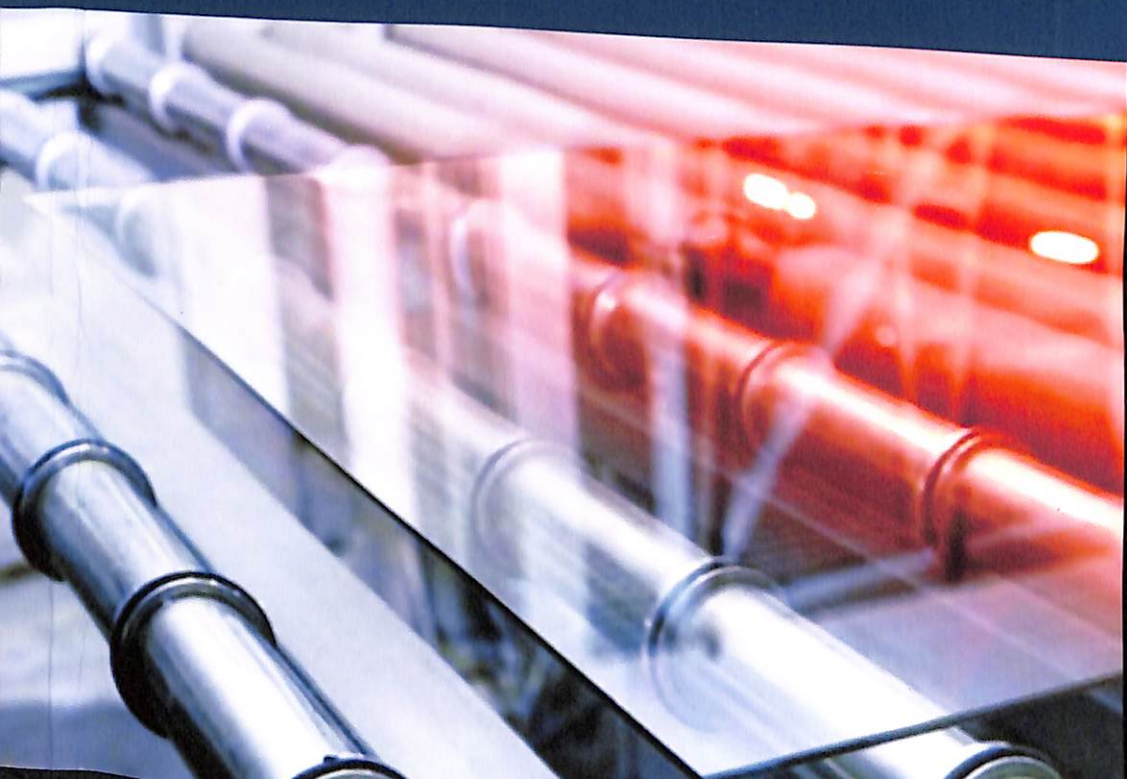


ADINAYEV X.A.

SILIKATLAR UMUMIY TEXNOLOGIYASI

USLUBIY QO'LLANMA



Kitob quyidagi ko'rsatilgan
muddatda topshirilishi shart

Oldingi foydalanishlar
miqdori

51
gijasi

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

ADINAYEV X.A.

«SILIKATLAR UMUMIY
TEXNOLOGIYASI»

fanidan

USLUBIY QO'LLANMA

60710100 - "Kimyoviy texnologiya (silikat materiallari)" bakalavriat
ta'lim yo'nalishi

Denov – 2025

Adinayev X.A. "Silikatlar umumiy texnologiyasi". 60710100 - "Kimyoviy texnologiya (silikat materiallari)" bakalavriat ta'lim yo'nalishi talabalari uchun uslubiy qo'llanma – Denov-2025. – 48 b.

Ushbu uslubiy qo'llanma 60710100 – "Kimyoviy texnologiya (silikat materiallari)" bakalavriat ta'lim yo'nalishi «Silikatlar umumiy texnologiyasi» fani doirasida bajarilgan ilmiy-tadqiqot ishlarining natijalaridan o'quv jarayonida foydalanish masalalariga bag'ishlangan. Unda shisha va sitallar haqidagi umumiy tushunchalar, mahalliy xomashyolarning kimyoviy va mineralogik tarkiblari va ular asosida shisha va olingan shishalarni ikki bosqichli issiqlik ishlovi berish natijasida shishakristall materiallar olish va ularni o'quv jarayonida foydalanish yo'llari ko'rsatilgan. Qo'llanmada past haroratda pishuvchi shisha va sitallar olish yo'llari ko'rsatilgan. Uslubiy qo'llanmada yangi laboratoriya mashg'ulotlarini o'tkazish bo'yicha ham ma'lumotlar berilgan.

Uslubiy qo'llanma yuqori kurs talabalari, magistrlar, stajyor tadqiqotchilar, tayanch doktorant va doktorantlar hamda ilmiy xodimlarga foydalanish uchun tavsiya etiladi.

Taqrizchilar:

Xo'jamqulov Saxomiddin Zairovich – Termiz muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti, Kimyoviy texnologiyalar kafedrasida dotsenti, t.f.d.

Ismatov Sunnatullo Shamsullayevich – Denov tadbirkorlik va pedagogika instituti, Umumiy kimyo va kimyoviy texnologiyalar kafedrasida dotsenti, t.f.d.

O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi Denov tadbirkorlik va pedagogika instituti o'quv-uslubiy Kengashining 2025 yil 25-sentabrdagi 2 - sonli bayonnomasi bilan nashr etishga ruxsat berilgan.

ISBN: 978-9910-8293-8-3

© Adinayev X.A., 2025 y.

KIRISH

Mustaqil Respublikamizning barcha sohalari kabi ta'lim tizimi sohasiga ham hukumat tarafidan katta e'tibor qaratib kelinmoqda.

O'zbekiston Respublikasida bugunni kunda shisha va sitall materiallarini sintez qilish va ularni ichlab chiqish texnologiyasini yaratish sohasida keng qamrovli chora tadbirlar amalga oshirilib, muayyan darajada ilmiy va amaliy natijalarga erishib kelinmoqda.

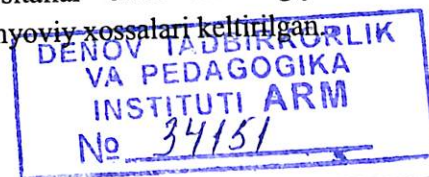
Yangi O'zbekistonning Taraqqiyot Strategiyasida 2022-2026 yillarga mo'ljallangan noan'anaviy xomashyo va ikkilamchi resurslarni jalb qilish hisobiga xomashyo zahirasi kengaytirish, "Yashil iqtisodiyot" doirasida sanoat uchun chiqindisiz texnologiyalarni ishlab chiqish va tadbir etish belgilangan. Mahalliy xomashyo minerallari asosida, turli xil sanoat chiqindilaridan foydalangan holda talab darajasidagi materiallarni, hamda butlovchi qismlarni ishlab chiqarish texnologiyalarini yaratish va ularni o'zlashtirish muhim vazifalar qilib belgilab berilgan. O'zbekiston Respublikasida yangi tarkibli kompozitsiyalar asosida talab darajasidagi shisha va sitall materiallari ishlab chiqish uchun tabiiy-mineral va ikkilamchi resurslar hamda sun'iy xomashyo materiallarini kompleks o'rganish bo'yicha ilmiy-tadqiqot ishlarini rivojlantirish eng muhim vazifadir [1-2].

"Kimyoviy texnologiya (silikat materiallari)" bakalavriat ta'lim yo'nalishi fanlari ichida "Silikatlar umumiy texnologiyasi" fani muhim o'rinlardan birini egallaydi.

Ushbu uslubiy qo'llanmada oxirgi yillarda olingan yangi va eng muhim ilmiy natijalar bayon etilgan. Shisha va sitallarning ta'rifi, ularning tuzilishi va kimyoviy tarkibi hamda ularning xossalari haqidagi umumiy tushunchalar keltirilgan.

Ushbu uslubiy qo'llanmada kimyoviy oksidlar - Pb_3O_4 , SiO_2 , H_3BO_3 , Na_2CO_3 , $CaCO_3$, Al_2O_3 , an'anaviy nukleatorlar - xrom (III) oksidi, titan (IV) oksidi va Sherobod kvarts qumi, Jarqo'rg'on kvarts qumi, Ugun kvarts qumi konlari va Xondiza qo'rg'oshin konsentratining tajriba namunalari keltirilgan.

Yuqoridagilar asosida shisha va sitallar olish texnologiyalarini natijalari va ularning fizik-mexanik va kimyoviy xossalari keltirilgan.



O'zbekistonning iqtisodiy va ijtimoiy rivojlanishi uchun tabiiy resurslarni tejankor sarflash, ikkilamchi xomashyoni ishlatish va iqtisodiyotning turli tarmoqlari chiqindilari va tog' jinslaridan samarali foydalanishni talab etadi.

Respublikamizning kimyo, metallurgiya, qurilish, avtomobil, kosmik va sanoatning boshqa tarmoqlarini keskin rivojlanishi uchun ko'p miqdordagi yemirilishga, issiqlikka va kislotaga chidamli materiallarni talab etadi. O'zimizning qora metallar mineral xomashyo bazasini yo'qligi metall va metall buyumlarini chetdan olib kelishni, hamda ikkilamchi xomashyolardan keng ko'lamda foydalanishni taqozo etadi.

Birinchi masala arzon tog' jinslari va sanoat chiqindilari xomashyosidan tayyorlangan shisha va sitall mahsulotlari ma'lum darajada metall materiallarini o'rmini bosishi va milliy iqtisodimizda keng qo'llanilishi mumkin.

Ikkinchi masala past haroratda pishuvchi shishalar olishga bag'ishlangan. Bu masalada $PbO-SiO_2$ sistemasi juda qo'l kelishi mumkin. Bunday shishalar qo'shimchalar qo'shish hisobiga past haroratda pishishi va qoliplanishi mumkin.

Uslubiy qo'llanma yakunida muallif tomonidan yangi laboratoriya ishi taqdim etilgan. Bunday ishlar kam komponentliligi, ason va tez bajarilishi bilan ajralib turadi.

Qo'llanma yakunida "Silikatlar umumiy texnologiyasi" fan dasturining "Shisha va sitallar texnologiyasi"ga oid qismining yangi tahriri berilgan. 2025/2026 – o'quv yillarida shu fan bo'yicha ma'ruza o'qiydigan professor-o'qituvchi mahalliy xomashyolar asosida olingan shisha va sitallar hamda qo'rg'oshin oksidi ishtirokida past haroratda pishuvchi shishalar haqida ham yuqori kurs talabalariga tushuncha berib ketishi zarur.

