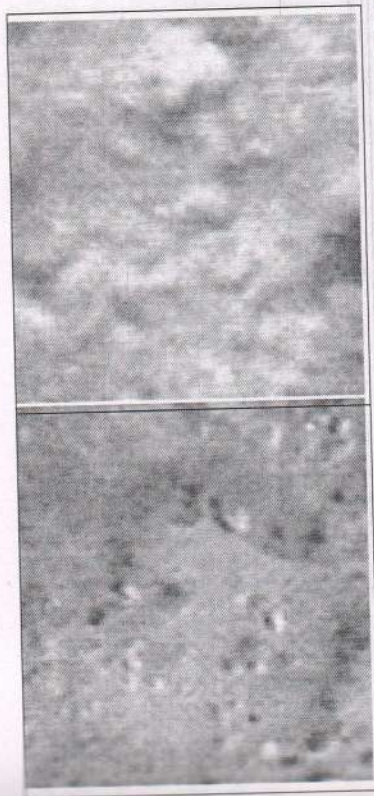
Shishani erish haroratini pasaytirish uchun shisha omuxtalari tarkibiga 5mas.% gacha B_2O_3 qo'shib tajriba olib borildi. B_2O_3 -bor oksidi aralashmaga N_3BO_3 - bor kislotasi shaklida kiritildi.

EMV-100 BR markali 50 kV kuchlanishli elektron mikroskopi yordamida shisha namunalari o'rganildi. O'z-o'zidan bo'yalgan bir bosqichli uglerod-kumush nusxasi usuli qo'llanildi.

Sh-10 tarkibli shisha omuxtasiga B_2O_3 -2 mas.% ning kiritilishi bilan (3.2.2-rasm) sirtning bir xil bo'lmagan mayda-mayda - katta blokli mikrotozuzilishidan (a, kvartsga xos) tekislangan holatga o'tish kuzatiladi va qo'rg'oshin silikatlariga xos bo'lgan yanada tekislangan va ajratuvchi (b) mikrostrukturaga ega bo'ldi.

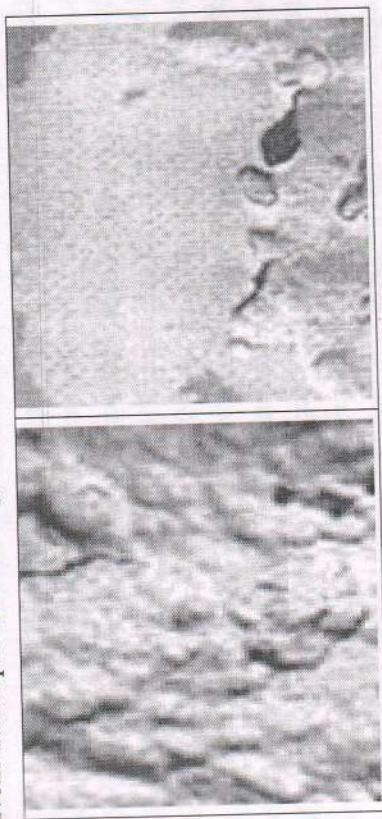


3.2.2-rasm. Tarkibning bir xil bo'lmagan (a) va ajratuvchi (b) shisha tuzilishining elektron mikroskopik tasvirlari: PbO 80 mas.%, SiO_2 20 mas.% va B_2O_3 2 mas.% 100 % dan ortiq. Kattalashtirish x6000 marta.



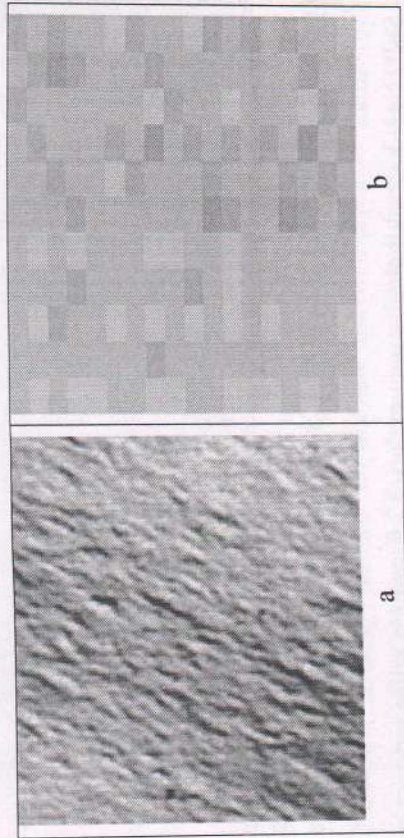
3.2.3-rasm. Bir xil shisha tarkibi tuzilishining elektron mikroskopik tasvirlari: PbO 80 mas.%, SiO_2 20 mas.%, B_2O_3 1 mas.% va Na_2O 1 mas.%.

ShB1Na1-3 tarkibli shisha namunalari 3.2.3-rasmda silliq sirtga ega bo'lib, chuqurchalar shaklidagi tuzilishga aylanadi, ammo ta'sir qilishning 1 dan 4 soatgacha ortishi bilan sirt silliq bo'ladi. Barcha o'rganilgan namunalarda shisha omuxtalarga kiritilgan qo'shimchalar turiga va shisha erish vaqtining davomiyligiga qarab strukturaviy xususiyatlarda farq qiluvchi mustaqil hududlarning ko'rinishi qayd etilgan.



3.2.4-rasm. Bir xil shisha tarkibi tuzilishining elektron mikroskopik tasvirlari: PbO 80 mas.%, SiO_2 20 mas.%, B_2O_3 0,67 mas.%, Na_2O 0,67 mas.% va CaO 0,66 mas.%.

Shisha namunalarining yuzasi 3.2.4-rasm boshida katta blokli, kvartslar donalari uchun xarakterli bo'lib, ta'sir kuchayishi bilan bir xil holga aylanadi.



3.2.5-rasm. Bir jinsli (a) va bir xil (b) shisha tarkibi tuzilishining elektron mikroskopik tasvirlari: PbO 80 mas.%, SiO₂ 20 mas.%, B₂O₃ 0,5 mas.%, Na₂O 0,5 mas.%, CaO 0,5 mas.% va Al₂O₃ 0,5 mas.%.

ShB0,5Na0,5Ca0,5Al0,5-3 tarkibli shisha namunalarining 3.2.5 (a)-rasmida yumaloq zarrachalar to'planishi aniq ko'rsatilgan. 3.2.5 (b)-rasmida bir xil shisha tarkibi, tuzilishi, sirti silliq holda ekanligi aniqlangan.

O'rganilayotgan shisha namunalarini tahlil qilish yanada mukammal tuzilmalarni olish uchun ularning texnologik parametrlarini moslashtirish zarurligini ko'rsatadi. O'rganilgan shisha kompozitsiyalarni taqqoslash shuni ko'rsatadiki, isitishda ushlab turish (выдержка) vaqti yetarli emas. 1 soatdan 6 soatgacha yoki undan ortiq vaqtga oshirish zarurati tug'iladi.

Haqiqatan ham, shisha namunasi aniqlanganda va 6-24 soat davomida haroratni ushlab turish orqali tiniqlashtirish va gomogenlashtirish jarayonida bir xil holga keltirilgach, bir xil shishalarda pufakchalar va ajratilgan joylar 3.2.5 (b) nuqsonlarsiz olingan.

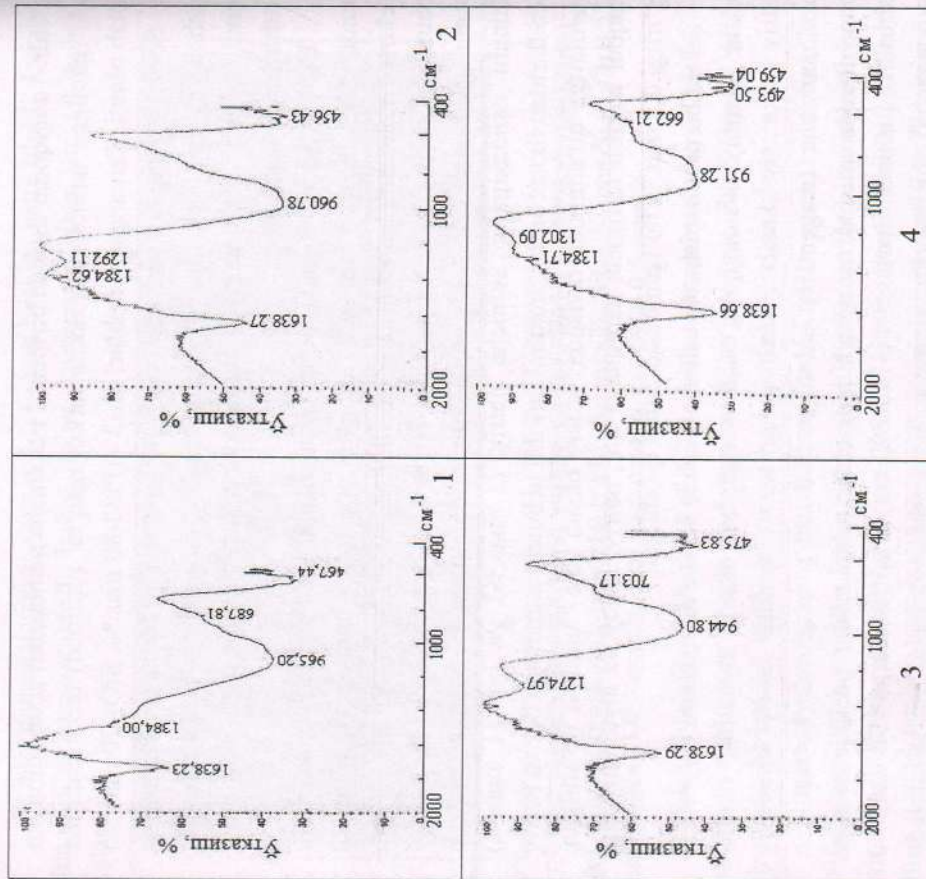
Sintez qilingan shisha asosida biz yo'l signal belgilari uchun yuqori sifatli mikroshishashariklarni olish uchun kompozitsiyalar ishlab chiqdik. Ushbu mikroshishashariklarning xususiyatlari ushbu turdagi mahsulot uchun GOST 10354-82 talablariga javob beradi. Mikroshishashariklarni ishlab chiqarish uchun shishalarning erish harorati 1000 – 1°C oralig'ida

bo'ladi. Tadqiqotlar asosida birinchi 11 ta shisha namunalari sintez qilingan va o'rganilgan tarkiblardan ikkita tarkib maqbul (optimal) tarkib sifatida tanlab olindi. Tanlangan tarkiblar: Sh-3 - (PbO-80 mas.%, SiO₂-20 mas.%) va Sh-4 - (PbO-70 mas.%, SiO₂-30 mas.%). Ushbu tarkiblarning shishalarini fizik va kimyoviy xossalari laboratoriya sharoitida o'rganildi. Qabul qilingan laboratoriya ma'lumotlari ishlab chiqarish sharoitida tekshirildi va tasdiqlandi.

Ushbu tadqiqot ishida qo'rg'oshin oksidi (80 mas.%) va kremniy oksidi (20 mas.%) asosida olingan shisha namunalari infraqizil spektroskopik usuli yordamida o'rganildi. Pishirish haroratini pasaytirish uchun Sh-3 -(PbO-80 mas.%, SiO₂-20 mas.%) maqbul tarkibli birinchi namunaga bor oksidi - 2 mas.% miqdorida qo'shildi. Maqbul tarkibli ikkinchi namunaga qo'shimcha natriy (1 mas.%) va bor (1 mas.%) oksidlaridan iborat bo'lsa, maqbul tarkibli uchinchi namunada bor va natriy oksidlariga qo'shimcha ravishda, kalsiy oksidi (0,67 mas.%) qo'shilgan. Maqbul tarkibli to'rtinchi namunaga bor, natriy, kalsiy va alyuminiyning og'irligi 0,5 mas.% bo'lgan oksidlardan qo'shilgan.

Past haroratda pishuvchi shisha olishda shisha omuxtasini tayyorlash uchun kremniy oksidi, qo'rg'oshin surigi, bor oksidi, alyuminiy oksidi, natriy va kalsiy oksidlari "taxlil uchun toza", "analitik toza", "kimyoviy toza" tarkiblar (reagentlar) ishlatilgan. 50-100 g miqdorida ko'rsatilgan reagentlardan shishalarni eritish isitgichlar bilan silikat pechida amalga oshirildi. Pishirish harorati (1-1300°C) va pishirish vaqti (30 dan 60 daqiqagacha) shisha eritmasining to'liq erishini va pishirishni ta'minladi. Pishirish turli sig'imdagi korundli va platinali tigellarda amalga oshirildi. Haqiqiy kompozitsiyalarning berilganlarga muvofiqi kimyoviy tahlil usullari bilan nazorat qilindi. Shu maqsadda natriy oksidi nazorati bo'yicha ham to'liq silikat kimyoviy tahlili, ham qisman - olovli fotometriya va kremniy oksidi - fotokolorimetriya usulida o'tkazildi.

Sintez qilingan shishalarni IQ-spektroskopik usulda o'rganish (3.2.6-rasm) bir tomondan ularda shishasimon jismlar spektrlari uchun xos bo'lgan uchta yutilish hududi mavjudligini tasdiqladi: 1300-800, 800-600 va 600-400 nm⁻¹, va boshqa tomondan bor, natriy, kalsiy va alyuminiy oksidlarining shisha yutilish zanjiriga ta'sirini aniqladi.



3.2.6-rasm. 1-4 tarkibidagi qo'rg'oshin silikat shishalarining yutilish spektrlari

Alyuminiy oksidi miqdori ortishi bilan 1000-1100 sm^{-1} oralig'ida ikkita assimilyasiya chizig'i aniq ko'rinadi, bu shisha strukturasiining farqlanishini ko'rsatadi.

"Kremniy-kislorod" aloqalari tebranishlarining qo'shimchalar anionining ichki tebranishlari bilan sezilarli darajada o'zaro ta'sirining ba'zi bir ko'rsatkichlari keltirilgan, ya'ni: 1384-965-688-467 sm^{-1} , 1275-945-703-476 sm^{-1} , 1292-961-688-456 sm^{-1} , 1302-951-662-494-459 sm^{-1} da qayd etilgan.

Shisha tarkiblarini nazariy loyihalash va ularni amaliy tasdiqlash, shisha aralashmasiga kiritilgan oz miqdordagi qo'shimchalarning rolini aniqlash silikat texnologiyasining asosiy muammolaridan biri hisoblanadi. O'tgan asrda bu muammo bilan Mendeleyev D.I. va Lomonosov M.I. kabi olimlar shug'ullanishgan. Ular ham bu muammoni to'liq hal qila olmadilar.

Shunday qilib, olingan eksperimental ma'lumotlar shuni ko'rsatadiki, oz miqdordagi qo'shimchalar shishani eritish jarayoniga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Qo'shimchalar shisha omuxtalarni eritish, shishani eritish, mahsulotni qoliplash va harorat kabi jarayonlarga ham ta'sir qiladi.

Oksid qo'shilgan shishalarni ishlab chiqishda, birinchi navbatda, asosiy xomashyo va qo'shimchalarning kimyoviy tuzilishiga e'tibor berish kerak.

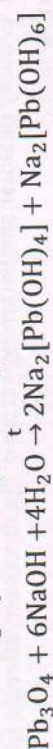
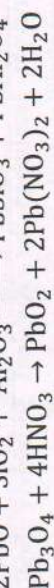
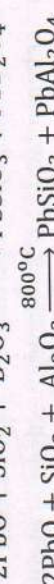
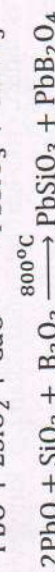
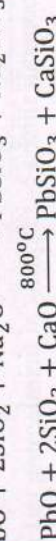
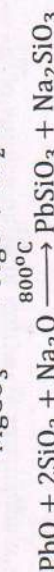
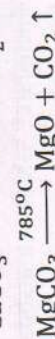
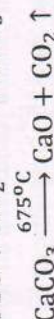
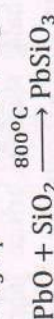
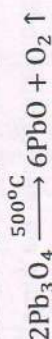
Ko'p komponentli shisha hosil qiluvchi tizimlarning tarkiblarini tahlil qilish shuni ko'rsatadiki, erish harorati, mustahkamligi, kimyoviy qarshiligi va issiqlikdan chiziqli kengayish koeffitsiyenti yuqori shisha omuxtalarga ega bo'lgan elementlarni o'z ichiga olgan oksidlar bilan muvofiqlashtiruvchi tuzilishga va kovalent kimyoviy bog'lanishlarga bog'liq. Bunday oksidlar shishalarning sanab o'tilgan xususiyatlariga ijobiy ta'sir ko'rsatadi.

Davriy sistemaga kiritilgan shishasozlikda eng ko'p qo'llaniladigan oksidlarning kimyoviy bog'lanishlarining kovalentligi haqidagi ma'lumotlar tahlil qilingan. Hisob-kitoblarga ko'ra, quyidagi ma'lumotlar olingan: Li, Na va K - 15% birinchi guruh elementlarining kislorodli aloqalari uchun; V, Mg, Ca, Zn va Pb - 31% ikkinchi guruh elementlari uchun; V, Al, V va O₂ - 47,5% uchinchi guruh elementlari uchun; Si, Ti, Ce, Te - 50% to'rtinchi guruh elementlari uchun ma'lumotlar olingan [56; 576 b., 59; 108 b.].

Yuqorida aytilganlarga asoslanib, biz past erish haroratiga ega bo'lgan shishalarni sintez qilish uchun shisha omuxtalarning tarkibiga, birinchi navbatda TiO₂ va CeO₂, qo'shimchalar sifatida D.I.Mendeleyev jadvalidagi birinchi - uchinchi guruhlarining elementlarini kiritish kerak degan xulosaga kelishimiz mumkin.

3.3. Qo'rg'oshin silikat asosida sintez qilingan shisha namunalariga termik islov berish jarayonining termodinamik tahlili

PbO-SiO₂ sistemasi asosida sintez qilingan shisha numunalari ustida termodinamik tadqiqot ishlari olib borildi va hosil bo'ladigan reaksiyalarning borish ehtimolligi o'rganib chiqildi.



Tadqiqot ishini to'liq ma'lumotlarini olish uchun o'rganilayotgan sistemani juda keng harorat, konsentratsiya, vaqt oralig'ida kompleks fizik-kimyoviy analiz o'tkazish kerak. Shuning uchun zamonaviy fizik-kimyoviy usullarning siklida birinchilardan bo'lib, termodinamik tahlil turadi. Chunki termodinamik tahlil jarayonning termodinamik yo'nalganligi to'g'risidagi savolga javob beradi, berilgan haroratlar oralig'ida reaksiyaning borish ehtimolligini belgilab beradi, u yoki bu moddaning hosil bo'lish ehtimolligini ko'rsatib beradi.

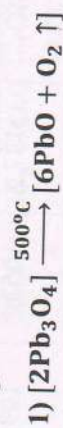
3.3.1-jadvalda kimyoviy reagentlarning termodinamik ko'rsatkichlari (entalpiya, entropiya, Gibbs energiyasi) keltirilgan.

Kimyoviy reagentlarning termodinamik ko'rsatkichlari

N ^o	Kimyoviy reagent nomi	Kimyoviy formula	ΔN ^o ₂₉₈ kDj/mol	ΔG ^o ₂₉₈ kDj/mol	ΔS ^o ₂₉₈ Dj/mol·K
1	Qo'rg'oshin (II, IV) oksidi _(kr)	Pb ₃ O _{4(kr)}	-723,41	-606,17	211,29
2	Qo'rg'oshin (II) oksidi _(kr)	PbO _(kr)	-219,3	-189,1	66,1
3	Qo'rg'oshin (IV) oksidi _(kr)	PbO _{2(kr)}	-276,6	-218	71,9
4	Kremniy (IV) oksidi _(kr)	SiO _{2(kr)}	-910,94	-856,67	41,84
5	Qo'rg'oshin metasilikat	PbSiO ₃	-1137,2	-1053,2	109,6
6	Qo'rg'oshin (II) nitrat	Pb(NO ₃) ₂	-451,7	-256,9	217,9
7	Kalsiy karbonat _(kr)	SaSO _{3(kr)}	-1206,8	-1128,4	91,7
8	Kalsiy oksidi _(kr)	SaO _(kr)	-635,1	-603,5	38,1
9	Magniy karbonat _(kr)	MgSO _{3(kr)}	-1095,85	-1012,15	65,1
10	Magniy oksidi _(kr)	MgO _(kr)	-601,5	-569,3	27,07
11	Natriy karbonat _(kr)	Na ₂ CO _{3(kr)}	-1129,43	-1045,7	135
12	Natriy oksidi _(kr)	Na ₂ O _(kr)	-414,84	-376,1	75,3
13	Bor oksidi _(kr)	B ₂ O _{3(kr)}	-1272,9	-1193,8	54
14	Uglerod (IV) oksidi _(g)	CO _{2(kr)}	-393,51	-394,37	213,66
15	Suv _(s)	H ₂ O _(s)	-285,83	-237,25	70,08
16	Xrom (III) oksidi _(kr)	Cr ₂ O _{3(kr)}	-1140,6	-1059	81,2
17	Marganes (III) oksidi _(kr)	Mn ₂ O _{3(kr)}	-957,72	-879,91	110,46
18	Temir (III) oksidi _(kr)	Fe ₂ O _{3(kr)}	-822	-740	87

19	Alyuminiy (III) oksidi	Al ₂ O ₃	-1676	-1582	50,92
20	Ittriy (III) oksidi	Y ₂ O ₃	-1904	-1800	99,2
21	Nitrat kislotasi	HNO ₃	-174,1	-80,8	156,6
22	Volfram (VI) oksidi _(kr)	WO _{3(kr)}	-842,7	-763,8	75,9
23	Titan (IV) oksidi	TiO ₂	-938,6	-883,3	49,92
24	Natriy metasilikat	Na ₂ SiO _{3(k)}	-1561,43	-1467,5	113,76
25	Kislorod	O ₂	0	0	205,4

Komponentlarning termodinamik omillarining standart qiymatlari 3.3.1-jadvalda keltirilgan bo'lib, uning hisoblari esa, 3.3.2, 3.3.3-jadvallarda ko'rsatilgan.



$$\Delta N^0_{298} = [6\text{PbO} + \text{O}_2] - [2\text{Pb}_3\text{O}_4]$$

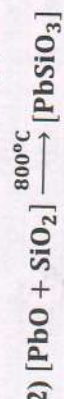
$$\Delta N^0_{298} = [(6(-219,3)) + 0] - [2(-723,41)] = 131,02 \text{ kDj/mol}$$

$$\Delta S^0_{298} = [6\text{PbO} + \text{O}_2] - [2\text{Pb}_3\text{O}_4]$$

$$\Delta S^0_{298} = [(6 \cdot 66,1) + 205,4] - [2 \cdot 211,29] = 179,42 \text{ Dj/mol} \cdot \text{K}$$

$$\Delta G^0_{298} = [6\text{PbO} + \text{O}_2] - [2\text{Pb}_3\text{O}_4]$$

$$\Delta G^0_{298} = [(6(-189,1)) + 0] - [2(-606,17)] = 77,74 \text{ kDj/mol}$$



$$\Delta N^0_{298} = [\text{PbSiO}_3] - [\text{PbO} + \text{SiO}_2]$$

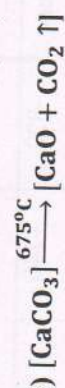
$$\Delta N^0_{298} = [(-1137,2)] - [(-219,3) + (-910,94)] = -6,96 \text{ kDj/mol}$$

$$\Delta S^0_{298} = [\text{PbSiO}_3] - [\text{PbO} + \text{SiO}_2]$$

$$\Delta S^0_{298} = [109,6] - [(66,1 + 41,84)] = 1,66 \text{ Dj/mol} \cdot \text{K}$$

$$G^0_{298} = [\text{PbSiO}_3] - [\text{PbO} + \text{SiO}_2]$$

$$G^0_{298} = [(-1053,2)] - [(-189,1) + (-856,67)] = -7,43 \text{ kDj/mol}$$



$$\Delta N^0_{298} = [\text{CaO} + \text{CO}_2] - [\text{CaCO}_3]$$

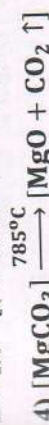
$$\Delta N^0_{298} = [(-635,1) + (-393,51)] - [(-1206,8)] = 178,19 \text{ kDj/mol}$$

$$\Delta S^0_{298} = [\text{CaO} + \text{CO}_2] - [\text{CaCO}_3]$$

$$\Delta S^0_{298} = [38,1 + 213,66] - [91,7] = 160,06 \text{ Dj/mol} \cdot \text{K}$$

$$\Delta G^0_{298} = [\text{CaO} + \text{CO}_2] - [\text{CaCO}_3]$$

$$\Delta G^0_{298} = [(-603,5) + (-394,37)] - [(-1128,4)] = 130,53 \text{ kDj/mol}$$



$$\Delta N^0_{298} = [\text{MgO} + \text{CO}_2] - [\text{MgCO}_3]$$

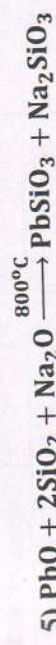
$$\Delta N^0_{298} = [(-601,5) + (-393,51)] - [(-1095,85)] = 100,84 \text{ kDj/mol}$$

$$\Delta S^0_{298} = [\text{MgO} + \text{CO}_2] - [\text{MgCO}_3]$$

$$\Delta S^0_{298} = [27,7 + 213,66] - [65,1] = 176,26 \text{ Dj/mol} \cdot \text{K}$$

$$\Delta G^0_{298} = [\text{MgO} + \text{CO}_2] - [\text{MgCO}_3]$$

$$\Delta G^0_{298} = [(-569,3) + (-394,37)] - [(-1012,15)] = 48,48 \text{ kDj/mol}$$



$$\Delta N^0_{298} = [\text{PbSiO}_3 + \text{Na}_2\text{SiO}_3] - [\text{PbO} + 2\text{SiO}_2 + \text{Na}_2\text{O}]$$

$$\Delta N^0_{298} = [(-1137,2) + (-1561,43)] - [(-219,3) + 2(-910,94) + (-414,84)] = -242,61 \text{ kDj/mol}$$

$$\Delta S^0_{298} = [\text{PbSiO}_3 + \text{Na}_2\text{SiO}_3] - [\text{PbO} + 2\text{SiO}_2 + \text{Na}_2\text{O}]$$

$$\Delta S^0_{298} = [109,6 + 113,76] - [66,1 + 2(-41,84) + 75,3] = -1,72 \text{ Dj/mol} \cdot \text{K}$$

$$\Delta G^0_{298} = [\text{PbSiO}_3 + \text{Na}_2\text{SiO}_3] - [\text{PbO} + 2\text{SiO}_2 + \text{Na}_2\text{O}]$$

$$\Delta G^0_{298} = [(-1053,2) + (-1467,5)] - [(-189,1) + 2(-856,67) + (-376,1)] = -242,16 \text{ kDj/mol}$$



$$\Delta N^0_{298} = [\text{PbO}_2 + 2\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{H}_2\text{O}] - [\text{Pb}_3\text{O}_4 + 4\text{HNO}_3]$$

$$\Delta N^0_{298} = [(-276,6) + 2(-451,7) + 2(-285,83)] - [(-723,41) + 4(-174,1)] = -331,85 \text{ kDj/mol}$$

$$\Delta S^0_{298} = [\text{PbO}_2 + 2\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{H}_2\text{O}] - [\text{Pb}_3\text{O}_4 + 4\text{HNO}_3]$$

$$\Delta S^0_{298} = [71,9 + 2(217,9) + 2(70,08)] - [211,29 + 4(156,6)] = -189,83 \text{ Dj/mol} \cdot \text{K}$$

$$\Delta G^0_{298} = [\text{PbO}_2 + 2\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{H}_2\text{O}] - [\text{Pb}_3\text{O}_4 + 4\text{HNO}_3]$$

$$\Delta G^0_{298} = [71,9 + 2(217,9) + 2(70,08)] - [211,29 + 4(156,6)] = -189,83 \text{ kDj/mol} \cdot \text{K}$$

$$\Delta G^0_{298} = [(-218) + (2(-256,9)) + (2(-237,25))] - [(-606,17) - 4(-80,8)] = -923,33 \text{ kDj/mol}$$

923,33 kDj/mol

3.3.2-Jadval

Berilgan reaksiyalarning termodinamik ko'rsatkichlari hisobi

N ^o	Reaksiyalar	ΔN^0_{298} kJ/mol	ΔS^0_{298} Dj/mol·K	ΔG^0_{298} kJ/mol	Reaksiyaning borishi
1	$2\text{Pb}_3\text{O}_4 \rightarrow 6\text{PbO} + \text{O}_2 \uparrow$	131,02	179,42	77,74	Reaksiya yuqori haroratda boradi
2	$\text{PbO} + \text{SiO}_2 \rightarrow \text{PbSiO}_3$	-6,96	1,66	-7,43	Reaksiya hamma haroratda boradi
3	$\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2 \uparrow$	178,19	160,06	130,53	Reaksiya yuqori haroratda boradi
4	$\text{MgCO}_3 \rightarrow \text{MgO} + \text{CO}_2 \uparrow$	100,84	176,26	48,48	Reaksiya yuqori haroratda boradi
5	$\text{PbO} + 2\text{SiO}_2 + \text{Na}_2\text{O} \rightarrow \text{PbSiO}_3 + \text{Na}_2\text{SiO}_3$	-242,61	-1,72	-242,16	Reaksiya past haroratda boradi
6	$\text{Pb}_3\text{O}_4 + 4\text{HNO}_3 \rightarrow \text{PbO}_2 + 2\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	-331,85	-189,83	-923,33	Reaksiya past haroratda boradi

ΔN^0_{298} , ΔS^0_{298} , ΔG^0_{298} larni termodinamik ko'rsatkichlari qiymati orqali 1, 2, 3 va 4 reaksiyalarni yuqori haroratda borishini 3.3.2-jadvaldan ko'rish mumkin.

Turli haroratlarda Gibbs energiyasining (ΔG^0_T) o'zgarishi

$$\Delta G^0_T = \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} \text{ formula orqali hisoblab topildi (3.3.3-jadval).}$$

$$\begin{aligned} 1) \Delta G^0_{273} &= \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = 131,02 - 273 \cdot 179,42 = -48850,64 \text{ kDj/mol} \\ \Delta G^0_{373} &= \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = 131,02 - 373 \cdot 179,42 = -66792,64 \text{ kDj/mol} \\ \Delta G^0_{473} &= \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = 131,02 - 473 \cdot 179,42 = -84734,64 \text{ kDj/mol} \\ \Delta G^0_{573} &= \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = 131,02 - 573 \cdot 179,42 = -102676,64 \text{ kDj/mol} \\ \Delta G^0_{673} &= \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = 131,02 - 673 \cdot 179,42 = -120618,64 \text{ kDj/mol} \\ \Delta G^0_{773} &= \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = 131,02 - 773 \cdot 179,42 = -138560,64 \text{ kDj/mol} \\ \Delta G^0_{873} &= \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = 131,02 - 873 \cdot 179,42 = -156502,64 \text{ kDj/mol} \\ \Delta G^0_{973} &= \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = 131,02 - 973 \cdot 179,42 = -174444,64 \text{ kDj/mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta G^0_{1073} &= \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = 131,02 - 1073 \cdot 179,42 = -192386,64 \text{ kDj/mol} \\ \Delta G^0_{1173} &= \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = 131,02 - 1173 \cdot 179,42 = -210328,64 \text{ kDj/mol} \\ \Delta G^0_{1273} &= \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = 131,02 - 1273 \cdot 179,42 = -228270,64 \text{ kDj/mol} \\ 2) \Delta G^0_{273} &= \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = ((-6,96) - (273 \cdot 1,66)) = -460,14 \text{ kDj/mol} \\ \Delta G^0_{373} &= \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = ((-6,96) - (373 \cdot 1,66)) = -626,14 \text{ kDj/mol} \\ \Delta G^0_{473} &= \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = ((-6,96) - (473 \cdot 1,66)) = -792,14 \text{ kDj/mol} \\ \Delta G^0_{573} &= \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = ((-6,96) - (573 \cdot 1,66)) = -958,14 \text{ kDj/mol} \\ \Delta G^0_{673} &= \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = ((-6,96) - (673 \cdot 1,66)) = -1124,14 \text{ kDj/mol} \\ \Delta G^0_{773} &= \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = ((-6,96) - (773 \cdot 1,66)) = -1290,14 \text{ kDj/mol} \\ \Delta G^0_{873} &= \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = ((-6,96) - (873 \cdot 1,66)) = -1456,14 \text{ kDj/mol} \\ \Delta G^0_{973} &= \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = ((-6,96) - (973 \cdot 1,66)) = -1622,14 \text{ kDj/mol} \\ \Delta G^0_{1073} &= \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = ((-6,96) - (1073 \cdot 1,66)) = -1788,14 \text{ kDj/mol} \\ \Delta G^0_{1173} &= \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = ((-6,96) - (1173 \cdot 1,66)) = -1954,14 \text{ kDj/mol} \\ \Delta G^0_{1273} &= \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = ((-6,96) - (1273 \cdot 1,66)) = -2120,14 \text{ kDj/mol} \\ 3) \Delta G^0_{273} &= \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = 178,19 - 273 \cdot 160,06 = -43518,19 \text{ kDj/mol} \\ \Delta G^0_{373} &= \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = 178,19 - 373 \cdot 160,06 = -59524,19 \text{ kDj/mol} \\ \Delta G^0_{473} &= \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = 178,19 - 473 \cdot 160,06 = -75530,19 \text{ kDj/mol} \\ \Delta G^0_{573} &= \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = 178,19 - 573 \cdot 160,06 = -91536,19 \text{ kDj/mol} \\ \Delta G^0_{673} &= \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = 178,19 - 673 \cdot 160,06 = -101542,19 \text{ kDj/mol} \\ \Delta G^0_{773} &= \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = 178,19 - 773 \cdot 160,06 = -123548,19 \text{ kDj/mol} \\ \Delta G^0_{873} &= \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = 178,19 - 873 \cdot 160,06 = -139554,19 \text{ kDj/mol} \\ \Delta G^0_{948} &= \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = 178,19 - 948 \cdot 160,06 = -151550,19 \text{ kDj/mol} \\ \Delta G^0_{973} &= \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = 178,19 - 973 \cdot 160,06 = -155560,19 \text{ kDj/mol} \\ \Delta G^0_{1073} &= \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = 178,19 - 1073 \cdot 160,06 = -171566,19 \text{ kDj/mol} \\ \Delta G^0_{1173} &= \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = 178,19 - 1173 \cdot 160,06 = -187572,19 \text{ kDj/mol} \\ \Delta G^0_{1273} &= \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = 178,19 - 1273 \cdot 160,06 = -203578,19 \text{ kDj/mol} \\ 4) \Delta G^0_{273} &= \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = 100,84 - 273 \cdot 176,26 = -48018,14 \text{ kDj/mol} \end{aligned}$$

$\Delta G^0_{773} = \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = 100,84 - 373 \cdot 176,26 = -65644,14 \text{ kDj/mol}$
 $\Delta G^0_{473} = \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = 100,84 - 473 \cdot 176,26 = -83270,14 \text{ kDj/mol}$
 $\Delta G^0_{573} = \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = 100,84 - 573 \cdot 176,26 = -100896,14 \text{ kDj/mol}$
 $\Delta G^0_{673} = \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = 100,84 - 673 \cdot 176,26 = -118522,14 \text{ kDj/mol}$
 $\Delta G^0_{773} = \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = 100,84 - 773 \cdot 176,26 = -136148,14 \text{ kDj/mol}$
 $\Delta G^0_{873} = \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = 100,84 - 873 \cdot 176,26 = -153774,14 \text{ kDj/mol}$
 $\Delta G^0_{973} = \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = 100,84 - 973 \cdot 176,26 = -171400,14 \text{ kDj/mol}$
 $\Delta G^0_{1073} = \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = 100,84 - 1073 \cdot 176,26 = -189026,14 \text{ kDj/mol}$
 $\Delta G^0_{1173} = \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = 100,84 - 1173 \cdot 176,26 = -206652,14 \text{ kDj/mol}$
 $\Delta G^0_{1273} = \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = 100,84 - 1273 \cdot 176,26 = -224278,14 \text{ kDj/mol}$
5) $\Delta G^0_{273} = \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = ((-242,61) - (273 \cdot (-1,72))) = 226,95 \text{ kDj/mol}$
 $\Delta G^0_{373} = \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = ((-242,61) - (373 \cdot (-1,72))) = 398,95 \text{ kDj/mol}$
 $\Delta G^0_{473} = \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = ((-242,61) - (473 \cdot (-1,72))) = 570,95 \text{ kDj/mol}$
 $\Delta G^0_{573} = \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = ((-242,61) - (573 \cdot (-1,72))) = 742,95 \text{ kDj/mol}$
 $\Delta G^0_{673} = \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = ((-242,61) - (673 \cdot (-1,72))) = 914,95 \text{ kDj/mol}$
 $\Delta G^0_{773} = \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = ((-242,61) - (773 \cdot (-1,72))) = 1086,95 \text{ kDj/mol}$
 $\Delta G^0_{873} = \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = ((-242,61) - (873 \cdot (-1,72))) = 1258,95 \text{ kDj/mol}$
 $\Delta G^0_{973} = \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = ((-242,61) - (973 \cdot (-1,72))) = 1430,95 \text{ kDj/mol}$
 $\Delta G^0_{1073} = \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = ((-242,61) - (1073 \cdot (-1,72))) = 1602,95 \text{ kDj/mol}$
 $\Delta G^0_{1173} = \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = ((-242,61) - (1173 \cdot (-1,72))) = 1774,95 \text{ kDj/mol}$
 $\Delta G^0_{1273} = \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = ((-242,61) - (1273 \cdot (-1,72))) = 1946,95 \text{ kDj/mol}$
6) $\Delta G^0_{273} = \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = ((-331,85) - (273 \cdot (-189,83))) = 51491,74 \text{ kDj/mol}$
 $\Delta G^0_{373} = \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = ((-331,85) - (373 \cdot (-189,83))) = 70474,74 \text{ kDj/mol}$
 $\Delta G^0_{473} = \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = ((-331,85) - (473 \cdot (-189,83))) = 89457,74 \text{ kDj/mol}$
 $\Delta G^0_{573} = \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = ((-331,85) - (573 \cdot (-189,83))) = 108440,74 \text{ kDj/mol}$
 $\Delta G^0_{673} = \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = ((-331,85) - (673 \cdot (-189,83))) = 127423,74 \text{ kDj/mol}$
 $\Delta G^0_{773} = \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = ((-331,85) - (773 \cdot (-189,83))) = 146406,74 \text{ kDj/mol}$
 $\Delta G^0_{873} = \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = ((-331,85) - (873 \cdot (-189,83))) = 165389,74 \text{ kDj/mol}$

$\Delta G^0_{973} = \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = ((-331,85) - (973 \cdot (-189,83))) = 184372,74 \text{ kDj/mol}$
 $\Delta G^0_{1073} = \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = ((-331,85) - (1073 \cdot (-189,83))) = 203355,74 \text{ kDj/mol}$
 $\Delta G^0_{1173} = \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = ((-331,85) - (1173 \cdot (-189,83))) = 222338,74 \text{ kDj/mol}$
 $\Delta G^0_{1273} = \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298} = ((-331,85) - (1273 \cdot (-189,83))) = 241321,74 \text{ kDj/mol}$

3.3.3-Jadval

Gibbs energiyasining turli haroratlarda (ΔG^0_T) o'zgarishi

		$\Delta G^0_T = \Delta N^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298}$									
		Temperatura, K									
		273	373	473	573	673	773	873	973	1073	1273
1	-48850,64	-66792,64	-84734,64	-102676,64	-120618,64	-138560,64	-156502,64	-174444,64	-192386,64		
2	-460,14	-626,14	-792,14	-958,14	-1124,14	-1290,14	-1456,14	-1622,14	-1788,14		
3	-43518,19	-59524,19	-75530,19	-91536,19	-107542,19	-123548,19	-139554,19	-155560,19	-171566,19		
4	-48018,14	-65644,14	-83270,14	-100926,14	-118582,14	-136138,14	-153774,14	-171400,14	-189026,14		
5	226,95	398,95	570,95	742,95	914,95	1086,95	1258,95	1430,95	1602,95		
6	51491,74	70474,74	89457,74	108440,74	127423,74	146406,74	165389,74	184372,74	203355,74		

Sistemada olib boriladigan jarayonlarni termodinamik tahlili asosida shuni aytish mumkinki, 1, 2, 3 va 4 reaksiyalar yuqori haroratda hamda 5 va 6 reaksiyalar nisbatan past haroratda boradi.

Reagentlarning issiqlik sig'imi ma'lumotlari bo'lmagan holda harorat o'zgarishi bilan birinchi yaqinlashuv $\Delta S_r = 0$, ikkinchi yaqinlashuvda $\Delta S_r = \Delta G^0_{298} = \text{const}$ bo'ladi.

1) $\Delta N^0_T = \Delta S_r \cdot T + \Delta N^0_{298}$ yoki $\Delta N^0_T = \Delta G^0_{298} \cdot T + \Delta N^0_{298}$
 $\Delta N^0_T = (77,74 \cdot 273) + 131,02 = 21354,04 \text{ kDj/mol}$
 $\Delta N^0_T = (77,74 \cdot 373) + 131,02 = 29128,04 \text{ kDj/mol}$
 $\Delta N^0_T = (77,74 \cdot 473) + 131,02 = 36902,04 \text{ kDj/mol}$
 $\Delta N^0_T = (77,74 \cdot 573) + 131,02 = 44676,04 \text{ kDj/mol}$
 $\Delta N^0_T = (77,74 \cdot 673) + 131,02 = 52450,04 \text{ kDj/mol}$
 $\Delta N^0_T = (77,74 \cdot 773) + 131,02 = 60224,04 \text{ kDj/mol}$
 $\Delta N^0_T = (77,74 \cdot 873) + 131,02 = 67998,04 \text{ kDj/mol}$
 $\Delta N^0_T = (77,74 \cdot 973) + 131,02 = 75772,04 \text{ kDj/mol}$
 $\Delta N^0_T = (77,74 \cdot 1073) + 131,02 = 83546,04 \text{ kDj/mol}$
 $\Delta N^0_T = (77,74 \cdot 1173) + 131,02 = 91320,04 \text{ kDj/mol}$
 $\Delta N^0_T = (77,74 \cdot 1273) + 131,02 = 99094,04 \text{ kDj/mol}$

$$\begin{aligned}
2) \Delta N_T &= \Delta G_{298}^0 \cdot T + \Delta N_{298}^0 \\
\Delta N_T &= (-7,43 \cdot 273) + (-6,96) = -2035,35 \text{ kDj/mol} \\
\Delta N_T &= (-7,43 \cdot 373) + (-6,96) = -2778,35 \text{ kDj/mol} \\
\Delta N_T &= (-7,43 \cdot 473) + (-6,96) = -3521,35 \text{ kDj/mol} \\
\Delta N_T &= (-7,43 \cdot 573) + (-6,96) = -4264,35 \text{ kDj/mol} \\
\Delta N_T &= (-7,43 \cdot 673) + (-6,96) = -5007,35 \text{ kDj/mol} \\
\Delta N_T &= (-7,43 \cdot 773) + (-6,96) = -5750,35 \text{ kDj/mol} \\
\Delta N_T &= (-7,43 \cdot 873) + (-6,96) = -6493,35 \text{ kDj/mol} \\
\Delta N_T &= (-7,43 \cdot 973) + (-6,96) = -7236,35 \text{ kDj/mol} \\
\Delta N_T &= (-7,43 \cdot 1073) + (-6,96) = -7979,35 \text{ kDj/mol} \\
\Delta N_T &= (-7,43 \cdot 1173) + (-6,96) = -8722,35 \text{ kDj/mol} \\
\Delta N_T &= (-7,43 \cdot 1273) + (-6,96) = -9465,35 \text{ kDj/mol}
\end{aligned}$$

3.3.4-Jadval

Turli haroratlarda ΔN_T ning o'zgarishi

№	$\Delta N_T = \Delta S_r \cdot T + \Delta N_{298}^0$ Temperatura, K									
	273	373	473	573	673	773	873	973	1073	1173
1	21354,04	29128,04	36902,04	44676,04	52450,04	60224,04	67998,04	75772,04	83546,04	91320,04
2	-2035,35	-2778,35	-3521,35	-4264,35	-5007,35	-5750,35	-6493,35	-7236,35	-7979,35	-8722,35
3	35812,88	48865,88	61918,88	74971,88	88024,88	101077,88	114130,88	127183,88	140236,88	153289,88
4	13335,88	18183,88	23031,88	27879,88	32727,88	37575,88	42423,88	47271,88	52119,88	56967,88
5	-66352,29	-90568,29	-114784,29	-139000,29	-163216,29	-187432,29	-211648,29	-235864,29	-260080,29	-284296,29
6	-252400,94	-344733,94	-437066,94	-529399,94	-621732,94	-714065,94	-806398,94	-898731,94	-991064,94	-1083397,94

$$1) \lg Kr = -\Delta G/R \cdot 273$$

$$\lg Kr = (-77,74) / (8,31 \cdot 273) = -0,0342$$

$$\lg Kr = (-77,74) / (8,31 \cdot 373) = -0,0250$$

$$\lg Kr = (-77,74) / (8,31 \cdot 473) = -0,0$$

$$\lg Kr = (-77,74) / (8,31 \cdot 573) = -0,0163$$

$$\lg Kr = (-77,74) / (8,31 \cdot 673) = -0,0139$$

$$\lg Kr = (-77,74) / (8,31 \cdot 773) = -0,0121$$

$$\lg Kr = (-77,74) / (8,31 \cdot 873) = -0,0107$$

$$\lg Kr = (-77,74) / (8,31 \cdot 973) = -0,0096$$

$$\lg Kr = (-77,74) / (8,31 \cdot 1073) = -0,0087$$

$$\lg Kr = (-77,74) / (8,31 \cdot 1173) = -0,0079$$

$$\lg Kr = (-77,74) / (8,31 \cdot 1273) = -0,0073$$

3.3.5-Jadval

Turli haroratlarda $\lg Kr$ ning o'zgarishi

№	$\lg Kr = -\Delta G/R \cdot T$ Temperatura, K									
	273	373	473	573	673	773	873	973	1073	1173
1	-0,0342	-0,0250	-0,0	-0,0163	-0,0139	-0,0121	-0,0107	-0,0096	-0,0087	-0,0079
2	0,0032	0,0023	0,0018	0,0015	0,0013	0,0011	0,0010	0,0009	0,0008	0,0007
3	-0,0575	-0,0421	-0,0332	-0,0274	-0,0233	-0,0203	-0,0179	-0,0161	-0,0146	-0,0131
4	-0,0213	-0,0156	-0,0123	-0,0101	-0,0086	-0,0075	-0,0066	-0,0059	-0,0054	-0,0049
5	0,1067	0,0781	0,0616	0,0508	0,0433	0,0377	0,0334	0,0299	0,0271	0,0243
6	0,4069	0,2978	0,2349	0,1939	0,1650	0,1437	0,1272	0,1141	0,1035	0,0949

2, 3, 4, 5 va 6 reaksiyalar ham xuddi birinchi reaksiya singari $\lg Kr = -\Delta G/R \cdot T$ formula orqali $\lg Kr$ ning qiymatlari hisoblab topilgan.

3.4. Sintez qilingan shaffof-rangsiz shisha namunalarning fizik-texnik va funksional xossalari

Shishaning ko'p xususiyatlari bor. Ayniqsa, shaffofligi hamda pishiqligidir. Shishani xususiyatlarini aniqlash uchun birinchi navbatda tegishli kompozitsiyalarning partiyalari tayyorlandi. Buning uchun "kimyoviy toza" va "tahlil uchun toza" markali materiallar ishlatilgan.

Kunduzi va tunda ishlaydigan aks ettiruvchi materiallarni yaratish, plyonka bilan birgalikda butunlay yangi materiallarni, jumladan, yuqori mexanik kuchga ega, qattqlik, ob-havo va korroziyaga chidamligi va eng muhimi yuqori nur sindirish ko'rsatkichiga ega shaffof-rangsiz shishalarni ishlab chiqishni talab qiladi.

PbO-SiO₂ sistemasidagi shishalarning ba'zi bir xususiyatlari hisoblangan va tajriba natijalari quyida keltirilgan.

Pb90Si10 indeksli shishaning hisoblangan va eksperimental qiymatlari: zichligi - $\rho_{his} = 7,47 \text{ g/sm}^3$, $\rho_{eks} = 7,87 \text{ g/sm}^3$; nur sindirish ko'rsatkichi - $n_{Dhis} = 2,19$, $n_{Deks} = 2,36$; chiziqli issiqlikdan kengayish koeffitsiyenti - $ICHKK_{his} = 103,12 \times 10^{-7} \text{ grad}^{-1}$, $ICHKK_{eks} = 103,49 \times 10^{-7} \text{ grad}^{-1}$.

Pb80Si20 indeksli shishaning hisoblangan va eksperimental qiymatlari: zichligi - $\rho_{his}=5.96 \text{ g/sm}^3$, $\rho_{eks}=6.17 \text{ g/sm}^3$; nur sindirish ko'rsatkichi - $n_{Dhis} = 1.93$, $n_{Deks} = 2.07$; chiziqli issiqlikdan kengayish koeffitsiyenti - $ICHKK_{his} = 85.70 \times 10^{-7} \text{ grad}^{-1}$, $ICHKK_{eks} = 85.91 \times 10^{-7} \text{ grad}^{-1}$.

PbO-SiO₂ sistemasining o'rganilayotgan shisha seriyasining kimyoviy tarkibi 3.4.1-jadvalda keltirilgan.

3.4.1-Jadval
PbO - SiO₂ sistemasidagi o'rganilayotgan shishalarning kimyoviy tarkibi

Shishaning tartib indeksi	Shishaning kimyoviy tarkibi		
	mol. %		mas. %
	PbO	SiO ₂	PbO
Pb ₁₀₀	100	-	100
Pb ₉₀ Si ₁₀	70,8	29,2	90
Pb ₈₀ Si ₂₀	51,8	48,2	80
Pb ₇₀ Si ₃₀	38,6	61,4	70
Pb ₆₀ Si ₄₀	28,7	71,3	60
Pb ₅₀ Si ₅₀	21,2	78,8	50

Pb70Si30 indeksli shishaning hisoblangan va eksperimental qiymatlari: zichligi - $\rho_{his}=4.96 \text{ g/sm}^3$, $\rho_{eks}=5.29 \text{ g/sm}^3$; nur sindirish ko'rsatkichi - $n_{Dhis} = 1.78$, $n_{Deks} = 1.97$; chiziqli issiqlikdan kengayish koeffitsiyenti - $ICHKK_{his} = 73.49 \times 10^{-7} \text{ grad}^{-1}$, $ICHKK_{eks} = 73.88 \times 10^{-7} \text{ grad}^{-1}$.

Pb60Si40 indeksli shishaning hisoblangan va eksperimental qiymatlari: zichligi - $\rho_{his}=4.25 \text{ g/sm}^3$, $\rho_{eks}=4.51 \text{ g/sm}^3$; nur sindirish ko'rsatkichi - $n_{Dhis} = 1.69$, $n_{Deks} = 1.90$; chiziqli issiqlikdan kengayish koeffitsiyenti - $ICHKK_{his} = 64.46 \times 10^{-7} \text{ grad}^{-1}$, $ICHKK_{eks} = 64.90 \times 10^{-7} \text{ grad}^{-1}$.

Pb50Si50 indeksli shishaning hisoblangan va eksperimental qiymatlari: zichligi - $\rho_{his}=3.71 \text{ g/sm}^3$, $\rho_{eks}=4.10 \text{ g/sm}^3$; nur sindirish ko'rsatkichi - $n_{Dhis} = 1.62$, $n_{Deks} = 1.86$; chiziqli issiqlikdan kengayish koeffitsiyenti - $ICHKK_{his} = 57.51 \times 10^{-7} \text{ grad}^{-1}$, $ICHKK_{eks} = 57.92 \times 10^{-7} \text{ grad}^{-1}$.

Moddalarni - Pb₃O₄ - 100% va SiO₂ - 100%, shisha omuxta tarkiblarini PbO - 80 mas. % + SiO₂ - 20 mas. % va PbO - 70 mas. % + SiO₂ - 30 mas. % differensial termik tahlil orqali o'rganildi. Bu bitta isitish va sovutish

Jarayonida moddalar yoki tizimlarda sodir bo'ladigan fazaviy o'zgarishlarni o'rganishning eng sezgir usullaridan hisoblanadi.

3.5. Shaffof-rangsiz shisha sintezida kvarts qumi va qo'rg'oshin konsentratidan komponentlaridan foydalanish istiqbollari

Qurilish va texnika sohasidagi tadqiqotchi-olimlar va ilmiy xodimlar oldida hozirgi vaqtda yuzaga keladigan dolzarb muammolardan biri, talab darajasidagi shaffof-rangsiz shisha va ular asosidagi maxsus materiallarini sintez qilish uchun mahalliy xomashyo komponentlari asosida ularning samarador tarkiblari va innovasion texnologiyalarni yaratishdan iborat bo'ladi. Bu borada mahalliy xomashyo resurslarini kompleks fizik-kimyoviy tadqiq etish va ulardan foydalanish istiqbollarini aniqlash muhim ahamiyatga egadir.

Yuqorida keltirilgan dolzarb muammolarning yechimiga erishish maqsadida mahalliy xomashyo komponentlari asosida ilmiy-tadqiqot ishlari olib borildi.

Surxondaryo viloyatidagi Sherobod va Jarqo'rg'on kvarts qumlariga hamda Qashqadaryo viloyati Yakkabog' tumanidagi Ugun koni kvarts qumlariga Xondiza qo'rg'oshin konsentratini qo'shish orqali shaffof va rangli shishalar olish ham yangilikdir.

Xomashyo komponentlari va qo'rg'oshin konsentratining kimyoviy tarkiblari tahlil qilingan (3.5.1-jadval).

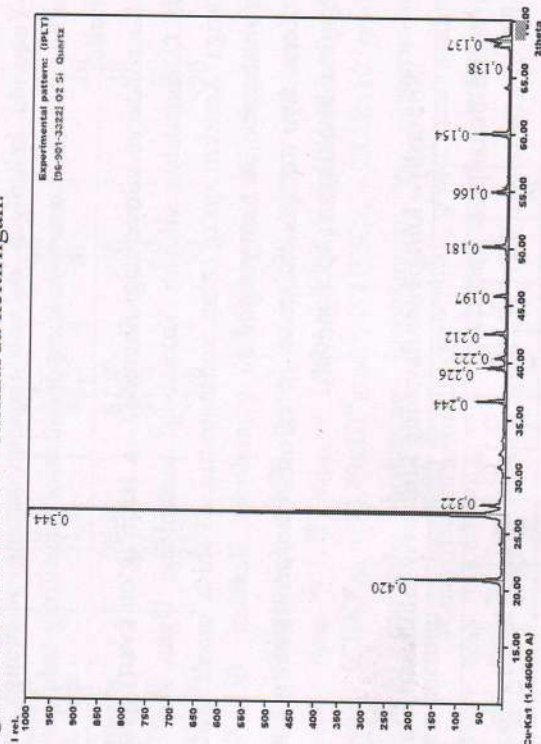
3.5.1-Jadval
Xomashyo komponentlarining kimyoviy tahlil natijalari

№	Xomashyo nomi	Oksidlarning miqdori, mas. %							k.y., m as. %
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	PbO	ZnO	MgO	SO ₃
1	Sherobod kvarts qumi	80,30	3,94	0,48	5,13	-	-	1,07	1,81
2	Jarqo'rg'on kvarts qumi	67,28	9,45	2,68	6,77	-	-	1,34	0,07
3	Ugun koni kvarts qumi	87,56	1,85	0,43	2,86	-	-	1,20	1,10

4	Qo'rg'oshin konsentrati	2,23	0,84	13,75	0,37	25,6	12,7	0,46	18,14	6,77	0,40	18,74
---	-------------------------	------	------	-------	------	------	------	------	-------	------	------	-------

3.5.1-jadvalda SiO_2 , CaO va Al_2O_3 oksidlarning miqdori Surxondaryo viloyatidagi Sherobod va Jarqo'rg'on konlarining kvarts qumlari tarkibida ko'p ekanligi hamda SO_3 va qolgan oksidlarning miqdori esa kam ekanligi, Qashqadaryo viloyatining Yakkabog' tumanida joylashgan Ugun koni kvarts qumi tarkibida ham SiO_2 oksidining miqdori ko'p ekanligi va qolgan oksidlarning miqdori kam ekanligi kimyoviy tahlil natijasiga ko'ra aniqlandi.

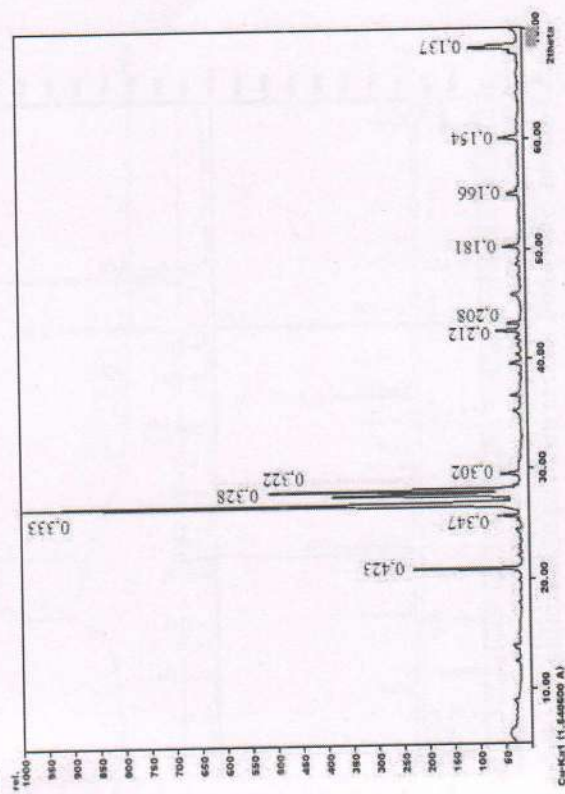
Sherobod va Jarqo'rg'on kvarts qumlarining tabiiy va turli haroratlarda (900°C , 1350°C) kuydirilgan namunalarning rentgenogrammalari 3.5.1-3.5.4 - rasmlarda keltirilgan.



3.5.1-Rasm. Sherobod kvarts qumi namunasining rentgenogrammasi

3.5.1-rasmda Sherobod kvarts qumi namunasini rentgenofazaviy usulda tahlil qilinganda uning tarkibida quyidagi minerallarga tegishli bo'lgan difraksiya maksimumlari aniqlandi: β -kvarts - $d = 0,344$; $0,322$; $0,226$; $0,212$; $0,181$; $0,166$; $0,154$; $0,137$ nm, kaolinit - $d = 0,420$ nm, kalsit - $d = 0,226$ nm va dala shpati mineralaridan albit - $d = 0,244$ nm, hamda

ushbu mineralardan tashqari gilsimon va organik qo'shimchalar borligi aniqlandi.

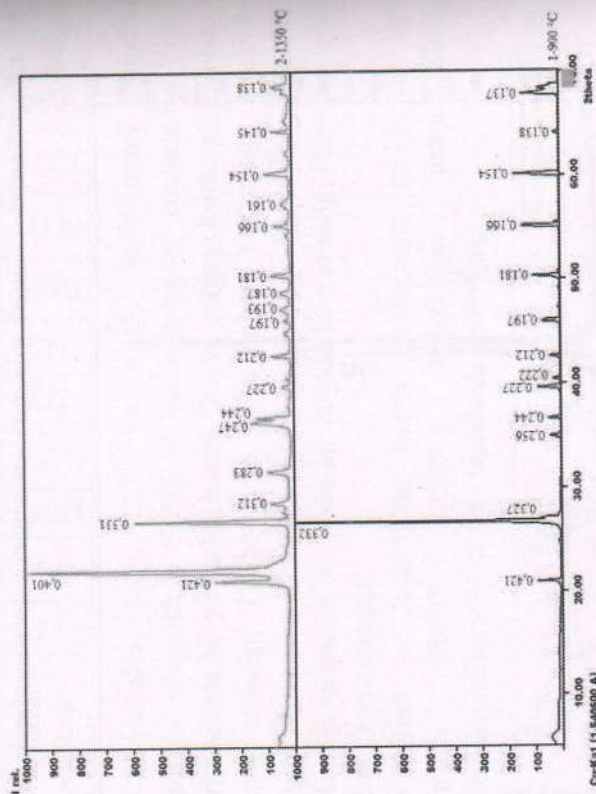


3.5.2-Rasm. Jarqo'rg'on kvarts qumi namunasining rentgenogrammasi

3.5.2-rasmda Jarqo'rg'on kvarts qumi namunasining rentgenogrammasi keltirilgan bo'lib, uning tarkibida ham kvarts, kaolinit, kalsit, dala shpati mineralaridan albit, hamda gilsimon va organik qo'shimchalar mavjudligi aniqlandi.

Ushbu ikkala kon mineralogik tarkibi bo'yicha o'xshash bo'lib, ya'ni β -kvarts - $d = 0,333$; $0,347$; $0,322$; $0,212$; $0,181$; $0,166$; $0,154$; $0,137$ nm, kaolinit - $d = 0,423$ nm, albit - $d = 0,208$ nm dan tashkil topgan bo'lib, farqi Jarqo'rg'on kvarts qumida nisbatan bir oz ko'p miqdorda kalsit mineralining - $d = 0,302$ nm mavjudligi aniqlandi.

Sherobod kvarts qumi namunasini 900°C va 1350°C haroratlarda laboratoriya sharoitida korundli tigellarda silit qizdirgichlari bo'lgan elektr qarshilik pechida kuydirildi va bir soat davomida ushlab turildi. 900°C va 1350°C haroratlarda kuydirilgan namunalarning rentgenofazaviy tahlil natijalari 3.5.3-rasmda keltirilgan.



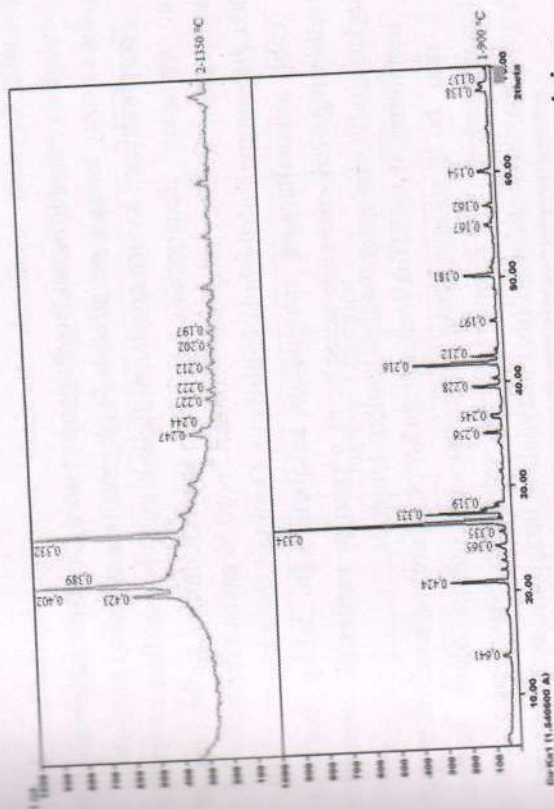
3.5.3-Rasm. Sherobod kvarts qumi namunasining kuydirishdan keyingi rentgenogrammalari

Sherobod kvarts qumi namunasining 900°C haroratda kuydirishdan keyingi mineralogik tarkibi quyidagicha: β -kvarts - $d = 0,421; 0,332; 0,227; 0,222; 0,212; 0,181; 0,166; 0,154; 0,138$ nm, α -kristobalit - $d = 0,327$ nm va albit - $d = 0,256; 0,244$ nm.

Sherobod kvarts qumi namunasining 1350°C haroratda kuydirishdan keyingi mineralogik tarkibi quyidagicha: β -kvarts - $d = 0,421; 0,331; 0,247; 0,227; 0,212; 0,181; 0,166; 0,154; 0,145; 0,138$ nm, α -kristobalit - $d = 0,401; 0,283; 0,312; 0,193; 0,187; 0,161$ nm va albit - $d = 0,244$ nm.

Sherobod kvarts qumi namunasining 900°C va 1350°C haroratlarda kuydirilgandan keyin β -kvarts, α -kristobalit va albit mineralari borligi aniqlandi.

Jarqo'rg'on kvarts qumi namunasi ham 900°C va 1350°C haroratlarda laboratoriya sharoitida korundli tigellarda silit qizdirgichlari bo'lgan elektr qarshilik pechida kuydirildi va bir soat davomida ushlab turildi. 900°C va 1350°C haroratlarda kuydirilgan namunalarning rentgenofazaviy tahlil natijalari 3.5.4-rasmda keltirilgan.



3.5.4-Rasm. Jarqo'rg'on kvarts qumi namunasining kuydirishdan keyingi rentgenogrammalari

Jarqo'rg'on kvarts qumi namunasining 900°C haroratda kuydirishdan keyingi mineralogik tarkibi quyidagicha: β -kvarts - $d = 0,424; 0,335; 0,334; 0,245; 0,22; 0,212; 0,181; 0,167; 0,154; 0,138$ nm, α -kristobalit - $d = 0,323; 0,162$ va albit - $d = 0,365; 0,319; 0,256; 0,216$ nm.

Jarqo'rg'on kvarts qumi namunasining 1350°C haroratda kuydirishdan keyingi tarkibi qo'yidagicha: β -kvarts - $d = 0,423; 0,332; 0,247; 0,227; 0,222; 0,212; 0,181; 0,166; 0,154; 0,145; 0,138$ nm, α -kristobalit - $d = 0,402; 0,202$, albit - $d = 0,389; 0,244$ nm.

Jarqo'rg'on kvarts qumi namunasini 900°C va 1350°C haroratlarda kuydirilgandan keyin, rentgenofazaviy usulda tahlil qilinganda β -kvarts, α -kristobalit va albit mineralari borligi aniqlandi.

Kimyoviy va rentgenofazali zamonaviy tahlil usullaridan foydalanib, kompleks tadqiq etish natijalariga ko'ra, Sherobod va Jarqo'rg'on kvarts qumlarini mineralogik tarkiblariga ko'ra, kvarts qumlarining nisbatan toza emasligi, ularning tarkibida kremniy oksididan tashqari gilli va organik qo'shimchalarning mavjudligi aniqlandi. Olingan natijalarga ko'ra, ushbu kvarts qumlaridan shisha ishlab chiqarishda foydalanish uchun ularni turli

3.5.2-Jadval

Sherobod (Sh-K) kvarts qumining dastlabki va boyitilgan namunalari kimyoviy tarkiblari

Namunalar	Tarkibdagi asosiy oksidlar miqdorining o'zgarishi, mas. %			GOST 55222-2019 bo'yicha qum markasi
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	
Sh-K-1	80,30	3,94	0,48	PB-150-1
Klassifikatsiyalashdan keyingi namuna				
Sh-K-2	81,10	3,52	0,40	PB-100-2
Klassifikatsiyalangan va yuvilgan qum namunasi				
Sh-K-3	87,46	2,80	0,32	PB-100-1
Klassifikatsiyalangan, yuvilgan va quritilgan qum namunasi				
Sh-K-4	91,62	1,82	0,26	S-070-2
Klassifikatsiyalangan, yuvilgan, quritilgan va magnit maydonida saralangan qum namunasi				
Sh-K-5	95,11	0,62	0,14	VS-030-2

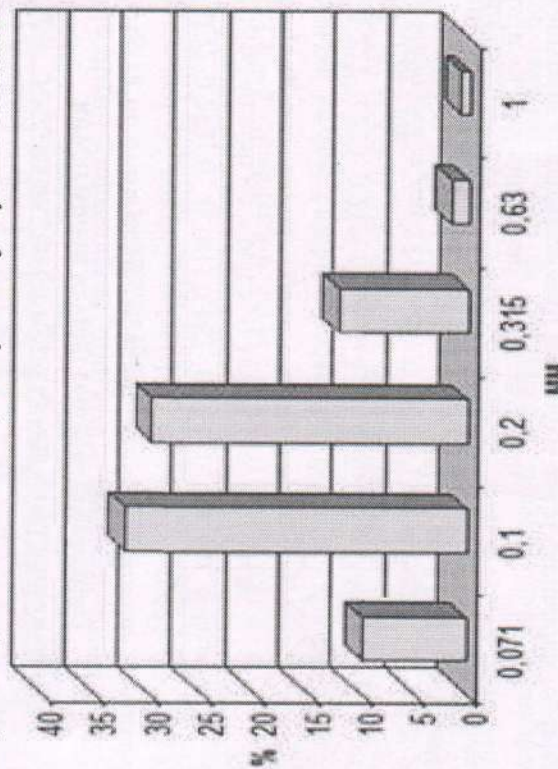
Shuningdek, kvarts qum tarkibidagi temir ionlarining kordinasion xolatini o'rganish maqsadida Sherobod koni kvarts qumi EPR tahlildan o'tkazildi (3.5.6-rasm).

Kristall va shishasimon ko'rinishdagi qattiq jismlarda temir ionlari (Fe^{2+} , Fe^{3+}) EPR spektr chiziqlari spektroskopik ajralish omillari qiymatlari q-2,0 va q-4,0 ga teng bo'lganda hosil bo'ladi.

texnologik boyitish usullarida tozalash zarurligi ko'rsatildi. Ushbu konlarning kvarts qumlarini boyitilgandan so'ng, shisha tarkibini ishlab chiqishda asosiy komponent sifatida foydalanish mumkinligi aniqlandi.

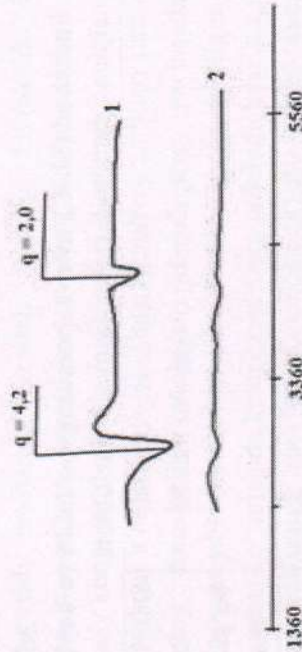
Sherobod koni kvarts qumlarini fizik-kimyoviy tahlillari natijalariga ko'ra, qumning donadorlik tarkibida 0,1-0,4 mm gacha bo'lgan donachalarning umumiy miqdori 73,10 dan 76,40 % gacha ekanligini 3.5.5-rasmda diagramma ko'rinishida keltirilgan. Qum tarkibida kvarts, kalsit va albit kabi minerallarning mavjudligi aniqlandi. Bu tabiiy xomashyo minerallarning fizik-mexanik xossalarni o'rganish natijasida ularni qum tarkibidan ajratib olishning maqbul usullari tanlandi.

Granulometrik tahlil ma'lumotlariga ko'ra, Sherobod koni kvarts qumi 0,1-0,2 mm bo'lgan eng katta fraksiyani o'z ichiga oladi, kattaroq fraksiyaning tarkibi (> 0,2 mm) 15% dan oshmaydi. Sherobod konining kvarts qumi mayda donador bo'lib, u maydalash jarayonini osonlashtiradi.



3.5.5-Rasm. Sherobod kvarts qumining granulometrik tarkibi

Konlardan olingan namunalarni boyitishda yuvish, ishqalash, klassifikatsiyalash va elektromagnit maydonida saralash usullarini qo'llab boyitildi va ajratib olingan namunalarni kimyoviy tarkibi 3.5.2-jadvalda keltirilgan.