Uslubiy uslubiy qo'llanmada keltirilgan yangi adabiyotlar ro'yhati o'z ustida ishlovchi talaba yoki doktorant va ilmiy tadqiqotchilarning adabiyotlari tahlili ishlarini osonlashtiradi.

I-QISM. FAN DASTURINING "SHISHA VA SITALLAR TEXNOLOGIYASI"GA OID QISMI

№	Mavzular nomi va mazmuni	Ajratilgan soat
1.1.	Shisha va shishakristall materiallar. Asosiy tushuncha va terminlar. Shisha va sitallarning tarkib, xossa va ishlatilishiga asoslangan tasnifi. Shisha hosil qiluvchi va modifikatorlar. Eritilgan, yumshagan va qattiq shishaning asosiy fizik-kimyoviy va texnologik xossalari. Shisha xossalarning o'zaro bog'likligi va ularni hisoblash usullari. Shisha buyumlar va sitallar ishlab chiqarishning umumiy texnologik tizimi. Xomashyo materiallari va ularni tayyorlash. Shisha pishirishning fizik-kimyoviy asoslari. Shishani shakllash, kuchlanishini yo'qotish va toblash. Buyumning sifatini nazorat etish. Atrof-muhit muhofazasi masalalari. Shisha va sitallar sohasida mavjud bo'lgan muammolar va ularning yechimlari haqida.	4
1.2.	Qurilishda ishlatiladigan shishalarni ishlab chiqarish. Qurilishda ishlatiladigan shishalarning tasnifi. Mahsulotga qo'yiladigan asosiy talablar. Xomashyo materiallari. Yaxlit, po'kak, eruvchan shishalar, shisha-quvur va boshqalarni ishlab chiqarishning andozaviy texnologik tizimlari. Mahsulotning turlari, ularning asosiy xossalari va qo'llanilishi.	4
1.3.	Shisha tara va sortli shisha ishlab chiqarish. Shisha tarasining turlari va ularga qo'yiladigan talablar. Shisha tarasi olishning texnologik tizimi. Billur shishalarga qo'yiladigan talablar. Qurg'oshinli billur ishlab chiqarishning texnologik tizimi.	4

1.4.	Texnik shisha ishlab chiqarish. Kvarts shisha. Optik shisha. Kimyoviy laboratoriya shishalari. Parchalarga ajralmaydigan shisha. Shisha tola. Buyumlarning tasnifi va assortimentlari. Shishalar tarkibi. Fizik-kimyoviy xossalari. Shishaga qo'yiladigan talablar. Xomashyo materiallari. Ishlab chiqarishning andozaviy texnologik tizimlari. Texnik shishalarini ishlatadigan sohalar: kosmotexnika, aviatsiya, mashinasozlik, qurilish va boshqalar.	4
1.5.	Emallar va himoyalovchi qoplamalar ishlab chiqarish. Emallarning turlari va fizik-kimyoviy tavsifi. Xomashyo materiallari. Shisha omuxtasini tuzish. Emal va himoyalovchi qoplamalarni olish texnologiyasi. Emallarni qaynatish xususiyatlari. Metall buyumlarni emallash usullari.	4
1.6.	Sitall va shlakli sitall ishlab chiqarish. Tasnifi va ishlatilishi. Sitall ishlab chiqarishning prinsipial texnologik tizimi. Qurilish, xo'jalik-maishiy, texnik sitallarni ishlab chiqarish. Asosiy xossalari va qo'llanishi.	4

II-QISM. ILMIY – TADQIQOT ISHLARI BO'YICHA YANGI NATIJALAR

2.1. Shishalar haqida umumiy tushunchalar.

2.1.1. Shishasimon holat qoidasi.

Shishaning qattiqligi va bukiluvchanligi, kristallarning bukiluvchan va qattiqligiga o'xshasa ham atomlarni joylashuvidagi tartibsizlik sababi shishani kristall modda deb bo'lmaydi. Shishaning shaffofligi, mo'rtligi va uning yaltiroqligi kristall moddalaridan o'zgachadir. Shisha strukturasi simmetriyaning batamom yoki qisman bo'lmasligi va shundan kelib chiqadigan izotropiya uni suyuqlikka o'xshashligidan dalolat bersa ham suyuqlik deb bo'lmaydi. Mustahkamligi, haroratning o'zgaruvchanligiga chidamliligi, issiqlikdan kengayish qiymatining past bo'lishi, kam elektr o'zgaruvchanligi kabi xususiyatlar shishalarni suyuqlikka solishtirishga to'sqinlik qiladi.

Shunday ekan u holda shishani qanday ta'riflash mumkin bo'ladi? Shisha qanday modda ekan? Rossiyalik olimlar – texnika fanlari doktorlari Solomin N.V., Mazurin O.V., fizika-matematika fanlari doktori Vitman F.F.dan iborat terminologiya komissiyasi uzoq vaqt bahslashishlardan keyin 1968 yilda shishani quyidagicha ta'riflashni tavsiya qilishdi. "Kimyoviy tarkibi va qotish haroratiga bog'liq bo'lmagan ravishda eritmani o'ta sovitish natijasida olinadigan va yopishqoqlikning asta-sekin oshib borishi natijasida qattiq moddalarning xossalari qabul qiladigan barcha amorf moddaga shisha deb aytiladi; bu erda suyuq holatning shisha tabiatiga o'tish jarayoni orqaga qaytadigan jarayon bo'lishi shart".

2.1.2. Shishalarning umumiy xossalari.

Sintez qilingan shishasimon holatdagi barcha moddalar bir nechta umumiy fizik-kimyoviy xarakteristikaga ega bo'lib, bulardan biri ularning kristall moddalariga o'laroq izotropikligi, shisha xossalari barcha yo'nalishda bir xil bo'lishidir. Masalan, mullit kristallarning C - o'qiga perpendikulyar va parallel yo'nalishdagi issiqlikdan kengayish koeffitsiyentlari - $4,5 \times 10^{-6}$ va $5,7 \times 10^{-6}$ grad.⁻¹, kvarts kristallarniki esa - 14×10^{-6} va 9×10^{-6} grad.⁻¹ni tashkil etar ekan. Ularning n - nur sindirish koeffitsiyentlari ham barcha yo'nalishlarda har xil bo'lib: mullit uchun n -

Harakat havfsizligini ta'minlashda yo'l signal belgilarini tayyorlash muhim ahamiyatga ega. Shu o'rinda yo'l signal belgilarini tashkil etuvchi mikroshishashariklar asosini PbO-SiO₂ sistemasida joylashgan tarkiblar tashkil etish mumkinligi olib borilgan tadqiqotlar orqali tasdiqlandi.

PbO-SiO₂ sistemasi asosidagi shisha omuxtalarning mineralogik-kimyoviy tarkibi va 1200°C li haroratdagi holatini o'rganish natijalari quyidagi 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval.

PbO-SiO₂ sistemasi asosidagi shisha omuxtalarning mineralogik-kimyoviy tarkibi va 1200°C li haroratdagi holati

Tar-tib №	Shisha omuxtaning mineralogik tarkibi, mas%		Shisha omuxtaning kimyoviy tarkibi, mas %		1200°C da erish holati
	Pb ₃ O ₄	SiO ₂	PbO	SiO ₂	
1	102,0	-	100,0	-	Eridi.
2	91,8	10,0	90,0	10,0	Eridi.
3	81,6	20,0	80,0	20,0	Eridi.
4	71,4	30,0	70,0	30,0	Eridi.
5	61,2	40,0	60,0	40,0	Oz eridi.
6	51,0	50,0	50,0	50,0	Erimadi.
7	40,8	60,0	40,0	60,0	Erimadi.
8	30,6	70,0	30,0	70,0	Erimadi.
9	20,4	80,0	20,0	80,0	Erimadi.
10	10,2	90,0	10,0	90,0	Erimadi.
11	-	100,0	-	100,0	Erimadi.

2.2.2. PbO-SiO₂ sistemasi asosidagi shisha omuxtalarga B₂O₃ qo'shish natijasida eruvchanlikni pasaytirishga erishish.

Shisha sanoati O'zbekistonda rivojlangan sohalaridan biri bo'lib, ishlab chiqarilayotgan shisha va shisha buyumlari xalq xo'jaligining turli tarmoqlarida keng ko'lamda ishlatilmoqda. Bunday shishalardan biri mikroshishashariklar bo'lib, ular asosan yo'l-signal belgilarini tayyorlashda qo'llaniladi.

Hozirgi kunda Respublikada mikroshariklarga bo'lgan ehtiyoj kun sayin ortib bormoqda. Sababi ular asosida yasalgan yo'l-signal belgilari va yo'l belgilari sifatli, nur sindirish ko'rsatkichi yuqori, rangi aniq va ravshan bo'lgan holda serqatnov bo'lgan yo'llarga qo'yiladi va natijada yo'l harakati havfsizligi ta'minlanadi.

Shu bois, biz bu ilmiy-tadqiqot ishida sifatli yo'l-signal belgilarida ishlatiladigan mikroshishashariklarning tarkibini ishlab chiqishga erishdik. Bu mikroshariklarning xossalari Davlat andozalari talablariga javob beradi. Pishish harorati mikroshishashariklarning tarkibi bo'yicha 1000-1200°C atrofida. O'tkazilgan tajribalar natijasiga ko'ra 11 ta tarkibdan 2 ta tajriba omuxtasi optimal deb hisoblandi.

Optimal tajriba omuxtasi tarkibi bo'yicha 3 (PbO-80%, SiO₂-20%) va 4 (PbO-70%, SiO₂-30%) deb tanlab olindi. Optimal tajriba omuxtasining kimyoviy va fizikaviy xossalari chuqur o'rganib chiqildi, laboratoriya sharoitida tajriba yo'li bilan olingan natijalar ishlab chiqarish sharoitida tasdiqlandi.

3-raqamli optimal massa tarkibiga B₂O₃ dan 1, 2, 3, 4 va 5% gacha qo'shib tajribani davom ettirdik. B₂O₃ qo'shishdan maqsad, tajriba namunalarning pishish nuqtasini kamaytirishdan iborat. Ranglari va jilosi, ayniqsa nur sindirish ko'rsatkichlari saqlab qolinishi kerak.

2.2.3. Qo'rg'oshinli surik - kremnezem sistemasi asosidagi shisha omuxtalarni differensial termik tahlili.

Yer qobig'ida qo'rg'oshin 10·10⁻⁴% miqdorida uchraydi va u oson suyuqlanuvchan yumshoq metall bo'lib, nisbatan kam tarqalgan elementlardan hisoblanadi. Qo'rg'oshin birikmalaridan PbO, Pb₃O₄, Pb(NO₃)₂, Pb(CH₃COO)₂ va Pb(C₂H₅)₄ sanoat ahamiyatiga ega bo'lgan kimyoviy birikmalardir.