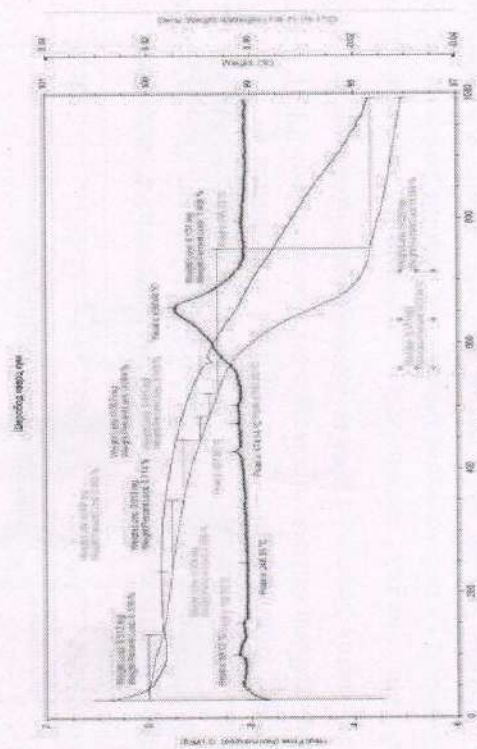
3.5.6-Rasm. Sherobod kvarts qumlarini EPR tahlili tasviri 1–boyitilmagan namuna, 2 – boyitilgandan keyingi namuna

Tahlil natijalariga ko'ra, $q = 4,1-4,3$ bo'lgan oraliqlardagi chiziqlar $[\text{FeO}_4]$ koordinasion holatga tegishli yoki guruhga mansub ekan, $q = 2,0$ ga teng bo'lganda esa, oktaedrik guruhlarga $[\text{FeO}_6]$ mos kelishi aniqlandi. Boyitilmagan qumlarda EPR chiziqlarining intensivligi yuqori (1-egri chiziq), boyitilgan namunalarda esa, intensivlikni (2-egri chiziq) pasayganligini ko'rish mumkin.

Quyidagi 3.5.7-rasmda Sherobod kvarts qumining differensial termik tahlili (DTT) keltirilgan.

Thermo Scientific GC1310 combined Tsq 9000_TA Instruments STD

650



3.5.7-Rasm. Sherobod kvarts qumining differensial termik tahlili

Sherobod kvarts qumi harorati 25°C dan boshlanib, 550°C gacha termik jarayonlar bir me'yorda saqlandi, 550°C va 735°C oralig'ida yuqori ekzoeffekt kuzatildi. Bu moddaning qisman erishi bilan bog'liq. Massani tekshiradigan bo'lsak, boshlang'ich haroratdan 535°C gacha massa stabil kamayib bordi. 535°C dan 730°C gacha massa kichik miqdorda keskin kamaydi va jarayon so'ngiga kelib massa $2,5\%$ ga kamaygan.

Sherobod va Jarqo'rg'on konlari kvarts qumi namunalarning rentgenofazaviy tahlil natijalari ham Ugun kvarts qumi rentgenofazaviy tahlil natijalariga o'xshash bo'lib, yuqorida keltirilgan yangi kristall fazalarning hosil bo'lishi aniqlandi. Rentgenogrammalardagi asosiy farq bo'lib, kvarts mineraliga tegishli bo'lgan difraksiya maksimumlarining intensivlik darajasidir. Kvartsning reflekslari yuqori intensivlik va tiniqlik bilan ajralib turadi, bu mineralning mukammal kristallanish darajasini va aralashmalarining yo'qligini ko'rsatadi.

Tadqiqot ishida foydalanilgan Ugun, Sherobod, Jarqo'rg'on konlari kvarts qumlarini zamonaviy fizik-kimyoviy usullarda kompleks tahlil qilish natijalariga ko'ra, Ugun koni kvarts qumining Sherobod va Jarqo'rg'on kvarts qumlariga nisbatan kimyo-mineralogik tarkibi juda toza ekanligi, ya'ni ularning tarkibida gilsimon va organik qo'shimchalarning deyarli yo'q ekanli aniqlandi.

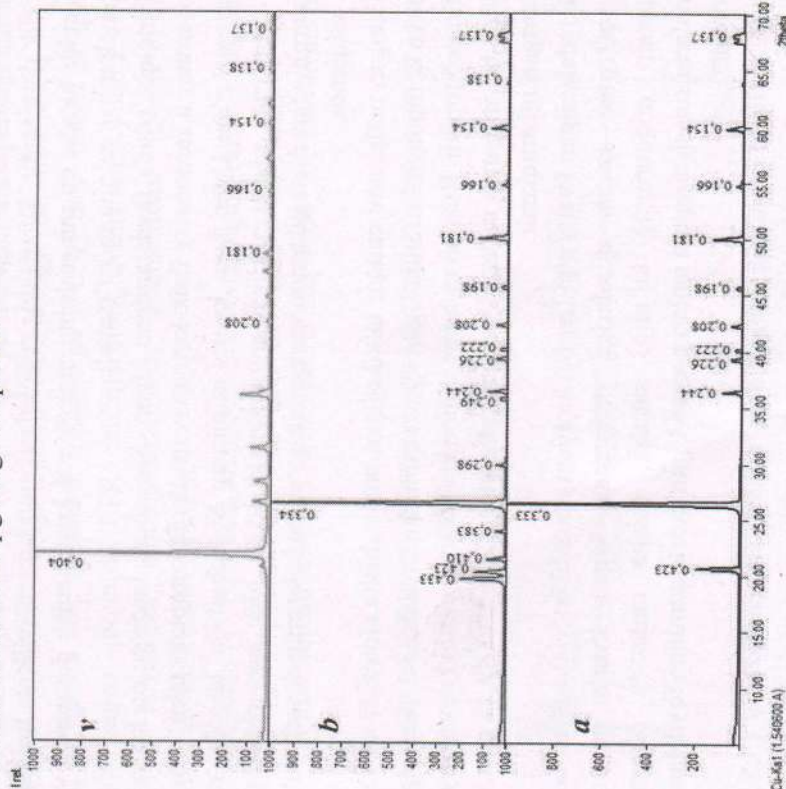
Olingan natijalarni chuqur tahlil qilgan holda shisha sintezida asosan xomashyo komponenti sifatida Ugun kvarts qumidan foydalanish maqsadga muvofiq deb topildi. Bundan tashqari, ushbu kon kvarts qumini laboratoriya sharoitida boyitilganda undagi kvarts miqdorining $87,56$ dan $99,15\%$ mas.% gacha ortganligi aniqlandi.

Foydalanilgan kvarts qumlaridan kimyoviy tarkibi bo'yicha Sherobod va Jarqo'rg'on kvarts qumlariga qaraganda, Ugun kvarts qumida kremnezem miqdorining ko'pligi sababli, shisha sintezida olingan namunalarni sinash tadqiqot ishlari asosan Ugun kvarts qumidan foydalanib olib borildi.

Ugun kvarts qumining mineralogik tarkibi rentgenofazaviy (3.5.8-rasm) usulda tadqiq etildi. Ushbu kvarts qumi tabiiy namunasining (3.5.8a-rasm) mineralogik tarkibi, asosan β -kvarts ($d = 0,344; 0,322; 0,222; 0,212; 0,181; 0,166; 0,154; 0,13$ nm), oz miqdorda kalsit ($d = 0,226$ nm),

albit ($d = 0,244$ nm) minerallardan tarkib topganligi, hamda kichik intensivlikka ega difraktsiya chiziqlarining kvarts qumi tarkibidagi kam miqdorda gilsimon va organik qo'shimchalarga tegishli ekanligi tajribada aniqlandi.

Ugun kvarts qumi namunasining yuqori haroratlarda (900°C va 1450°C) kuydirilgan namunalarning (3.5.8b, 3.5.8v-rasm) rentgenogrammalarida esa, yangi kristall faza hosil bo'lishlari kuzatilgan. 900°C haroratda kuydirilgan namunaning mineralogik tarkibi - α -kvarts - $d = 0,421; 0,332; 0,227; 0,222; 0,212; 0,181; 0,166; 0,154; 0,138$ nm, oz miqdorda anortit - $d = 0,327$ nm va albit - $d = 0,256; 0,244$ nm minerallardan tashkil topganligi aniqlandi.



3.5.8-Rasm. Ugun kvarts qumi namunasining tabiiy (a), 900°C (b) va 1450°C (v) da kuydirilgan namunalarning rentgenogrammalari

Ushbu kvarts qumi 1450°C haroratda kuydirilgan namunasining rentgenogrammasida yuzaga kelgan difraktsiya maksimumlari - β -kvarts - $d = 0,421; 0,331; 0,247; 0,227; 0,212; 0,181; 0,166; 0,154; 0,145; 0,138$ nm, α -kristobalit - $d = 0,401; 0,283; 0,312; 0,193; 0,187; 0,161$ nm va albit - $d = 0,244$ nm minerallarining kristall fazalariga mos kelishi rentgenofazaviy tadqiq etish natijasida aniqlandi.

3.5.9-Jadval
Ugun konidan olingan namunalarni boyitish hisobiga olingan kvarts qumlarining kimyoviy tarkibi

Namunalar	Tarkibdagi asosiy oksidlar miqdorining o'zgarishi, mas. %			GOST 5522-2019 bo'yicha qum markasi
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	
U-K-1	87,56	1,85	0,43	PB-150-1
Klassifikatsiyalashdan keyingi namuna				
U-K-2	90,0	1,28	0,34	PB-100-2
Klassifikatsiyalangan va yuvilgan qum namunasi				
U-K-3	95,1	0,76	0,28	PB-100-1
Klassifikatsiyalangan, yuvilgan va quritilgan qum namunasi				
U-K-4	97,5	0,32	0,16	S-070-2
Klassifikatsiyalangan, yuvilgan, quritilgan va magnit maydonida saralangan qum namunasi				
U-K-5	99,15	0,15	0,04	VS-030-2

Ugun koni kvarts qumlarini klassifikatsiyalangan, yuvilgan, quritilgan va magnit maydonida saralangan boyitish bosqichlari jarayonlarida olib borilganda kvarts qumlarini tozalik darajasi kimyoviy tahlil natijasiga ko'ra, SiO₂ - 87,56 mas. % dan 99,10 mas. % gacha ortganligi aniqlandi (3.5.9 - jadval).

Shisha tarkibiga natriy oksidi shisha massasini rangsizlashtirish, tiniqlashtirish va shishani qaynash jarayonini tezlashtirish maqsadida ishlatiladi. Shuningdek, boshqa kalsiy va magniy oksidlari ham xuddi shunday vazifani o'tashi mumkin. Karyerni ichiga qarab borgan sari

ma'danning tozalanib borishini ko'rdik va uni selektiv usulda qazib olish hisobiga ko'zlangan maqsadga erishish mumkinligiga ishonch hosil qildik.

3.5.10-rasmdagi Ugun koni kvarts qumining skanerli elektron mikroskopik (SEM) tasviri to'liq o'rganib chiqilgan.



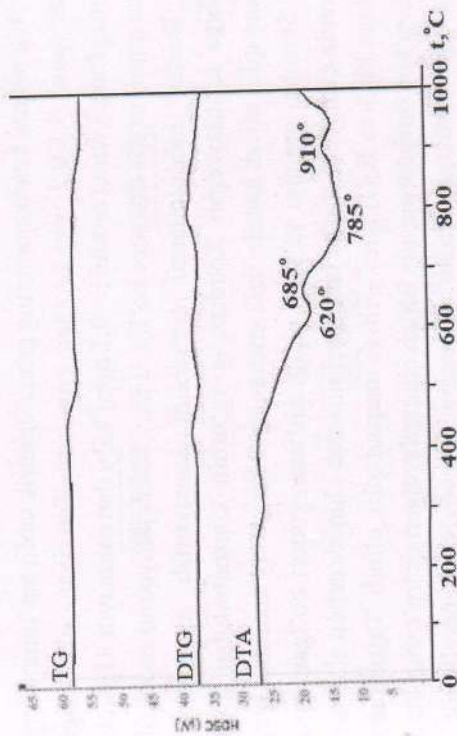
3.5.10-Rasm. Ugun koni kvarts qumining (x40) kattalikda olingan skanerli elektron mikroskopik tasviri

3.5.10-rasmdan ko'rinib turibdiki, kvarts qumining tuzilishi o'rtacha, donasi 0,2-0,5 mm, donalari yumaloq bo'lmagan, burchakli, teksturasi zich va tartibsizdir.

Komponentning mineral tarkibi oligomik kvarts va dala shpati yakka holda uchraydi. Kvarts donalari rangsiz, burchakli, o'tkir burchakli, toza, juda past re'lefl, oq interferensiya ranglari kvartsga xosdir.

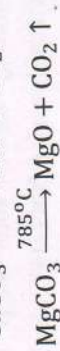
Kvarts donalarining joylashishi tasodifiy, kattaligi 0,2-0,5 mm. Ko'p loyli shaffof qo'shimchalar tufayli kamdan-kam tumanli donalar mavjud bo'lib, ko'pincha yoriqlar mavjud. Ko'pgina kvarts donalari to'liqlik o'chiriladi, qayta tiklanadi va shuningdek, loy moddasi tufayli yeyiladi. Dala shpati yaxlitlanmagan, ammo kuchli o'zgartirilgan agregatlar bilan ifodalanadi. Kaliy va natriy topilgan, shuning uchun ular loyqa, jigir rang, kul rang, ba'zida perlit agregatining yorilishi ko'rinadi.

Ugun koni kvarts qumining murakkab termogrammasi birinchi endotermik ta'sirni 620°C da, ikkinchisi 785°C da ko'rsatdi, bu kvartsning past haroratli shakldan yuqori haroratli shaklga polimorf o'zgarishi natijasidir (3.5.11-rasm).

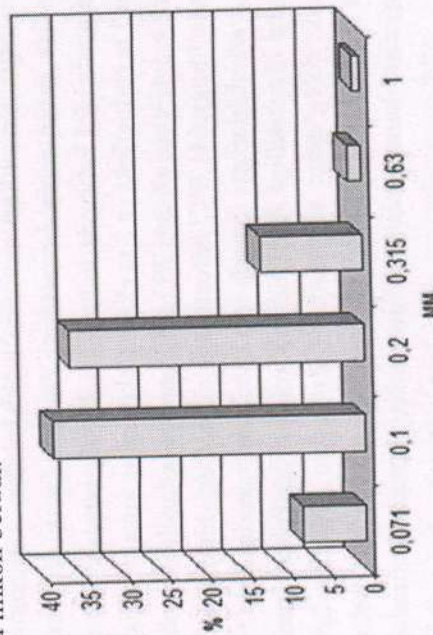


3.5.11-Rasm. Ugun koni kvarts qumining termogrammasi

Ugun koni kvarts qumini yuqori haroratlarda qizdirilganda qo'yidagi reaksiyalar hosil bo'ladi.



3.5.12-rasmdan ko'rinib turibdiki, kvarts qumi noziklikka ega, ishlab chiqarish sharoitida silliqlash vaqtini va narxini sezilarli darajada kamaytirishga imkon beradi.



3.5.12-Rasm. Ugun koni kvarts qumining granulometrik tarkibi

Ugun koni kvarts qumining granulometrik tahlil ma'lumotlariga ko'ra, kvarts qumi 0,1-0,2 mm bo'lgan eng katta fraksiyani o'z ichiga oladi, kattaroq fraksiyaning tarkibi ($> 0,2$ mm) 15% dan oshmaydi. Ugun konining kvarts qumi mayda donador bo'lib, u maydalash jarayonini osonlashtiradi.

Shisha mahsulotlarini tannaxini kamaytirish maqsadida uning tarkibiga kiritilayotgan Xondiza qo'rg'oshin konsentratidan foydalanish maqsad qilib olindi hamda fizik-mexanik va kimyoviy xossalari o'rganildi.

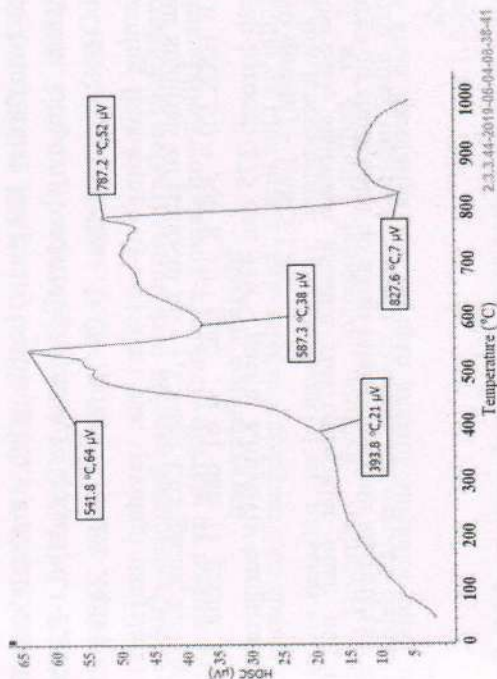
Shishani tiniqligi va yaltiroqligi nisbatan yuqori bo'lgan hamda past haroratda pishuvchi shisha tarkiblarini ishlab chiqish uchun shisha massasi tarkibiga PbO va B₂O₃ larni kiritish maqsad qilib olindi. Tajribalar asosida Xondiza kon boshqarmasida ishlab chiqarilayotgan qo'rg'oshin konsentrat mavjudligi inobatga olindi va uning kimyoviy, mineralogik hamda donadorlik tarkiblari o'rganildi. Xondiza qo'rg'oshin konsentratining kimyoviy tarkibi (mas.%) quyidagicha: PbO-25,60; ZnO-12,70; SiO₂-2,23; Al₂O₃-0,84; Fe₂O₃-13,75; CaO-0,37; MgO-0,46; SO₃-18,14; Na₂O-6,77; K₂O-0,40; k.y. -18,74.

Termografiya usulining turlari juda ko'p bo'lib, ulardan eng asosiylaridan biri differensial termik tahlil (DTT) usulidir.

Xondiza qo'rg'oshin konsentratining DTT va TG o'lchashlari Germaniyaning Linsayz (Linseis) kompaniyasi tomonidan ishlab chiqarilgan STAPT 1600 sinxron termoanalizatorida bajarildi, o'lchashlar 20 °C/min tezlikda oksidlovchi muhitda olib borildi.

Xondiza qo'rg'oshin konsentratini namunasining differensial termik tahlil natijalari 3.5.13-rasmga keltirilgan bo'lib, unga asosan termik egri chizig'ida 3 ta endoeffekt va 2 ta ekzoeffektning yuzaga kelishi kuzatildi.

Termik egri chizig'idagi 393,8 °C haroratda hosil bo'lgan endoeffekt gidrat suvlarining, 541,8 °C haroratdagi ekzoeffekt kimyoviy bog'langan suvlarining chiqishlariga, hamda 587,3 °C dagi endoeffekt esa, kvarts modifikasion o'zgarishiga tegishlidir. Yuzaga kelgan ekzotermik effektidan 787,2 °C ikki qo'rg'oshin silikatining qo'rg'oshin silikatiga fazaviy o'tish haroratiga bog'liqligini, 827,6 °C haroratdagi endoeffektida esa, qo'rg'oshin silikatining suyuqlanma holatiga o'tishiga bog'liqligini ko'rsatadi.



3.5.13-Rasm. Xondiza qo'rg'oshin konsentratining differensial termik tahlili (DTT)

O'rganilayotgan moddalar va tizimlardagi issiqlik effektlarini doimiy ravishda ro'yhatga olish, qizdirish vaqtida moddaning haroratini muntazam ravishda o'lchash yo'li bilan amalga oshirildi. Moddaning harorati va vaqti yozish koordinatalarida amalga oshirildi.

Shisha omuxtasini eritish 1050-1 °C haroratda korundli tigellarda silit qizdirgichlari bo'lgan elektr qarshilik pechida amalga oshirildi. Shisha hosil bo'lish maydoni vizual tarzda va MIN-4 mikroskopidan foydalangan holda o'rganildi.

Sintez qilingan shishaning issiqlikdan chiziqli kengayish koeffitsiyenti va yumshatilishining boshlanish harorati DKV-4 kvarts dilatometrida aniqlandi. Zichligi esa, xona haroratida distillangan suvda gidrostatik tortish usuli orqali aniqlandi. Shishalarning nur sindirish ko'rsatkichi immersion usul bilan aniqlandi.

Qo'rg'oshin silikat sistemasi asosida sintez qilib olingan shaffof rangsiz shishalarning tadqiqot natijalariga ko'ra, ularning fizik-kimyoviy xossalari quyidagi ko'rsatkichlar oraliqida joylashgan: zichligi 4,10 dan 7,87 g/sm³ gacha, nur sindirish ko'rsatkichi no 1,86 dan 2,36 gacha,

issiqlikdan chiziqli kengayish koeffitsiyenti (ICHKK) 20 dan 300×10^{-7} grad⁻¹ gacha α 58 dan 103 gacha, boshlang'ich yumshash harorati 380 dan 420°C gacha, kimyoviy barqarorligi (massa yo'qotishi) 0,1-0,45%.

PbO-SiO₂ sistemasiga B₂O₃ qo'shib sintez qilingan shaffof shishalarning fizik-kimyoviy xossalari esa, quyidagi natijalarni namoyon qildi: nur sindirish ko'rsatkichi n_D - 1,75 dan 1,83 gacha, zichligi 4,3 - 6,7 g/sm³, ICHKK $20 - 300 \times 10^{-7}$ grad⁻¹. α 61 dan 71 gacha, boshlang'ich yumshash harorati 375 dan 410°C gacha. Kimyoviy barqarorligi (suvdagi massa yo'qotishi) - 1,68-5,12%.

PbO-SiO₂ sistemasi asosida mikroshariklar olish uchun maqbul tarkiblarga qo'shimchalar qo'shish bilan yuqori nur sindirish ko'rsatkichiga va past erish haroratiga ega bo'lgan shaffof shishalar olish imkoniyati aniqlandi.

IV-BOB. RANGLI SHISHA TAJRIBA NAMUNALARINING OMUXTA TARKIBINI TUZISH, SUYUQLANMA HOSIL BO'LISH VA QAYNASH JARAYONLARI. GAMMA RANGLI SHISHA SINTEZI VA FIZIK-KIMYOVIY XOSSALARINI ANIQLASH

4.1. PbO-SiO₂ sistemasi asosida turli konsentrasion tarkiblardagi rangli shisha sintezi va «tarkib-srukturna-xossa» bog'liqliklarining haroratdan o'zgarishi

Hozirgi vaqtda turli rangdagi shishalar olish, ularni xalq xo'jaligining turli tarmoqlarida masalan, yo'l signal belgilari, lyuminessent kukunlar, filtrlar, bezak buyumlari, ayniqsa, avtomobil, qurilish va texnik maqsadlarda ishlab chiqarishda qo'llash nuqtai nazaridan katta qiziqish uyg'otmoqda.

4.1.1-jadval

Rangli shisha namunalarning omuxta tarkiblari va xossalari

Shisha namunalari	Omuxta tarkibi, mas. %			Pishi-rishdagi yo'qotish-lar, mas. %	Pishi-rish haro-rati, °C	Nur sindirish ko'rsat-kichi, n_D	Olingan namuna rangi
	PbO	R ₂ O ₃	SiO ₂				
ShCr-3	77,72	1,36	20,92	1,76	1100	1,915	To'q yashil
ShMn-3	77,68	1,41	20,91	1,90	1100	1,913	Siyoh
ShFe-3	77,67	1,42	20,91	1,76	1100	1,913	Qora jigar
ShNi-3	77,63	1,47	20,90	1,76	1100	1,911	Yashil
ShY-3	78,00	1,00	21,00	1,75	1100	1,922	Och sariq
ShCe-3	77,65	1,45	20,90	1,84	1100	1,920	Sariq
ShNd-3	77,62	1,48	20,90	1,76	1100	1,919	Och ko'k
ShEr-3	77,47	1,68	20,85	1,76	1100	1,918	Pushi

Izoh: R - Cr, Mn, Fe, Ni, Y, Ce, Nd, Er.

Yuqoridagilar bilan bog'liq holda, tadqiqot ishinining ushbu qismida PbO-SiO₂ sistemasida qo'shimchalar - Cr₂O₃, Mn₂O₃, Fe₂O₃, Ni₂O₃, Y₂O₃, Ce₂O₃, Nd₂O₃ va Er₂O₃ (4.1.1-jadval) rang beruvchi oksidlar bilan olingan

rangli shishalar rangi, nur sindirish ko'rsatkichi va sintez natijalari keltirilgan [170; 22-23 b.].

4.1.1-jadvalda keltirilgan rangli shishalarning kimyoviy tarkiblari bir biriga juda yaqin. Lekin, kam miqdorda qo'shilgan qo'shimchalar turli xil o'tish (rang beruvchi oksidlar) va noyob yer elementlarining oksidlaridan iborat bo'lgani uchun ularning ranglari ham turli xildir.

4.2. Qo'rg'oshin silikat asosidagi rangli shisha namunalarning sinteziga, suyuqlanma hosil qilishiga, qaynash haroratiga, fizik-kimyoviy xossalarga rang beruvchi oksidlarining ta'siri

Rang beruvchi oksidlardan foydalanib, sintez qilib olingan rangli shishalar xalq xo'jaligining ko'pgina sohalarida keng ko'lamda qo'llaniladi. Qurilish, transport, avtomobilsozlik, avtoyo'l, aviatsiya, tibbiyot, sog'liqni saqlash va boshqa sanoat korxonalari ma'lum optik xususiyatlarga ega va turli reagentlarga qarshilik ko'rsatadigan rangli shishalarga muhtojdir [171; 47-50 b., 173; 64 b.].

Shisha tuzilishi haqidagi zamonaviy gipotezalar va tushunchalar (kristallit, tartibsiz tarmoq gipotezasi, polimer tushunchasi, shishalarning ion tuzilishi, misellalar tushunchasi) shisha hosil bo'lishini turli yo'llar bilan tushintiradi. Ular ma'lum darajada qarama-qarshidir va ma'lum darajada tabiati kondensatsiyalangan muhit bo'lib, dispers muhit sifatida shisha matrisa bilan o'zaro ta'sir qiladigan bo'yoq haqidagi g'oyalarni kiritish imkoniyatini ko'rsatadi.

Shisha matrisadagi yuqori dispersli bo'yoqning erishi molekulyar va kolloid o'lchovlar chegarasida o'zgarishi mumkin. Qattiq eritma bo'lgan bo'yoqning turli xil dispersiya darajalariga mos keladigan turli xil ranglar mavjud.

Zamonaviy fizik-kimyoviy usullari, jumladan, kimyoviy, strukturaviy, fazaviy va optik tahlil usullari, holat diagrammalarining fazaviy tahlili natijalari bilan birgalikda turli xil tarkibdagi rangli shisha matrisaning nozik tuzilishini tushinishga va yaqinlashishga imkon beradi.

Shu ma'noda M.A.Bezborodovning gapı haqiqatdir [172; 450 b.]. Haqiqiy shishaning tuzilishi ularni tashkil etuvchi barcha komponentlar tomonidan yaratilgan - ularning barchasi uning shakllanishida ishtirok etadi. Fizik-kimyoviy nuqtai nazardan sintez jarayonida harakatchan

muvozanatda bo'lgan qattiq, suyuq va gazsimon moddalardan hosil bo'lgan qotib qolgan eritma - ko'p komponentli sistema sifatida bu shishadir.

Oddiy silikat shishalarining strukturaviy elementlari, shuningdek, murakkabroq tarkibga ega bo'lganlar, oksidlar yoki hatto ikki va uchlik tarkibli birikmalar kabi shakllanishlardan iboratdir [173; 64 b.].

Silikat shishasi matrisasi bilan o'zaro ta'sir qiluvchi bo'yoqning tabiatini o'rganayotganda, yanada murakkab jarayonlar bilan shug'ullanish kerak. Birinchidan, bo'yoqning shishadagi tarkibi oksidlar, elementar moddalar, birikmalarning parchalanish reaksiyalari va o'zaro ta'siri natijasida bo'yoqning o'zida submikron bir jinsli bo'lmagan birikma hosil bo'lishi, ikkinchidan, bo'yoqning shisha matrisa bilan o'zaro ta'siri natijasida hosil bo'ladi. Murakkab fizik-kimyoviy tizim kuzatiladi, bu yerda, oxir-oqibat bo'yoq taqsimlanishi kerak.

Rangli shishalarning taniqli tasnifiga ko'ra, odatda shisha bo'yoq o'z fazasini hosil qilishi mumkin yoki hosil bo'lmاسligi mumkin deb taxmin qilinadi [98; 41 b., 174; 81 b.].

Birinchi holda, rang berish kovalent yoki ion bog'lanish bilan bog'langan atomlar tufayli yuzaga keladi. Shu bilan birga molekular guruhlari ham bo'yashga olib kelishi mumkin. Ionli bo'yoqlar tarkibiga bir yoki bir nechta oksidlanish darajasiga ega bo'lgan elementlar kiradi. Bular quyidagilar: xrom, manganes, temir, nikel, neodim, erbiy, seriy, mis, volfram, molibden, platina, radiy, ruteniy va palladiy.

4.3. Rangli shisha namunasini sintez qilishdagi termik ishlov berish jarayonining termodinamik tahlili

Dissertatsiya ishida PbO-SiO₂ sistemasi asosida turli xil tarkibli rangli shishalarni ishlab chiqish uchun ikki yo'nalishda tadqiqot ishlari amalga oshirildi. Payvandlangan va ikkita shisha seriyasi o'rganilgan.

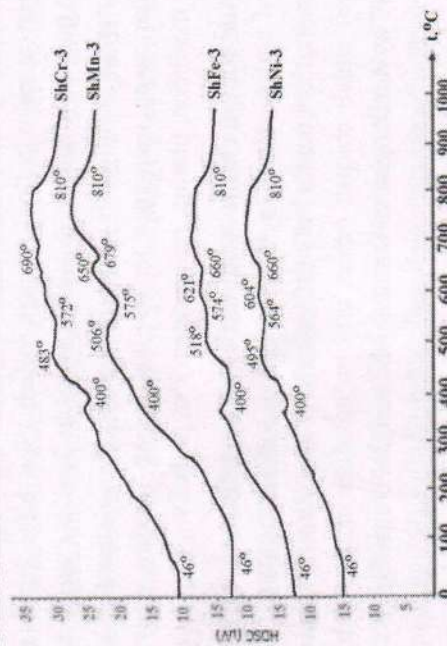
Birinchi seriyada bo'yoq sifatida o'tish (rang beruvchi) elementlarining oksidlari - xrom, manganes, temir va nikel ishlatilgan. Sintez qilib olingan shisha namunasi tarkibidagi rang beruvchi oksidlar o'ziga xos rang beradi.

Ikkinchi seriyada rangli shisha sintez qilishda Y₂O₃, Ce₂O₃, Nd₂O₃ va Er₂O₃ - noyob yer elementlarining oksidlari ishlatilgan. Noyob yer

elementlarning oksidlaridan foydalanish qaysidir darajada yangi va ularni shisha komponenti sifatida ishlatish maqsadga muvofiqdir.

Dastlabki aralashmalarni tayyorlash uchun shisha partiyalarni tayyorlashning ma'lum usullari [175; 24 b., 176; 150 b.] va "analiz uchun toza" va "kimyoviy toza" sinflarning reaktiv (oksidlari) materiallari ishlatilgan. Oksidlarni aralashtirish etil spirti yordamida nam usulda amalga oshirildi. Shishani eritish silitli isitgichlari bo'lgan elektr qarshilik pechida amalga oshirildi. Maksimal shishani erish harorati 1050-1200°C ni tashkil etdi. Yakuniy haroratda vaqt doimiyligini ushlab turish kamida 1 soat davomida olib borildi.

4.3.1-rasmda ShCr-3, ShMn-3, ShFe-3 va ShNi-3 gacha bo'lgan tarkib aralashmalarining differensial termik tahlil (DTT) egri chiziqlarini ko'rsatadi, ShCr-3 (Cr_2O_3 tarkibli shisha omuxtasida - 1,36 mas.%), ShMn-3 (Mn_2O_3 tarkibli shisha omuxtasida - 1,41 mas.%), ShFe-3 (Fe_2O_3 tarkibli shisha omuxtasida - 1,42 mas.%) va ShNi-3 (Ni_2O_3 tarkibli shisha omuxtasida - 1,47 mas.%) 1000°C haroratgacha qizdirilganda isitish tezligi daqiqada 10°C ni tashkil etdi.



4.3.1-Rasm. ShCr-3, ShMn-3, ShFe-3 va ShNi-3 shisha omuxtasi namunalarning termogrammalari

Shisha omuxtalar tizimi va tarkibiga ko'ra, ShCr-3, ShMn-3, ShFe-3 va ShNi-3 bo'lgan tarkiblardagi shisha omuxta aralashmalarini isitish

paytida o'rnatiladigan termik effektlarning tabiati to'g'risidagi ma'lumotlar 4.3.1-jadvalda keltirilgan.

4.3.1-Jadval
ShCr-3, ShMn-3, ShFe-3 va ShNi-3 bo'lgan tarkiblardagi shisha omuxta aralashmalarini isitish paytida o'rnatiladigan termik effektlarning tabiati

Shisha omuxtalar tizimi va tarkibi	Termo-effekt turi	Termo-effekt harorati, °C	Issiqlik effekting tabiati
ShCr-3 $\text{Pb}_3\text{O}_4 + \text{SiO}_2$ (Cr_2O_3 1,36 mas.% qo'shilgan)	Endoeffekt	46	adsorbsiyalangan suvni chiqib ketishi
	Endoeffekt	400	Pb_3O_4 ning PbO va O_2 ga parchalanishi
	Ekzoeffekt	483	$2\text{PbO} \cdot \text{SiO}_2$ hosil bo'lishi
	Endoeffekt	572	β -kvartsning α -kvartsga o'tishi
	Ekzoeffekt	690	$\text{PbO} \cdot \text{SiO}_2$ hosil bo'lishi
ShMn-3 $\text{Pb}_3\text{O}_4 + \text{SiO}_2$ (Mn_2O_3 1,41 mas.% qo'shilgan)	Endoeffekt	810	α -kvartsni aylanishining boshlanishi, α -tridimit va shisha omuxta komponentlari erishi
	Endoeffekt	46	adsorbsiyalangan suvni chiqib ketishi
	Endoeffekt	400	Pb_3O_4 ning PbO + O_2 ga parchalanishi
	Ekzoeffekt	506	$2\text{PbO} \cdot \text{SiO}_2$ hosil bo'lishi
	Endoeffekt	575	β -kvartsning α -kvartsga o'tishi
ShFe-3 $\text{Pb}_3\text{O}_4 + \text{SiO}_2$ (Fe_2O_3 1,42 mas.% qo'shilgan)	Ekzoeffekt	650	$\text{PbO} \cdot \text{SiO}_2$ hosil bo'lishi
	Endoeffekt	679	$2\text{PbO} \cdot \text{SiO}_2$ erishi
	Endoeffekt	810	α -kvartsni aylanishining boshlanishi, α -tridimit va shisha omuxta komponentlari erishi

			shisha omuxta komponentlari erishi
ShFe-3 Pb ₃ O ₄ + SiO ₂ (Fe ₂ O ₃ 1,42 mas.% qo'shilgan)	Endoeffekt	46	adsorbsiyalangan suvni chiqib ketishi
	Endoeffekt	400	Pb ₃ O ₄ ning PbO + O ₂ ga parchalanishi
	Ekzoeffekt	518	2PbO·SiO ₂ hosil bo'lishi
	Endoeffekt	574	β- kvartsning α- kvartsga o'tishi
	Ekzoeffekt	621	PbO·SiO ₂ hosil bo'lishi
	Endoeffekt	660	2PbO·SiO ₂ erishi
ShNi-3 Pb ₃ O ₄ + SiO ₂ (Ni ₂ O ₃ 1,47 mas.% qo'shilgan)	Endoeffekt	810	α- kvartsni aylanishining boshlanishi, α- tridimit va shisha omuxta komponentlari erishi
	Endoeffekt	46	adsorbsiyalangan suvni chiqib ketishi
	Endoeffekt	400	Pb ₃ O ₄ ning PbO + O ₂ ga parchalanishi
	Ekzoeffekt	495	2PbO·SiO ₂ hosil bo'lishi
	Endoeffekt	564	β- kvartsning α- kvartsga o'tishi
	Ekzoeffekt	604	PbO·SiO ₂ hosil bo'lishi
Shisha omuxtasida ShCr-3 Pb ₃ O ₄ + SiO ₂ (Cr ₂ O ₃ 1,36 mas.% qo'shilgan) 4 ta endoeffekt va 2 ta ekzoeffekt aniqlangan:	Endoeffekt	660	2PbO·SiO ₂ erishi
	Endoeffekt	810	α- kvartsni aylanishining boshlanishi, α- tridimit va shisha omuxta komponentlari erishi

Shisha omuxtasida ShCr-3 Pb₃O₄ + SiO₂ (Cr₂O₃ 1,36 mas.% qo'shilgan) 4 ta endoeffekt va 2 ta ekzoeffekt aniqlangan:

46 °C da endoeffekti adsorbsiyalangan suvni chiqib ketishiga to'g'ri keladi;

400 °C da endoeffekti Pb₃O₄ ning PbO + O₂ ga parchalanishiga to'g'ri keladi;

483 °C da ekzoeffekti 2PbO·SiO₂ hosil bo'lishiga to'g'ri keladi;

572 °C da endoeffekti β- kvartsning α- kvartsga o'tishiga to'g'ri keladi;

690 °C da ekzoeffekti PbO·SiO₂ hosil bo'lishiga to'g'ri keladi;

810 °C da endoeffekti α- kvartsni aylanishining boshlanishi, α- tridimit va shisha omuxta komponentlarini erishiga to'g'ri keladi;

Shisha omuxtasida ShMn-3 Pb₃O₄ + SiO₂ (Mn₂O₃ 1,41 mas.% qo'shilgan) 5 ta endoeffekt va 2 ta ekzoeffekt aniqlangan:

46 °C da endoeffekti adsorbsiyalangan suvni chiqib ketishiga to'g'ri keladi;

400 °C da endoeffekti Pb₃O₄ ning PbO + O₂ ga parchalanishiga to'g'ri keladi;

506 °C da ekzoeffekti 2PbO·SiO₂ hosil bo'lishiga to'g'ri keladi;

575 °C da endoeffekti β- kvartsning α- kvartsga o'tishiga to'g'ri keladi;

650 °C da ekzoeffekti PbO·SiO₂ hosil bo'lishiga to'g'ri keladi;

679 °C da endoeffekti 2PbO·SiO₂ erishiga to'g'ri keladi;

810 °C da endoeffekti α- kvartsni aylanishining boshlanishi, α- tridimit va shisha omuxta komponentlarini erishiga to'g'ri keladi;

Shisha omuxtasida ShFe-3 Pb₃O₄ + SiO₂ (Fe₂O₃ 1,42 mas.% qo'shilgan) 5 ta endoeffekt va 2 ta ekzoeffekt aniqlangan:

46 °C da endoeffekti adsorbsiyalangan suvni chiqib ketishiga to'g'ri keladi;

400 °C da endoeffekti Pb₃O₄ ning PbO + O₂ ga parchalanishiga to'g'ri keladi;

518 °C da ekzoeffekti 2PbO·SiO₂ hosil bo'lishiga to'g'ri keladi;

574 °C da endoeffekti β- kvartsning α- kvartsga o'tishiga to'g'ri keladi;

621 °C da ekzoeffekti PbO·SiO₂ hosil bo'lishiga to'g'ri keladi;

660 °C da endoeffekti 2PbO·SiO₂ erishiga to'g'ri keladi;

810 °C da endoeffekti α- kvartsni aylanishining boshlanishi, α- tridimit va shisha omuxta komponentlarini erishiga to'g'ri keladi;

Shisha omuxtasida $\text{ShNi-3 Pb}_3\text{O}_4 + \text{SiO}_2$ (Ni_2O_3 1,47 mas.% qo'shilgan) 5 ta endoeffekt va 2 ta ekzoeffekt aniqlangan:

46 °C da endoeffekti adsorbsiyalangan suvni chiqib ketishiga to'g'ri keladi;

400 °C da endoeffekti Pb_3O_4 ning $\text{PbO} + \text{O}_2$ ga parchalanishiga to'g'ri keladi;

495 °C da ekzoeffekti $2\text{PbO} \cdot \text{SiO}_2$ hosil bo'lishiga to'g'ri keladi;

564 °C da endoeffekti β - kvartsnig α - kvartsga o'tishiga to'g'ri keladi;

604 °C da ekzoeffekti $\text{PbO} \cdot \text{SiO}_2$ hosil bo'lishiga to'g'ri keladi;

660 °C da endoeffekti $2\text{PbO} \cdot \text{SiO}_2$ erishiga to'g'ri keladi;

810 °C da endoeffekti α - kvartsni aylanishining boshlanishi, α -tridimit va shisha omuxta komponentlarini erishiga to'g'ri keladi.

Bu tadqiqot ishida noyob yer elementlari oksidlari - Y_2O_3 , Ce_2O_3 , Nd_2O_3 va Er_2O_3 ishlatilgan. Y_2O_3 oksidi shishalarni shaffofligini oshirishga yordam berdi. Shuning uchun keyingi tadqiqot ishlarida Ce_2O_3 , Nd_2O_3 va Er_2O_3 oksidlari shishaga rang berish uchun ishlatilgan.

4.4. Sintez qilingan rangli shisha namunalarning fizik-texnik, estetik va Fe funksional xossalari

IQ-infragizil spektroskopik usuli yordamida sintez qilib olingan rangli shishalarning strukturaviy xususiyatlari to'liq o'rganib chiqildi. Kremniy-kislorod va qo'rg'oshin-kislorod anionlarining tebranishlari, shu jumladan $[\text{SiO}_4]$ tetraedrining zanjirlari, qatlamlari va ramkalari tebranishlari o'rganildi [177; 719-722 b., 178; 96 b., 180; 473 b.].

Silikat anionlarining tebranish spektrlarining xususiyatlari, jumladan $[\text{SiO}_4]$ tetraedri, $[\text{Si}_2\text{O}_7]$ guruhi, $[\text{Si}_2\text{O}_6]_\infty$ zanjiri va $[\text{Si}_2\text{O}_5]_\infty$ qatlamining zanjirlari, qatlamlari va ramkalari tebranishlari, shuningdek siklik silikat anionlarining tebranishlarini hisoblashda berilgan [179; 736 b., 180; 473 b.].

Ta'kidlanganidek, eksperimental ravishda o'rganilgan shishalarda tetraedrning kondensatsiya darajasi ramkadan ortostukturaga pasayganligi sababli, chastotalarning 500-700 sm^{-1} oralig'ida ko'tarilish tendensiyasi mavjud.

Silikat shishalarning optik spektrlarini ilgari ko'rib chiqilgan oddiy modellarning cheklash tebranishlari spektrlarining superpozitsiyasi sifatida

tanishtirishga harakat qildi, bu modellarda Si-O-Si burchaklarini 120 - 180 sm^{-1} oralig'ida o'zgartirdi. Shu tarzda olingan tarmoqli kengayishining tushuntirilishi, masalan, kristall bilan solishtirganda shishasimon natriy metasilikat uchun faqat yuqori chastotali mintaqada qo'llaniladi, bu yerda silikatning hisob-kitoblarga ko'ra, Si-O-Si burchagining kattaligiga kinematik jihatdan kuchli bog'liq bo'lgan chastotalar mavjud.

Kremniy-kislorodli birikmalar panjaralaridagi Pb-O bog'lanish-ning tebranish chastotalari qo'rg'oshinning koordinasion muhitiga bog'liq. Kremniysiz tuzilmalarda - qo'rg'oshin oksidlari, infragizil spektrdagi eng qizg'in yutilish 700-1000 sm^{-1} oralig'ida kuzatiladi.

Xrom, marganes, temir va nikel oksidlarini o'z ichiga olgan shishalar spektrlarida (4.4.1-rasm) 900-1100 sm^{-1} mintaqada 920-980 sm^{-1} chuqurlikdagi maksimal diffuziya yutilish zonasi kuzatiladi va 600 sm^{-1} da zaifroq, hamda 800 sm^{-1} da maksimal holatda bo'ladi.

900-1000 sm^{-1} mintaqasidagi tarmoqli uch o'lchovli to'rda Si-O-Si ning cho'zilgan tebranish chastotasi hosil bo'lgan.

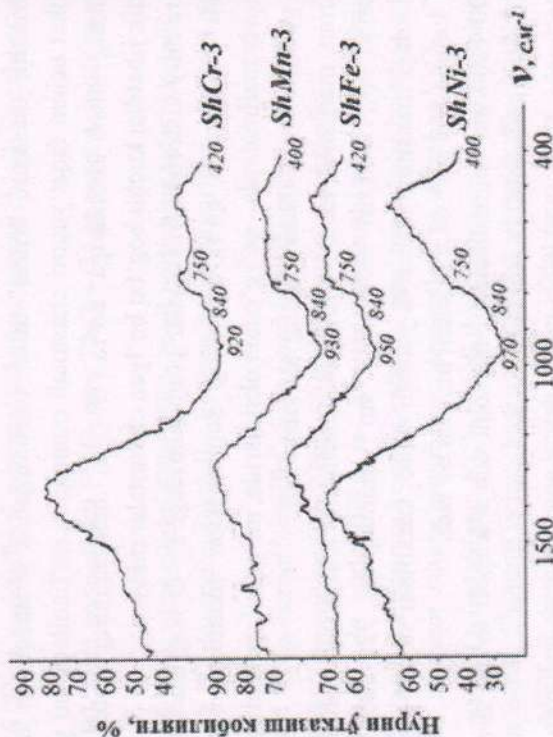
Ma'lumki, 1060-1120 sm^{-1} mintaqadagi aniq yutilish zonasi sof kvarts shishasiga xosdir. Uning mavjudligi amalda buzilmagan Si-O-Si aloqalari bo'lgan hududlar mavjudligini ko'rsatadi, ya'ni yuqori polimerlanish darajasiga ega tetraedrlar yoki $[\text{SiO}_{4/2}]_n$ kabi uch o'lchovli komplekslar deyarli ortiqcha zaryadsizdir.

Sintez qilingan shishalarda qo'rg'oshin atomlarining mavjudligi Si-O-Si aloqalarini depolimerizatsiya qiluvchi kationlar rolini o'ynaydi.

O'tish paytida ularning chastotasi va intensivligi katta kationning turi va tabiatiga shuningdek, xrom, marganes, temir va nikelning mavjudligiga qarab bir oz farq qiladi.

Olingan spektroskopik ma'lumotlarni qo'rg'oshinli shishalar bo'yicha oldingi tadqiqotlar bilan taqqoslash shuni ko'rsatadiki, ko'rib chiqilayotgan shishalar tarmoqlarida bor va alyuminiy ionlari anion ramkaga kiradi va tetraedr pozitsiyalarda kremniy atomlarini almashtiradi [127; 113 b.]. Ushbu tadqiqotda faqat qo'rg'oshin ion kationlar rolini o'ynaydi. Shuningdek, asosiy assimilyatsiya tasmlarining kremniy tasmlar bilan superpozitsiyasi tufayli xrom, marganes, temir va nikel atomlarining roli haqida xulosa qilish qiyin. Bandlarning past tarqalishi, ayniqsa, 600-700 sm^{-1} mintaqasida, Cr -

O, Mn - O, Fe - O va Ni - O ga asoslangan tartibli hududlarning shishada mavjudligini ko'rsatadi. (4.4.1-rasm).

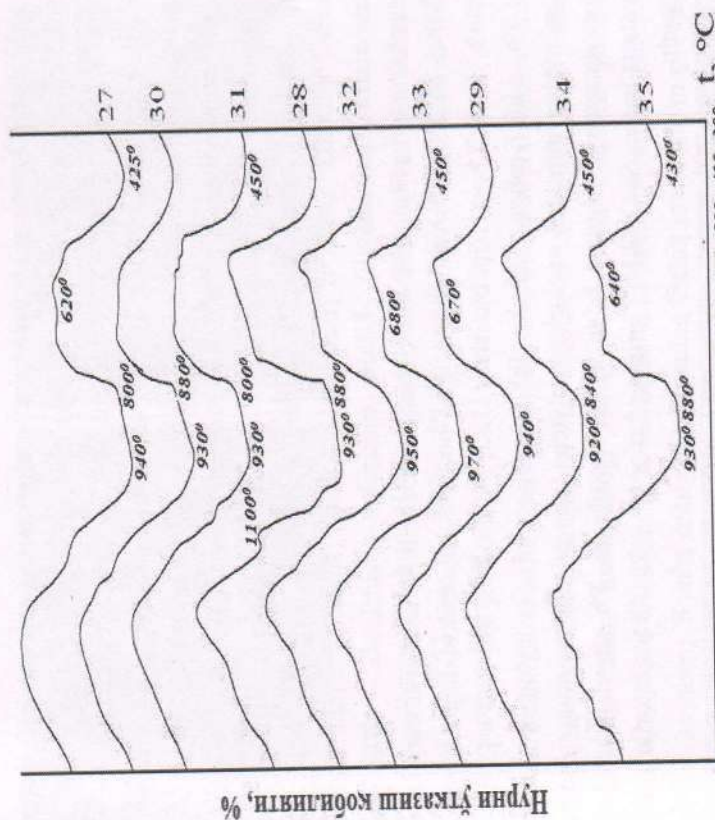


4.4.1-Rasm. ShCr-3 - $\text{PbO-SiO}_2\text{-Cr}_2\text{O}_3$, ShMn-3 - $\text{PbO-SiO}_2\text{-Mn}_2\text{O}_3$, ShFe-3 - $\text{PbO-SiO}_2\text{-Fe}_2\text{O}_3$ va ShNi-3 - $\text{PbO-SiO}_2\text{-Ni}_2\text{O}_3$ tarkibli shisha namunalarining IQ spektrining yutilish chiziqlari

Olingan shishalar tashqi tomondan shaffof va rangli ko'rinadi. Shishaning yupqa qatlamidan nurlar o'tishida yutilish spektrlarini olish kremniy-kislorod komplekslarining infraqizil yutilish zonalari diapazoniga ta'sirini ko'rsatadi.

Ma'lumki, adabiyotlarda keltirilgan uch o'lchovli tuzilmalarda kristobalit uchun 1010-1260, tridimit uchun 980-1250, kvarts uchun 980-1200 va kvarts shishasi uchun 1027-1195 cm^{-1} ga yutilish maksimal chastotalari tyeng. Ushbu panjaralar turli burchaklardagi Si-O-Si aloqasi bilan tavsiflanadi [181; 322-323 b.].

Seriy, neodim va erbiy oksidlarini o'z ichiga olgan shishalarning infraqizil yutilish spektrlarini o'rganish (4.4.2-rasm) ushbu shishalar panjarasidagi noyob yer elementlari atomlarining koordinatsiyasi to'g'risida xulosa chiqarish imkonini berdi.



4.4.2-Rasm. Shisha kompozitsiyalarining infraqizil spektroskopik spektrlari

ShCe1-3, ShCe2-3, ShCe3-3 - Ce_2O_3 oksidi tarkibida 1,45, 2,88 va 5,75 mas.%;

ShNd1-3, ShNd2-3, ShNd3-3 - Nd_2O_3 oksidi tarkibida 1,48, 2,96 va 5,88 mas.%; ShEr1-3, ShEr2-3, ShEr3-3 - Er_2O_3 oksidi tarkibida 1,68, 3,35 va 6,64 mas.%;

1250-830 va 500-400 $^{-1}$ mintaqasida kuchli so'rilishning ikkita hududi bilan tavsiflanadi. Bundan tashqari, infraqizil spektrdagi turli kremniy-kislorod radikalari turli yutilish hududlariga mos keladi [131; 173 b., 132; 528 b., 133; 230 b.].

Darhaqiqat, o'rganilayotgan shishalarda ikkita assimilyasiya hududi topilgan: birinchisi 400-500 cm^{-1} (so'rilish maksimal darajasi 450°C), ikkinchisi 800-1250 cm^{-1} (so'rilish maksimal darajasi 930-970°C).

1250-1100 sm^{-1} va 1100-830 sm^{-1} oralig'ida kremniy o'z ichiga olgan shishalarning yutilish bandlari SiO_2 kristalli shakllarining mos keladigan bandlari bilan solishtirganda kengaytirilgan va kamroq intensivdir. 1100 sm^{-1} mintaqadagi chiziqlar cho'zilish, 430-530 sm^{-1} mintaqada $[\text{SiO}_4]$ – tetraedrning deformatsiya tebranishlari bilan bog'liq bo'lishi mumkin. 840-750 sm^{-1} mintaqadagi bandlar Si-O-Si tebranishlariga mos keladi.

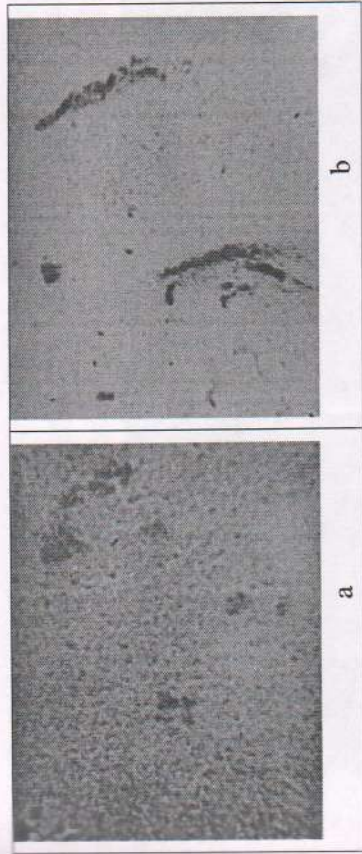
Biz tomonidan olingan ma'lumotlar va ularni oldingi tadqiqotlar bilan taqqoslash qo'rg'oshin silikat shishalari tarmoqlarida katta Ce, Nd va Er atomlari kationlar rolini o'ynashini ko'rsatadi (shuning uchun tetraedr pozitsiyalarni egallamaydi). Ushbu xulosalar spektrlarda – 800 sm^{-1} diapazonining mavjudligi asosida amalga oshiriladi, bu shisha tarmog'ining kuchli depolimerizatsiyasining belgisi bo'lgan kationlarni depolimerizatsiyalash, Si-O-Si bog'larini buzishdir [182; 343 b., 183; 337-340 b.].

Pb ning roliga kelsak, ikki komponentli qo'rg'oshin silikat shishalarining infraqizil spektrlari bo'yicha mavjud ma'lumotlarga ko'ra, yuqori darajadagi ishonch bilan aytish mumkinki, Pb atomlari ma'lum chegaraga qadar, Si-O-Si bog'larining kationlar - depolimerizatorlar rolini o'ynaydi.

Shunday qilib, birinchidan, strukturaning katta-edrik pozitsiyalarida Ce → Nd → Er o'rni bosish, cho'zilish tebranishlariga juda oz ta'sir qiladi (spektral zonasi 700-1300 sm^{-1}), lekin mintaqadagi spektr 400-700 sm^{-1} bir izomorf moddadan ikkinchisiga o'tganda ancha katta o'zgarishlarga uchraydi. Ikkinchidan, qo'rg'oshin silikat shishalari tarmoqlarida Ce, Nd va Yer atomlari shuningdek, Pb atomlari Si-O-Si bog'larining depolimerizatorlari - kationlar rolini o'ynaydi.

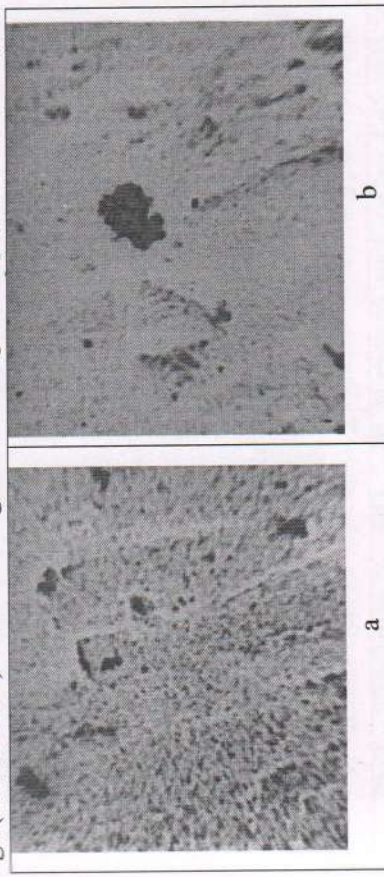
O'rganilayotgan shishalarning yutilish spektrlarini tahlil qilish asosida shuni taxmin qilish mumkinki, shisha matrisadagi noyob yer elementlari oksidlari qisqa va uzoq masofalarda ham o'ziga xos tarzda o'zaro ta'sir qiluvchi suyuqlirilgan eritma hosil qiladi.

Sintez qilingan shishalar tuzilishini elektron mikroskopik o'rganish 10000 - 15000 marta kattalashtirishda amalga oshirildi. Rasmga tushirish vaqtida mikroskop ichida chuqur vakuum saqlanadi (taxminan 10^{-4} - $5 \cdot 10^{-5}$ mm simob ust.).



4.4.3-Rasm. Shisha tarkibining elektron mikroskopik tasvirlari:
PbO - 77,72 mas.%, SiO_2 - 20,92 mas.% va Cr_2O_3 - 1,36 mas.%.
x7000 marta kattalashtirilgan.

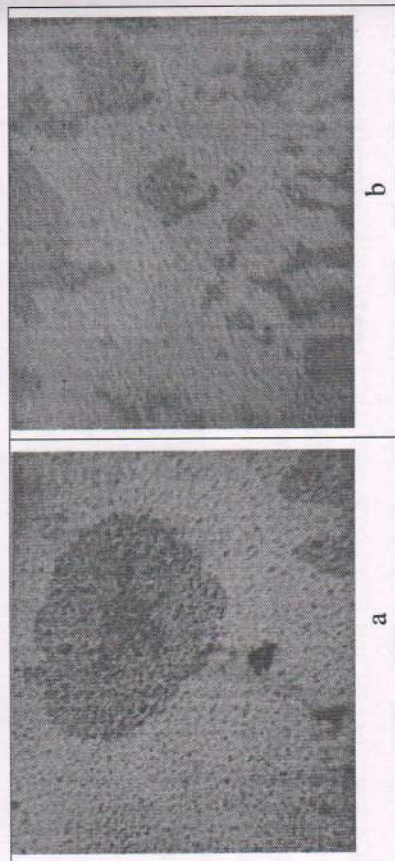
4.4.3-rasmda xrom o'z ichiga olgan qo'rg'oshin-silikat shishalarning elektron mikroskopik tadqiqotlari ma'lumotlarini ko'rsatadi. Tahlil shuni ko'rsatadiki, shisha tuzilishidagi asosiy o'zgarishlar sindirish yuzasiga tegishli. Cr_2O_3 ni o'z ichiga olgan shisha katta bo'lakli sirt mikro tuzilishiga ega (4.4.3a-rasm). Shisha eritilgan kvartsning kichik joylari bilan silliqdir.



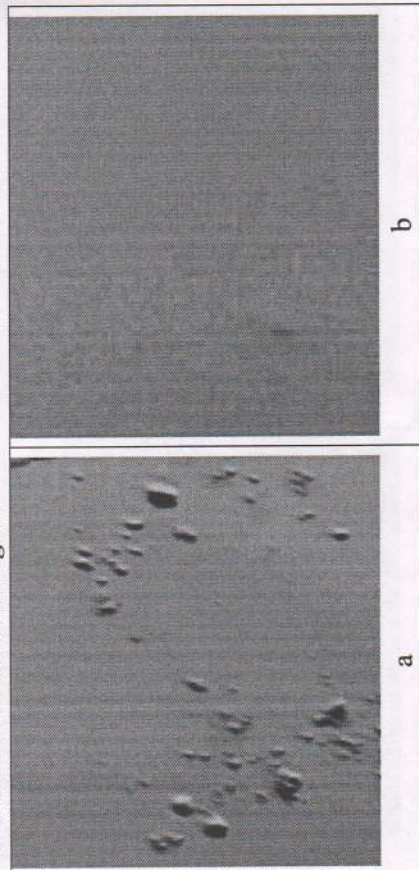
4.4.4-Rasm. Shisha tarkibining elektron mikroskopik tasvirlari:
PbO - 77,68 mas.%, SiO_2 - 20,91 mas.% va Mn_2O_3 - 1,41 mas.%.
x6,600 marta kattalashtirilgan.

Marganes o'z ichiga olgan shishalarning elektron mikroskopik tadqiqotlari 4.4.4-rasmda ko'rsatilgan. Mn_2O_3 - 1,41 mas.% ni o'z ichiga olgan shisha mayda silliq tuzilishga ega.

Fe_2O_3 bo'yoyq sifatida ishlatilganda, shisha mikrostrukturasi (4.4.5-rasm) 10 % miqdorida kolomorfik kvartsning kichik joylari bilan silliq bo'ladi.



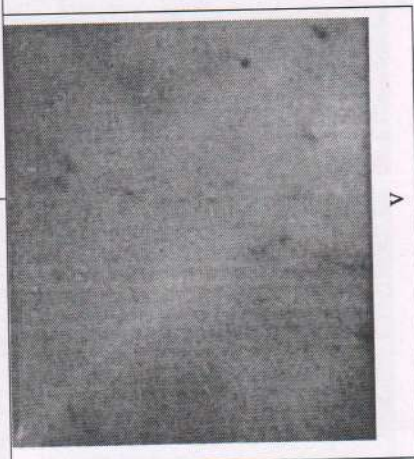
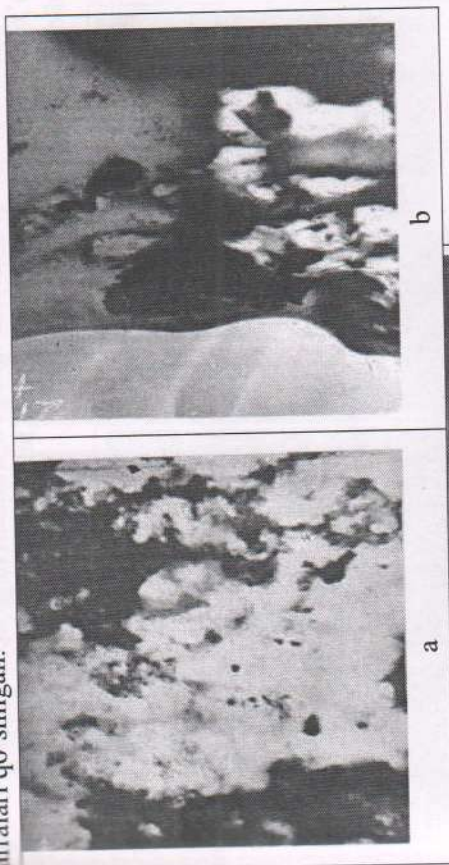
4.4.5-Rasm. Shisha tarkibining elektron mikroskopik tasvirlari:
 PbO - 77,67 mas.%, SiO_2 - 20,91 mas.% va Fe_2O_3 - 1,42 mas.%.
x7000 marta kattalashtirilgan.



4.4.6-Rasm. Shisha tarkibining elektron mikroskopik tasvirlari:
 PbO - 77,63 mas.%, SiO_2 - 20,90 mas.% va Ni_2O_3 - 1,47 mas.%.
x6000 marta kattalashtirilgan.

Ni_2O_3 - 1,47 mas.% (4.4.6-rasm) tarkibidagi shisha bir xil, eritilgan kvartsning kichik joylari bilan silliqdir.

Seriy o'z ichiga olgan shishalar (4.4.7-rasm) shishasimon tuzilishga ega. 4.4.7a-rasmni tasviri amorf tuzilishni tavsiflaydi. 4.3.7b va 4.3.7v - rasmlardagi tasvirlar ham amorf tuzilishga ega, ammo erimagan kvarts zarralari qo'shilgan.

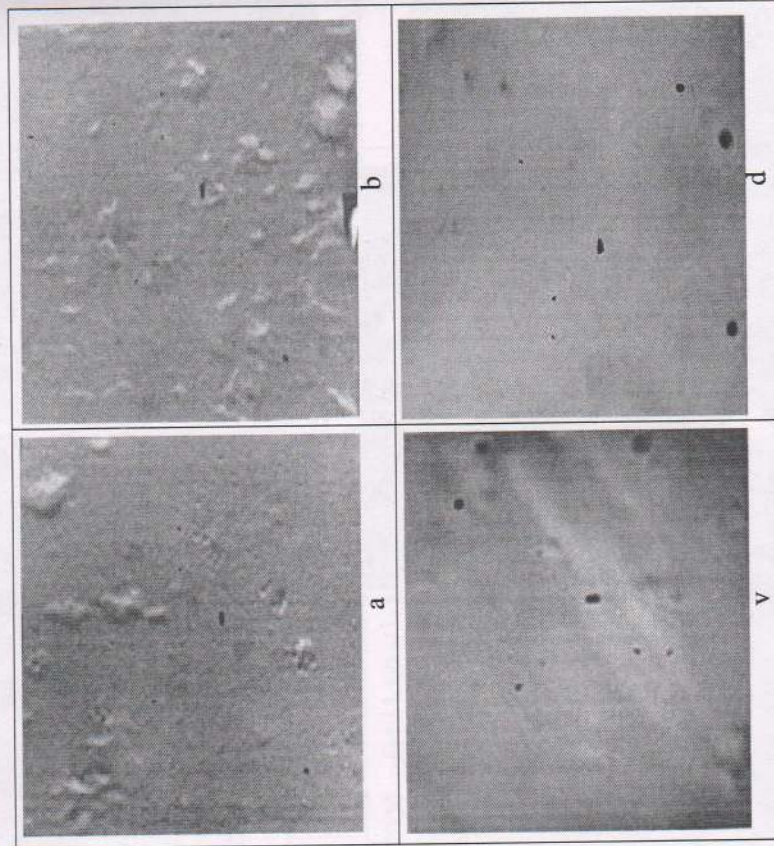


4.4.7-Rasm. Shisha tarkibining elektron mikroskopik tasvirlari:
 PbO - 77,65 mas.%, SiO_2 - 20,90 mas.% va Ce_2O_3 - 1,45 mas.%.
x6700 marta kattalashtirilgan.

PbO - SiO_2 sistemasi asosida sintez qilingan, bo'yoyq sifatida noyob yer elementlari oksidlari tanlangan. Sintez qilingan shishalarning komponent tarkibi 4.5.3-jadvalda keltirilgan.

N.M.Bobkova fikriga ko'ra, shishalar tuzilishini yuqori kattalashtirishda ham o'rganish va L.F.Papko fikri bo'yicha [184; 196 b.]

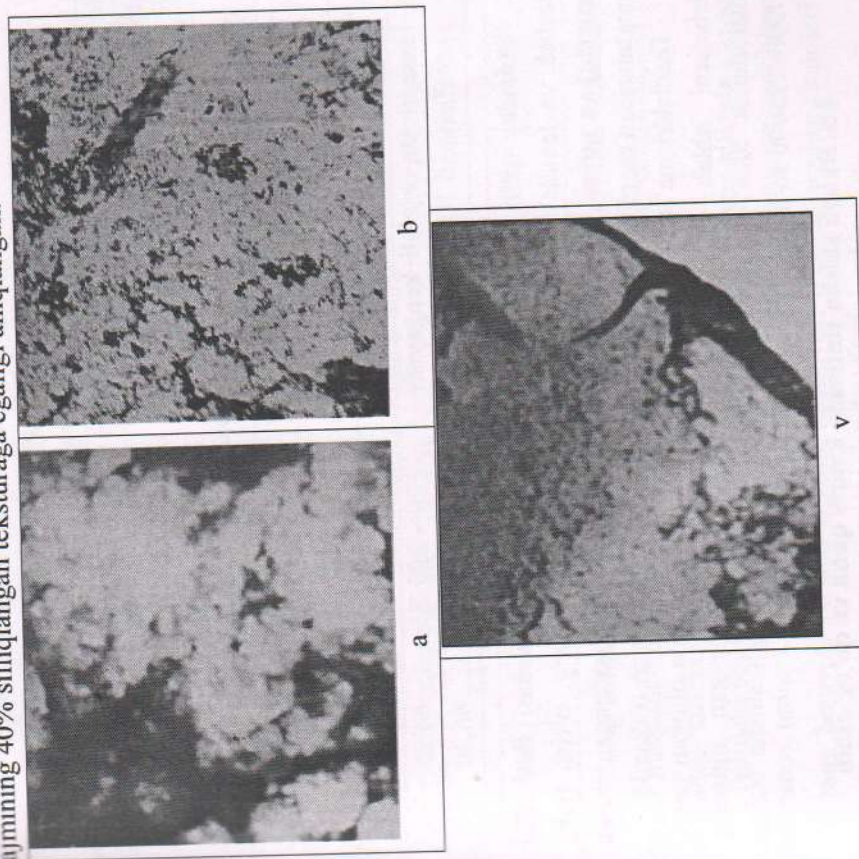
kattalashtirishga hojat yo'q, chunki bu holda faqat strukturaning alohida elementlari paydo bo'ladi. Umumiy kuzatilgan maydonning 30% buyrak shaklida bo'lib, shishadagi ajratilgan tomchilarga o'xshab, silliqroq mikro tuzilishga aylanadi. Kichik maydonlar – 10%, bloklarning qoldiqlariga o'xshaydi va maydonning 90% amorf tekislangan mikro tuzilishga o'tishini bildiradi.



4.4.8-Rasm. Shisha tarkibining elektron mikroskopik tasvirlari:
PbO - 77,62 mas.%, SiO₂ - 20,90 mas.% va Nd₂O₃ - 1,48 mas.%; "a", "b", "v" - x15000 marta va "d" - x10000 marta kattalashtirilgan.

Neodim o'z ichiga olgan shishalarning mikro tuzilishi (4.4.8-rasm) silliq, ammo kvartsga xos silliqlangan zonalar ko'rinadi. 4.4.8-rasmini, (a), (b) va (v) tasvirlari ob'yektni x15000 marta va (d) tasviri esa, ob'yektni x10000 marta kattalashtirishda olingan.

Tarkibida erbiy oksidi bo'lgan rangli shisha namunasi 4.4.9a-rasm tasviri amorf tuzilish bilan tavsiflanadi, 4.4.9-rasm (b) va (v) tasvirlari kvartsnings kolomorf mikro tuzilishining kichik qismiga ega, umumiy hajmining 40% silliqlangan teksturaga egaligi aniqlangan.



4.4.9-Rasm. Shisha tarkibining elektron mikroskopik tasvirlari:
PbO - 77,47 mas.%, SiO₂ - 20,85 mas.% va Er₂O₃ - 1,68 mas.%, x6500 marta kattalashtirilgan.

Tayyorlangan shisha omuxta tarkiblari asosida quyidagi fizik-kimyoviy xususiyatlarga ega bo'lgan rangli shisha namunalari olindi (4.4.1-jadval).

Sanoatda ishlab chiqarish tajriba sinovi natijasida bezatish va texnik maqsadlar uchun olingan rangli shishalar amaldagi GOST 30407-96 va GOST R 52022-2003 standart talablariga mos kelishini ko'rsatdi.

4.4.1-Jadval
Tajribaviy rangli shisha namunalari fizik-kimyoviy xususiyatlari

№	Fizik-kimyoviy ko'rsatkichlari	Ko'rsatkich qiymatlari
1.	Nur sindirish ko'rsatkichi, n _D	1,91
2.	Zichlik, g/sm ³	5,96
	Kimyoviy barqarorligi, %:	
3.	SN ₃ SOON (rN = 4,3) ga nisbatan	98,60
4.	Distillangan N ₂ O (rN = 7,0) ga nisbatan	99,90
5.	NaON (rN = 9,3) ga nisbatan	97,25
6.	Issiqlikdan chiziqli kengayish koeffitsiyenti 10 ⁻⁷ , grad. ⁻¹	20 – 200 °C..... 84,20 20 – 400 °C..... 86,20

Shunday qilib, "Kvarts" AJ ishlab chiqarish korxonasi sharoitida bezatish va texnik maqsadlar uchun qo'rg'oshin, kremniy, o'tish (rang beruvchi) va noyob yer elementlari oksidlari asosida tayyorlangan shisha omuxtalardan rangli shishalar olish bo'yicha tajriba sinovlari o'tkazildi.

Dastlabki ma'lumotlarga asosan, yangi tarkib asosida olingan rangli shishalarni ishlab chiqarishga joriy etishdagi kutilayotgan iqtisodiy samaradorlik 2024 yil ma'lumotlariga ko'ra, 1 m² rangli shisha uchun 117500 -125000 so'mni tashkil etishi aniqlandi.

4.5. Rangli shisha sintezida kvarts qumi va qo'rg'oshin konsentratidan komponentlaridan foydalanish istiqbollari
Rang beruvchi va noyob yer elementlari oksidlardan foydalanilgan holda bezatish va texnik maqsadlar uchun rangli shishalarni sintez qilish maqsadida shisha omuxtalardan namunalari tayyorlab olindi.

"Kvarts" AJ ishlab chiqarish korxonasi sharoitida qo'rg'oshin, kremniy, o'tish (rang beruvchi) va noyob yer elementlari oksidlari asosida tayyorlangan shisha omuxta namunalardan rangli shishalar olish bo'yicha tajriba sinovlari o'tkazildi.

Davlat andozasi talabi bo'yicha shishaning fizik xususiyatlari 4.5.1-jadvalga mos kelishi kerak (GOST R 52022-2003).