Qo'rg'oshin surik - minium Pb₃O₄ yarim o'tkazgich va pigmentlar tayyorlashda, optik va billur shishalari olishda keng ishlatiladi. Qo'rg'oshinli surik qizdirilganda 3PbO + O₂ larga osongina ajraydi. Pb₃O₄ kristallari tetragonal singoniyaga mansub. Uning parametrlari: a = 8,80 va c = 5,56 Å. Qattiqligi - 2,5. Solishtirma og'irligi - 8,9 - 9,2 g/sm³. Eruvchanligi - 1,5. Kristallar bir o'qli va manfiy bo'lib, o'rtacha nur sindirish koeffitsiyenti n = 2,42 ga teng.

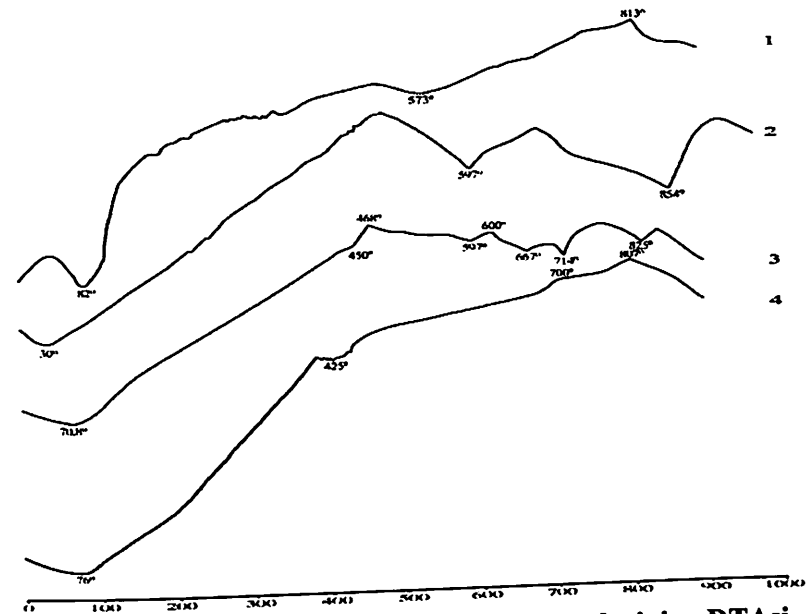
Qo'rg'oshin oksidi bir qator olimlar fikricha 870-888 °C oralig'ida shu jumladan Verra tadqiqotlari bo'yicha 886 °C da eriydi. Uning ikki formasi ma'lum: glyot va massikot. Glyot kristallari rangi qizil, tetragonal singoniyada kristallanadi: $a = 3,970 - 3,986$, $c = 5,011 - 5,020$ Å va $Z = 2$. Qattiqligi - 2 va zichligi - $9,13 - 9,30$ g/sm³ ga teng. Optik ko'rsatgichlar $n_0 = 2,665$ va $n_c = 2,535$. Massikot rangi sariq, rombik sistemaga ta'lluql bo'lib, $a = 5,476 - 5,490$, $v = 5,876 - 5,890$, $c = 4,743 - 4,760$ Å va $Z = 4$. Qattiqligi - 2, zichligi - $9,56 - 9,60$ g/sm³ va eruvchanligi - 1,5. $N_q = 2,71$, $N_m = 2,61$ va $N_p = 2,51$.

Kremnezem bir qator kristall fazalardan tashkil topgan: past va yuqori haroratli kvarts; past, o'rta va yuqori haroratli tridimit; past, metastabil va yuqori haroratli kristobalit. Ularning bir turdan ikkinchisiga o'tishi adabiyot sahifalarida keng yoritilgan.

Binar sistema PbO-SiO₂ ham Krakau va Vaxrameyev, Geller va Bantinglar tomonidan o'rganilgan. Sistemada uchta birikma - 4PbO·SiO₂, 2PbO·SiO₂ va PbO·SiO₂ borligi aniqlangan. 4PbO·SiO₂ birikmasi uchun uchta polimorf modifikatsiyalar mavjud. 2PbO·SiO₂ va PbO·SiO₂ lar uchun modifikasion o'zgarishlar xos emas. Ulardan tashqari yana 3PbO·2SiO₂ - barisilit moddasi ham hosil bo'lishi mumkin. Shu to'rt birikmaga xos bo'lgan nur sindirish koeffitsiyentlarini keltiramiz (2-jadval).

2-jadval.

Nomi	N_g	N_p
PbO-glyot	$N_g - 2,665$	$N_p - 2,535$
α -4PbO·SiO ₂	$N_g - 2,380$	$N_p - 2,310$
β -4PbO·SiO ₂	$N_g - 2,340$	-
2PbO·SiO ₂	$N_g - 2,180$	$N_p - 2,130$
PbO·SiO ₂	$N_g - 1,950$	-



2-rasm. PbO va SiO₂ hamda ular aralashmalarining DTAsi

- 1) SiO₂-100%;
- 2) PbO-100%;
- 3) PbO-80% va SiO₂-20%;
- 4) PbO-70% va SiO₂-30%.

Quyida kremnezem, qo'rg'oshin oksidi va ular asosida tayyorlangan shisha omuxtalarni qizdirish jarayonida sodir bo'ladigan termik effektlarga oid 2-rasm berilgan. Ularni yuqorida adabiy manbai orqali keltirilgan ma'lumotlar asosida tahlil etish natijalari 3-jadvalda keltirilgan.

3-jadval.

Moddaning nomi va formulasi	Termoeffekt turi	Termoeffekt harorati, °C	Termoeffekt tabiati
Kremnezem - SiO ₂	Endoeffekt	82	Adsorbilangan suvning yo'qotilishi
	Endoeffekt	573	Past temperaturali kvartsning yuqori temperaturali kvartsga o'tishi
	Ekzoeffekt	813	Kvartsning tridimitga

Қўрғошинли сурик - Pb ₃ O ₄	Endoeffekt	30	o'tishi
	Endoeffekt	597	Adsorbilangan suvning yo'qotilishi
	Endoeffekt	854	Surikning parchalanishi va glyotga o'tishi
PbO - 80% SiO ₂ - 20%	Endoeffekt	71	Qo'rg'oshinli glyot erishining boshlanishi
	Endoeffekt	450	Adsorbilangan suvning yo'qotilishi
	Ekzoeffekt	468	β-kvartsning α-kvartsga o'tishi
	Endoeffekt	597	2PbO·SiO ₂ hosil bo'lishi
	Ekzoeffekt	600	Surikning glyotga o'tishi
	Endoeffekt	667	PbO·SiO ₂ hosil bo'lishi
	Endoeffekt	714	2PbO·SiO ₂ erishi
	Endoeffekt	825	Kvartsning modifikasion o'zgarishi
PbO - 70% SiO ₂ - 30%	Endoeffekt	76	Qo'rg'oshinli glyot va PbO·SiO ₂ ning erishi
	Endoeffekt	425	Adsorbison suvning yo'qotilishi
	Ekzoeffekt	700	β-kvartsning α-kvartsga o'tishi
	Ekzoeffekt	807	PbO·SiO ₂ hosil bo'lishi
			Kvartsning tridimitga o'tishi va omuxtaning erishi

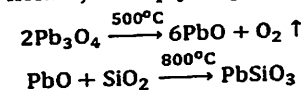
3-jadval ma'lumotlarini tahlil qilish orqali shisha omuxtasi tarkibidagi qo'rg'oshin oksidi miqdori 20 va 30 mas.% bo'lgan sharoitlarda erish jarayonlari turlicha ketishi tasdiqlangan. Bundan tashqari kremniy (IV) oksidi va qo'rg'oshin suriklarga xos bo'lgan endo- va ekzo- effektlarning temperatura nuqtai nazaridan pastroq ko'rsatgichlar tomoniga intilishi tasdiqlangan.

2.3. Shaffof-rangsiz shisha sintezi.

2.3.1. Shaffof-rangsiz shisha sintezi va fizik-kimyoviy xossalarini aniqlash.

Qo'rg'oshin oksidi - kremnezyom (PbO-SiO₂) sistemasi asosida shisha sintezi va ularning asosiy xossalari, qo'rg'oshin konsentratini qo'llash, suyuqlanish jarayoni, olingan tajribaviy shaffof-rangsiz shisha namunalarning fizik-kimyoviy va fizik-mexanik xossalarini tadqiq etish natijalari keltirilgan.

Shisha omuxtasini boshlang'ich komponentlarini yuqori haroratlarda qizdirish jarayonida quyidagi hosil bo'lgan kimyoviy reaksiyalar bo'yicha fazaviy o'tishlar yuzaga keladi, ular quyidagilardan iboratdir:



Bu erda kimyoviy reaksiyaning oxirgi mahsuloti bo'lib qo'rg'oshin silikati hosil bo'ladi. Qo'rg'oshin oksidi - kremnezyom sistemasi asosida sintez qilib olingan shisha namunalarning asosiy fizik-kimyoviy xossalarini tadqiq etish natijalari quyidagi 4-jadvalda keltirilgan.

4-jadval.

PbO - SiO₂ sistemasidagi shisha namunalarning asosiy fizik-kimyoviy xossalari

Shisha namuna-lari	Zichlik, ρ, g/sm ³		Nur sindirish ko'rsatkichi, n _D		Issiqlikdan chiziqli kengayish koeffitsienti (ICHKK), α·10 ⁻⁷ ·grad ⁻¹		Kimyoviy barqarorligi (massa yo'qotishi), %
	Hisobiy	Tajribaviy	Hisobiy	Tajribaviy	Hisobiy	Tajribaviy	
Sh-2*	7,470	7,870	2,190	2,360	103,120	103,490	1,000
Sh-3*	5,960	6,170	1,930	2,070	85,700	85,910	0,840
Sh-4*	4,960	5,290	1,780	1,970	73,490	73,880	0,720
Sh-5*	4,250	4,510	1,690	1,900	64,460	64,900	0,580
Sh-6*	3,710	4,100	1,620	1,860	57,510	57,920	0,450

*SiO₂ miqdori, mas.% da – 10, 20, 30, 40 va 50.