4.5.1-Jadval
Shishaning fizik xususiyatlari (GOST R 52022-2003)

Shisha guruhi	Shisha markasi	ICHK K	Zichlik, g/sm ³	Jami yorug'lik o'tkazuvchanligi, %, (namunaning qalinligi 3 mm) spektral mintaqada, nm		
				400-700	520-560	540-560
Rangsiz	BT-1, BT-2	92	2,48-2,52	80 dan kam emas	-	-
Yarim oq	PT	92	2,48-2,52	65 dan kam emas	-	-
Yashil	ZT-1, ZT-2	95	2,48-2,53	-	30-85	-
Jigar rang	KT	95	2,48-2,53	-	-	15-60

"Qo'rg'oshin oksidi - kremniy oksidi" sistemasi asosida bezatish va texnik maqsadlar uchun rangli shisha namunalari ishlab chiqishda ikki xil seriyadagi tarkiblar tayyorlab olindi.

Birinci seriyadagi tarkiblarda rang beruvchi bo'y oq sifatida - xrom, manganes, temir va nikel oksidlari ishlatildi, ikkinchi seriyadagi tarkiblarda esa, rang beruvchi bo'y oq sifatida noyob yer elementlarining oksidlari - ittriy, seriy, neodim va erbiy oksidlari foydalanildi.

Dastlabki aralashmalarni tayyorlashda yuqorida ko'rsatilgan maqsadga erishish uchun qo'rg'oshin va kremniy oksidlari "tahlil uchun toza (ch.d.a.)" va qolgan boshqa oksidlarning "kimyoviy toza (x.ch.)" markali reaktiv materiallaridan foydalanib tadqiqot ishlari olib borildi.

Shisha namunalari omuxta tarkiblari mos ravishda 4.5.2 va 4.5.3-jadvallarda keltirilgan.

4.5.2-jadval

Birinchi seriyadagi shisha namunalarning komponent tarkiblari

Shisha namunasi	Oksidlar miqdori, mas. %					Shisha rangi
	PbO	SiO ₂	Cr ₂ O ₃	Mn ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	
Sh-3+Cr ₂ O ₃	77,72	20,92	1,36	-	-	To'q yashil
Sh-3+Mn ₂ O ₃	77,68	20,91	-	1,41	-	Binafsha
Sh-3+Fe ₂ O ₃	77,67	20,91	-	-	1,42	To'q jigari
Sh-3+Ni ₂ O ₃	77,63	20,90	-	-	-	Yashil

4.5.3-jadval

Ikkinchi seriyadagi shisha namunalarning komponent tarkiblari

Shisha namunasi	Oksidlar miqdori, mas. %						Shisha rangi
	PbO	SiO ₂	Y ₂ O ₃	Ce ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	Er ₂ O ₃	
Sh-3+Y ₂ O ₃	78,00	21,00	1,00	-	-	-	Och sariq
Sh-3+Ce ₂ O ₃	77,65	20,90	-	1,45	-	-	Sariq
Sh-3+Nd ₂ O ₃	77,62	20,90	-	-	1,48	-	Kulrang
Sh-3+Er ₂ O ₃	77,47	20,85	-	-	-	1,68	Pushti

Boshlang'ich xomashyo aralashmalarini etil spirti yordamida nam usulda xomashyo komponentlarini aralashtirish jarayoni amalga oshirildi. Shisha omuxtasini eritish korundli tigellarda silit qizdirgichlari bo'lgan elektr qarshilik pechida amalga oshirildi. Tayyorlangan shisha omuxtasini qaynashining maksimal harorati 1350 dan 1450°C ni tashkil etdi. Shisha omuxtasini qaynatishning maksimal haroratdagi ushbu jarayoni 1 soat davom etdi.

V-BOB. NOYOB YER ELEMENTLARI VA AN'ANAVIY NUKLEATORLARDAN FOYDALANIB RANGLI SHISHAKRISTALL (SITALL) MATERIALLAR SINTEZI, KRISTALLANISH JARAYONLARI, FIZIK-TEXNIK XOSSALARI

5.1. Noyob yer elementlaridan tarkib topgan qo'rg'oshin silikatli shishakristall namunalarning sintezi va ularning kristallanish jarayonlari

So'nggi yillarda Tkachinskiy I.D. [166; 146 b.] ta'rifiga ko'ra, "Shishaga nisbatan yaxshilangan fizik-kimyoviy ko'rsatkichlarga ega bo'lgan konstruktiv materiallarni yaratishning asosiy yo'nalishi shishani shishakristall materiallariga – sitallga aylantirish bo'ldi".

Noorganik materiallarning keng sinfi orasida shishakristall materiallar kimyoviy tarkibi va tuzilishi jihatidan ham, xossalari va qo'llanilishi bo'yicha ham alohida o'rin tutadi. Ular shisha asosida turli miqdoriy nisbatlarda issiqlik bilan ishlav berish jarayonida undagi ma'lum kristalli fazalarni ajratish yo'li bilan olinadi. Shishakristal hosil qilish ko'plab omillar bilan belgilanadi, ular orasida eng muhimlari qo'yidagilardir: shisha materialning tarkibi va fizik-kimyoviy xususiyatlarining xilma-xilligi, ishlab chiqarish qobiliyati, xomashyo komponentlarining arzonligi va ularning tabiatda keng tarqalishi hamda ishlab chiqarishda jiddiy ekologik muammolarning yo'qligi va texnologik jarayonlarning nisbatan past energiya intensivligi hisoblanadi. [41; 710 b., 42; 218 b.].

Shisha kristallanish jarayonining nazariy asoslari Tamman tomonidan yaratilgan va tadqiqotchilarning katta guruhining tadqiqot ishlarida ishlab chiqilgan [40; 540 b., 184; 196 b., 185; 1-6 b., 186; 232 b.].

Ma'lumki, shisha termodinamik jihatdan metastabil holatda bo'lib, ma'lum harorat sharoitida Gibbs energiyasidan ortiqcha bo'lib, u barqaror kristall holatga o'tishi mumkin. Kristallanish jarayoni ikki bosqichda davom etadi: kristallanish markazlarining (yadro) hosil bo'lishi va kristallarning o'sishi. Tashqaridan kiritilgan yadrolar bo'lmaganda, markazlarning shakllanishi dalgalanmalar paydo bo'lishi natijasida bir xil bo'ladi. Kritik o'lchamdan kattaroq hajmga erishgandan so'ng, yadrolar barqaror bo'lib, o'z-o'zidan o'sish imkoniyatiga ega bo'ladi.

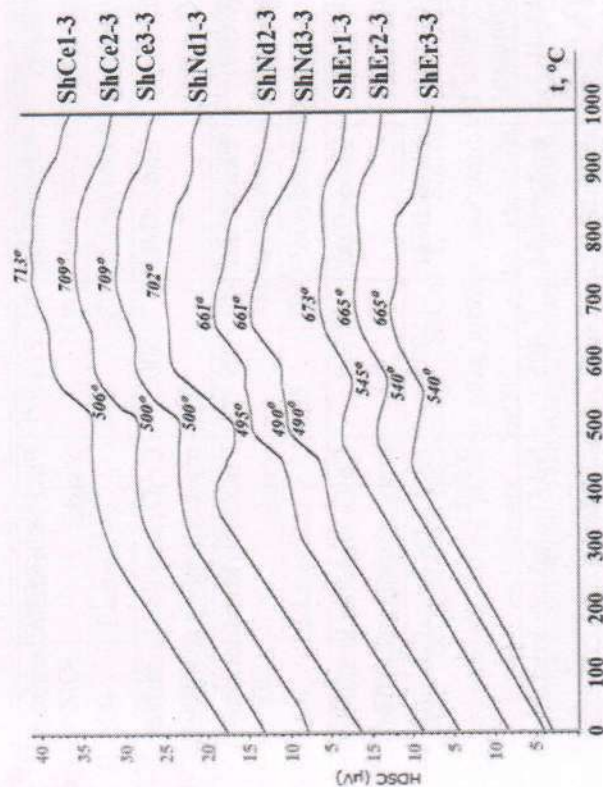
PbO-SiO₂ sistemasi asosida noyob yer elementlarining oksidlarini qo'shish bilan sintez qilingan shishalarning tarkiblari 5.1.1-jadvalda keltirilgan.

5.1.1-Jadval
PbO-SiO₂ sistemasi asosida noyob yer elementlarining oksidlarini qo'shish bilan sintez qilingan shishalar tarkiblari

Shisha namunalari	Oksidlar miqdori, mas. %				
	PbO	SiO ₂	Ce ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	Er ₂ O ₃
Sh-3 + 1,45 mas.% Ce ₂ O ₃	77,65	20,90	1,45	-	-
Sh-3 + 2,88 mas.% Ce ₂ O ₃	76,52	20,60	2,88	-	-
Sh-3 + 5,75 mas.% Ce ₂ O ₃	74,26	19,99	5,75	-	-
Sh-3 + 1,48 mas.% Nd ₂ O ₃	77,62	20,90	-	1,48	-
Sh-3 + 2,96 mas.% Nd ₂ O ₃	76,46	20,58	-	2,96	-
Sh-3 + 5,88 mas.% Nd ₂ O ₃	74,16	19,96	-	5,88	-
Sh-3 + 1,68 mas.% Er ₂ O ₃	77,47	20,85	-	-	1,68
Sh-3 + 3,35 mas.% Er ₂ O ₃	76,15	20,50	-	-	3,35
Sh-3 + 6,64 mas.% Er ₂ O ₃	73,56	19,80	-	-	6,64

Biroq, agar shisha hajmida juda ko'p miqdordagi bir xil taqsimlangan markazlar yaratilsa, markazlarning o'sishi jarayonida ularning yaxshilangan fizik-kimyoviy va mexanik xususiyatlari bilan shishadan farq qiladigan hamda nozik dispers kristallar hosil bo'lsa, tubdan yangi shishakristall materiallarini olish mumkin bo'ladi. Sitallarni ishlab chiqarish shunga asoslanadi. Kristallanishning bu turi shishadagi kristall markazlarning gyeterogen yadrolanishini ta'minlash orqali amalga oshiriladi, bunga tashqaridan yadrolarni kiritish yoki ularni ilgari su'niy ravishda yaratilgan faza interfeyslarida hosil qilish orqali erishiladi.

20°C isitish tezligida olingan, sintez qilingan shisha tarkiblarining termografik tadqiqotlari quyidagi 5.1.1-rasmda ko'rsatilgan. Ushbu ma'lumotlarning tahlili shishani isitish vaqtida sodir bo'ladigan jarayonlarni baholash imkonini beradi [187; 123 b., 188; 152 b., 189; 28 b.].



5.1.1-Rasm. Sintez qilingan shishalar tarkibining termogrammalari

ShCe1-3, ShCe2-3, ShCe3-3 - Ce₂O₃ oksidi tarkibida 1,45, 2,88 va 5,75 mas.%;

ShNd1-3, ShNd2-3, ShNd3-3 - Nd₂O₃ oksidi tarkibida 1,48, 2,96 va 5,88 mas.%;

ShEr1-3, ShEr2-3, ShEr3-3 - Er₂O₃ oksidi tarkibida 1,68, 3,35 va 6,64 mas.% hisobida qo'shilgan.

ShCe1-3, ShCe2-3, ShCe3-3, ShNd1-3, ShNd2-3, ShNd3-3, ShEr1-3, ShEr2-3, ShEr3-3 - shishalarni isitish vaqtida aniqlangan termoeffektlarning talqini 5.1.2-jadvalda keltirilgan.

5.1.2-Jadval
Shishalarni isitish paytida aniqlangan termoeffektlarning tabiati

Shisha tizimi va tarkiblari	Termo-effekt turi	Termo-effekt harorati, °C	Issiqlik effektining tabiati
ShCe1-3 Pb ₃ O ₄ + SiO ₂	Endoeffekt	506	Ce ₂ O ₃ shaklida kristallanish markazlarining shakllanishi

(Ce ₂ O ₃ 1,45 mas.% qo'shilgan)	Ekzoeffekt	713	PbO·SiO ₂ kristallarining o'sishi
ShCe2-3 Pb ₃ O ₄ + SiO ₂ (Ce ₂ O ₃ 2,88 mas.% qo'shilgan)	Endoeffekt	500	Ce ₂ O ₃ shaklida kristallanish markazlarining shakllanishi
ShCe3-3 Pb ₃ O ₄ + SiO ₂ (Ce ₂ O ₃ 2,88 mas.% qo'shilgan)	Ekzoeffekt	709	PbO·SiO ₂ kristallarining o'sishi
ShCe3-3 Pb ₃ O ₄ + SiO ₂ (Ce ₂ O ₃ 5,75 mas.% qo'shilgan)	Endoeffekt	500	Ce ₂ O ₃ shaklida kristallanish markazlarining shakllanishi
ShNd1-3 Pb ₃ O ₄ + SiO ₂ (qo'shilgan 1,48 mas.% Nd ₂ O ₃)	Ekzoeffekt	709	PbO·SiO ₂ kristallarining o'sishi
ShNd1-3 Pb ₃ O ₄ + SiO ₂ (qo'shilgan 1,48 mas.% Nd ₂ O ₃)	Endoeffekt	495	Nd ₂ O ₃ shaklida kristallanish markazlarining shakllanishi
ShNd2-3 Pb ₃ O ₄ + SiO ₂ (Nd ₂ O ₃ 2,96 mas.% qo'shilgan)	Ekzoeffekt	702	PbO·SiO ₂ kristallarining o'sishi
ShNd3-3 Pb ₃ O ₄ + SiO ₂ (Nd ₂ O ₃ 2,96 mas.% qo'shilgan)	Endoeffekt	490	Nd ₂ O ₃ shaklida kristallanish markazlarining shakllanishi
ShNd3-3 Pb ₃ O ₄ + SiO ₂ (Nd ₂ O ₃ 5,88 mas.% qo'shilgan)	Ekzoeffekt	661	PbO·SiO ₂ kristallarining o'sishi
ShEr1-3 Pb ₃ O ₄ + SiO ₂ (Er ₂ O ₃ 1,68 mas.% qo'shilgan)	Endoeffekt	490	Nd ₂ O ₃ shaklida kristallanish markazlarining shakllanishi
ShEr1-3 Pb ₃ O ₄ + SiO ₂ (Er ₂ O ₃ 1,68 mas.% qo'shilgan)	Ekzoeffekt	661	PbO·SiO ₂ kristallarining o'sishi
ShEr1-3 Pb ₃ O ₄ + SiO ₂ (Er ₂ O ₃ 1,68 mas.% qo'shilgan)	Endoeffekt	545	Er ₂ O ₃ shaklida kristallanish markazlarining shakllanishi
ShEr1-3 Pb ₃ O ₄ + SiO ₂ (Er ₂ O ₃ 1,68 mas.% qo'shilgan)	Ekzoeffekt	673	PbO·SiO ₂ kristallarining o'sishi

ShEr2-3 Pb ₃ O ₄ + SiO ₂ (Er ₂ O ₃ 3,35 mas.% qo'shilgan)	Endoeffekt	540	Er ₂ O ₃ shaklida kristallanish markazlarining shakllanishi
ShEr3-3 Pb ₃ O ₄ + SiO ₂ (Er ₂ O ₃ 6,64 mas.% qo'shilgan)	Ekzoeffekt	665	PbO·SiO ₂ kristallarining o'sishi
ShEr3-3 Pb ₃ O ₄ + SiO ₂ (Er ₂ O ₃ 6,64 mas.% qo'shilgan)	Endoeffekt	540	Er ₂ O ₃ shaklida kristallanish markazlarining shakllanishi
ShEr3-3 Pb ₃ O ₄ + SiO ₂ (Er ₂ O ₃ 6,64 mas.% qo'shilgan)	Ekzoeffekt	665	PbO·SiO ₂ kristallarining o'sishi

Ce₂O₃ bo'lgan tarkiblarning ShCe1-3, ShCe2-3, ShCe3-3 termogrammalarida ikkita ta'sirni aniq ajratish mumkin. 500-506°C da birinchi ta'sir endotermik bo'lib, Ce₂O₃ shaklida kristallanish markazlarining shakllanishi, faza o'zgarishlarini ko'rsatadi. 709-713°C da ikkinchi ta'sir ekzotermik bo'lib, PbO·SiO₂ kristallarining o'sishi qo'rg'oshin silikat eritmasida yangi birikmalar hosil bo'lishini ko'rsatadi.

Nd₂O₃ bo'lgan tarkiblarning ShNd1-3, ShNd2-3, ShNd3-3 termogrammalarida ikkita ta'sirni aniq ajratish mumkin. 490-495°C da birinchi ta'sir endotermik bo'lib, Nd₂O₃ shaklida kristallanish markazlarining shakllanishi, faza o'zgarishlarini ko'rsatadi. 661-702°C da ikkinchi ta'sir ekzotermik bo'lib, PbO·SiO₂ kristallarining o'sishi qo'rg'oshin silikat eritmasida yangi birikmalar hosil bo'lishini ko'rsatadi [197; 19-23 b., 198; 351-412 b.].

Er₂O₃ bo'lgan tarkiblarning ShEr1-3, ShEr2-3, ShEr3-3 termogrammalarida ham ikkita ta'sirni aniq ajratish mumkin. 540-545°C da birinchi ta'sir endotermik bo'lib, Er₂O₃ shaklida kristallanish markazlarining shakllanishi, faza o'zgarishlarini ko'rsatadi. 665-673°C da ikkinchi ta'sir ekzotermik bo'lib, PbO·SiO₂ kristallarining o'sishi qo'rg'oshin silikat eritmasida yangi birikmalar hosil bo'lishini ko'rsatadi.

Sintez qilingan shishalar tarkibining termogramma egri chiziqlari 5.1.1-rasmda aks etgan bo'lib, ular bir-biriga juda o'xshashdir. Chunki, barcha termogramma egri chiziqlarining asosiy tarkibi bir xildir.

5.1.2-jadvalda keltirilgan ma'lumotlarga ko'ra, shishalarni isitish paytida o'rnatiladigan termoeffektlarning tabiatiga va termoeffekt haroratlarga ko'ra, endoeffekt past haroratda va ekzoeffekt esa, unga nisbatan yuqori haroratda borishi aniqlangan.

5.1.3-jadvalda quyida bir qator sintezlangan shishalar uchun ba'zi xususiyatlarning hisoblangan va tajribaviy qiymatlari ko'rsatilgan.

Ushbu tadqiqot qismida o'rganilayotgan shisha namunalarning kristallanishining yuqori va quyi chegaralarini aniqlash uchun ommaviy kristallanish qo'llanilgan. Sintez qilib olingan shisha namunalari qayiqli tegillarga (lodichka) joylashtirildi, so'ngra silit qizdirgichlari bo'lgan elektr qarshilik pechiga yuklandi, u yerda issiqlik bilan qayta ishlash (termoobrotka) davrida belgilangan haroratda ushlab turildi. Keyin ular tezda pechdan olinib sovutildi.

5.1.3-Jadval
Sintez qilib olingan shishalar uchun fizik-kimyoviy xususiyatlarning hisoblangan va eksperimental qiymatlari

Shisha raqami	Zichligi, g/sm ³		Nur sindirish ko'rsatkichi, n_D		ICHKK $\alpha \cdot 10^{-7} \cdot grad^{-1}$	
	Nazariy	Tajriba- viy	Nazariy	Tajriba- viy	Nazariy	Tajriba- viy
ShY-3	5,772	5,793	1,915	1,922	83,474	83,872
ShCe-3	5,810	6,043	1,917	1,919	83,478	83,638
ShNd-3	5,805	6,081	1,917	1,918	83,472	83,618
ShEr-3	5,775	5,865	1,917	1,918	83,477	83,627

Noyob yer elementlari oksidlarini qo'shib sintez qilib olingan shisha namunalari qayta issiqlik bilan ishlav berildi va tahlil qilib chiqildi hamda shisha namunalarning kristallanish darajasining turlichaligi tahlil natijalariga ko'ra qayd etildi [199; 211-222 b.]. Ular quyidagicha:

1. Kristallanish belgilarining yo'qligi (belgi - );
2. Ajratilgan maydonlar shaklida sirt kristallanishi yoki 0,1 mm qalinlikdagi ajratilgan kristalli plyonka shaklida sirt kristallanishi (belgi - );
3. Qalinligi 0,1 mm dan ortiq bo'lgan kristall plyonka shaklida sirt kristallanishi (belgi - );

4. Kristallarning shisha namunasiga chuqur qisman taqsimlanishi bilan uzluksiz qalin qobiq shaklida sirt kristallanishi yoki 0,5 mm qalinlikdagi kristall qobiq shaklida sirt kristallanishi (belgi - );

5. Namuna hajmi bo'ylab kristallanishning tarqalishi. Kristall faza 50 - 60% yoki shishaning asosiy qismida monokristallar bo'lgan sirt qobiq'i shaklida sirt kristallanishi (belgi - );

6. Namunaning shartli to'liq kristallanishi 60-100% kristalli fazaning mavjudligi yoki butun shisha hajmida to'liq kristallanishi (belgi - ).

Olti balli shkala bo'yicha baholangan shisha kristallanish mahsulotlarini (vizual va mikroskop ostida o'tkazilgan nurda) kuzatish natijalari 5.1.4-jadvalda keltirilgan.

5.1.4-Jadval
Eksperimental shisha namunalarning kristallanish qobiliyati

Shisha namunasi	Kristallanish darajasi haroratda, °C					
	500	550	600	650	700	750
ShCe-3						
ShNd-3						
ShEr-3						

Amaldagi usul bir vaqtning o'zida uchta (ShCe-3, ShNd-3, ShEr-3) namunani kristallash imkonini berdi. O'rganilgan shisha namunalari ma'lum bir haroratlarda 1 dan 4 soatgacha vaqt doimiyliqi saqlandi.

5.1.4-jadvalda olingan ma'lumotlar seriy, neodim va erbiy o'z ichiga olgan shishalarning kristallanishining bir xil xarakterini ko'rsatadi.

Barcha holatlarda kristallanish belgilari $-575 \pm 25^\circ\text{C}$ da boshlanadi va to'liq kristallanish 750°C da sodir bo'ladi. Bu holda bo'yoq turi ahamiyatsiz rol o'ynaydi.

Ushbu tadqiqot ishida sintez qilib olingan shishalar turli xil harorat rejimlarida, ta'sir qilish rejimida - 1 va 4 soat davomida kristallangan. Issiqlik bilan ishlav berish vaqtini 1 soatdan 4 soatgacha oshirish kristallanish jarayoniga yordam beradi (5.1.4-jadval).

Olingan ma'lumotlar asosida shishalarning kristallanish qobiliyati ko'plab omillarga bog'liq. Asosiylari orasida shishaning kimyoviy tarkibi,

bo'yoq turi va miqdori, issiqlik bilan ishlov berishning harorat rejimi va boshqa omillarni ta'kidlash kerak [184; 196 b., 190; 112-116 b., 191; 67 b.]. Muayyan holatda, kristallanish jarayonlarini kuchaytirish uchun kristallanish yadrolari WO_3 aralashma tarkibiga 1 dan 9 mas.% gacha bo'lgan miqdorda kiritilgan.

Shishaning asosiy qismidagi kristall bo'linishlarning tabiati barcha kompozitsiyalar uchun bir xil. Bo'yoqlar (noyob yer elementlari oksidlari), berilgan konsyentratsiyalarda, 550-750°C harorat mintaqasida shishalarning kristallanish qobiliyatini oshiradi.

5.2. An'anaviy nukleatorlardan foydalanib qo'rg'oshin silikatli shishakristall namunalarning sintezi va ularning kristallanish jarayonlariga ta'siri

Shishakristall ishlab chiqarishda getrogen kristallanish jarayonini amalga oshirish shishaga maxsus moddalarning qo'shimchalarini (shartli ravishda nukleatorlar yoki katalitik qo'shimchalar - floriqlar, sulfidlar, metall oksidlari TiO_2 , ZrO_2 , Cr_2O_3 , NiO va boshqalar) kiritish orqali erishiladi. Kristallanish markazlarining shakllanishiga va materiallarning zarur strukturasi yaratishga yordam beradi.

Shishakristallni ishlab chiqarish uchun dastlabki shisha quyidagi shartlarga javob berishi kerak:

- shishakristallga kerakli kristalli va shishasimon fazalarning shakllanishi tufayli kerakli xususiyatlarni berish va takroriy issiqlik bilan ishlov berishdan so'ng, butun hajmda kristallanish sodir bo'lishi kerak. Taxminan 1 mkm o'lchamdagi kristallarning shakllanishi bilan;
- shisha eritmalarini qoliplash yoki tavlani sh haroratiga qadar sovutilganda kristallanmasligi kerak (shishadagi qoldiq kuchlanishlarni olib tashlash);
- shisha, unga berilgan shaklni saqlab qolish uchun, yumshatuvchi haroratgacha kristallanmasligi kerak;
- shisha erishi sanoat sharoitida erishi mumkin bo'lgan haroratlarda amalga oshirilishi kerak – 1450-1550 °C.

Ikki va ko'p komponentli sistemalarning holat diagrammalaridan, shuningdek, ushbu maqsadlar uchun boshqaruv xususiyatlaridan foydalanish ba'zi hollarda aniq natijalar beradi:

1. Evtektik mintaqada shisha kompozitsiyalarni tanlash shishakristallga ko'rsatilgan xususiyatlarni beradigan fazalarning kristallanishini ta'minlaydi.

2. Litiy va magniy o'z ichiga olgan tizimlarni tanlash issiqlikdan chiziqli kengayishning past koeffitsiyentiga ega bo'lgan fazalarning kristallanishini ta'minlaydi va natriy, kaliy va kalsiy o'z ichiga olgan tizimlar yetarlicha yuqori bo'lgan termik parametrlarga ega bo'lgan shishakristallning kristalli fazalarini shakllantirishni ta'minlaydi.

5.2.1-Jadval

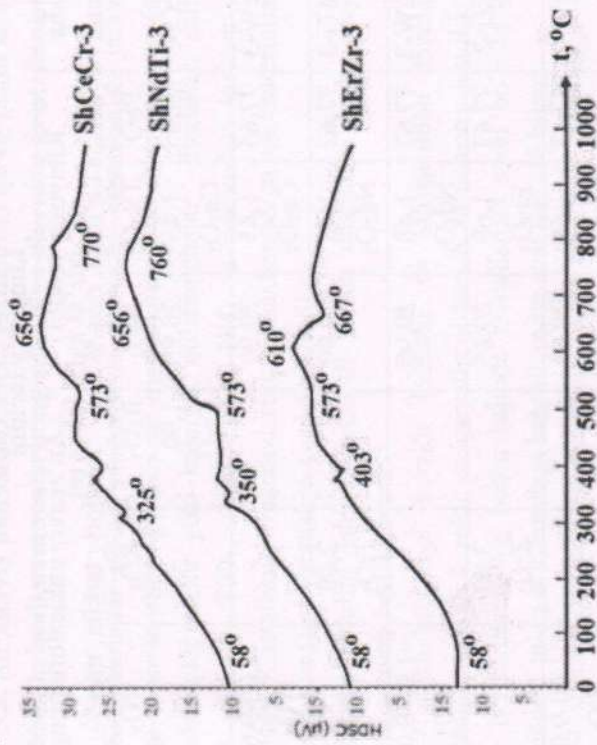
Kristallanish yadrolari qo'shimchalari bilan shishalarning kimyoviy tarkibi

Shisha raqami	Kimyoviy tarkibi				An'anaviy nukleatorlarning miqdoriy tarkibi, mas. %	
	PbO	TR ₂ O ₃	SiO ₂	R ₂ O ₃	RO ₂	RO ₃
ShCeCr-3	77,65	1,45 Ce ₂ O ₃	20,90	1,00 Cr ₂ O ₃	-	-
ShCeW-3	77,65	1,45 Ce ₂ O ₃	20,90	-	-	1,00-9,00 WO ₃
ShNdTi-3	77,62	1,48 Nd ₂ O ₃	20,90	-	2,00 TiO ₂	-
ShNdW-3	77,62	1,48 Nd ₂ O ₃	20,90	-	-	1,00-9,00 WO ₃
ShErZr-3	77,47	1,68 Er ₂ O ₃	20,85	-	3,00 ZrO ₂	-
ShErW-3	77,47	1,68 Er ₂ O ₃	20,85	-	-	1,00-9,00 WO ₃

O'z navbatida yuqori jismoniy va mexanik xususiyatlarga ega mullitni o'z ichiga olgan sistemalar, shisha va shishakristallar xususan, materiallarning issiqlikka chidamliligini ta'minlaydi. Yuqoridagilarni hisobga olgan holda, biz kristallanish yadrolari bilan shishakristall tarkibini loyihalashni amalga oshirdik. Xrom, titan, sirkoniy va volfram oksidlari arzonroq va qulayroq oksidlar, an'anaviy nukleatorlar sifatida tanlangan (5.2.1-jadval).

Shisha ishlab chiqarishda shisha omuxtasini tayyorlash eng muhim rol o'ynaydi, chunki "yuqori sifatli shisha omuxtasi yarim payvandlangan shisha massasi" ekanligi ma'lum [192; 326 b., 193; 8-10 b., 194; 150-154 b., 195; 36 b., 196; 257-261 b.].

Shisha tarkibiga asosiy shisha hosil qiluvchi SiO_2 oksidini kiritish uchun tomir kvarts ham, kvarts qumi ham ishlatilgan (5.2.1-jadval). PbO ni kiritish uchun qizil qo'rg'oshin surigi ishlatilgan. Noyob yer elementlarining oksidlarini kiritish uchun - seriy, neodim va erbiyning mos keladigan noyob yer elementlari oksidlarining konsentratlari, aralashmaga Cr_2O_3 , TiO_2 va ZrO_2 oksidlari reaktiv shaklida kiritildi.



5.2.1-rasm. ShCeCr-3, ShNdTi-3 va ShErZr-3 shisha omuxtalarning termogramma egri chiziqlari

ShCeCr-3 (1,45 mas.% Ce_2O_3 va 1,0 mas.% Cr_2O_3), ShNdTi-3 (1,48 mas.% Nd_2O_3 va 2,0 mas.% TiO_2) va ShErZr-3 (1,68 mas.% Yer_2O_3 va 3 mas.% ZrO_2).

Ushbu kompozitsiyalarning aralashmalari differensial termik tahlildan o'tkazildi (5.2.1-rasm), bu fazaviy o'zgarishlarni o'rganish uchun eng sezgir usuldir.

Moddada termik effekt paydo bo'lganda, o'rganilayotgan modda va standart o'rtasida harorat farqi paydo bo'ladi. Shu munosabat bilan endotermik ta'sirlar egri chiziqning absissa o'qiga nisbatan keskin pastga og'ishi shaklida, ekzotermik ta'sir esa "yuqoriga" qarama-qarshi yo'nalishda belgilanadi. Oddiy termik tahlil (TA) bilan bu "pastga" va "yuqoriga" yetarlicha sezgir emas va zaif mahkamlangan. Ammo differensial egri chiziqlar (DTA) olingan taqdirda, fiksatsiya aniq amalga oshiriladi.

Issiqlik bilan ishlov berilgan shisha partiyalarida ikki turdagi cho'qqilarni olish rejalashtirilgan. Biri endotermik, ikkinchisi ekzotermik cho'qqilar. Endotermik ta'sir suvning chiqishi, polimorf o'tishlari, moddalarning erishi bilan mos kelishi kerak va ekzotermik ta'sir bilan oraliq yoki asosiy faza mayda urug'lar - kristallarda o'sadi.

Termik effektlarni olib tashlash uchun kukun usuli qo'llanilgan. 1 g miqdorida 063 elakdan o'tkazilgan zarralar 4000-6000 sm^2/g o'lchamlari bilan tavsiflanadi. Inert modda sifatida, ya'ni standart, 1000°C da klassifikatsiyalangan alyuminiy oksidi ishlatilgan. Shishalarning TA va DTA egri chiziqlari 10 °C/min tezlikda isitish orqali qayd etilgan. Aralashmalar uchun TG va DTG egri chiziqlari ham qayd etilgan.

5.2.1-rasmda ko'rsatilgan termogrammalarni tahlilida turli manbalarda keltirilgan Pb_3O_4 , SiO_2 va boshqalarning modifikatsiyalari bo'yicha ma'lumotlarni hisobga olgan.

Ma'lumki, $\text{Pb}_3\text{Si}_3\text{O}_9$ (alamozit) 764°C da eriydi va erish nuqtasi Pb_2SiO_4 743°C [28; 272 b.]. $\text{PbO} \cdot \text{SiO}_2$ + suyuqlik 764°C haroratga va $2\text{PbO} \cdot \text{SiO}_2$ + suyuq-lik uchun harorat 723°C ga to'g'ri keladi. Pb_3O_4 (qo'rg'oshin surigi) past haroratlarda parchalanadi va PbO_2 (plattnerit) 290°C da parchalanadi [155; 679 b., 163; 125 b.].

β -kvartsning α -kvartsga aylanishi 573°C da endoeffektga to'g'ri keladi. Loylarda (masalan, monotermit) adsorbsiyalangan suvni chiqib ketishi 50-100°C haroratga to'g'ri keladi. Termoeffekt DTT egri chiziqlarida yangi kristall fazalarning shakllanishi ekzoeffektga, erishi esa, endoeffektga mos keladi.

5.2.2-jadval

ShCeCr-3, ShNdTi-3 va ShErZr-3 – kompozitsiyalarning shisha omuxtlarini isitish paytida oʻrnatilgan termoeffektlarning tabiati

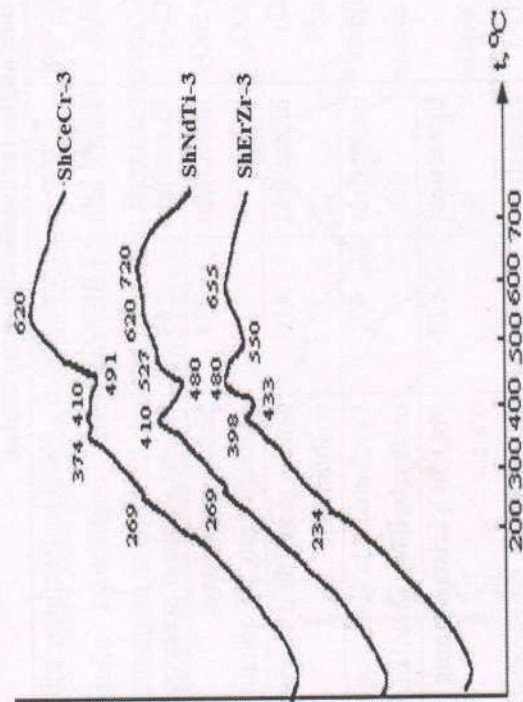
Shisha omuxtasi tarkibi va tizimi	Termo-effekt turi	Termo-effekt harorati, °C	Issiqlik effektining tabiati
ShCeCr-3 Pb ₃ O ₄ + SiO ₂ + + Ce ₂ O ₃ (Cr ₂ O ₃ 1 mas.% qoʻshilgan)	Endoeffekt	58	adsorbsiyalangan suvni chiqib ketishi
	Endoeffekt	325	Pb ₃ O ₄ ning PbO + O ₂ ga parchalanishi
	Endoeffekt	573	β– kvartsnig α– kvartsga oʻtishi
	Ekzoeffekt	656	PbO·SiO ₂ hosil boʻlishi
	Endoeffekt	770	Shisha omuxta komponentlarida erish boshlanishi
ShNdTi-3 Pb ₃ O ₄ + SiO ₂ + + Nd ₂ O ₃ (TiO ₂ 2 mas.% qoʻshilgan)	Endoeffekt	58	adsorbsiyalangan suvni chiqib ketishi
	Endoeffekt	350	Pb ₃ O ₄ ning PbO + O ₂ ga parchalanishi
	Endoeffekt	573	β– kvartsnig α– kvartsga oʻtishi
	Ekzoeffekt	656	PbO·SiO ₂ hosil boʻlishi
	Endoeffekt	760	shisha omuxta komponentlarida erish boshlanishi
ShErZr-3 Pb ₃ O ₄ + SiO ₂ + + Y ₂ O ₃ (ZrO ₂ 3 mas.% qoʻshilgan)	Endoeffekt	58	adsorbsiyalangan suvni chiqib ketishi
	Endoeffekt	403	Pb ₃ O ₄ ning PbO + O ₂ ga parchalanishi
	Endoeffekt	573	β– kvartsnig α– kvartsga oʻtishi
	Ekzoeffekt	610	PbO·SiO ₂ hosil boʻlishi

Endoeffekt	667	shisha omuxta komponentlarida erish boshlanishi
------------	-----	---

Kuzatilgan endo- va ekzo- effektlar PbO·SiO₂ birikmasining kristallanishi bilan bogʻliq shishada sodir boʻladigan jarayonlardan dalolat beradi.