Qo'rg'oshin oksidi – kremnezyom sistemasiga bor oksidini qo'shish sintez qilingan shisha namunalari fizik-kimyoviy xossalari esatayotgan natijalarni namoyon qildi: shisha namunasining nur sindirish ko'rsatkichi $n_D=1,75-1,83$, zichligi $\rho=4,3-6,7 \text{ g/sm}^3$, ICHKK $20-300 \times 10^{-7} \text{ grad}^{-1}$, $\alpha=61-71$, boshlang'ich yumshash harorati $375-410^\circ\text{C}$ va kimyoviy barqarorligi (massa yo'qotishi) esa, $1,68-5,12\%$ ga teng ekanligi aniqlandi. Shunday qilib, B₂O₃ - bor oksidi va Na₂O - natriy oksidi ishtirokidagi PbO-SiO₂ - qo'rg'oshin oksidi – kremnezyom sistemasi asosida pasayadigan haroratlarda suyuqlanma hosil qiluvchi va nur sindirish ko'rsatkichi yuqori qiymatga ega bo'lgan mikroshariklar sintez qilib olish imkoniyatlar ko'rsatib o'tilgan.

Yuqorida keltirilgan natijalardan tashqari, shisha omuxtasi tarkibiga qo'rg'oshinli glyot - PbO, kvarts qumi - SiO₂ va potashga to'g'ri keladigan miqdorda 30 mas.% gacha sintez qilingan shisha namunalari chiqindilarini qo'shish mumkinligi aniqlangan. Tadqiqot tajribalari PbO 80 mas.% va SiO₂ 20 mas.% nisbat o'zgarishi asosida olib borilgan. Shisha namunalari qaynash haroratini pasaytirish maqsadida shisha omuxtasi tarkibiga 5 mas.% gacha B₂O₃ - bor oksidini H₃BO₃ ko'rinishda kiritish maqsadga muvofiqi ko'rsatib o'tilgan.

Suyuqlantiruvchi sifatida - qo'shimcha oksidlar kiritilgan qo'rg'oshin oksidi-kremnezyomli shisha namunalari sintez qilish va tadqiqoti to'g'risida quyidagi ma'lumotlar keltirib o'tilgan. Keyingi tadqiqot ishlarida past haroratlarda pishuvchi shisha namunalari sintez qilishda qaynash haroratini pasaytirish maqsadida PbO-80 mas.% va SiO₂-20 mas.% shisha omuxtasi tarkibiga B₂O₃ - bor oksidi 1-5 mas.% miqdorlarda qo'shilgan. Shisha omuxtasi tarkibiga bor oksidi qo'shilishi natijasida omuxtaning suyuqlanish harorati 780°C dan 600°C gacha pasayishga erishildi va B₂O₃ - bor oksidining miqdorini oshirish natijasida qaynatishning maksimal harorati 1100°C , 1050°C , 1000°C va 950°C larga to'g'ri keldi.

Natijada shisha omuxtasiga kam miqdordagi qo'shimchalar qo'shish yo'li bilan past haroratlarda suyuqlanadigan shisha namunalari sintez qilishga erishildi. Bunda sintez qilib olingan shisha namunasining rangi,

tiniligi va asosiy ko'rsatkichlardan biri bo'lgan nur sindirish ko'rsatkichi koeffitsienti yuqori ekanligi saqlab qolingan (5-jadval).

Quyidagi 5-jadvaldan ko'rinib turibdiki, Qo'rg'oshin oksidi va kremniy (IV) oksidi tarkibini doimiy qiymatida bor (III) oksidi miqdorini oshirib borish natijasida suyuqlanish harorati pasayadi va suyuqlanish jarayonlari tezlashadi. Shunday qilib, Qo'rg'oshin oksidi – kremnezyom sistemasidagi shisha namunasining suyuqlanish harorati berilgan komponent nisbatiga bog'liq. Sintez qilib olingan past haroratda suyuqlanadigan shisha namunalari strukturasi IQ spektroskopik usulida o'rganilgan.

5-jadval

Tarkibida B₂O₃ bo'lgan shisha namunalari fizik-kimyoviy ko'rsatkichlari

Shisha namun a-lari	B ₂ O ₃ miq-dori	Omuxta ning suyuqla nish harorati, °C	Qaynas h harorat i, °C	Harorat da ushlab turish vaqti, min.	ICHKK, 10 ⁻⁷ ·grad ⁻¹	Nur sindirish ko'rsat-kichi, n _D	Namuna -ning rangi
ShB0,5-3	0,50	780	980	60	70,00	1,84	Sarg'ish
ShB1-3	1,00	760	960	50	61,00	1,83	To'q-sariq
ShB1,5-3	1,50	740	940	50	62,00	1,82	To'q-sariq
ShB2-3	2,00	720	920	40	63,00	1,81	To'q-sariq
ShB2,5-3	2,50	700	900	35	64,00	1,80	To'q-sariq
ShB3-3	3,00	680	880	30	65,00	1,79	Och sariq
ShB3,5-3	3,50	660	860	25	67,00	1,78	Och sariq
ShB4-3	4,00	640	840	20	69,00	1,77	Och sariq

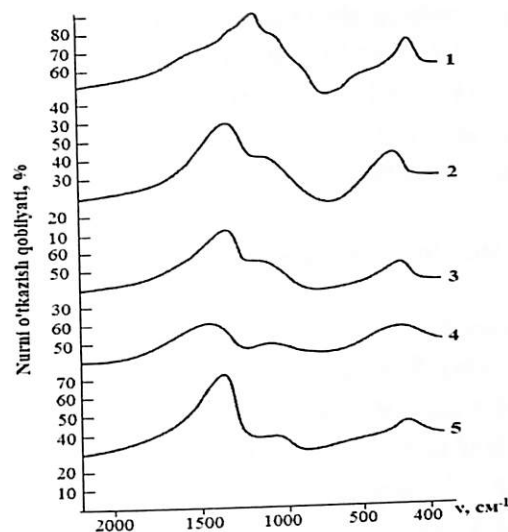
6900V TADQIQOTCHILIK VA PEDAGOGIKA INSTITUTI ARM № 34151

ShB4,5-3	4,50	620	820	15	70,00	1,76	sariq Och sariq
ShB5-3	5,00	600	800	10	71,00	1,75	Sarg'imsir
Taqqoslash uchun maqbul tarkib (Sh-3)							
Sh-3	0,00	800	1000	60	77,00	1,85	Sarg'ish

2.3.2. PbO-SiO₂ sistemasi asosidagi shisha namunalarining IQ-spektrlari.

Sintez qilib olingan shishalarni IQ-spektroskopik tadqiqoti natijalari 3-rasmda keltirilgan bo'lib, bunda [SiO₄]⁴⁻, [BO₄]⁴⁻ va [BO₃]⁴⁻ tetraedrlarining strukturaviy guruhlanishidan darak beradi. 850-1050°C haroratlarda kuydirilgan shisha namunasi tarkibida SiO₂ ning 20 mas.% va 30 mas.% miqdorda bo'lganida termik qayta ishlash natijasida shisha namunasining kristallanishi bilan birga [SiO₄]⁴⁻ va [BO₄]⁴⁻larning tetraed holatga o'tish ortib boradi, bunga asosiy sabab polimerlanish jarayonining o'sishi bilan tushuntiriladi.

Qo'rg'oshin silikatli shisha namunasi tarkibida B₂O₃ miqdorining 0,5 dan 5,0 mas.% gacha ortishida yutilish spektrlarining 1775 dan 2000 sm⁻¹ gacha ortishi kuzatilgan. IQ-spektridagi yutilish chizig'i intensivligining 1400 sm⁻¹dan boshlab o'sishi, namunadagi [SiO₄] ning o'rniga [BO₃] ning izomorf almashinuvi natijasiga bog'liqligi bilan tushuntiriladi. Bunda yutilish chizig'i intensivligining jadal ravishda o'sishi kuzatiladi.



3-rasm. PbO-SiO₂ sistemasi asosidagi namunalarning IQ-spektrlari:

- 1) Sh-3 + 1 mas.% B₂O₃; 2) Sh-3 + 2 mas.% B₂O₃; 3) Sh-3 + 3 mas.% B₂O₃; 4) Sh-3 + 4 mas.% B₂O₃; 5) Sh-3 + 5 mas.% B₂O₃

Shisha namunalarini olishda suyuqlanish haroratini pasaytirish uchun nazariy rejalashtirilgan tarkiblari keltirilgan. Buni tajriba asosida isbotlash uchun shisha omuxtasi tarkibiga qo'shimcha sifatida hisoblash yo'li bilan aniqlangan va Na₂O - natriy oksidi, CaO - kaltsiy oksidi, B₂O₃ - bor oksidi va Al₂O₃ - alyuminiy oksidi qo'shimchalari kiritilgan.

O'tkazilgan tajribalar asosida shisha tarkibiga davriy jadvalning 1, 2 va 3 guruh elementlarining oksidlari qo'shilganda shisha suyuqlanish haroratini 25°C dan 100°C gacha pasaytirishga erishildi, bunda B₂O₃ zaruriy miqdorda qo'shilganda shishaning suyuqlanish harorati 50°C dan 200°C ga kamaydi va past haroratda suyuqlanuvchi sifatli shisha olish imkonini beradi.

Sintez qilingan shisha namunalarining elektron mikroskop tasviri tahlil natijalari barcha o'rganilgan namunalarda shisha suyuqlanish vaqtining davomiyligi va shisha omuxtasiga kiritilayotgan qo'shimchalarning turiga bog'liq strukturaviy xossalari bilan farqlanadigan mustaqil sohalar hosil bo'lganligi tahlil natijalariga ko'ra aniqlandi.

Tadqiqot natijalari asosida yo'l-signal belgilarida foydalaniladigan sifatli mikroshariklar uchun maqbul bo'lgan tarkiblar yaratildi.

Mikrosharik namunalarini sintez qilish uchun shishaning pishirish harorati 1000-1100°C oralig'ini tashkil etishi aniqlandi. Olib borilgan tadqiqot tajribalari asosida 6 ta tarkib sintez qilingan va ulardan 2 ta maqbul tarkib Sh-3 ($Pb_{0,8}Si_{0,2}O_3$) hamda Sh-4 ($Pb_{0,7}Si_{0,3}O_3$) tanlab olingan va ular ishlab chiqarish sharoitida tajriba sinovidan o'tkazish uchun korxonaga tavsiya etilgan.

2.3.3. Xomashyo komponentlarining fizik-kimyoviy tahlil natijalari.

Shisha namunalari sintezi uchun kimyoviy reagentlar asosida olingan natijalarni tabiiy va ikkilamchi xomashyo komponentlarida aprobatsiya qilish uchun Sherobod kvarts qumi, Jarqo'rg'on kvarts qumi va Ugun kvarts qumi konlaridan hamda Xondiza qo'rg'oshin konsentratidan foydalanilganligi to'g'risidagi ma'lumotlar quyidagi 6-jadvalda keltirilgan.

6-jadval.