5.2.2-rasmda 20 dan 1000°C gacha qizdirilganda ShCeCr-3, ShNdTi-3 va ShErZr-3 – kompozitsiyali shishalarning termogrammalari DTA egri chiziqlari keltirilgan. Cr₂O₃ boʻlgan tarkibning ShCeCr-3 termogrammasida ikkita taʼsirni aniq ajratish mumkin. 491°C da birinchi taʼsir endotermik boʻlib, Cr₂O₃ shaklida kristallanish markazlarining shakllanishi, faza oʻzgarishlarini koʻrsatadi. 620°C da ikkinchi taʼsir ekzotermik boʻlib, PbO·SiO₂ kristallarining oʻsishi qoʻrgʻoshin silikat eritmasida yangi birikmalar hosil boʻlishini koʻrsatadi.

Isitish paytida sintezlangan shishalarning termogrammalari 5.2.2-rasmda keltirilgan.



5.2.2-rasm. 20 dan 1000°C gacha qizdirilganda ShCeCr-3, ShNdTi-3 va ShErZr-3 – kompozitsiyali shishalarning termogrammalari.

TiO₂ bo'lgan tarkibning ShNdTi-3 termogrammasida ikkita ta'sirni aniq ajratish mumkin. 480°C da birinchi ta'sir endotermik bo'lib, TiO₂ shaklida kristallanish markazlarining shakllanishi, faza o'zgarishlarini ko'rsatadi, 620-720°C da ikkinchi ta'sir ekzotermik bo'lib, PbO·SiO₂ kristallarining o'sishi va to'liq kristallanishi qo'rg'oshin silikat eritmasida yangi birikmalar hosil bo'lishini ko'rsatadi.

ZrO₂ bo'lgan tarkibning ShErZr-3 termogrammasida ham ikkita ta'sirni aniq ajratish mumkin. 480°C da birinchi ta'sir ekzotermik bo'lib, ZrO₂ shaklida kristallanish markazlarining shakllanishi, faza o'zgarishlarini ko'rsatadi, 655°C da ikkinchi ta'sir ekzotermik bo'lib, PbO·SiO₂ kristallarining o'sishi qo'rg'oshin silikat eritmasida yangi birikmalar hosil bo'lishini ko'rsatadi.

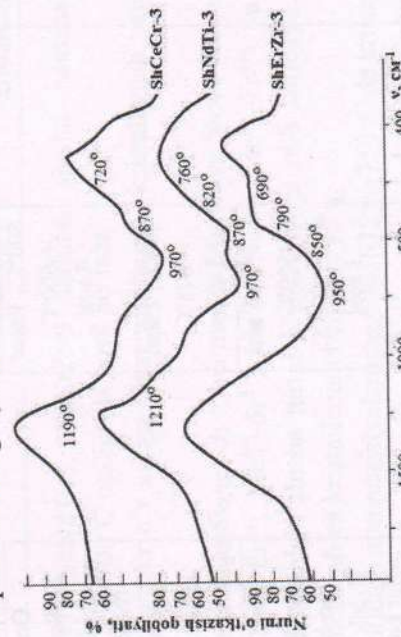
5.2.3-jadvalda ShCeCr-3, ShNdTi-3 va ShErZr-3 tarkibli shishalarni isitish paytida aniqlangan termoeffektlarning tabiati keltirilgan.

5.2.3-jadval
ShCeCr-3, ShNdTi-3 va ShErZr-3 tarkibli shishalarni isitish paytida aniqlangan termoeffektlarning tabiati

Shisha tarkibi va tizimi	Termoeffekt turi	Termoeffekt t harorati, °C	Issiqlik effektining tabiati
ShCeCr-3 Pb ₃ O ₄ + SiO ₂ + + Ce ₂ O ₃ (Cr ₂ O ₃ 1 mas.% qo'shilgan)	Ekzoeffekt	269	Shisha yuzasi o'zgarishsiz
	Ekzoeffekt	374	Shisha yuzasidagi shaffoflikning yo'qolishi
	Ekzoeffekt	410	Shisha yuzasida o'zgarishning boshlanishi
	Endoeffekt	491	Cr ₂ O ₃ shaklida kristallanish markazlarining shakllanishi
	Ekzoeffekt	620	PbO·SiO ₂ kristallarining o'sishi
ShNdTi-3 Pb ₃ O ₄ + SiO ₂ + + Nd ₂ O ₃	Ekzoeffekt	269	Shisha yuzasi o'zgarishsiz
	Ekzoeffekt	410	Shisha yuzasida o'zgarishning boshlanishi
	Endoeffekt	480	TiO ₂ shaklida kristallanish markazlarining shakllanishi

(TiO ₂ 2 mas.% qo'shilgan)	Ekzoeffekt	527	PbO·SiO ₂ kristallari o'sishining boshlanishi
ShErZr-3 Pb ₃ O ₄ + SiO ₂ + + Y ₂ O ₃ (ZrO ₂ 3 mas.% qo'shilgan)	Ekzoeffekt	620	PbO·SiO ₂ kristallarining o'sishi
	Ekzoeffekt	720	PbO·SiO ₂ ning to'liq kristallanishi
	Ekzoeffekt	234	Shisha yuzasi o'zgarishsiz
	Ekzoeffekt	398	Shisha yuzasidagi shaffoflikning yo'qolishi
	Endoeffekt	433	Shisha yuzasida o'zgarishning boshlanishi
	Ekzoeffekt	480	ZrO ₂ shaklida kristallanish markazlarining shakllanishi
	Endoeffekt	550	PbO·SiO ₂ kristallari o'sishining boshlanishi
	Ekzoeffekt	655	PbO·SiO ₂ kristallarining o'sishi

Sintez qilib olingan shisha namunalarning IQ-infragizil spektrlari 5.2.3-rasmda keltirilgan. Bir tomondan, ular spektr konturining shishasimonligini tasdiqlaydi, boshqa tomondan shishada mavjud bo'lgan bog'lanishlar haqida ma'lum g'oyalarni beradi.



5.2.3-rasm. Shisha kompozitsiyalarining infragizil yutilish spektrlari:

ShCeCr-3 - seriy oksidi miqdori 1,45 va 1,0 mas.% Cr₂O₃;

ShNdTi-3 - neodim oksidi miqdori 1,48 va 2,0 mas.% TiO₂;

ShErZr-3 - erbiy oksidi miqdori 1,68 va 3,0 mas.% ZrO₂.

Sintez qilib olingan shisha namunalarning ommaviy kristallanish natijalari 5.2.4-jadvalda keltirilgan.

5.2.4-jadval

Ce -, Nd - va Yr - o'z ichiga olgan shishalarning kristallanishi, ommaviy kristallanishi

№	Shisha tarkibi, mas. %	Issiqlik bilan ishlov berish shartlari, t va τ	Namuna ko'rinishi	
			Issiqlik bilan ishlov berishdan oldin	Issiqlik bilan ishlov berishdan keyin
ShCeCr-3	Pb ₃ O ₄ + SiO ₂ + Ce ₂ O ₃ (Cr ₂ O ₃ 1 mas.% qo'shilgan)	500°C, 1 soat	Ochiq qorong'i	Ochiq qorong'i, yumshatilmagan, kristallanish belgilari yo'q
				To'q qizil, shisha 100% - eritilgan
		700°C, 2 soat	Ochiq qorong'i	Ochiq qorong'i, yumshatilmagan, kristallanish belgilari yo'q
				Ochiq qorong'i, yumshatilmagan, kristallanish belgilari yo'q
		500°C, 1 soat + 550°C, 1 soat	Ochiq qorong'i	Ochiq qorong'i, yumshatilmagan, kristallanish belgilari yo'q
ShErZr-3		500°C, 1 soat + 600°C, 4 soat	Ochiq qorong'i	Ochiq qorong'i, yumshatilmagan, kristallanish belgilari yo'q
		500°C, 2 soat + 675°C, 1 soat	Ochiq qorong'i	Ochiq qorong'i, yumshatilmagan, kristallanish belgilari yo'q
		500°C, 1 soat + 550°C, 1 soat + 600°C, 1 soat	Ochiq qorong'i	Ochiq qorong'i, yumshatilmagan, kristallanish belgilari yo'q

ShNdTi-3	Pb ₃ O ₄ + SiO ₂ + Nd ₂ O ₃ (TiO ₂ 2 mas.% qo'shilgan)	500°C, 1 soat + 550°C, 1 soat + 600°C, 1 soat + 650°C, 1 soat + 700°C, 1 soat	Ochiq qorong'i, yumshatish - 25%, Uzlaksiz yupqa plyonka shaklida sirt kristallanishi
		500°C, 1 soat + 550°C, 1 soat + 600°C, 1 soat + 650°C, 1 soat + 700°C, 1 soat	Ochiq qorong'i, yumshatish - 50%, namuna chuqurligida kristallarning qisman taqsimlanishi bilan uzluksiz qalin qobiq shaklida sirt kristallanishi
ShErZr-3	Pb ₃ O ₄ + SiO ₂ + Yr ₂ O ₃ (ZrO ₂ 3 mas.% qo'shilgan)	500°C, 2 soat + 675°C, 1 soat	To'q malla, eritilgan, yupqa plyonka shaklida sirt kristallanishi
ShErZr-3	Pb ₃ O ₄ + SiO ₂ + Yr ₂ O ₃ (ZrO ₂ 3 mas.% qo'shilgan)	500°C, 2 soat + 675°C, 1 soat	Ochiq pushti

ShCeCr-3, ShNdTi-3, ShErZr-3 tarkibli shisha namunalarning kristallanishi 550-700°C oralig'ida hosil bo'ladi.

Ce-, Nd- va Er o'z ichiga olgan shishalarni kristallanish natijalarini ko'rsatdi:

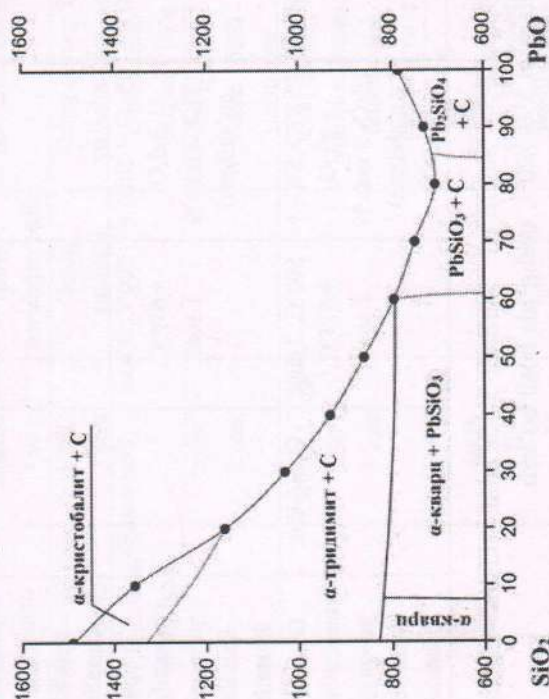
1. Pb_{0,9875}TR_{0,025}Si_{10,9875}O₃ + 1-3 mas.% Me₂O₃ va MeO₂ (bu yerda TR - Se³⁺, Nd³⁺ va Er³⁺; Me³⁺-Sr³⁺; Me⁴⁺-Ti⁴⁺ va Me⁴⁺-Zr⁴⁺) va 550°C haroratda kristallanishi shisha turini o'zgartirishga olib kelmaydi, ya'ni, shisha yumshamaydi va kristallanish belgilari yo'q;

2. Yuqoridagi kompozitsiyalarning 600, 675 va 750°C da kristallanishi qisman yumshatilishga yoki to'liq erishga olib keladi. Kristallanish turi - sirt kristallanishi;

3. Ko'rinib turibdiki, tetragonal anatazaning kristall panjara parametrlari - TiO_2 ($a = 3.79$, $b = 3.79$ va $c = 0.951$ nm), trigonal eskolait - Cr_2O_3 ($a = 4.96$, $b = 4.96$ va $c = 1.360$ nm) va monoklinik baddeleit ZrO_2 ($a = 5.143$, $b = 5.204$, $s = 0.5311$ nm va $\beta = 99.25^\circ$) [193; 8-10 b.], monoklinik almozit parametrlariga mos kelmaydi - $\text{Pb}_3\text{Si}_3\text{O}_9$ ($a = 1.375$, $b = 1$, $s = 0.924$, $\beta = 95.50^\circ$) [28; 272 b., 163; 125 b.].

Quyidagi 5.2.4-rasmda ikki komponentli sistemaning xolat diagrammasi keltirilgan.

PbO-SiO_2 sistemasining xolat diagrammasida kristallizatsiya jarayoni asosan 600-800°C oralig'ida hosil bo'ladi.



5.2.4-rasm. Ikki komponentli sistemaning xolat diagrammasi

PbO-SiO_2 xolat diagrammasida 1320-1500°C oralig'ida α -kristobalit + suyuqlik hosil bo'ladi. 820-1320°C oralig'ida esa, α -tridimit + suyuqlik hosil bo'ladi.

PbO-SiO_2 sistemasida kristallizatsiya jarayonini tezlashtirish maqsadida 1mas.% miqdorida nukleatorlar qo'shilgan. 8-10 mas.% SiO_2 va 88-92 mas.% PbO da α -kvarts minerali hosil bo'ladi hamda erish nuqtasi 820°C ni tashkil qiladi. 40 mas.% SiO_2 va 60 mas.% PbO da α -kvarts + PbSiO_3 hosil bo'ladi, erish nuqtasi 800 °C atrofida bo'ladi.

80 mas.% PbO va 20 mas.% SiO_2 maqbul tarkibda $\text{RbSiO}_3 + \text{suyuqlik}$ hosil bo'ladi, erish nuqtasi 700°C ni tashkil qiladi. Likvidus chizig'ining eng past sinishida evtetik nuqta hosil bo'ladi.

Keyinchalik likvidus chizig'i yuqoriga ko'tarila boshlaydi. 85 mas.% PbO va 15 mas.% SiO_2 tarkibida $\text{Pb}_2\text{SiO}_4 + \text{suyuqlik}$ hosil bo'ladi, erish nuqtasi 720°C ni tashkil qiladi. Bu jarayon 100 mas.% PbO gacha davom etadi. Olingan natijalar asosida ikki komponentli sistemaning xolat diagrammasi tuzib chiqildi.

5.3. Sintez qilingan rangli shishakristall namunalari o'ziga xos xususiyatlari va asosiy xossalari

Cr_2O_3 , TiO_2 va ZrO_2 yadrolari bilan shishalarning ikki bosqichli kristallanishi WO_3 ga nisbatan pastroq darajada o'tdi. Barcha namunalarda sirt kristallanishi kuzatildi. Adabiyot ma'lumotlariga ko'ra [200; 1-9 b., 201; 314-319 b., 202; 658-662 b., 203; 16-28 b.], yangi nukleator WO_3 tanlangan [5; 280-284 b.]. Qabul qilingan shishaning holati, tarkibi, ularning rangi, kristallanish shartlari va natijalari 5.3.1-jadvalda keltirilgan.

5.3.1-Jadval

Ommaviy kristallanishi bilan Ce-, Nd- va Er ni o'z ichiga olgan shishalarning kristallanishi

Shisha namunasi	Shisha tarkibi, mas. %	Issiqlik bilan ishlov berish shartlari, t va τ	Namuna ko'rinishi	
			Issiqlik bilan ishlov berishdan keyin	Issiqlik bilan ishlov berishdan keyin
ShCeW1-3	$\text{Pb}_3\text{O}_4 + \text{SiO}_2 + \text{Ce}_2\text{O}_3$ (WO_3 1 mas. % qo'shilgan)	500°C, 1 soat	To'q jig'ar rang	To'q jig'ar rang yumshatilmagan, kristallanish belgilari yo'q
		500°C, 2 soat		To'q jig'ar rang, yumshab qolgan, Kristallanish belgilari yo'q
		500°C, 1 soat + 550°C, 1 soat		To'q jig'ar rang, yumshatilmagan,

ShCeW2-3	Pb ₃ O ₄ + SiO ₂ + Ce ₂ O ₃ (WO ₃ 2 mas.% qo'shilgan)	To'q jigar rang	kristallanish belgilari yo'q	
			500°C, 2 soat + 600°C, 2 soat	Jigar rang, yumshatilmagan, sirt va hajm bo'yicha kristallanish
			500°C, 2 soat + 700°C, 1 soat	Yorqin jigar rang, yumshatilgan, sirt va hajm bo'yicha kristallanish
			400°C, 2 soat + 600°C, 2 soat + 675°C, 1 soat	Pushti rang, erigan, yer qobig'i va mayda bo'laklangan joylar shaklida kristallanish
			500°C, 1 soat + 550°C, 1 soat + 600°C, 1 soat	To'q sariq rang, yumshatishning boshlanishi, kichik ajratilgan maydonlar shaklida kristallanish
			500°C, 1 soat + 550°C, 1 soat + 600°C, 1 soat + 650°C, 1 soat	Sariq rang, yumshatish 25%, kichik maydonlar shaklida kristallanish
			500°C, 1 soat + 550°C, 1 soat + 600°C, 1 soat + 650°C, 1 soat + 700°C, 1 soat	Sariq rang, yumshatish 50%, namuna ichiga chuqur kristallarning qisman tarqalishi bilan kristallanish
			400°C, 2 soat	Och sariq rang, yumshatilmagan, kristallanish belgilari yo'q
			500°C, 1 soat	To'q jigar rang, yumshatilmagan, kristallanish belgilari yo'q

ShNdW2-3	Pb ₃ O ₄ + SiO ₂ + Nd ₂ O ₃	Moviy rang	Och sariq rang, yumshab qolgan, kristallanish belgilari yo'q	
			400°C, 2 soat + 500°C, 2 soat	To'q jigar rang, yumshatilmagan, kristallanish belgilari yo'q
			500°C, 1 soat + 550°C, 1 soat	To'q sariq rang, yumshatishning boshlanishi, kichik ajratilgan maydonlar shaklida kristallanish
			500°C, 1 soat + 550°C, 1 soat + 600°C, 1 soat	Och sariq rang, yumshatilmagan, kichik ajratilgan maydonlar shaklida kristallanish
			400°C, 2 soat + 500°C, 2 soat + 600°C, 2 soat	Och sariq rang, yumshatishning boshlanishi, kristallanish kristallarning qisman namunaga chuqur tarqalishi
			400°C, 2 soat + 500°C, 2 soat + 675°C, 1 soat	Sariq rang, yumshatish 25%, kristallanish hajmi
			500°C, 1 soat + 550°C, 1 soat + 600°C, 1 soat + 650°C, 1 soat	Sariq rang, yumshatish 50%, kristallarning namunaga qisman tarqalishi bilan qattiq qalin qobiq shaklida kristallanish
			500°C, 1 soat + 550°C, 1 soat + 600°C, 1 soat + 650°C, 1 soat + 700°C, 1 soat	Moviy rang, yumshatilmagan,

(WO ₃ 2 mas. % qo'shilgan)	kristallanish belgilari yo'q	
	500°C, 2 soat + 600°C, 2 soat	Moviy rang, yumshatilmagan, kichik ajratilgan maydonlar shaklida kristallanish
ShNdW4-3	500°C, 2 soat + 700°C, 1 soat	Ochiq ko'k rang, yumshatilgan, uzluksiz yupqa plyonka shaklida kristallanish
	400°C, 2 soat + 600°C, 2 soat + 675°C, 1 soat	To'q malla rang, erigan, yuzaki shaklida sirt kristallanishi
	400°C, 2 soat	Och yashil rang, yumshatilmagan, kristallanish belgilari yo'q
ShNdW9-3	400°C, 2 soat + 500°C, 2 soat	Och yashil rang, yumshatilmagan, kristallanish belgilari yo'q
	400°C, 2 soat + 500°C, 2 soat + 600°C, 2 soat	Och yashil rang, yumshatishning boshlanishi, kichik ajratilgan maydonlar shaklida kristallanish
	400°C, 2 soat + 500°C, 2 soat + 675°C, 1 soat	Och sariq rang, yumshatishning boshlanishi, yupqa plyonka shaklida kristallanish
ShNdW4-3	Pb ₃ O ₄ + SiO ₂ + Nd ₂ O ₃ (WO ₃ 4 mas. % qo'shilgan)	Och yashil rang, yumshatilmagan, kristallanish belgilari yo'q
ShNdW9-3	Pb ₃ O ₄ + SiO ₂ + Nd ₂ O ₃ (WO ₃)	Moviy rang, yumshatilmagan, namuna kristallangan

ShErW1-3	9 mas. % qo'shilgan) Pb ₃ O ₄ + SiO ₂ + Yr ₂ O ₃ (WO ₃ 1 mas. % qo'shilgan)	500°C, 1 soat + 600°C, 4 soat	Oltin pushti rang	Oltin pushti rang, 50% eritilgan, kristallanish boshlanishi
		700°C, 2 soat		Oltin pushti rang, 100% eritilgan, kristallanish
ShErW2-3	Pb ₃ O ₄ + SiO ₂ + Yr ₂ O ₃ (WO ₃ 2 mas. % qo'shilgan)	500°C, 1 soat + 600°C, 4 soat	Oltin pushti rang	Oltin pushti rang 25% eritilgan, kichik ajratilgan maydonlar shaklida kristallanish
ShErW3-3	Pb ₃ O ₄ + SiO ₂ + Yr ₂ O ₃ (WO ₃ 3 mas. % qo'shilgan)	500°C, 2 soat	Oltin pushti rang	Oltin pushti rang, erimagan, kristallanish belgilari yo'q
		650°C, 6 soat		Yengil oltin pushti rang, yumshatishning boshlanishi, ajratilgan maydonlar shaklida kristallanish
		500°C, 2 soat + 600°C, 2 soat		Oltin pushti rang, erimagan, kichik ajratilgan maydonlar shaklida kristallanish
		500°C, 1 soat + 600°C, 6 soat		Oltin pushti rang, yumshatishning boshlanishi, kristallanish hajmi
		500°C, 2 soat + 700°C, 1 soat		Och pushti rang, eritilgan oqish, uzluksiz yupqa plyonka shaklida kristallanish

ShErW6-3	400°C, 2 soat + 600°C, 2 soat + 675°C, 1 soat	Yengil oltin pushti rang, yumshatish 50%, kichik ajratilgan maydonlar shaklida kristallanish		Yorqin jigar rang	Yorqin jigar rang, yumshatilmagan, kristallanish belgilari yo'q
	550°C, 2 soat + 625°C, 2 soat + 675°C, 2 soat	Oltin pushti rang, yumshatishning boshlanishi, kichik ajratilgan maydonlar shaklida kristallanish	Pb ₃ O ₄ + SiO ₂ + Yr ₂ O ₃ (WO ₃) 6 mas.% qo'shilgan)	Yorqin jigar rang	Yorqin jigar rang, yumshatilmagan, kristallanish belgilari yo'q
	550°C, 2 soat + 625°C, 2 soat + 700°C, 2 soat	Oltin pushti rang, yumshatishning boshlanishi, kichik ajratilgan maydonlar shaklida kristallanish			
	400°C, 2 soat	Oltin pushti rang, yumshatilmagan, kristallanish belgilari yo'q			
ShErW9-3	400°C, 2 soat + 600°C, 2 soat + 675°C, 1 soat	Oltin pushti rang, yumshatilmagan, kristallanish belgilari yo'q	Pb ₃ O ₄ + SiO ₂ + Yr ₂ O ₃ (WO ₃) 9 mas.% qo'shilgan)	Yorqin jigar rang	Yorqin jigar rang, yumshatilmagan, kristallanish belgilari yo'q
	400°C, 2 soat + 600°C, 2 soat + 675°C, 2 soat	Oltin pushti rang, yumshatilmagan, kristallanish belgilari yo'q			
	400°C, 2 soat + 600°C, 2 soat + 675°C, 2 soat	Oltin pushti rang, yumshatilmagan, kristallanish belgilari yo'q			
ShErW9-3	400°C, 2 soat + 600°C, 2 soat + 675°C, 2 soat	Oltin pushti rang, yumshatilmagan, kristallanish belgilari yo'q	Pb ₃ O ₄ + SiO ₂ + Yr ₂ O ₃ (WO ₃) 9 mas.% qo'shilgan)	Yorqin jigar rang	Yorqin jigar rang, yumshatilmagan, kristallanish belgilari yo'q
	400°C, 2 soat + 600°C, 2 soat + 675°C, 2 soat	Oltin pushti rang, yumshatilmagan, kristallanish belgilari yo'q			
	400°C, 2 soat + 600°C, 2 soat + 675°C, 2 soat	Oltin pushti rang, yumshatilmagan, kristallanish belgilari yo'q			
ShErW9-3	400°C, 2 soat + 600°C, 2 soat + 675°C, 2 soat	Oltin pushti rang, yumshatilmagan, kristallanish belgilari yo'q	Pb ₃ O ₄ + SiO ₂ + Yr ₂ O ₃ (WO ₃) 9 mas.% qo'shilgan)	Yorqin jigar rang	Yorqin jigar rang, yumshatilmagan, kristallanish belgilari yo'q
	400°C, 2 soat + 600°C, 2 soat + 675°C, 2 soat	Oltin pushti rang, yumshatilmagan, kristallanish belgilari yo'q			
	400°C, 2 soat + 600°C, 2 soat + 675°C, 2 soat	Oltin pushti rang, yumshatilmagan, kristallanish belgilari yo'q			

ShErW9-3	400°C, 2 soat + 600°C, 2 soat + 675°C, 1 soat	Yengil oltin pushti rang, yumshatish 50%, kichik ajratilgan maydonlar shaklida kristallanish		Yorqin jigar rang	Yorqin jigar rang, yumshatilmagan, kristallanish belgilari yo'q
	550°C, 2 soat + 625°C, 2 soat + 675°C, 2 soat	Oltin pushti rang, yumshatishning boshlanishi, kichik ajratilgan maydonlar shaklida kristallanish	Pb ₃ O ₄ + SiO ₂ + Yr ₂ O ₃ (WO ₃) 9 mas.% qo'shilgan)	Yorqin jigar rang	Yorqin jigar rang, yumshatilmagan, kristallanish belgilari yo'q
	550°C, 2 soat + 625°C, 2 soat + 700°C, 2 soat	Oltin pushti rang, yumshatishning boshlanishi, kichik ajratilgan maydonlar shaklida kristallanish			
	400°C, 2 soat	Oltin pushti rang, yumshatilmagan, kristallanish belgilari yo'q			
ShErW9-3	400°C, 2 soat + 600°C, 2 soat + 675°C, 2 soat	Oltin pushti rang, yumshatilmagan, kristallanish belgilari yo'q	Pb ₃ O ₄ + SiO ₂ + Yr ₂ O ₃ (WO ₃) 9 mas.% qo'shilgan)	Yorqin jigar rang	Yorqin jigar rang, yumshatilmagan, kristallanish belgilari yo'q
	400°C, 2 soat + 600°C, 2 soat + 675°C, 2 soat	Oltin pushti rang, yumshatilmagan, kristallanish belgilari yo'q			
	400°C, 2 soat + 600°C, 2 soat + 675°C, 2 soat	Oltin pushti rang, yumshatilmagan, kristallanish belgilari yo'q			
ShErW9-3	400°C, 2 soat + 600°C, 2 soat + 675°C, 2 soat	Oltin pushti rang, yumshatilmagan, kristallanish belgilari yo'q	Pb ₃ O ₄ + SiO ₂ + Yr ₂ O ₃ (WO ₃) 9 mas.% qo'shilgan)	Yorqin jigar rang	Yorqin jigar rang, yumshatilmagan, kristallanish belgilari yo'q
	400°C, 2 soat + 600°C, 2 soat + 675°C, 2 soat	Oltin pushti rang, yumshatilmagan, kristallanish belgilari yo'q			
	400°C, 2 soat + 600°C, 2 soat + 675°C, 2 soat	Oltin pushti rang, yumshatilmagan, kristallanish belgilari yo'q			

Olingan natijalarning tahlili (5.3.1-jadval), birinchidan, shishakristall ishlab chiqarishda shaffof shishalar sintezi uchun WO₃ ning mosligini ko'rsatadi, ikkinchidan, WO₃ miqdori 1 dan 9 mas.% gacha bo'lgan og'irlikni shisha omuxtasiga kiritish zarurligini ko'rsatadi. Uchinchidan, ommaviy kristallanishli materialni olish uchun 600 dan 700°C gacha bo'lgan harorat kerak. 700°C haroratda isitilganda deformatsiya natijasida namuna yumshaydi va berilgan o'lchamlar o'zgaradi. Shakl bo'yicha 500 -

550°C va 600 - 675°C da issiqlik bilan ishlov berish 5.3.1 - jadvalga muvofiq kerakli natijaga olib keladi.

Shisha namunalarning kristallanishi 450 dan 700°C harorat oraligida laboratoriya pechlarida bir vaqtning o'zida uchta namunada 1 dan 4 soatgacha bo'lgan vaqt davomiyligida olib borildi.

Sintez qilingan shisha namunalarning kristallanish jarayonlarini vizual va nur o'tkazuvchi MIN-8 rusumidagi laboratoriya qutbli mikroskopi yordamida aniqlangan va kristallanish darajasi 5.3.2-jadvalda keltirilgan.

5.3.2-Jadval
Tajribaviy shisha namunalarning kristallanish darajasi

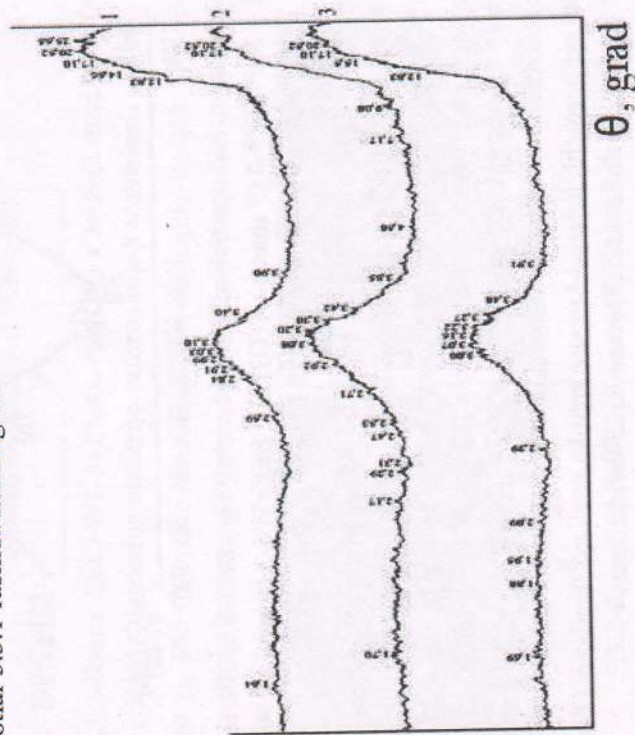
Shisha namunalari	Kristallanish darajasi, °C					
	450	500	550	600	650	700
ShCeW-3						
ShNdW-3						
ShErW-3						

- Kristallanish belgilarining yo'qligi (belgi -);
 - Ajratilgan maydonlar shaklida sirt kristallanishi yoki 0,1 mm qalinlikdagi ajratilgan kristalli plyonka shaklida sirt kristallanishi (belgi -);
 - Qalinligi 0,1 mm dan ortiq bo'lgan kristall plyonka shaklida sirt kristallanishi (belgi -);
 - Kristallarning namunaga chuqur qisman taqsimlanishi bilan uzluksiz qalin qobiq shaklida sirt kristallanishi yoki 0,5 mm qalinlikdagi kristall qobiq shaklida sirt kristallanishi (belgi -);
 - Namuna hajmi bo'ylab kristallanishning tarqalishi. Kristall faza 50-60% yoki shishaning asosiy qismida monokristallar bo'lgan sirt qobiq'i shaklida sirt kristallanishi (belgi -);
 - Namunani to'liq kristallanishi 60-100% kristalli fazaning mavjudligi yoki butun shisha hajmida to'liq kristallanishi (belgi -).
- Jadvalda olingan ko'rsatkichlar Ce_2O_3 , Nd_2O_3 , va Er_2O_3 tarkibli shishalarning kristallanish xususiyati o'xshash ekanligidan darak beradi. Barcha hollarda ham kristallanish belgilari - $525 \pm 25^\circ\text{C}$ da, to'liq

kristallanish esa, 700°C da olib borildi. Ushbu kristallanish jarayonida rangning ahamiyati muhim emas.

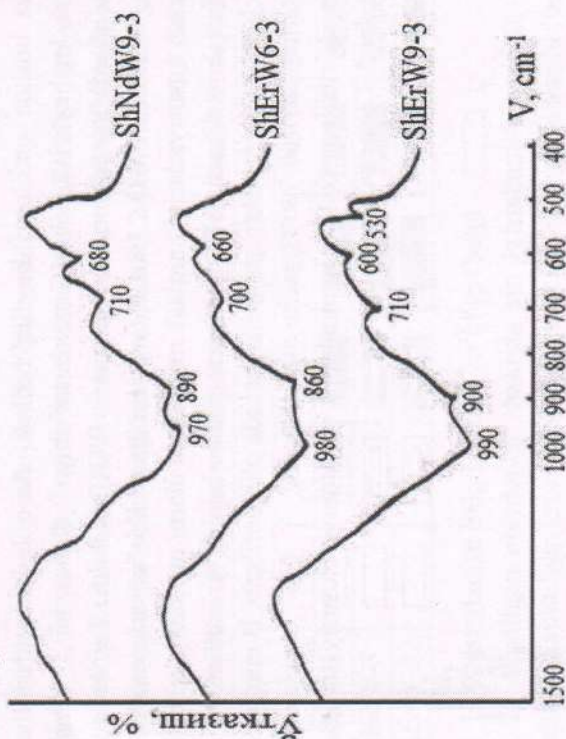
Shishalarning kristallanish xususiyati shishaning kimyoviy tarkibi, ko'rinishi va bo'yovchi miqdori, issiqlik bilan ishlov berishning harorat rejimi va boshqa omillarga bog'liq bo'ladi. Aniq holatda kristallanish jarayonini kuchaytirish uchun omuxta tarkibiga qo'shimcha 1-9 mas.% gacha miqdorda kristallanish nukleatori - WO_3 qo'shildi. Tajriba uchun olingan tarkibida WO_3 nukleatori bo'lgan shisha namunalarning kristallanish xususiyatlarini aniqlash maqsadida ularni massaviy kristallash yo'li bilan kristallanishga uchratilgan. Shishalarning kristallanishi silit qizdirgichlari bo'lgan elektr qarshilik pechida olib borilgan. Buning uchun shisha namunalari 450-700°C gacha qizdirildi.

Quyida sitallga o'xshash namunaning strukturaviy xususiyatlariga oid ma'lumotlar 5.3.1-rasmda keltirilgan.



5.3.1-Rasm. Issiqlik bilan ishlov berishdan so'ng 6-9 mas.% WO_3 ni o'z ichiga olgan kompozitsiyalar ShNdW6-3, ShErW6-3, ShErW9-3 namunalarning rentgenogrammalari (1, 2, 3).

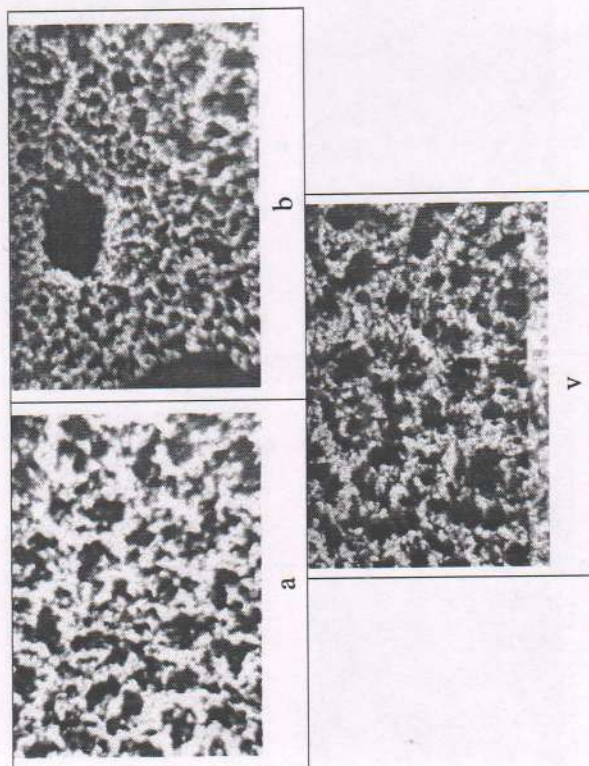
Ushbu tadqiqot ishida sintez qilingan shishalar turli haroratlarda chidamlilik rejimida – 1 soatdan 4 soatgacha kristallangan. Issiqlik bilan ishlov berish vaqtining bunday rejimda ortishi kristallanish jarayoniga ijobiy ta'sir qildi.



5.3.2-Rasm. Kompozitsiyali shishalarning IQ yutilish spektrlari:
1 – ShNdW9-3 (9 mas.% WO₃), 2 – ShErW6-3 (6 mas.% WO₃)
va 3 – ShErW9-3 (9 mas.% WO₃)

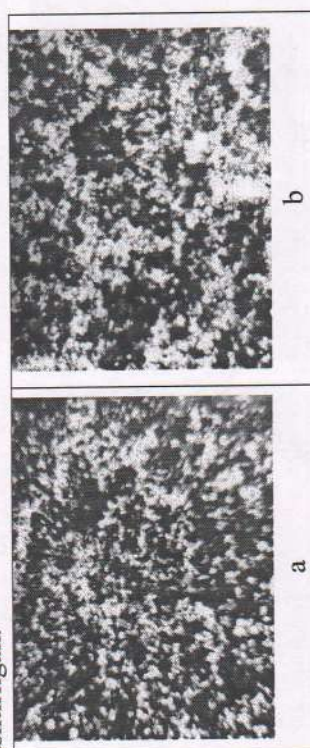
Og'irligi 6 dan 9 mas.% gacha bo'lgan WO₃ yadrosini o'z ichiga olgan shisha, termik ishlov berishni boshlang'ich haroratida qisman kristallangan. Olingan IQ spektrlari (5.3.2-rasm) yuqoridagilarni tasdiqlaydi.

Elektron mikroskopik usuli yordamida kristallangan shishalarning strukturaviy-morfologik xususiyatlari aniqlangan. EMV-100 BR markali elektron mikroskopi ishlatilgan, mikroskopning ruxsati 0,2 nm, o'z-o'zidan bo'yalgan bir bosqichli uglerod-kumush replika usuli qo'llanilgan. Olingan tasvirlar 5.3.3; 5.3.4; 5.3.5 va 5.3.6-rasmlarda ko'rsatilgan.



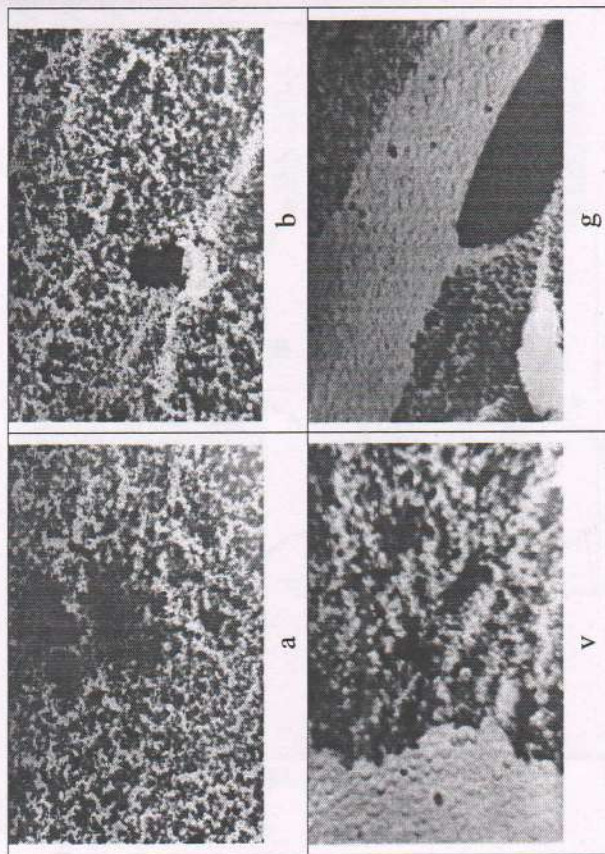
5.3.3-Rasm. ShCeW1-3 (Pb₃O₄ + SiO₂ + Ce₂O₃ (1 mas.% WO₃)) - tarkibli shishaning elektron mikroskopik tasvirlari. x5000

500 va 600°C da 2 soatlik vaqt davomiyligida issiqlik bilan ishlov berilgan shishalarning elektron mikroskopik tasvirlari x5000 marta kattalashtirilgan.



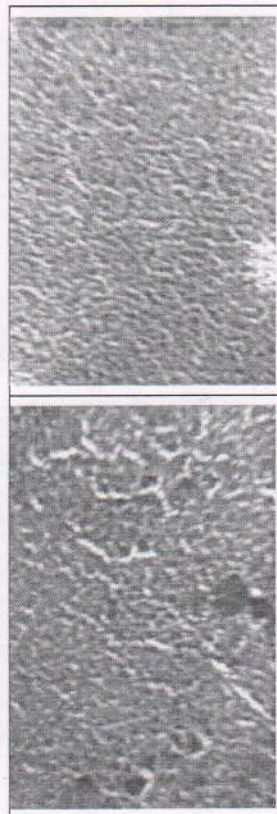
5.3.4-Rasm. ShNdW2-3 – tarkibli shishaning elektron mikroskopik tasvirlari (Pb₃O₄ + SiO₂ + Nd₂O₃ (2 mas.% WO₃))

500°C (a) va 600°C (b) da 2 soat vaqt davomiyligida issiqlik bilan ishlov berilgan shishalarning elektron mikroskopik tasvirlari x5500 marta kattalashtirilgan.



5.3.5-Rasm. ShEr-W3-3 – tarkibli ($Pb_3O_4 + SiO_2 + Y_{Er_2}O_3$ (3 mas.% WO_3))

Shishalarining elektron mikroskopik tasvirlari 500 va 600°C da 6 soat vaqt davomiyligida issiqlik bilan ishlov berilgan, x6000 marta kattalashtirilgan.



5.3.6-Rasm. ShEr-W6-3 – tarkibi ($Pb_3O_4 + SiO_2 + Y_{Er_2}O_3$ (6 mas.% WO_3))

Shishalarining elektron mikroskopik tasvirlari 500 va 600°C da 6 soat vaqt davomiyligida issiqlik bilan ishlov berilgan, x6700 marta kattalashtirilgan.

XULOSA

1. Noyob yer elementlaridan (Y_2O_3 , Ce_2O_3 , Nd_2O_3 , Er_2O_3) foydalanib, qo'rg'oshin silikatli shisha va shishakristall (sital) sintezi uchun shisha omuxtasining boshlang'ich mineral xomashyo komponentlari namunalarning kimyo-mineralogik, tarkiblari, fizik-kimyoviy va xususiyatlari, zamonaviy fizik-kimyoviy tahlil va shisha materiallar texnologiyasining sinfiy tadqiqot usullaridan foydalanib o'rganilgan.

2. $PbO-SiO_2$ sistemasi konsentrasyon tarkiblariga B_2O_3 , Na_2O , CaO va Al_2O_3 ni kiritish orqali nur sindirish ko'rsatkichi yuqori bo'lgan va past haroratda pishuvchi shaffof shishalar sintez qilingan va ularning «tarkib-struktura-xossa» funksional o'zgarishlarini haroratga bog'liqligi bo'yicha tahlil qilingan.

3. Qo'rg'oshin silikat ikkilamchi sistemasi konsentrasyon tarkiblardagi tajriba namunalarning omuxta tarkiblariga B_2O_3 va Na_2O kiritish orqali nur sindirish ko'rsatkichi yuqori bo'lgan va past haroratda pishuvchi shaffof shishalar sintez qilingan. Bunda, B_2O_3 miqdorining 0,5 dan 5,0 mas.% gacha ko'payishida suyuqlanish haroratining 800 dan 600°C gacha pasayishiga, erish davomiyligini esa 60 minutdan 30 minutgacha kamaytirishga erishilgan, hamda ulardan yorug'lik qaytaruvchi yo'l belgilari uchun mikroshishasharhlar tarkiblarini tayyorlashda foydalanish mumkinligi ko'rsatilgan.

4. $PbO-SiO_2$ ikkilamchi sistemasi 70 dan 80 mas.% PbO bo'lgan konsentrasyon tarkiblarining yuqori haroratlardagi qattiq holatdagi sintez jarayonida aniq tendensiya murakkab fazaviy o'tishlar yuzaga kelganligi oydinlashtirilgan. Bunda, yangi kristall fazadagi shisha suyuqlanmasi hosil bo'lgunga qadar Sh-3 shisha namunasida oraliq faza - $2PbO \cdot SiO_2$ va $PbO \cdot SiO_2$, hamda Sh-4 namunasida esa faqatgina $PbO \cdot SiO_2$ hosil bo'lishi rentgenfazaviy va elektron mikroskopik tadqiqot usullari yordamida aniqlangan.

5. Sintez qilingan shisha namunalarning strukturaviy xususiyatlari IQ spektroskopik usuli natijalariga ko'ra, zanjirli, qatlamli, hamda $Si-O$ va $Si-O-Si$ bog'li silikat sistemalar uchun xarakterli bo'lgan $[SiO_4]$ tetraedrik karkas hosil qiluvchi guruhlar borligi aniqlangan. Rangli

SHARTLI BELGILAR VA QISQARTMALAR

1	DTT	Defferensial termik tahlil
2	IQ-spektroskopik	Infraqizil spektroskopik
3	SEM	Skanerli elektron-mikroskopik
4	Noyob yer elementlari oksidlari	Y_2O_3 , Ce_2O_3 , Nd_2O_3 , Er_2O_3
5	Kimyoviy reagentlar	Pb_3O_4 , SiO_2 , N_3VO_3 , Na_2CO_3 , $CaCO_3$, Al_2O_3
6	Rang beruvchi oksidlar	Cr_2O_3 , Mn_2O_3 , Fe_2O_3 , Ni_2O_3
7	Noan'anaviy nukleatorlar	Ce_2O_3 , Nd_2O_3 , Er_2O_3
8	An'anaviy nukleatorlar	Cr_2O_3 , TiO_2 , ZrO_2 , WO_3
9	ICHKK	Issiqlikdan chiziqli kengayish koeffitsiyenti
10	Sh-3	80 mas.% PbO + 20 mas.% SiO_2
11	Sh-4	70 mas.% PbO + 30 mas.% SiO_2
12	ShV1-3	Sh-3 + 1 mas.% B_2O_3
13	ShV2-3	Sh-3 + 2 mas.% B_2O_3
14	ShV3-3	Sh-3 + 3 mas.% B_2O_3
15	ShV4-3	Sh-3 + 4 mas.% B_2O_3
16	ShV5-3	Sh-3 + 5 mas.% B_2O_3
17	O'tish	Rang beruvchi oksidlar
18	ShCr-3	Sh-3 + 1 mas.% Cr_2O_3
19		Sh-3 + Mn_2O_3 1 mas.%
20		Sh-3 + 1 mas.% Fe_2O_3
21		Sh-3 + 1 mas.% Ni_2O_3
22		Sh-3 + 1 mas.% Y_2O_3
23		Sh-3 + 1 mas.% Ce_2O_3
24		Sh-3 + 1 mas.% Nd_2O_3
25		Sh-3 + 1 mas.% Er_2O_3
26	ShCeW-3	Sh-3 + Se_2O_3 + WO_3 mas.%
27	ShNdW-3	Sh-3 + Nd_2O_3 + WO_3 mas.%
28	ShErW-3	Sh-3 + Er_2O_3 + WO_3 mas.%
29	MY (TG)	Massa yo'qotilishi

shisha namunalarida 920-980 sm^{-1} yutilish chastotada to'liq uzunligining maksimumga erishganligi ko'rsatilgan.

6. $PbO-SiO_2$ ikkilamchi sistemasi asosida bezatish va texnik maqsadlar uchun tarkibiga rang beruvchi oksidlar qo'shib turli konsentratsion tarkiblardagi rangli shishalar sintez qilingan va «tarkib-struktura-xossa» bog'liqliklarining harorat ta'siridan o'zgarishi aniqlangan. Sintez qilingan rangli shishalar funksional va estetik xossalarning amaldagi foydalanilayotgan shisha materiallari bilan solishtirganda ularga mos kelishi aniqlangan.

7. Noyob yer elementlari oksidlaridan Ce_2O_3 , Nd_2O_3 va Er_2O_3 ishtirokidagi qo'rg'oshin silikatli ikki komponentli sistema asosidagi shisha omuxta tarkibiga Cr_2O_3 , TiO_2 , ZrO_2 , WO_3 , kabi an'anaviy nukleatorlarni 1-3 mas.% miqdorida qo'shish orqali shishakristall materiallarning namunalari sintez qilingan va ular fizik-texnik xossalarning ko'rsatkichlarining, dastlabki shisha namunalarga nisbatan yuqoriligi aniqlangan.

8. Qo'rg'oshin silikat sistemasi asosida kimyoviy reagentlar yordamida bajarilgan tajriba tadqiqotlari Sherobod, Jarqo'rg'on, Ugun konlari tabiiy kvarts qumlari va Xondiza qo'rg'oshin konsentratidan foydalanib ham olib borilganda ijobiy natijalarga erishilgan, hamda γ -nurlanishga chidamlik bo'lgan shisha namunasining tarkibidan yadro reaktorlarining oyna qismini tayyorlashda foydalanish imkoniyatlari ko'rsatilgan.

9. Noyob yer elementlari, mahalliy xomashyo va sintetik komponentlar - kvarts qumi va qo'rg'oshin konsentratidan foydalanib, $PbO-SiO_2$ sistemasi asosida bezatish va texnik maqsadlar uchun yuqori nur sindirish ko'rsatkichiga ega bo'lgan shaffof-rangsiz va rangli shishalar hosil bo'lish jarayonlarining fizik-kimyoviy tadqiqi, shisha materiallari sintezi bo'yicha olingan ilmiy natijalarning qo'llanma material sifatida foydalanish imkoniyatlari va istiqbolli xomashyo bazalarini kengaytirishga olib kelishi ko'rsatilgan.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAP RO'YXATI

1. "2022-2026 yillapga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning Tapaqiyot Strategiyasi to'g'risida"gi O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60-sonli Farmoni.
2. "2017-2021 yillarda O'zbekiston Respublikasini rivojlantirishning beshta ustuvor yo'nalishi bo'yicha Harakatlar strategiyasi to'g'risida"gi O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017 yil 7 fevraldagi PF-4947-sonli Farmoni.
3. Mirziyoev Sh.M. 2019 yil 23 maydagi PQ-4335-son "Qupilish materiallari sanoatini jadal rivojlantirishga oid qo'shimcha chopa-tadbirlar to'g'risida"gi Qarori.
4. Mirziyoev Sh.M. 6 yil 26 dekabrda PQ-2698-son "7-9 yillarda tayyor mahsulot turlari, butlovchi buyumlar va materiallar ishlab chiqarishni mahalliyashtirishning istiqbolli loyihalarini amalga oshirishni davom ettirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi Qarori.
5. Павлушкин Н.М. Химическая технология стекла и спаллов / Под ред. Н.М. Павлушкина. – Москва: Стройиздат, 1983. – С. 280-284.
6. Wallenberger F.T., Bingham P.A. Fiberglass and Glass Technology. London, Springer, 2010. – 489 p.
7. Бобкова Н.М. Теоретические основы стеклообразования. Строеение и свойства стекол. – Минск: БГТУ, 2003. – 135 с.
8. Zawrah M.F., Hamzawy E.M. Effect of cristobalite formation on sinterability, microstructure and properties of glass/ceramic composites, Ceramics International, Volume 28, Issue 2, 2002, Pages 123-130, ISSN 0272-8842,
9. Alharshan, G.A., Ebrahim, N.M., Shaaban, S.M. et al. Manufacturing, Optical, Dielectric, and Gamma-Attenuation Characteristics of Phosphate Glasses Doped with Lanthanum and Erbium. J.Inorg Organomet Polym (2024).
10. Алексеев Р.О., Савинков В.И., Сигаев В.Н. Оптические стекла с высокими значениями коэффициентов преломления и дисперсии. – Успехи в химии и химической технологии. – 2018. – №2. – С. 34-36.

30	NSK	nur sindirish ko'rsatkichi
31	MPa	mexanik mustahkamlik
32	MSHS	mikroshishasharlik
33	EDS	energiya-dispersiv rentgen spektroskopiya
34	SF	spektrofotometr
35	EHT	Extra High Tension
36	DRON	difraktometr
37	EPR	elektron paramagnit rezanansi
38	STA	sinxron termoanalizator
39	DKV	kvarts vertikal dilotometr
40	KT	kimyoviy toza
41	TT	tahlil uchun toza
42	UK	Ugun kvarts qumi
43	UK-B	Ugun kvarts qumi - Boytilgan
44	ПЧВВ	Ilmiy ishlab chiqarish birlashmasi
45	V ₁	molekulyar hajm
46	nd	nur sindirish ko'rsatkichi
47	n _F - n _C	o'rtacha dispersiya
48	α	issiqlikdan chiziqli kengayish koeffitsiyenti
49	ε	dielektrik o'tkazuvchanlik
50	M	model eksperimenti
51	P	hisoblash eksperimenti
52	WD	ish masofasi
53	PPES	Paulik-Paulik-Erdei sistemasi
54	PPRT	platina-platina-rodilyli termopara
55	MIN-4	mikroskop

11. Павлова И.А., Земляной К.Г., Фарафонтова Е.П. Основы технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов / Учебник. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2020. – 192 с.
12. Алексеев Р.О. и др. Патент RU2672367C1. Оптическое стекло. Изобретения в РФР и за рубежом. – 2018. – 8 с.
13. Краснов А. и др. Патент RU 2745421 C2. Покрытое изделие с нанесенным титановым покрытием и способ его изготовления. Изобретения в РФР и за рубежом. – 2021. – 20 с.
14. Семенча А.В. и др. Патент RU 2760890 C1. Стекло высокопрочное. Изобретения в РФР и за рубежом. – 2021. – 5 с.
15. Chung-Chin Cheng, Tsung-Eong Hsieh, I-Nan Lin, Microwave dielectric properties of glass-ceramic composites for low temperature cofirable ceramics, Journal of the European Ceramic Society, Volume 23, Issue 14, 2003, Pages 2553-2558.
16. Xianfu Luo, Luchao Ren, Yunsheng Xia, Yongkang Hu, Wenyan Gong, Mengchao Cai, Hongqing Zhou, Microstructure, sinterability and properties of $\text{CaO-B}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ glass/ Al_2O_3 composites for LTCC application, Ceramics International, Volume 43, Issue 9, 2017, Pages 6791-6795.
17. Adylov G.T., Akbarov R.Y., Voronov G.V. et al. Crystal glass materials based on catalyzed cordierite glass synthesized under exposure to concentrated radiant flux. Glass Ceram 66, Pages 120-124 (2009).
18. Vlasov V.A., Volokitin, G.G., Skripnikova N.K. et al. Thermal Plasma Energy for Preparing Glass-Ceramic Materials. Glass Ceram 80, Pages 271-276 (2023).
19. Shindrov A.A., Kosova N.V. Comparing the Effects of Mechanical Activation and Fusible Additives on the Ionic Conductivity of $\text{Li}_1.3\text{Al}_0.3\text{Ti}_1.7(\text{PO}_4)_3$. Russ J Electrochem 59, Pages 222-228 (2023).
20. Voloschuk D.S., Anisimov V.V., Makarov N.A. Glass Ceramic Based on Corundum Modified with Borosilicate Glass for LTCC Technology Application. Glass Ceram 81, Pages 237-240 (2024).
21. Moro, J.L. Glass. In: Building-Construction Design - From Principle to Detail. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg. Pages 485-503 (2024).

22. Atiar R. Molla, Annapurna Kalyandurg, J.M. Parker. Advances in Glass and Glass-Ceramics. Proceedings of International Conference on Advances in Glasses and Glass-Ceramics, vol. 46, Pages 1-222 (2022).
23. Pipota, T., Peňáková, H. & Helebrant, A. Hybrid inorganic-organic coatings enhancing glass corrosion resistance. J Sol-Gel Sci Technol 109, Pages 720-733 (2024).
24. Haginayana, V., Shin, Y.C. Experimental and numerical investigation on laser transmission welding of stainless steel 304 L and borosilicate glass. Int J Adv Manuf Technol 132, Pages 2661-2675 (2024).
25. Divakar Singh, Agarwal S., Dwivedi D.K. et al. Optical and Glass Stability Parameters of Ge-Te-Se-Sb Chalcogenide Glasses for Optical Data Storage. Russian journal of inorganic chemistry. Pages 1-16 (2024).
26. Исматов А.А. Теоретически обоснованный синтез новых соединений и получение стеклокерамики на основе сырья Узбекистана. – Химия и химическая технология. – 2006. – №1. – С. 11-19.
27. Аппен А.А. Химия стекла. – Л.: Химия, – 1970. – С. 128-195.
28. Ismatov A.A. Silikat va zo'rg'asuyuluvchan materiallar fizik-kimyoviy tahlilining zamonaviy usullari. – Toshkent. "Fan va texnologiya". – 2006, – S. 272.
29. Юнусов М.Ю., Ильганаев В.Б., Исмаев А.А. Мало- и многожелезистые оксидные стекла. – Ташкент: Узбекистан, – 1991. – 128 с.
30. Юнусов М.Ю. Получение, свойства и применение некоторых кристаллических и стеклообразных производных меллита. Авт. дисс. на соис. уч. ст. к.т.н. – Ташкент, ТашПИ им. Беруни. – 1979. – С.17.
31. А.с. 709576 СССР. Стекло. Исмаев А.А., Азимов Ш.Ю., Юнусов М.Ю., Муминова Д.Р. – 1980. – №2. – С. 115.
32. А.с. 937374 СССР. Стекло. Исмаев А.А., Азимов Ш.Ю., Муминова Д.Р. – 1982. – №23. – С. 99.
33. Исмаев А.А., Азимов Ш.Ю., Муминова Д.Р. Получение, свойства и структура некоторых стеклообразных силикатов, пригодных для микрочауровой оптики. – ДАН УзССР. – 1983. – №5. – С. 18-23.

34. Медведев Е.Ф. Расчет составов стеклянных микрофер. Стекло и керамика. – М.: – 2002. – №8, – С. 24-28.
35. Литюшкин В.В., Коваленко А.И., Сивко А.П., Смирнова Л.П., Филимонова М.А. Барийсодержащее стекло – эффективный заменитель многосвинцового стекла в производстве источников света. Стекло и керамика. – М.: – 2000. – №6. – С. 18-23.
36. Трофимов А.Н. и др. Патент РФ 2301202 С2. Способ изготовления стеклянных шариков или микрофер. Изобретения в РФР и за рубежом – 2007. – 6 с.
37. Борисенко С.И., Ревинская О.Г., Кравченко Н.С., Чернов А.В. Показатель преломления света и методы его экспериментального определения. Учебно-методическое пособие. / Томский политехнический университет. – Томск, ТПУ, 2014. – 142 с.
38. Бобкова Н.М. Основы технологии ситаллов. – Минск: БГТУ, 2004. – 65 с.
39. Annappurna K., Molla A.R. (eds.). Glasses and Glass-ceramics. Springer, 2022. – 318 p.
40. Павлушкин Н.М. Основы технологии ситаллов. – Москва: Стройиздат, 1979. – 540 с.
41. Mel Schwartz. New Materials, Processes, and Methods Technology. 1st Edition. – Francis. 2005. – 710 p.
42. Саркисов П.Д. Направленная кристаллизация стекла – основа получения многофункциональных стеклокристаллических материалов. – Москва: РХТУ им Д.И. Менделеева, 1997. – 218 с.
43. Саркисов П.Д., Михайленко Н.Ю., Орлова Л.А. Стеклокристаллические материалы в структуре современного материаловедения. Стекло и керамика, 2003. – №9. – С. 8-13.
44. Бабаханова З.А. Фазовые равновесия в системах «Ортофосфат магния – фторapatит» и «Ортофосфат магния – апортит» и разработка на их основе стекол и ситаллов. Автореферат дисс. на соис. уч. ст. к.т.н. – Ташкент: ТХТИ, 1999. – 24 с.
45. Казьмина О.В., Беломестнова Э.Н., Дитц А.А. Химическая технология стекла и ситаллов. – Томск: ТПУ, 2011. – 170 с.
46. Саркисов П.Дж. Педагог, ученый, создатель: сб. статей. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2012. – 432 с.
47. Wolfram Holand, George H., Beall. Glass-Ceramic Technology, 3rd Edition. 2019. – 448 p.
48. Georgiy Shakhgildyan, Michael I. Ojovan. Advanced Glasses and Glass-Ceramics. – Basel: MDPI, 2024. – 170 p.
49. Suleimenov Zh.T., Sagyndikov A.A., Abutalipov E.A. Mineral resource base of Kazakhstan for the production of windowglass. Construction and Geotechnics. 2023. Vol. 14. No. 2. – P. 105-115.
50. Zuhao Li, Feng He, Wentao Zhang, Junlin Xie. Structure and properties of glass-ceramics from blast furnace slag with different Al_2O_3/SiO_2 ratio. Ceramics-Silikaty. 2021. 65 (2). – P. 187-197.
51. Исмаатов А.А., Ахунов Д.Б., Ходжаев Н.Т. Новые проявления базальтов – сырьё для производства стеклокристаллических изделий / Высокие технологии и перспективы интеграции образования, науки и производства: труды международной научно-технической конференции. Том 1. – Ташкент: ТХТИ, 2007. – С. 310-312.
52. Debasis Pradip Mukherjee, Sudip Kumar Das. The influence of TiO_2 content on the properties of glass ceramics: Crystallization, microstructure and hardness. Ceramics International. Vol. 40 (3), 2014. – P. 4127-4134.
53. Власова С.Г. Основы химической технологии стекла: учебное пособие. – Екатеринбург: Урал. ун-та, 2013. – 108 с.
54. Wentao Zhang, Feng He, Yongli Xiao, Mengqin Xie, Junlin Xie, Fengxiang Li, Hu Yang, Zuhao Li. Structure, crystallization mechanism, and properties of glass ceramics from molten blast furnace slag with different B_2O_3/Al_2O_3 . Materials Chemistry and Physics, Vol. 243, 2020. – 11 p.
55. Makarov R.I., Khorosheva E.R. Information method for control of green glass production. Fine Chemical Technologies. 2020; 15(6): – P. 77-83.
56. Ismatov A.A. Silikat va qiyin eriydigan nometall materiallar texnologiyasi. – T.: «Fan va texnologiya», 2006. – 576 b.

57. Верещагин В.И., Петровская Т.С., Дитц А.А. Технология стекла: учебное пособие. - Томск: Томского политехнического университета, 2010. - 131 с.
58. Гуляня Ю.А. Технология стекла и стеклоизделий / Ю. А. Гуляня. - Владимир: Транзит-Икс, 2003. - 480 с.
59. Власова С.Г. Основы химической технологии стекла: учеб. пособие. - Екатеринбург: Урал. ун-та, 2013. - 108 с.
60. Терещенко И.М., Кравчук А.П., Павлюкевич Ю.Г. Технология сортового стекла: учеб. пособие. - Минск: БГТУ, 2021. - 151 с.
61. Арбузов В.И. Зависимость нелинейного показателя преломления от оптических параметров лазерных и оптических стекол для мощных высокоэнергетических импульсных усилителей излучения. - Л.: Санкт-Петербург. Физика и химия стекла, 2022, Т. 48, №1, - С. 3-9.
62. Гуляня, Ю.А. Технология стекла и стеклоизделий / Ю.А. Гуляня. - 3-е изд., перераб. и доп. - Владимир: Транзит-ИКС, 2015. - 710 с.
63. Маневич В.Е. Сырьевые материалы, шихта и стекловарение. - Москва: «Стройматериалы», 2008. - 223 с.
64. Мелконян Р.Г. Аморфные горные породы и стекловарение. - Москва: НИИА-Природа, 2002. - 264 с.
65. Технология стекла: Справочные материалы / ред.: П.Д. Саркисов, Маневич В.Е., Солинов В.Ф., Субботин К.Ю. - Москва: ИПК «Чувашия», 2012. - 647 с.
66. Немилев С.В. Научные основы материаловедения стекол. СПб.: Изд-во «Лань», 2018. - 360 с.
67. Шелби Дж. Структура, свойства и технология стекла. - М.: Мир, 2006. - 288 с.
68. Дяденко М.В., Левицкий И.А., Сидоревич А.Г. Влияние структуры стекол системы $\text{BaO-Li}_2\text{O}_3\text{-B}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2\text{-TiO}_2\text{-SiO}_2\text{-Nb}_2\text{O}_5$ на их термическое расширение и технологические характеристики. Физика и химия стекла. 2022, том 48, №5, - С. 495-508.
69. Кручинин Д.Ю., Фарафонтова Е.П. Физическая химия стеклообразного состояния: учебное пособие / М-во науки и высшего образования РФ. - Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2021. - 108 с.
70. Бирюлев Г.Н., Гонюх В.М., Корнилов А.В. Минеральное сырье. Сырье стекловарения. Справочник. М: ЗАО «Геоинформмарк». 1999. - 26 с.
71. Аксенов Е.М., Бирюлев Г.Н., Дистанов У.Г., Кандауров П.М. Минерально-сырьевая база стекловарения промышленности России: состояние и перспективы развития. Стекло России. 2011. №3. - С. 24-26.
72. Гадиятов В.Г., Киях Д.А., Жидкова С.А. К проблеме использования кварцевого песка для получения особо чистого кварца. Вестник ВГУ, Серия: Геология, №2. 2010. - С. 324-327.
73. Зверев В.А., Кривокустов Е.В., Точилина Т.В. Оптические материалы. Часть 2. Учебное пособие для конструкторов оптических систем и приборов. - СПб: СПб НИУ ИТМО, 2013. - 248 с.
74. Плолухин М.С., Шмотьев А.С. Патент РФ 2573496 С1. Способ изготовления стеклянных микросфер. Изобретения в РФР и за рубежом - 2016. - 8 с.
75. Муминова Д.Р. Исследование кристаллических и стеклообразных производных меллиита с целью разработки на их основе микрошариков дорожно-сигнальных знаков. - Автореферат дисс. на соис. уч. ст. к.т.н. - Ташкент, ТашПИ им Беруни, 1983. - 32 с.
76. Sato Masataka, Ishigure Takaaki, Koike Yasuhiro. Thermally stable high-bandwidth graded-index polymer optical fiber // J. Lightwave Technol., - 2000. vol.18, №7. - P. 952-958.
77. Дяденко, М.В. Свойства и структура стекол для светоотражающей оболочки жесткого оптического волокна / М.В. Дяденко, И.А. Левицкий, О.В. Кичкайло // Импортозамещение, научно-техническая и экономическая безопасность: сборник статей V Международной научно-технической конференции. - Минск: БГТУ, 2022. - С. 132-136.

78. Будов В.В., Кальгин В.Г. и др. Патент РФ 2081858 С1. Способ получения стеклянных микрошариков. Изобретения в РФР и за рубежом – 1997. – 7 с.
79. Трафимов А.Н. и др. Патент РФ 2278078 С1. Устройство для изготовления стеклянных микрошариков. Изобретения в РФР и за рубежом. Оpubл. 20.06.2006. – 7 с.
80. Бессмертный В.С., Крохин В.П., Ляшко А.А., Дрижд Н.А., Шеховцова Ж.Е. Получение стеклянных микрошариков методом плазменного распыления. Стекло и керамика. – М., 2001. – №8. – С. 6-7.
81. Трофимов Н.Н. и др. Патент РФ 2345959 С1. Способ изготовления стеклянных микрошариков. Изобретения в РФР и за рубежом – 2009. – 7 с.
82. Сигаев В.Н. и др. Патент РФ 2505492 С1. Способ получения микрошариков из иттрий-алюмосиликатного стекла для радиотерапии. Изобретения в РФР и за рубежом – 2014. – 7 с.
83. Моисеенко Н.В., Авраменко С.М., Сафина Н.М. Редкие и редкоземельные элементы в породах и рудах золоторудного месторождения Маломир // Институт геологии и природопользования ДВО РАН. International Journal of Humanities and Natural Sciences, vol. 4-4 (91), 2024. – С. 127-131.
84. Исмаев А.А., Азимов Ш.Ю. Мунинова Д.Р. Изучение свойства тяжелых флюидов, пригодных для микростеклошариков. – ДАН УзССР. – 1978. – №12. – С. 41-42.
85. Мунинова Д.Р., Азимов Ш.Ю., Исмаев А.А. Применение стеклообразных силикатов в изготовлении дорожно – сигнальных знаков. – В.кн.: «Химия и технология силикатов». Сборник научных трудов. Вып. 271. Ташкент: ТашПИ им Беруни. – 1979. – С. 92-99.
86. Иванов Е.Ю. Витраж. / Адреса Петербурга. № 7/19/2003. – С. 76-77.
87. Verney-Carron A., Sessegolo L., Chabas A. et al. Alteration of medieval stained glass windows in atmospheric medium: review and simplified alteration model. npj Mater Degrad 7, 49. 2023. – P. 1-24.
88. Sessegolo L. et al. Long-term weathering rate of stained-glass windows using H and O isotopes. NPJ Mater. Degrad. 2, 2018. – P. 1-9.
89. Fernandes P., Vilarigues M., Alves L.C., Silva R.C. Stained glasses from Monastery of Batalha: non-destructive characterisation of glasses and glass paintings. J. Cult. Herit. 9, 2008. – P. 5-9.
90. Garcia-Vallès M., Gimeno-Torrente D., Martínez-Manent S. Fernandez-Turiel J.L. Medieval stained glass in a Mediterranean climate: typology, weathering and glass decay, and associated biomineralization processes and products. Am. Mineral. 88, 2003. – P. 1996-2006.
91. Marvasi M. et al. Bacterial community analysis on the Mediaeval stainedglass window “Natività” in the Florence Cathedral. J. Cult. Herit. 10, 2009. – P. 124-133.
92. Калас Г., Галуази Л., Кормье Л. Цвет стекла. В Энциклопедии науки, технологии, истории и культуры стекла (редакторы Рише П., Конрадт Р., Такада А., Дайон Дж.) 2021. – P. 677-691.
93. Майнги Э.М. и др. Сохранение исторических витражей лазером: проблема накопления тепла. Bol. Soc. Esp. Ceram. Vidr. 61, 2022. – С. 69-82.
94. Сильвестри А., Молин Г., Померо В. Витраж южного трансепта базилики Святого Антония (Падуа, Италия): исследование стекол и слоев гризайльной краски. Spectrochim. Acta B 66, 2011. – С. 81-87.
95. Ломбардо Т. и др. Долгосрочная оценка атмосферного разрушения витражных окон. Cogitos. Eng. Sci. Technol. 45, 2010. – С. 420-424.
96. Lakov L., Toncheva K., Stanev A., Ilcheva Z., Simeonova T. Composition, synthesis and properties of color architecture building foam glass obtained from waste packing glass. Journal of Chemical Technology and Metallurgy, 2013. 48, 2. – P. 130-135.
97. Исмаев А.А., Зенхум М.А. Проектирование состава и технологии получения листовых стекол с более низкой температурой варки. – Доклады Академии наук УзССР, 1989, №1. – С. 39-41.