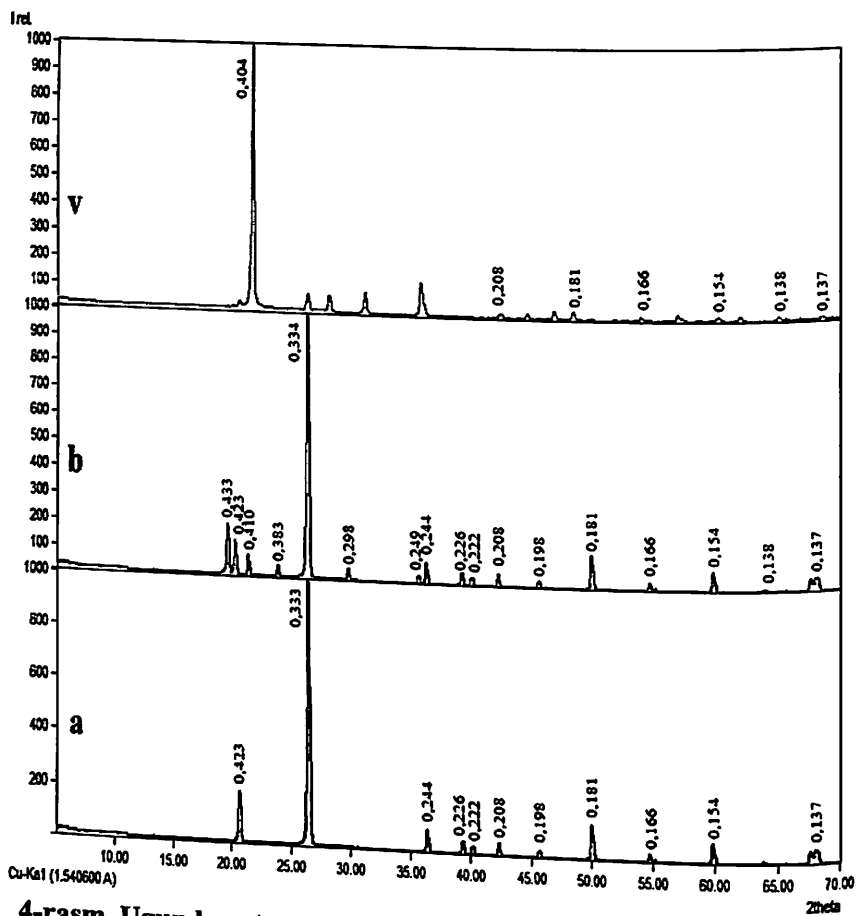
Xomashyo komponentlarining kimyoviy tahlil natijalari

Xomashyo nomi	Oksidlarning miqdori, mas. %										k. y., mas. %
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	PbO	ZnO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	
Sherobod kvarts qumi	80,300	3,940	0,480	5,130	-	-	1,070	1,810	0,320	0,970	5,980
Jarqo'rg'on kvarts qumi	67,280	9,450	2,680	6,770	-	-	1,340	0,070	1,730	1,950	8,730
Ugun kvarts qumi	87,560	1,850	0,430	2,860	-	-	1,200	1,100	1,060	0,880	3,060
Xondiza qo'rg'oshin konsentrat	2,230	0,840	13,750	0,370	25,600	12,700	0,460	18,200	6,770	0,400	18,740

Ugun kvarts qumining mineralogik tarkibi rentgenofazaviy tadqiqot usulida tadqiq etildi (4-rasm). Ushbu kvarts qumi tabiiy namunasining mineralogik tarkibi (4a-rasm), asosan β -kvarts $d = 0,344; 0,322; 0,222; 0,212; 0,197; 0,181; 0,166; 0,154; 0,138; 0,137$ nm, oz miqdorda kalsit $d = 0,226$ nm, albit $d = 0,244$ nm minerallaridan tarkib topganligi, hamda kichik intensivlikka ega difraksiya chiziqlarining kvarts qumi tarkibidagi gilsimon va organik qo'shimchalarga tegishli ekanligi tadqiqot ishi natijalarida aniqlandi.

Tabiiy ugun kvarts qumi namunasining 900°C va 1450°C haroratlarda kuydirilgan namunalarning rentgenogrammlarida (4b, 4v-rasm) esa, yangi kristall faza hosil bo'lishi kuzatilgan. 900°C haroratda kuydirilgan ugun kvarts qumi namunasining mineralogik tarkibi α -kvarts - $d = 0,421; 0,332; 0,227; 0,222; 0,212; 0,197; 0,181; 0,166; 0,154; 0,138$ nm, oz miqdorda anortit $d = 0,327$ nm va albit $d = 0,256; 0,244$ nm minerallaridan tarkib topganligi tajribalarda aniqlandi. Tabiiy ugun kvarts qumi 1450°C haroratda kuydirilgan namunasining rentgenogrammasida yuzaga kelgan difraksiya maksimumlari β -kvarts - $d = 0,421; 0,331; 0,247; 0,227; 0,212; 0,197; 0,181; 0,166; 0,154; 0,145; 0,138$ 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.

Sherobod va Jarqo'rg'on tabiiy kvarts qumi konlari namunalarning rentgenofazaviy tahlil natijalari ham tabiiy ugun kvarts qumining rentgenofazaviy tahlil natijalariga o'xshash bo'lib, yuqorida keltirib o'tilgan yangi kristall fazalarning hosil bo'lishi aniqlandi. Olingan rentgenogrammalardagi asosiy farq, tabiiy kvarts minerallariga tegishli bo'lgan difraksiya maksimumlarining intensivlik darajasining turlicha ekanligidir.



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

Tadqiqot ishida foydalanilgan Sherobod, Jarqo'rg'on va Ugun konlari tabiiy kvarts qumlarini fizik-kimyoviy usullarda kompleks tahlil qilish natijalariga ko'ra, Sherobod va Jarqo'rg'on tabiiy kvarts qumlarining, Ugun koni tabiiy kvarts qumiga nisbatan kimyoviy-mineralogik tarkiblari toza emasligi, ularning tarkibida kremniy oksididan tashqari gilsimon va organik qo'shimchalarning borligi aniqlandi. Olingan natijalarni chuqur tahlil qilgan holda shisha namunalari sintezida asosan, tozalik darajasi yuqori bo'lgan xomashyo komponenti sifatida Ugun koni tabiiy kvarts qumidan foydalanish maqsadga muvofiq deb topildi [2].

Bundan tashqari, Ugun koni tabiiy kvarts qumini laboratoriya sharoitida boyitilganda undagi kvarts miqdorining tozalik darajasi 87,56 dan 99,15 mas.% gacha ortganligi aniqlandi.

Ma'lumki, shisha omuxtasi tarkibiga Na_2O , CaO va Al_2O_3 oksidlarining kiritilishi, shisha massasini rangsizlashtirish, tiniqlashtirish va qaynash jarayonini tezlashtirish kabi hususiyatlari shisha sinteziga ijobiy ta'sir qiladi hamda sifat darajasi yuqori bo'lgan shisha mahsulotlarini olish imkoniyatini beradi.

2.3.4. Xondiza qo'rg'oshin konsentratini namunasining fizik-kimyoviy tahlil natijalari.

Qo'rg'oshin oksidi - kremnezyom sistemasi asosidagi shisha materiallarini sintez qilish uchun kimyoviy reagentlardan tashqari, Xondiza ruda boyitish korxonasi qo'rg'oshin konsentratidan qo'rg'oshin oksidi sifatida foydalanildi.

Tadqiqot ishini olib borish orqali sintez qilib olingan shisha materiallarining tannarxini kamaytirishga, yaltiroqligini, shaffofligini va ayniqsa, nur sindirish ko'rsatkichlarini oshirishga imkon berdi.

Xondiza qo'rg'oshin konsentratini namunasining mineralogik tarkibini samonaviy fizik-kimyoviy tahlil usullaridan biri bo'lgan rentgenofazaviy usulda aniqlash natijalari (5-rasmda), namuna boshlang'ich rentgenogrammasida kuzatilgan difraksiya maksimumlarining ZnS - rux sulfat, PbS - qo'rg'oshin sulfat, SiO_2 - kvarts, FeS_2 - perit va CaCO_3 - kalsiy karbonat minerallarga tegishli ekanligini nahlil natijalari ko'rsatdi [2].

va B.O.Yesimov, O'zbekistonda N.A.Sirojiddinov, A.A.Ismatov, Yunusov M.Yu. va boshqa olimlar pirokeram moddalarining faqat tarkibi va ishlab chiqarish texnologiyasini yaratibgina qolmay, balki ularning olinishini chuqur ilmiy-nazariy asoslab berdilar va shu sohaning rivojlanishiga katta hissa qo'shdilar.

2.4.2. Sitall ta'rifi.

Tarkibiga maxsus qo'shilmalar qo'shilgan shishalarni termik yo'l bilan past haroratda kristallash natijasida olinadigan, kichik hajmli kristallar yoki shisha qoldig'ining o'zaro birikib ketishidan tashkil topgan, yuqori mexanik va boshqa ko'pgina foydali xususiyatlarga ega bo'lgan materiallarga **sitall (shishakristall)** deb ataladi.

Sitall ruscha «Steklokristall» so'zidan olingan bo'lib, shishaning bosh harfi va kristall so'zining oxirgi bo'g'ini yig'indisidan iboratdir (sitall).

Sitall shisha moddalaridan tarkibi asosan, kristall va qisman shisha tuzilishiga egaligi, boshqa kristall moddalaridan esa nafis, bir tarkibli mikrokrystall tuzilishga ega ekanli, tarkibida shisha fazasining borligi bilan farqlanadi. Agar sitall kristallarining o'lchami kichik va ko'rinishi ignasimon bo'lsa, sitallning mexanikaviy mustahkamligi juda yuqori darajada bo'ladi [5].

Sitall uchun xarakterli narsa, ularning kristall donalari bichimi juda kichik ekanligi, askariyati bir mikron va undan ham kichik o'lchamda bo'lishi hisoblanadi.

2.4.3. Sitallga xos xususiyatlar.

Barcha sitall buyumlari uchun xos bo'lgan xususiyatlar mavjud:

1. Sitallar o'ta yuqori darajada mexanikaviy mustahkamlikka egadirlar. Sitallarning mustahkamligi prokat list shisha mustahkamligiga taqqoslanganda o'n marta va undan ham kattadir.

2. Sitall yuqori mikroqattqlikka ega material hisoblanadi. Bu raqam 1m^2 yuzaga hisoblanganda 1100 kg atrofida bo'ladi.

3. Sitallning yumshash harorati ham yuqori. Agar tarkibiga ishqor oksidi kirmagan shisha kristallanishiga qadar 800°C atrofida yumshasa, kristallanganidan so'ng 1350°C atrofigacha yumshamaydigan bo'lib

qoladi. Bu erda ishqor oksidi sitallning yumshashiga ta'siri muhim hisoblanadi.

4. Sitallning issiqlikka chidamliligi $300-700^\circ\text{C}$ atrofida bo'ladi.

5. Sitall yuqori darajada elektr izolyasiyasi xossasiga egadir.

6. Sitallning solishtirma og'irligi past bo'lib, uning solishtirma og'irligi $2,6-3,0\text{ g/sm}^3$ ni tashkil etadi.

Yuqorida keltirib o'tilgan va sitall (shishakristall)larga xos bo'lgan xususiyatlar ularning strukturasi kelib taqaladi. Sitallardagi kristallarni o'lchami ya'ni, 1 mkm dan kam bo'lgan kristallar miqdori hajmning 20-90 % ni tashkil qilishi mumkin. Ko'pincha tarkibi 85-90 % mayda ninasimon kristall donalari va 0-15 % shisha qoldig'idan tashkil topgan sitall (shishakristall) materiallarining sifati juda yuqori bo'ladi. Sitallarning issiqlikka chidamliligi, elektr o'tkazuvchanligi va termik kengayish kabi xossalari mayda kristallarning kimyoviy tarkibiga ham bog'liqdir. Agar sitallardagi kristall zarrachalarining kimyoviy tarkibi spodumen, kordiyerit, vollastonit, anortit, apatit, melilit, diopsidlariga to'g'ri kelsa, u holda sitall materialining ekspluatasion ko'rsatkichlari yetarli darajada bo'ladi deyish mumkin.

Sitall tarkibidagi qoldiq shisha va mayda kristallarning o'zaro «mato to'qish» usulida tabiiy birikishi, ipsimon kristallarning soqol tolasi o'lchamidagi shishalar bilan «bir tan» va «bir jon» maqomida to'qilib ketishi natijasida sitall buyumining amaliy mustahkamligi nazariy mustahkamlikka yaqinlashib qoladi [5].



7-rasm. Litiyli sitallarning elektron mikrofotografiyasi:

a-shisha 600°C li haroratda 1 soat davomida kristallangan (litiy metasilikatining dendrit kristallari ko'rinishi); (5-shisha 600 va 650°C ga haroratda 1 soat davomida kristallangan (litiy disilikatining ninasimon va ustun kristallari ko'rinishi).

Masalan, oddiy qurilish shishasining cho'zilishdagi mustahkamligi 700-2000 kg/sm² bo'lsa, 1 mkm qalinligidagi kvarts shishasidan yasalgan ipning cho'zilishdagi qarshiligi 8000 kg/sm²ga teng bo'lishi aniqlangan. Bu raqam ya'ni, 8000 kg/sm²ga teng bo'lgan qiymat sun'iy olmosning mustahkamligiga to'g'ri keladi [5].

2.4.4. Katalitik kristallash.

Sitall (shishakristall) mahsulotlarini olishda ularning asosiy kristall fazasi donalarining o'lchami kichkina, ya'ni 1 mkm dan kamroq bo'lishi haqida yuqorida gapirgan edik, ammo bu o'lchamdagi kristallarga ega bo'lgan materialni shisha asosida olish oson ish emas. Shu muammoni olimlar va mutaxassislar faqatgina XX asrning o'rtalariga kelib ijobiy hal qilishga erishdilar. Shunday nozik vazifa katalizatorlar yordamida va ishtirokida hal etildi.

Shu kunga qadar mutaxassislarga ikki tipli kristallash jarayoni ma'lum edi:

1. Gomogen (bir xil) kristallash jarayoni.

2. Geterogen (turli xil) kristallash jarayoni.

Gomogen kristallash jarayoni orqali sitall (shishakristall) buyumlarini sintez qilib olish qiyin. Chunki unda kristallash jarayonini qay darajada olib borishimizdan qat'iy nazar, katta o'lchamli kristallar hosil bo'ladi. Natijada, olinayotgan sitall (shishakristall) mahsulotining xususiyatlari yomonlashib qoladi.

Geterogen kristallash jarayoni esa, katalizatorlar yoki kristallanish nukleatorlarini qo'llash orqali kristallash jarayoni olib boriladi. Amerikalir mutaxassis Stuki va boshqa tadqiqotchilarning yozishicha, sitall olishda qo'llaniladigan katalizatorlar (kristallanish nukleatorlari) quyidagi talablarga javob berishi kerak [5]:

1. Yuqori haroratda sintez qilingan shisha tarkibida butunlay erib ketishi va shaffof-rangsiz shisha massasi hosil qilishda qatnashishi,

harorat asta-sekin pasayganida esa, shisha hajmida juda ko'p sonli kristallanish markazlarini hosil qilishi.

2. Past haroratlarda qisman erishi, shu tufayli kristallarning o'lchami juda mayda bo'lishi va sintez qilingan shishaning shaffofligiga ta'sir ko'rsatgan bo'lishi.

3. Sintez qilingan shisha massasida kristallanishga oid yangi muhit hosil qilish energiyasining past bo'lishi va shu tufayli past haroratda kristallanish markazlarini hosil kilishda faollik ko'rsatish.

4. Katalizator yoki nukliator sifatida ishlatilayotgan va shisha haroratini pasayishi tufayli birlamchi kristallanish markazlarini hosil qilayotgan moddalarning panjarasi sintez qilingan shishadan ajralib chiqayotgan kristallar - kordiyerit, spodumen, vollastonit va boshqa minerallarning panjarasiga yaqin bo'lmog'i lozim. Oradagi farq 10-15% dan oshmasligi kerak bo'ladi [5].

2.4.5. Sitall turlari.

Sitallar (shishakristallar) 2 ta katta gruppaga bo'linadi:

1. **Texnika sitallari.** Texnika sitallari o'z navbatida tarkibiga ko'ra bir nechta turlarga ajraladi, ular quyidagilardan iboratdir: a) litiyli sitall; b) qo'rg'oshinli sitall va hokazo. Ular texnika sitalli mahsulotning xossalari ko'ra ham turlanadi: a) issiqqa chidamli sitall; b) shaffof sitall va hokazo;

2. **Sanoat chiqindilari va tog' jinslari asosidagi sitallar.** Ular ham 2 ta turga ajratiladi: a) shlaksitallar; b) petrosittallar.

Shlaksitallarning uch turi adabiyotlardan ham ma'lum, ular quyidagilardan iboratdir:

a) qora metallurgiya sanoati shlaklari asosida olingan sitallar;

b) rangli metallurgiya sanoati shlaklari asosida olingan sitallar;

v) boshqa shlaklar (fosfor sanoati chiqindisi, issiqlik elektr stansiyalari kuli va boshq) asosida olingan sitallar.

Petrositallarning 2 ta turi ma'lum: ular quyidagilardan iborat:

1. Bazalt, diabaz va boshqa tog' jinslari asosidagi sitallar (shishakristallar) [3].

2. Boyitish korxonalarining ruda qoldig'i va korxonalarining boshqa chiqindilari asosida olinadigan sitallar.

Sitallarning ishlatilish sohasiga ko'ra esa, ular uchta katta gruppaga ajratiladi:

1. Qurilish sitallari.

2. Texnika sitallari.

3. Xo'jalik-maishiy sitallari.

Sitallarni tasniflashda ularning tarkibiga kirgan kristall faza nomi bilan atash ko'pgina manbalarda uchraydi. Quyida ulardan ba'zilarining nomi keltirib o'tilgan:

1. Spodumen tarkibli sitallar. Spodumen tarkibli sitallar $\text{Li}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ sistemasi asosida TiO_2 - titan (IV)-oksidi katalizatori ishtirokida olingan bo'lib, ularning asosiy kristall fazalari β -spodumen $\text{Li}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$, β -evkriptit $\text{Li}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ va kvartssimon qattiq eritmalaridan tashkil topgan bo'ladi. Titan (IV)-oksidi shisha omuxtasi tarkibiga 4-6 % miqdorgacha qo'shiladi. Sitall olish jarayoni 2 pallali bo'ladi: birinchi ishlov berish 700-900 °C atrofida 2 soat davomida olib borilsa, ikkinchi ishlov berish 1000-1150 °C atrofida 2-4 soat davomida olib boriladi.

2. Kordiyerit tarkibli sitallar. Kordiyerit tarkibli sitallar $\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ sistemasi asosida TiO_2 - titan (IV) - oksidi ishtirokida olinadi. Ularning tanasini tashkil etgan asosiy faza kordiyerit - $2\text{MgO}-2\text{Al}_2\text{O}_3-5\text{SiO}_2$ mineralidan iborat bo'ladi. Kristall markazlarini hosil qilish uchun qo'shiladigan titan (IV) - oksidining miqdori 9-11 % gacha boradi. Sitall hosil qilish jarayoni bir pog'onali bo'lib, u 1250-1300 °C harorat oralig'ida 1-16 soat davomida olib boriladi.

3. Yuqori kremnezyom tarkibli sitallar. Yuqori kremnezyom tarkibli sitallar tarkibiga 85-92 % gacha kremnezyom kirgan omuxtalar asosida olinadi. Kristallanish katalizatori rolini tarkibga kiritilgan Na_2O bajaradi. 3,6 % atrofida qo'shilgan fluor esa, kremnezyomni past haroratda erib shishaga o'tishini ta'minlaydi. Bunday sitallarning tarkibida asosiy kristall fazalari sifatida tridimit va kristobalit minerallari hosil bo'ladi. Sitall hosil qilish jarayoni ikki pog'onli bo'lib, birinchi kristallanish pog'onasi 720 °C da 2 soat davomida, ikkinchi kristallanish esa, 840-900 °C harorat oralig'ida 1-10 soat davomida amalga oshiriladi.

4. Melilit tarkibli sitallar. Melilit tarkibli sitallar $\text{MgO}-\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ sistemasi asosida SiO_2 - kremniy (IV) oksidi katalizatori ishtirokida

olingan. Sintez qilib olingan shisha tarkibiga kirgan katalizator miqdori - 10 % ni tashkil etadi. Sitall tarkibidagi kristall faza gelenit - $2\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$, akermanit - $2\text{CaO}\cdot\text{MgO}\cdot 2\text{SiO}_2$ minerallarining qattiq qotishmasiga to'g'ri keladi [3]. Sintez qilib olingan shishalarni sitallga o'tkazish 2 pog'onali bo'ladi: birinchi pog'onada harorat 750°C ni, kristallanish vaqti 2 soatni tashkil etadi; ikkinchi pog'onada esa harorat 1000°C ni, kristallanish vaqti 3 soatni tashkil etadi.