98. Исмаев А.А., Зенхум М.А. Цветные силикатные стекла для современной декорации. – Архитектура и строительство Узбекистана. 1989, №1. – С. 2-3, 41.
99. Исмаев А.А., Зенхум М.А. Окрашенные стекла для декорации – Стекло и керамика. 1989. – №3. – С. 23-24.
100. Мухаммад Али Хасан Зенхум. Разработка состава и технологии получения эффективных цветных алюмосиликатных стекол с целью применения в современной декорации. – Автореферат дисс. на соис. уч. ст. к.т.н. – Ташкент; ТашПИ им. Беруни, 1989. – 24 с.
101. Bugoi R., Poll I., Mănușu-Adameșteanu Gh., Neelmeijer C., Eder F. Investigations of Byzantine glass bracelets from Nufăru, Romania using external PIXE-PIGE methods. *Journal of Archaeological Science*, Volume 40, Issue 7, 2013. – P. 2881-2891.
102. Šárka Křížová, Gabriela Blažková, Roman Skála, Chemical composition of archaeological glasses from Prague Castle (Czech Republic) from the period 1650-1800 determined by electron probe microanalysis and laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry, *Microchemical Journal*, Volume 142, 2018, – P. 236-250.
103. Wang T., Zhu T.Q., Feng Z.Y., Fayard B., Pouyet E., Cotte M., De Nolf W., Salomé M., Sciau Ph. Synchrotron radiation-based multi-analytical approach for studying underglaze color: The microstructure of Chinese Qinghua blue decors (Ming dynasty), *Analytica Chimica Acta*, Volume 928, 2016, – P. 20-31, ISSN 0003-2670.
104. Зиновеева М.М. Витражи в интерьерах русского модерна. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата искусствознания. – М., МГХПУ, 2003. – 30 с.
105. Басс Н.И., Княжицкая Т.В. К вопросу создания терминологического справочника по архитектурному стеклу Санкт-Петербурга начала XX века / Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Архитектура и градостроительство [Электронный ресурс]: сборник статей / Под ред. М.В. Шувалова, А.А. Пишулева, Е.А. Ахмедовой. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2021. – С. 723-732.
106. Lahilil S., Biron I., Cotte M. et al. New insight on the in situ crystallization of calcium antimonate opacified glass during the Roman period. *Appl. Phys. A* 100, 2010, – P. 683-692.
107. Yujie Huang, Ziwei Chen, Yunpeng Liu, Jian-Xin Lu, Zuwang Bian, Marcus Yio, Christopher Cheeseman, Fazhou Wang, Chi Sun Poon, Recycling of waste glass and incinerated sewage sludge ash in glass-ceramics, *Waste Management*, Volume 174, 2024, – P. 229-239.
108. Ратин В. Искусство витража. От истоков к современности. / Энциклопедия мирового искусства. Белый город, М.: 2004. – 300 с.
109. Шульгина Т.М. Витражи англиканской церкви Иисуса Христа. / Памятники истории и культуры Петербурга. СПб., 2005. – С. 274-278.
110. Кириков Б.М. Петербургские витражи. / Архитектура Петербурга конца XIX-XX вв. Эклектика, Модерн. Неоклассицизм. СПб., 2006. – С.345-368.
111. Joanna Then-Obłuska, Laure Dussubieux, Glass bead trade in the Early Roman and Mamluk Quseir ports - A view from the Oriental Institute Museum assemblage, *Archaeological Research in Asia*, Volume 6, 2016, – P. 81-103, ISSN 2352-2267.
112. Fleming S.J., Swann C.P. Roman mosaic glass: a study of production processes, using PIXE spectrometry. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, Volume 150, Issues 1-4, 1999, – P. 622-627.
113. ГОСТ 22552.1-2019 «Песок кварцевый, молотые песчанки, кварцит и жильный кварц для стекольной промышленности. Методы определения оксида кремния». – М.: Стандартинформ, 2019. – 5 с.
114. ГОСТ 22552.2-2019 «Песок кварцевый, молотые песчанки, кварцит и жильный кварц для стекольной промышленности. Методы определения оксида железа». – М.: Стандартинформ, 2019. – 11 с.
115. ГОСТ 22552.3-2019 «Песок кварцевый, молотые песчанки, кварцит и жильный кварц для стекольной промышленности. Методы определения оксида алюминия». – М.: Стандартинформ, 2019. – 11 с.

116. ГОСТ 26318.7-2018 «Материалы неметаллорудные. Метод определения массовых долей оксидов калия и натрия». – М.: Стандартинформ, 2018. – 10 с.
117. Соболев Р.Н. Методы оптического исследования минералов. – М., 1990. – 283 с.
118. Штефан Л.В. Основы кристаллооптики: Учеб. пособие. Мн., 2003. – 98 с.
119. Крукотская О.Е. Практика определения кристаллов под микроскопом. Гомельский гос. ун-т им. Ф.Скорины. – Гомель: ГГУ им. Ф.Скорины, 2007. – 62 с.
120. Тихомирова И.Н. Физическая химия тугоплавких неметаллических и силикатных материалов. Лабораторный практикум: учеб. Пособие. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2016. – 92 с.
121. Кухтин Б.А. Методы исследования стекол и стеклообразующих расплавов: Учеб. пособие. – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2006. – 68 с.
122. Юрицын Н.С. Температурная зависимость плотности стабилизированного натриевообработанного стекла при температурах ниже температуры стеклования. Физика и химия стекла, 2020, Т. 46, №4. – С. 349-357.
123. Державин С.И., Иванов А.В., Касымова С.С., Миллюков Е.М. Микротвёрдость хрупких оптических материалов. – Ташкент: ФАН УзССР, 1983. – 158 с.
124. Казанцев С.Г., Овчаренко Т.Н. Полярная и ретикулярная анизотропия микротвёрдости перспективных пьезоэлектриков. – М.: Вопросы электромеханики, Т.123. 2011. – 41-50 с.
125. Павлушкин Н.М., Сентюрин Г.Г., Ходаковская Р.Я. Практикум по технологии стекла и ситаллов - 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Издательство литературы по строительству, 1970. – 512 с.
126. Христофоров А.И., Христофорова И.А. Расчёты физико-химических свойств стекол: Учебное пособие. – Владимир: ВГУ, 2004. – 80 с.
127. Немилов С.В. «Оптическое материаловедение: Физическая химия стекла». Учебное пособие. СПб: СПбГУ ИТМО, 2009 г. – 113 с.
128. Немилов С.В. «Оптическое материаловедение: Оптические стекла». Учебное пособие. СПб: СПбГУ ИТМО, 2011 г. – 175 с.
129. Ахунов Д.Б. Стекло и ситаллы на основе базальтов Кутчинского месторождения. Автореферат дисс. на соис. уч. ст. к.т.н. – Ташкент: ТХТИ, 2008. – 25 с.
130. Наумов А.С., Сигаев В.Н. Прозрачные ситаллы на основе литиевоалюмосиликатной системы // Стекло и керамика. 2023. Т. 96, № 11. – С. 54-63.
131. Носенко Т.Н., Ситникова В.Е., Стрельникова И.Е., Фокина М.И. Практикум по колебательной спектроскопии: Учебное пособие. – СПб: Университет ИТМО, 2021. – 173 с.
132. Бёккер Ю. Спектроскопия / Пер. с нем. Казанцевой Л.Н., под ред. Пупышева А.А., Поляковой М.В. – М.: Техносфера, 2009. – 528 с.
133. Larkin P.J. Infrared and raman spectroscopy: principles and spectral interpretation. – Elsevier, 2011. – 230 p.
134. Криштал М.М., Ясников И.С., Полушин В.И., Филатов А.М., Ульяненок А.Г. Сканирующая электронная микроскопия и рентгеноспектральный микроанализ. Учебное пособие. – М.: Техносфера, 2009. – 208 с.
135. Сулименко Л.М. Общая технология силикатов. Учебник. – М.: НИЦ. Инфра, 2020. – 336 с.
136. Алов Н.В. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа. В 2-х т. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа: Учебник. – М.: ИЦ Академия, 2012. – 768 с.
137. Гиллер Я.Л. Таблицы межплоскостных расстояний. В 2-х томах, Т.2. – М: Недра, 1966. – 360 с.
138. Barbara Lavina, Przemyslaw Dera, Robert T. Downs. Modern X-ray Diffraction Methods in Mineralogy and Geosciences. Reviews in Mineralogy and Geochemistry (2014) 78 (1). – P. 1-31.
139. Sharma R., Bisen D.P., Shukla U., Sharma B.G. X-RRY diffraction: A powerful method of characterizing nanomaterials. Recent Res. Sci. Technol. 2012, 4, – P. 77-79.

152. Химические методы анализа: учебное пособие для химико-технологических вузов / Жуков А.Ф. и др. под ред. Петрухина О.М., Кузнецовой Л.Б. – М.: Лаборатория знаний, 2023. – 478 с.
153. Александрова Э.А. Химические методы анализа: учебник и практикум для вузов / Александрова Э.А., Гайдукова Н.Г. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2024. – 533 с.
154. Зверев В.А., Кривошустова Е.В., Точилина Т.В. Оптические материалы. Часть 2. Учебное пособие для конструкторов оптических систем и приборов. – СПб: СПб НИУ ИТМО, 2013. – 248 с.
155. Окатов М.А., Антонов Э.А., Байгожин А. и др. Справочник технолога-оптика / Под ред. М.А. Окатова. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб: Политехника, 2004. – 679 с.
156. ГОСТ 9553-2017 «Стекло и изделия из него. Метод определения плотности». – М.: Стандартинформ, 2018 – 7 с.
157. ГОСТ 25535-2013 «Стекло и изделия из него. Методы определения термостойкости». – М.: Стандартинформ, 2016. – 8 с.
158. ГОСТ 32540-2013 «Стекло и изделия из него. Методы определения оптических характеристик. Определение показателя преломления». – М.: Стандартинформ, 2016. – 9 с.
159. ГОСТ 10978-2014 «Стекло и изделия из него. Метод определения температурного коэффициента линейного расширения». – М.: Стандарт-информ, 2016. – 11 с.
160. Ахметов М.М., Эльтеков Ю.Н., Андрющенко С.П. Дилатометр для определения КТР-L76. Измерительная техника. – М.: 2008. – №2. – С. 32-33.
161. ГОСТ 33002-2014 «Стекло и изделия из него. Методы определения механических свойств. Испытания на характер разрушения». – М.: Стандартинформ, 2014. – 11 с.
162. ГОСТ 10134.2-2017 «Стекло и изделия из него. Методы определения химической стойкости. Определение кислотостойкости. – М.: Стандартинформ, 2017. – 11 с.
163. Сальникова Е.В., Каньгина О.Н., Анисина И.Н., Осипова Е.А. Анализ силикатного сырья и физико-химические процессы

140. Пушаровский Д.Ю. Рентгенография минералов. – Москва: ЗАО «Геоинформмарк», 2000. – 288 с.
141. Agostini G., Lamberti C., Palin L., Milanese M., Danilina N., Xu B., Janousch M., van Bokhoven J.A. (2010). In situ XAS and XRPD parametric Rietveld refinement to understand dealumination of Y zeolite catalyst. *J Am Chem Soc* 132. – P. 667-678.
142. Булах А.Г., Кривовичев В.Г., Золотарёв А.А. Общая минералогия. Учебник. – М.: Академия, 2008. – 183 с.
143. Брустолон М., Гиамелло Е. Электронный парамагнитный резонанс. Инструментарий практикующего. Хобокен: Джон Уайли Энд Санз, Инк. 2009. – 553 с.
144. Лецкий Э.К., Хартман К., Шинфер В. и др. Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов. – М.: Мир книг. 2001. – 533 с.
145. Егунов В.П. Введение в термический анализ. – Самара, Самара ГУ, 1996. – 270 с.
146. Ситникова В.Е. Методы термического анализа. Практикум / Ситникова В.Е., Пономарева А.А., Успенская М.В. – СПб: Университет ИТМО, 2021. – 152 с.
147. Хайруллина З.З. Метод термического анализа. Методические указания к лабораторной работе. – Казань: Казан. нац. иссл. технол. ун-т. Казань, 2020. – 26 с.
148. Альтах О.Л., Гулюкин М.Н., Орлова В.Ю. Термический и термогравиметрический анализ стекла и стеклокристаллических материалов Учебное пособие. – Москва: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 1996. – 44 с.
149. Накамото К. ИК-спектры и спектры КР неорганических и координационных соединений: Пер с англ. – М.: Мир., 1991. – 536 с.
150. Халиуллин Ф.А., Валиева А.Р., Катаев В.А. Инфракрасная спектроскопия в фармацевтическом анализе. ГЭОТАР-Медиа, 2017, 160 с.
151. Зуев В.В. Применение ИК спектроскопии на предприятиях ТЭК: Учебно-методическое пособие. – СПб: Университет ИТМО, 2020 – 61 с.

175. Бирюлев Г.Н. Минерально-сырьевая база стекольного сырья Российской Федерации: состояние, использование, перспективы развития // Журнал георесурсы. 2015. №4 (63). – С. 21-24.
176. Папко Л.Ф., Дяденко М.В. Химическая технология стекла и ситаллов. Учебно-методическое пособие. – Минск: Белорусский государственный технологический университет (БГТУ), 2017. – 150 с.
177. Vykov V.N., Ivanova T.N., Koroleva O.N. Raman spectroscopy of borosilicate and germanate-silicate glasses and melts // Russian Metallurgy (Metally). 2011. V. 8. – P. 719-722.
178. Коровкин М.В., Ананьева Л.Г. Инфракрасная спектроскопия карбонатных пород и минералов. Издательство ТПУ. 2016. – 96 с.
179. Гуляев Ю.А. Физико-химические основы технологии стекла / Ю.А. Гуляев. – Владимир: Транзит-Икс, 2008. – 736 с.
180. Murugesan R. Kiruthiga Sivaprasath. Optics and Spectroscopy. – India: S. Chand, 2003. – 473 p.
181. Штенберг М.В. Инфракрасная спектроскопия борогерманатных стекол / Штенберг М.В., Неволлина Л.А., Королева О.Н. – Текст: непосредственный // Минералы: строение, свойства, методы исследования: материалы XI Всероссийской молодежной научной конференции (Екатеринбург, 25-28 мая, 2020). – Екатеринбург: Институт геологии и геохимии УрО РАН, 2020. – С. 322-323.
182. Baino F., Tomalino M., Tulyaganov D. Ceramics, Glass and Glass-Ceramics. – Tashkent: Turin Polytechnic University of Tashkent, 2021. – 343 p.
183. Belyi Ya.I. and Minakova N.A. The Effect of Titanium Dioxide on the Structure and Properties of Boron-Free Glasses, Steklo Keram., 2005, no. 11, – P. 3-6 Glass Ceram. (Engl. transl.), 2005, nos. 11-12, – P. 337-340.
184. Бобкова Н.М., Папко Л.Ф. Химическая технология стекла и ситаллов. – Минск: БГТУ, 2005. – 196 с.
185. Ojovan M.I., Petrov V.A., Yuditsev S.V. Glass Crystalline Materials as Advanced Nuclear Wasteforms. – Moscow, 2021, 13(8), 4117; – P. 1-6.
175. Бирюлев Г.Н. Минерально-сырьевая база стекольного сырья Российской Федерации: состояние, использование, перспективы развития // Журнал георесурсы. 2015. №4 (63). – С. 21-24.
176. Папко Л.Ф., Дяденко М.В. Химическая технология стекла и ситаллов. Учебно-методическое пособие. – Минск: Белорусский государственный технологический университет (БГТУ), 2017. – 150 с.
177. Vykov V.N., Ivanova T.N., Koroleva O.N. Raman spectroscopy of borosilicate and germanate-silicate glasses and melts // Russian Metallurgy (Metally). 2011. V. 8. – P. 719-722.
178. Коровкин М.В., Ананьева Л.Г. Инфракрасная спектроскопия карбонатных пород и минералов. Издательство ТПУ. 2016. – 96 с.
179. Гуляев Ю.А. Физико-химические основы технологии стекла / Ю.А. Гуляев. – Владимир: Транзит-Икс, 2008. – 736 с.
180. Murugesan R. Kiruthiga Sivaprasath. Optics and Spectroscopy. – India: S. Chand, 2003. – 473 p.
181. Штенберг М.В. Инфракрасная спектроскопия борогерманатных стекол / Штенберг М.В., Неволлина Л.А., Королева О.Н. – Текст: непосредственный // Минералы: строение, свойства, методы исследования: материалы XI Всероссийской молодежной научной конференции (Екатеринбург, 25-28 мая, 2020). – Екатеринбург: Институт геологии и геохимии УрО РАН, 2020. – С. 322-323.
182. Baino F., Tomalino M., Tulyaganov D. Ceramics, Glass and Glass-Ceramics. – Tashkent: Turin Polytechnic University of Tashkent, 2021. – 343 p.
183. Belyi Ya.I. and Minakova N.A. The Effect of Titanium Dioxide on the Structure and Properties of Boron-Free Glasses, Steklo Keram., 2005, no. 11, – P. 3-6 Glass Ceram. (Engl. transl.), 2005, nos. 11-12, – P. 337-340.
184. Бобкова Н.М., Папко Л.Ф. Химическая технология стекла и ситаллов. – Минск: БГТУ, 2005. – 196 с.
185. Ojovan M.I., Petrov V.A., Yuditsev S.V. Glass Crystalline Materials as Advanced Nuclear Wasteforms. – Moscow, 2021, 13(8), 4117; – P. 1-6.
- получения материалов на его основе. Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2018. – 125 с.
164. Геология и полезные ископаемые Республики Узбекистан. Под редакцией Шаякубова Т.Ш. и Далимова Т.Н. – Ташкент: Национальный университет, 1998. – С. 560-566.
165. Муминова Д.Р. Исследование кристаллических и стеклообразных производных меллита с целью разработки на их основе микрошариков дорожно – сигнальных знаков. – Диссертация на соис. уч. ст. к.т.н. – Ташкент: ТашПИ им Беруни, 1983. – 136 с.
166. Тыкачинский И.Д. Проектирование и синтез стекол и ситаллов с заданными свойствами. – М.: Стройиздат, 1977. – 146 с.
167. Кутюлин С.А., Нейч А.И. Физическая химия цветного стекла. – М.: Стройиздат, 1988. – 296 с.
168. Казьмина О.В. Химическая технология стекла и ситаллов: учебное пособие / Казьмина О.В., Беломестнова Э.Н., Дитц А.А. – Томск: ТПУ, 2012. – 184 с.
169. Сулименко Л.М. Общая технология силикатов / Сулименко Л.М. – Москва: Инфра-М, 2012. – 335 с.
170. Higgins M. Antique Stained glass Windows for the House. 2nd Edition. Atglen, PA: Schiffer Publishing Ltd, 2004. – P. 22-23.
171. Осипов Ю.К., Матехина О.В. Стекло в строительстве и архитектуре // Архитектура и строительство. Вестник Сибирского государственного индустриального университета №1 (27), 2019. – С. 47-50.
172. Безбородов М.А. Синтез и строение стекол. – Минск: Наука и техника, 1980. – 450 с.
173. Babayev Z.K. Orolbo'yi poorganik kelib chiqishli xomashyo resurslaridan foydalanishning o'ziga xosliklari va ular asosida shisha buyumlar olish texnologiyasi. Avtoreferat diss. t.f.d. il. dr. u-n. – Toshkent: UNKI, 2021. – 64 b.
174. Панкова Н.А., Михайленко Н.Ю. Стекольная шихта и практика ее приготовления. – Москва: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 1997. – 81 с.

186. Кушнер В.С., Верещака А.С. Схиртладзе А.Г., Негров Д.А., Бургонова О.Ю. Материаловедение. – Омск: ОмГТУ, 2008. – 232 с.
187. Косенко Н.Ф. Физические методы исследования тугоплавких неметаллических и силикатных материалов: учеб. пособие / Н.Ф. Косенко, Т.В. Сазанова, Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново, 2015. – 123 с.
188. Ситникова, В.Е. Методы термического анализа. Практикум / Ситникова В.Е., Пономарева А.А., Успенская М.В. – СПб: Университет ИТМО, 2021. – 152 с.
189. Остапко А.С. Оборудование и процесс многостадийной термической обработки листового стекла. Автореф. дисс. на соис. уч. степ. канд. тех. наук. – Белгород 2004. – 28 с.
190. Князян Н.Б., Манукян Г.Г., Кумкумаджян Е.В., Меликсетян Л.Е. Исследование процесса кристаллизации стекол системы $MgO-Al_2O_3-B_2O_3-SiO_2$ для синтеза кордиеритовых ситаллов. Журнал труда Кольского научного центра. Химия и материаловедение. 2015. №5 (31). – С. 112-116.
191. Бобкова, Н.М. Основы технологии ситаллов / Н.М. Бобкова. – Минск: БГТУ, 2004. – 67 с.
192. Hülseberg D., Harnisch A., Bismarck A. Microstructuring of Glasses. Publisher, Springer Berlin Heidelberg. 2009. – 326 с.
193. Исмаатов А.А., Исмаатов К.Ю., Адинаев Х.А. Получение свойства и применение стёкол на основе системы $PbO-SiO_2$ // Узбекский химический журнал. 2000. №1. – С. 8-10.
194. Бабаев З.К., Ибрагимов Д.У., Каримов Ш.Х., Кенжаев Ф.Д., Ядгоров А.М. Состояние и развитие стекольной отрасли Узбекистана // Химическая технология. 2018. №2 (47). – С. 150-154.
195. Луганский В.Н.. Основы минералогии. – Екатеринбург. УГЛТУ, 2015. – 36 с.
196. Akhmadjonov A.A., Kadyrova Z.R., Usmanov K.L. Quartz Sands of the Tamdinskoe Deposit, Promising Raw Material for Glass Production, Glass and Ceramics, 79, 2022. – P. 257-261.

197. Савинков В.И., Наумов А.С., Лотарев С.В. и др. Прозрачный термостабильный литиевоалюмо-силикатный ситалл, допированный оксидом неодима // Стекло и керамика. 2020. №11. – С. 19-23.
198. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа [Текст]: учебник. В 2 т.; под ред. Ищенко А.А. – Изд. 2-е, испр. – М.: Академия, 2012. – Т. 1. 351 с. Т. 2. – 412 с.
199. Мананков А.В., Гасанова Э.Р., Быкова В.В. Физико-химические и технологические аспекты разработки ситаллов нового класса // Вестник ВГУИТ/Proceedings of VSUET, Т. 80, № 1, 2018. – С. 211-222.
200. Саркисов П.Д., Орлова Л.А., Попович Н.В., Щеголева Н.Е. и др. Современное состояние вопроса в области технологии и производства ситаллов на основе алюмосиликатных систем // «Все материалы». 2011. №8. С. 1-19.
201. Непомнящих А.И., Шалаев А.А., Сизова Т.Ю., Паклин А.С., Сапожников А.Н., Павлова Л.А. Температуры начала и кинетика кристаллизации кварцевого стекла // Кристаллография. 2018. Т. 63, №2, – С. 314-319.
202. Конон М.Ю., Полякова И.Г., Столяр С.В., Анфимова И.Н. Кристаллизация в стеклах системы $Na_2O-B_2O_3-SiO_2-Fe_2O_3$ с различным содержанием SiO_2 // Физ. и хим. стекла. 2020. Т. 46. №6. – С. 658-662.
203. Школьников Е.В. Влияние добавок Pb на кинетику и механизм кристаллизации стекла As_2Se_3 // Физ. и хим. стекла, 2019. Т. 45. №1. – С. 16-28.
204. Yunusov M.Yu., Adinayev X.A., Matchanov Sh.K. Tabiiy va oksid xom ashyolar asosidagi shisha materiallar: hosil qilish, xossalari va qo'llanishi // Monografiya. "Science and Innovation", Toshkent: TKTI, 2025. – 108 b.
205. Adinayev X.A. Qo'rg'oshin-kremnezem sistemasi asosida bezatish va texnik maqsadlar uchun shaffof-rangsiz va rangli shisha materiallarining sintezi va o'ziga xos xususiyatlari // Monografiya. "Termiz publishing center", Denov: DTPI, 2025. – 122 b.

206. Adinaev Kh.A., Kadyrova Z.R., Shilova O.A. Synthesis of Lead-Containing Glass Crystalline Materials with Various Crystallization Nucleators // Glass Physics and Chemistry, 2024. – Vol.50, – No.2, – P. 160-167. Scopus.

207. Adinaev Kh.A., Kadirova Z.R. Physico-chemical analysis of quartz sand and technological waste used as a main raw material for glass production // Journal of Chemical Technology and Metallurgy, – 2024. – №59, 3. – P. 599-604. Scopus.

208. Adinaev Kh., Kadyrova Z., Vokhidova S., Absattorov D., Khidirova Yu., Samadiy M. Differential thermal analysis of the lead-silica oxide system to synthesis colored glasses // AIP Conference Proceedings, Volume 3154, III International Scientific and Practical Symposium "Materials Science and Technology" (MST-III-2023), 2024. 020001-1 – 020001-6. Scopus.

209. Адинаев Х.А., Исмаев А.А. ИК-спектроскопические и электронно-микроскопические исследования цветных свинцовосиликатных стекол // Химическая промышленность. – Санкт-Петербург, 2010. – №6. – С. 284-288. Scopus.

210. Adinaev X.A., Qodirova Z.R. Rangli shisha olish texnologiyasini modellashtirish // Mualliflik guvohnoma raqami: №DGU 18936. T.: 2022. 2 b.

211. Adinaev X.A., Kholov I., Turabdzhanov S., Mahmudov K., Norpulatov M.S. Analysis in modern physical chemical methods // Universum: технические науки. Электронный научный журнал. – Москва, 2025. – №5 (134).

212. Adinaev X.A., Otaqoziyev Z.A. Shaffof-rangsiz shishalar sintezi va ularning differentsial termik tahlili (DTT) // Samarqand davlat universitetining Denov tadbirkorlik va pedagogika instituti, Tadbirkorlik va pedagogika Ilmiy-uslubiy jurnal. – Denov, 2025. – №3. – 77-85 b.

213. Adinaev X.A. Gamma rangli shishalar sintezi va ularning fizik-kimyoviy xossalari // O'zMU xabarlari. – Toshkent, 2025. – №3/1/1. – 246-248 b.

214. Adinaev X.A. Shaffof-rangsiz shisha namunalari sintezi va ularning fizik-kimyoviy xossalari // Kompozitsion materiallar. Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali. – Toshkent, 2025. – №4. – 76-79 b.

215. Tursunova S.T., Kudyarova K.K., Adinaev X.A. Technology for obtaining lead-containing low-temperature fired transparent glasses // Science and Education in Karakalpakstan. – Nukus, 2025. – №4/2. – P. 220-224.

216. Jumayeva G.S., Adinaev X.A. Shisha ishlab chiqarishda kvarts qumlarining roli: ilmiy nazariy tahlil va texnologik darajasi // Ilmiy tadqiqotlar va ularning yechimlari jurnali. – 2026. – №9. – P. 237-240.

217. Адинаев Х.А., Кадырова З.Р., Матчанов Ш.К. Результаты изучения пригодности некоторых местных кварцевых песков в Узбекистане с целью получения стекла // Химическая промышленность. – Санкт-Петербург, 2023. – №1. – С. 1-6.

218. Adinaev X.A. Suyuqlantiruvchi qo'shimchalar va shisha chiqindilari qo'shilgan qo'rg'oshin silikatli shishalarni sintezi // O'zbekiston Konchilik xabaromasi ilmiy-texnik va ishlab chiqarish jurnali. – Toshkent, 2023. – №2. – 101-103 b.

219. Adinaev Kh.A., Kadirova Z.R. PbO-SiO₂ sistemasi asosidagi shixtalarning differentsial termik tahlili // O'zMU xabaromasi. – Toshkent, 2023. – №3/2. – 246-248 b.

220. Adinaev X.A., Qodirova Z.R., Qodirov R.A. Shisha olishdagi asosiy xomashyo Sherobod va Jarqo'rg'on kvarts qumlarining infraqizil spektroskopik va differentsial termik tahlili // Fan va texnologiyalar taraqqiyoti. Ilmiy-texnikaviy jurnal. – Buxoro, 2023. – №5. – 48-51 b.

221. Adinaev X.A., Qodirova Z.R. Respublika janubidagi ayrim mahalliy xomashyolar va texnogen chiqindilardan shisha olish uchun ularni zamonaviy fizik-kimyoviy usullardagi tahlili // Kompozitsion materiallar. Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali. – Toshkent, 2023. – №1. – 17-20 b.

222. Adinaev Kh.A., Kadirova Z.R. X-Ray analysis of quartz sands of Surkhandaryo region for improving of glass composition // Qoraqalpog'istonda fan va ta'lim. – Nukus, 2023. – №2/2. – 88-91 b.

223. Adinaev Kh.A., Kadirova Z.R. Processing of the content of colored glass materials for decorative compositions and researching their

main properties // RA Journal of Applied Research. 2022. – №8. – R. 801-803.

224. Адинаев Х.А., Кадырова З.Р. Кристаллизация стёкол методом массовой кристаллизации // Химическая промышленность. – Санкт-Петербург, 2022. – №2. – С. 74-77.

225. Адинаев Х.А., Кадырова З.Р. Получение прозрачного стекла из сырья, на основе системы свинца-кремния и его дифференциально-термический анализ (ДТА) // Узбекский химический журнал. – Ташкент, 2022. – №5. – С. 28-33.

226. Adinayev X.A., Qodirova Z.R. PbO-R₂O₃-SiO₂ sistemasi asosida rangli shisha sintezi va fizik-kimyoviy xossalari // Kompozitsion materiallar. Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali. – Toshkent, 2022. – №2. – 53-56 b.

227. Адинаев Х.А. Разработка состава цветных стеклокристаллических материалов для декоративных композиций // Универсум: технические науки. Электронный научный журнал. – Москва, 2017. – №12 (45). – 1-3 с.

228. Adinaev Kh.A., Kadirova Z.R., Kadirov R.A. Analysis of Sherobod quartz sand by infrared spectroscopic method // International scientific and practical conference «Innovative development in the global science» мавзусида Халқаро илмий-амалий конференция материаллари тўплами. – США (Бостон), 2022. – С. 124-126.

229. Adinaev Kh.A. Quartz sands of Sherobod and Jarkurgan differential thermal analysis // VI International scientific and practical conference “Scientific directions of research in educational activity”. – Japan (Osaka), 2023. – P. 435-437.

230. Adinaev Kh.A., Kadirova Z.R. X-ray phase analysis of Sherabad and Jarkurgan quartz sands // VII International scientific and practical conference “Application of knowledge for the development of science”. – Sweden (Stockholm), 2023. – P. 337-339.

MUNDARIJA

№	KIRISH.....	MAVZULAR	Bet
I- Bob	BEZATISH VA TEXNIK MAQSADLARDAGI SHISHA, SHISHAKRISTAL (SITALL) MATERIALLARINING SINTEZI, XOSSALARI VA ISHLAB CHIQARISHNING ZAMONAVIY HOLATI, HAMDA RIVOJLANTIRISH ISTIQBOLLARI.....		4
1.1.	Bezatish va texnik maqsadlardagi shisha, shishakristall materiallar sintezi, tarkiblari va olishning zamonaviy xolati, rivojlantirish istiqbollari.....		8
1.2.	Bezatish va texnik maqsadlardagi shisha, shishakristall materiallarning fizik-texnik va funksional xossalari.....		16
1.3.	Shisha va shishakristall materiallari olishda omuxtdagi suyuqlanma hosil bo'lish va qaynash jarayonlarining o'ziga xos xususiyatlari.....		17
1.4.	Shaffof, rangsiz, rangli shisha va shishakristall materiallar olishning o'ziga xos xususiyatlari.....		25
II- Bob	SHISHA VA SITALLAR OLISHDAGI TADQIQOT OB'YEKTLARI, USULLARI VA FOYDALANILGAN ASBOB-USKUNALARNING TASNIFI. OLINGAN SHISHA NAMUNALARINING O'ZIGA XOS XUSUSIYATLARINI ANIQLASH.....		36
2.1.	Tadqiqot ob'yektlari va ular to'g'risida asosiy ma'lumotlar.....		36
2.2.	Foydalanilgan kimyoviy reagentlar.....		37
2.3.	Foydalanilgan tabiiy xomashyo va ishlab chiqarish konsentratlari.....		37
2.4.	Boshlang'ich xomashyo komponentlari va tajriba namunalarning fizik-kimyoviy xossalari tadqiq etish usullari.....		38
2.5.	Shisha va shishakristall namunalarning funksional va fizik-texnik xossalari aniqlash usullari.....		41

III- Bob	SHAFFOF SHISHA TAJRIBA NAMUNALARINING OMUXTA TARKIBINI TUZISH, SUYUQLANMA HOSIL BO'LISH VA QAYNASH JARAYONLARI. SHAFFOF-RANGSIZ SHISHA SINTEZI VA FIZIK-KIMYOVIY XOSSALARINI ANIQLASH.....	45
3.1.	PbO-SiO ₂ sistemasi asosida turli konsentrasyon tarkiblardagi shaffof-rangsiz shisha sintezi va "tarkib-struktura-xossa" bog'liqliklarining haroratdan o'zgarishi.....	45
3.2.	Qo'rg'oshin silikat asosidagi shisha namunalarning sinteziga, suyuqlanma hosil qilishiga, qaynash haroratiga, fizik-kimyoviy xossalarga bor va natriy oksidlarining ta'siri.....	52
3.3.	Qo'rg'oshin silikat asosida sintez qilingan shisha namunalarga termik ishlov berish jarayonining termodinamik tahlili.....	64
3.4.	Sintez qilingan shaffof-rangsiz shisha namunalarning fizik-texnik va funksional xossalari.....	73
3.5.	Shaffof-rangsiz shisha sintezida kvarts qumi va qo'rg'oshin konsentratidan komponentlaridan foydalanish istiqbollari.....	75
IV- Bob	RANGLI SHISHA TAJRIBA NAMUNALARINING OMUXTA TARKIBINI TUZISH, SUYUQLANMA HOSIL BO'LISH VA QAYNASH JARAYONLARI. GAMMA RANGLI SHISHA SINTEZI VA FIZIK-KIMYOVIY XOSSALARINI ANIQLASH.....	91
4.1.	PbO-SiO ₂ sistemasi asosida turli konsentrasyon tarkiblardagi rangli shisha sintezi va "tarkib-struktura-xossa" bog'liqliklarining haroratdan o'zgarishi.....	91
4.2.	Qo'rg'oshin silikat asosidagi rangli shisha namunalarning sinteziga, suyuqlanma hosil qilishiga, qaynash haroratiga, fizik-kimyoviy xossalarga rang beruvchi oksidlarining ta'siri.....	92
4.3.	Rangli shisha namunasini sintez qilishdagi termik ishlov berish jarayonining termodinamik tahlili.....	93

4.4.	Sintez qilingan rangli shisha namunalarning fizik-texnik, estetik va funksional xossalari.....	98
4.5.	Rangli shisha sintezida kvarts qumi va qo'rg'oshin konsentratidan komponentlaridan foydalanish istiqbollari.....	108
V- Bob	NOYOB YER ELEMENTLARI VA AN'ANAVIY NUKLEATORLARDAN FOYDALANIB RANGLI SHISHAKRISTALL (SITALL) MATERIALLAR SINTEZI, KRISTALLANISH JARAYONLARI, FIZIK-TEXNIK XOSSALARI.....	111
5.1.	Noyob yer elementlaridan tarkib topgan qo'rg'oshin silikatli shishakristall namunalarning sintezi va ularning kristallanish jarayonlari.....	111
5.2.	An'anaviy nukleatorlardan foydalanib qo'rg'oshin silikatli shishakristall namunalarning sintezi va ularning kristallanish jarayonlariga ta'siri.....	118
5.3.	Sintez qilingan rangli shishakristall namunalarning o'ziga xos xususiyatlari va asosiy xossalari.....	129
	XULOSA.....	141
	SHARTLI BELGILAR VA QISQARTMALAR.....	143
	FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI.....	145



Adinayev Xidir Abdullayevich

Denov tadbirkorlik va
pedagogika instituti, Umumiy
kimyo va kimyoviy texnologiyalar
kafedrasi v.b. professori, kimyo
fanlari doktori (DSc)

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIV TA'LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI
DENOV TADBIRKORLIK VA PEDAGOGIKA INSTITUTI

ADINAYEV XIDIR ABDULLAYEVICH

PbO-SiO₂ SISTEMASI ASOSIDA BEZATISH VA TEXNIK
MAQSADLAR UCHUN RANGLI SHISHA VA SHISHAKRISTALL
MATERIALLARINING SINTEZI

monografiya

Muharrir: t.f.d., prof. Qosimova S.S.
Texnik muharrir: Abduraxmonov S.T.

Tasdiqnoma № 1384706. 17.02.2026
Terishga 10.06.2026-yilda berildi.
Bosishga 11.06.2026-yilda ruxsat etildi.
Format 60x84/. Hajmi 10.6 bosma taboq.
Buyurtma № 06. Times New Roman.
100 nusxada. 170 bet.

“LOCHIN TA'LIM” nashriyotida tayyorlandi va
“TERMIZ PUBLISHING CENTER” chop etildi



3004



9 789910 038802

Surxondaryo viloyati, Qumqo'rg'on tumani, Obod ko'chasi 65-uy,
TIF "O'ZMILLIYBANK" BANKINING BOSH OFISI, MFO: 00450,
INN: 312783697 H/R: 20208000207405563001
Telefon: +998-90-644-48-75

ISBN 978-9910-09-880-2



3004



9 789910 098802