5. Diopsid tarkibli sitallar. Diopsid tarkibli sitallarning asosiy fazasi $\text{CaO}\cdot\text{MgO}\cdot 2\text{SiO}_2$ mineraliga to'g'ri keladi. Ular $\text{CaO}\cdot\text{MgO}\cdot\text{SiO}_2$ sistemasi asosida olingan bo'lib, kristallanish nukleatori vazifasini 1% miqdorda qo'shilgan Cr_2O_3 - xrom (III) oksidi bajaradi. Kristallanish jarayoni bu yerda ham ikki pog'onali bo'ladi: birinchi pog'onada harorat 850-950°C atrofida ushlangan. Adabiyotlarda bunday xolatdagi sitallarni bir pog'onali 850-950°C harorat berish orqali ham olish mumkinligi keltirilgan. Ishlatilayotgan xomashyo turiga qarab tasniflangan sanoat chiqindilari va tog' jinslari asosida olingan uch turli sitallarga oid ma'lumotlar quyida keltirilgan.

1. Shlak sitallari. Shlak sitallari sanoat chiqindilari shlaki asosida olingan. Shlaklar tarkibi (mas.% hisobida): SiO_2 -49-63, Al_2O_3 -5,4-10,7, CaO -22,9-29,6; MgO -1,3-12; Fe_2O_3 -0,1-10; MnO -1-21,5; Na_2O -2,6-5 va Cr_2O_3 -0,1-2 mas.% ga teng. Rangli sitall olishda shlak sitallariga oz miqdorda kristallanish nukleatorlari MnS va FeS lar qo'shiladi. Oq rangli sitall olishda esa, ZnO - rux (II) oksidi kiritiladi. $\text{FeS}+\text{ZnO}\rightarrow\text{ZnS}+\text{FeO}$ va $\text{MnS}+\text{ZnO}\rightarrow\text{ZnS}+\text{MnO}$ jarayonlari orqali sitall rangi oqartiriladi.

2. Kul sitallari. Kul sitallari issiqlik elektr stansiyalari kuli asosida olingan. Ko'mir kullari tarkibi (mas.% hisobida) quyidagicha: SiO_2 - 23,2-53,1; Al_2O_3 - 13,7-38,4; Fe_2O_3 - 3,1-8,4; FeO - 0-14,4. CaO - 2,6-26,7; MgO - 0,2-4,9; SO_3 - 0,8-16 va $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ - 0-2,9 mas.% ga teng. Kul tarkibidagi Fe_2O_3 va FeO moddalari kul sitallarini hosil bo'lishida kristallanish nukleatorlari vazifasini bajaradi. Bunday sitallar bir va ikki pog'onali kristallanish yo'li bilan olinadi. Olingan natijalar bir-biriga yaqin keladi.

3. Petrositallar. Sitallarning bu turini olishda 3 turli tog' jinslari ishlatiladi. Ular quyidagilardan iborat:

a) otilib chiqqan tog' jinslari - bazalt, diabaz, granit, nefelin-siyenit va boshqa minerallar;

b) cho'kindi tog' jinslari - qum, tuproq, mergel, kaolin va boshqalar;

v) metamorfik tog' jinslari - gneys, slanes, marmar, serpantin va boshq. [3].

2.4.6. Sitall olish texnologiyasi.

Sitall olish texnologiyasi oddiy bo'lib, bu texnologiya bir qancha jarayonlarni o'z ichiga qamrab oladi. Quyida kordiyerit tarkibli sitall olish chizmasi keltirilgan bo'lib: tarkibiga katalizator qo'shilgan omuxta tayyorlash (magnezit, glinazyom, kvarts qumi, titan oksidi aralashmasi) va tayyor buyumlar ombori.

Sitall xomashyosi to'g'risida gapiradigan bo'lsak, texnik sitalli xomashyosi ko'p komponentli bo'ladi. Sanoat chiqindisi va tog' jinslari asosida olinadigan sitallar xomashyosi esa, kam komponentli bo'ladi.

Texnik sitallarni ishlab chiqishda kvarts qumi, ohaktosh, soda, potash kabi xomashyo turlari ko'p ishlatiladi. Tarkibga kiruvchi temir birikmalari sitall ishlab chiqarishda katalizatorlar vazifasini bajaradi. Bu jarayon esa, sitall tannarxini pasayishiga olib keladi.

Omuxtaga (shixta) katalizatorlar metall, oksid va turli birikmalar holida qo'shiladi. Omuxtaga xrom va titan, xrom (III) - oksidi va titan (IV) - oksidi formulasida kiritiladi. Fotositall olishda esa, ularning o'rniga kumush xloridi 0,002-0,2% miqdorida, kumush sulfati esa 0,1-0,3% atrofida, oltin xloridi 0,001-0,11% atrofida kiritiladi. Agar shisha omuxtasini tarkibiga fluor qo'shilishi kerak bo'lsa, u kriolit yoki natriy-kremniy fluoridi holida kiritiladi.

Yuqoridagi ma'lumotlardan ko'rinib turibdiki, sitall omuxtasini shisha omuxtasidan tarkibga kristallanishga xizmat qiluvchi katalizatorlar yoki nukleatorlar qo'shilganligi bilan farq qiladi. Ammo xomashyolarni maydalash, quritish, sortlash kabi jarayonlar shishasozlikda ham sitall ishlab chiqarishda ham bir xil bo'ladi.

2.4.7. Sitall xossalari.

Sitallar sintez qilib olingan shishaga nisbatan yuqori fizik-kimyoviy xossalarga ega material hisoblanadi. Quyida keltirilgan 7-jadvalda shlaksitallning boshqa buyumlarga taqqoslangandagi holati va muhim xossalari keltirib o'tilgan.

7-jadval.

Shlaksitall va ba'zi bir boshqa materiallarning asosiy xossalari

Ko'rsatkich	Shlak-sitall	Deraza oyna	Beton	Cho'yan	Elektr texnika chinnisi	Bazalt quyma tosh
Solishtirma og'irlik, kg/m ³	2600-2800	2500	2200-2600	7100-7800	2500	2000-3000
Suv yutuvchanlik, %	0	0	-	0	2-6	0,20
Issiqlikka chidamliligi, °C	200-250	100	-	-	-	-
Issiqlikdan kengayish koeffitsiyenti, $\alpha \times 10^7, ^\circ\text{C}^{-1}$	65-85	89	100	100	-	80-100
Yumshashlikning boshlanish harorati, °C	950	850-570	-	-	-	1050
Mustahkamlik chegarasi MPa: statik egilish bo'yicha	90-130	70	-	280	55	47-80
Siqilish bo'yicha	700-900	600-700	5-60	800-1000	-	250-500
Ishqalanishga qarshilik, g/sm ²	0,015-0,025	0,5-0,6	-	-	0,1-0,25	0,02-0,08
Ishqalanishga	182	-	-	-	12,5	105

chidamlilik, s/mm ³						
Yung moduli, GPa	93	60-70	-	100-130	-	-
Mikroqattqlik, GPa	8,10-8,40	4-6	-	2	5	-
Kimyoviy turg'unlik, %:						
96 % li sulfat kislotada	99,80	-	-	-	-	99,90
20 % li xlorid kislotada	98-99,80	-	-	-	-	98,50
35 % li natriy gidroksidida	74,70-90	-	-	-	-	98,50

2.4.8. Sitallarning ishlatilishi.

Sitallar asosan qurilish materiallari, texnika detali va xo'jalik-maishiy buyumi sifatida ishlatiladi. Jumladan, 500x500 mm o'lchamda tayyorlangan list sitall gidrozolyasiya maqsadida keng qo'llaniladi. Sitallar yana uy-joy va sanoat qurilishida devorlarning tashqi va ichki tomonlarini oblisovka qilishda, xonalarni to'sish va polga yotqiziluvchi material sifatida ishlatiladi.

Sitall texnika sohasida ham keng qo'llaniladi. Uning spodumen tarkibli turi haroratga o'ta chidamli bo'lgani tufayli issiqlikka chidamli truba, astrooptika, raketa texnikasi detallarini yasashda ham qo'l keladi. Kordiyerit tarkibli sitall mustahkam dielektrik material olishda, izolyator yasash, elektr apparaturasi detallari yasashda keng qo'llaniladi. Yuqori kremnezyomli sitallardan payvandlash va boshqa detallar yasashda qo'llahadi. Qo'rg'oshin tarkibli shishakristallardan turli elektr vakuum asboblarini tayyorlashda va kondensatorlar yasashda keng foydalaniladi. Sitall issiqqa chidamli bo'lgani uchun laboratoriya shisha buyumlari olishda, atom texnikasida nazorat qilib turadigan sterjenlar, nasoslarning qismlari va detallari, issiqqa chidamli trubalar, raketa dvigatellarining qismlarini yasashda keng ko'lamda ishlatiladi. Atom reaktorida

ishlatiladigan nazorat sterjenlari yuqori termik uzayish xossasiga ega bo'lishi kerak, ya'ni 100x107 grad.⁻¹ dan yuqori bo'lishligi talab etiladi.

Shunday maqsadlarga CdO-In₂O₃-SiO₂ va CdO-In₂O₃-B₂O₃ tarkiblar to'g'ri keladi. Bunday sitallar radiatsiyaga bardosh bera oladigan sitallar hisoblanishadi.

III-QISM. FAN DASTURINING "SHISHA VA SITALLAR TEXNOLOGIYASI"GA OID QISMINING YANGI TAHRIRI

No	Mavzular nomi va mazmuni	Ajratilgan soat
1.1.	Shisha va shishakristall materiallar. Asosiy tushuncha va terminlar. Shisha va sitallarning tarkib, xossa va ishlatilishiga asoslangan tasnifi. Shisha hosil qiluvchi va modifikatorlar. Eritilgan, yumshagan va qattiq shishaning asosiy fizik-kimyoviy va texnologik xossalari. Shisha xossalari o'zaro bog'likligi va ularni hisoblash usullari. Shisha buyumlar va sitallar ishlab chiqarishning umumiy texnologik tizimi. Xom-ash'yo materiallari va ularni tayyorlash. Shisha pishirishning fizik-kimyoviy asoslari. Shishani shakllash, kuchlanishini yo'qotish va toblash. Buyumning sifatini nazorat etish. Atrof-muhit muhofazasi masalalari. Shisha va sitallar sohasida mavjud bo'lgan muammolar va ularning yechimlari haqida.	4
1.2.	Qurilishda ishlatiladigan shishalarni ishlab chiqarish. Qurilishda ishlatiladigan shishalarning tasnifi. Mahsulotga qo'yiladigan asosiy talablar. Xom-ash'yo materiallari. Yaxlit, po'kak, eruvchan shishalar, shisha-quvur va boshqalarni ishlab chiqarishning andozaviy texnologik tizimlari. Mahsulotning turlari, ularning asosiy xossalari va qo'llanilishi.	4

1.3.	Shisha tara va sortli shisha ishlab chiqarish. Shisha tarasining turlari va ularga qo'yiladigan talablar. Shisha tarasi olishning texnologik tizimi. Billur shishalarga qo'yiladigan talablar. Qurg'oshinli billur ishlab chiqarishning texnologik tizimi.	4
1.4.	Техник шиша ишлаб чиқариш. Кварц шиша. Shaffof va rangli shishalar. Optik shisha. Kimyoviy laboratoriya shishalari. Parchalarga ajralmaydigan shisha. Shisha tola. Buyumlarning tasnifi va assortimentlari. Shishalar tarkibi. Fizik-kimyoviy xossalari. Shishaga qo'yiladigan talablar. Xom-ash'yo materiallari. Ishlab chiqarishning andozaviy texnologik tizimlari. Texnik shishalarini ishlatadigan sohalar: kosmotexnika, aviatsiya, mashinasozlik va boshqalar. Yo'l-signal belgilari shishasi. PbO – SiO₂ sistemasi asosidagi shishalar. Ularning xossalari va ishlatilishi. O'zbekiston olimlarining PbO – SiO ₂ sistemasi asosida past haroratli shishalar olish bo'yicha ishlari Ismatov A.A., Yunusov M.Yu., Adinayev X.A. va boshqalarning ilmiy ishlari.	4
1.5.	Emallar va himoyalovchi qoplamalar ishlab chiqarish. Emallarning turlari va fizik-kimyoviy tavsifi. Xom-ash'yo materiallari. Omihtasini tuzish. Emal va himoyalovchi qoplamalarni olish texnologiyasi. Emallarni qaynatish xususiyatlari. Metall buyumlarni emallash usullari.	4
1.6.	Sitall va shlakli sitall ishlab chiqarish. Tasnifi va ishlatilishi. Sitall ishlab chiqarishning prinsipial texnologik tizimi. Qurilish, xo'jalik-maishiy, texnik sitallarni ishlab chiqarish. Asosiy xossalari va qo'llanishi. O'zbekiston tog' jinslari asosidagi shisha va sitallar. Ularni ishlab chiqarish texnologik tizimi. Olingan sitallarning xossalari va ishlatilishi.	4

O'zbekiston olimlarining yangi tarkibli shisha va sitallar olish bo'yicha ishlari Ismatov A.A., Aripova M.X., Adinayev X.A. va boshqalarning ilmiy ishlari.

IV-QISM. YANGI LABORATORIYA ISHI

4.1. PbO – SiO₂ sistemasi asosida past haroratda shisha sintez qilish.

Bajarilgan ilmiy tadqiqotlar asosida quyidagi laboratoriya ishini bajarish talabalarga tavsiya etiladi:

Laboratoriya ishining maqsadi.

PbO-SiO₂ sistemasi asosidagi omuxtalarga H₃BO₃ va Na₂CO₃ qo'shish orqali erish temperaturasini pasaytirishga erishish lozim (8-jadval).

1. Omuxta tayyorlash. Reaktiv materiallar - PbO, SiO₂, B₂O₃ va Na₂CO₃ olinadi.

8-jadval.

PbO-SiO₂ sistemasi asosidagi omuxtalarga H₃BO₃ qo'shish va ularning mineralogik va kimyoviy tarkibi.

Tar-tib №	Omuxtaning mineralogik tarkibi, mas %.			Omuxtaning kimyoviy tarkibi, mas %.			Erish temperaturasi, °C
	Pb ₃ O ₄	SiO ₂	H ₃ BO ₃	PbO	SiO ₂	B ₂ O ₃	
1	81,6	20	1,77	80	20	1	760
2	81,6	20	3,54	80	20	2	720
3	81,6	20	5,31	80	20	3	680
4	81,6	20	7,08	80	20	4	640
5	81,6	20	8,85	80	20	5	600

PbO-SiO₂ sistemasi asosidagi omuxtalarga ikkinchi navbatda Na₂CO₃ qo'shish natijasida ularning mineralogik va kimyoviy tarkibiy o'rganib chiqildi (9-jadval).

Analitik tarozida tortib olingan reaktiv materiallari agatli stupkaga joylanadi va pestik yordamida ham yaxshilab aralashtiriladi ham tuyiladi.

PbO-SiO₂ sistemasi asosidagi omuxtalarga Na₂CO₃ qo'shish va ularning mineralogik va kimyoviy tarkibi.

Tar-tib №	Omuxtaning mineralogik tarkibi, mas %.			Omuxtaning kimyoviy tarkibi, mas %.			Erish temperatura si, °C
	Pb ₃ O ₄	SiO ₂	Na ₂ CO ₃	PbO	SiO ₂	Na ₂ O	
1	81,6	20	1,7	80	20	1	750
2	81,6	20	3,4	80	20	2	740
3	81,6	20	5,1	80	20	3	730
4	81,6	20	6,8	80	20	4	720
5	81,6	20	8,5	80	20	5	710

Ya'ni 3-raqamli optimal massa tarkibiga B₂O₃ dan 1, 2, 3, 4 va 5 % gacha qo'shiladi. B₂O₃ qo'shishdan maqsad, tajriba namunalarining pishish nuqtasini kamaytirishdan iborat. Ranglari va jilosi, ayniqsa nur sindirish ko'rsatkichlari esa saqlab qolinishi kerak.

2. Shixtani eritish. 100g li omuxta platina, korunzit yoki kvartslig tigelgacha solinadi. So'nga tigel pechkaga joylanib, harorat soatiga 300 °C ko'tarilish sharti bilan 1200 °C gacha olib boriladi. Xona haroratidan 1200 °C gacha ko'tarilish uchun ketgan vaqt 3-4 soatni tashkil etadi. Yuqori haroratda omuxta 1 soatdan 4 soatgacha ushlanadi va shisha maxsus po'latdan yasalgan plastinkaga quyiladi.

3. Differensial termik analiz. Kremnezem, qo'rg'oshin oksidi va ular asosida tayyorlangan omuxtalarni DTA jarayoni 1000°C gacha olib boriladi. Ya'ni har 1 minutda 10°C dan oshib boradi. Olingan termoeffekt turlari, termoeffekt harorati va termoeffekt tabiati adabiy manbalar asosida tahlil etiladi.

4. Elektron mikroskopik tekshirish. Buning uchun namunadan 5000-15000 marta kattalikdagi rasmlar olinadi. PbO-SiO₂ sistemasi asosida olingan rasmlarda tahlil natijasiga ko'ra, shisha hosil qilganligini tasdiqlaydi.

1. "2022-2026 yillapga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning Tapaqqiyot Strategiyasi to'g'risida"gi O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60-sonli Fapmoni.

2. Adinayev X.A. Noyob yer elementlaridan foydalanib bezatish va texnik maqsadlar uchun rangli shisha va shishakristall materiallarining sintezi va o'ziga xos xususiyatlari. Avtoreferat diss. k.f.d. il. dr. u-n. – Toshkent: UNKI, 2025. – 64 b.

3. Ismatov A.A., Otaqo'ziyev T.A., Ismailov N.P., Mirzayev F.M. Noorganik materiallar texnologiyasi. Oliy o'quv yurtlari talabalari uchun darslik. Toshkent, O'zbekiston nashriyoti, 2002. – 336 b.

4. Ismatov A.A. Silikat va qiyin eriydigan nometall materiallar texnologiyasi. –T.: «Fan va texnologiya», 2006. – 576 b.

5. Ismatov A.A. Silikat va zo'rg'asuyuluvchan materiallar fizik - kimyoviy tahlilining zamonaviy usullari. – Toshkent: Fan va texnologiya, 2006. – 272 b.

6. Ismatov A.A. «Silikat va qiyin eriydigan nometall materiallar fizik-kimyoviy tahlilining zamonaviy usullari» fani doirasida rentgen tahlili bo'yicha amaliy va laboratoriya mashg'ulotlarini o'tkazishda qo'llaniladigan ma'lumotnoma. –Toshkent: TKTI, 2005. – 94 b.

7. 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.

8. Власова С.Г. Основы химической технологии стекла: учебное пособие. – Екатеринбург: Урал. ун-та, 2013. – 108 с.

9. Бобкова Н.М. Основы технологии ситаллов. – Минск: БГТУ, 2004. – 65 с.

10. Казьмина О.В., Беломестнова Э.Н., Дитц А.А. Химическая технология стекла и ситаллов. – Томск: ТПУ, 2011. – 170 с.

11. Georgiy Shakhgildyan, Michael I. Ojovan. Advanced Glasses and Glass-Ceramics. – Basel: MDPI, 2024. – 170 p.

12. Саркисов П.Д., Михайленко Н.Ю., Орлова Л.А. Стеклокристаллические материалы в структуре современного материаловедения. Стекло и керамика, 2003. – №9. – С. 8-13.
13. Гуляян Ю.А. Технология стекла и стеклоизделий / Ю. А. Гуляян. - Владимир: Транзит-Икс, 2003. – 480 с.
14. Верещагин В.И., Петровская Т.С., Дитц А.А. Технология стекла: учебное пособие. - Томск: Томского политехнического университета, 2010. – 131 с.
15. Терещенко И.М., Кравчук А.П., Павлюкевич Ю.Г. Технология сортового стекла: учеб. пособие. – Минск: БГТУ, 2021. – 151 с.
16. Гуляян, Ю.А. Технология стекла и стеклоизделий / Ю.А. Гуляян. –3-е изд., перераб. и доп. – Владимир: Транзит-ИКС, 2015. – 710 с.
17. Маневич В.Е. Сырьевые материалы, шихта и стекловарение. – Москва: «Стройматериалы», 2008. – 223 с.
18. Технология стекла: Справочные материалы / ред.: П.Д. Саркисов, Маневич В.Е., Солинов В.Ф., Субботин К.Ю. – Москва: ИПК «Чувашия», 2012. – 647 с.
19. Немилов С.В. Научные основы материаловедения стекол. СПб.: Изд-во «Лань», 2018. – 360 с.
20. Шелби Дж. Структура, свойства и технология стекла. –М.: Мир, 2006. – 288 с.
21. Кручинин Д.Ю., Фарафонов Е.П. Физическая химия стеклообразного состояния: учебное пособие / М-во науки и высшего образования РФ. - Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2021. – 108 с.
22. Бирюлев Г.Н., Гонюх В.М., Корнилов А.В. Минеральное сырье. Сырье стекольное. Справочник. М: ЗАО «Геоинформмарк». 1999. – 26 с.
23. 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.
24. ГОСТ 22552.1-2019 «Песок кварцевый, молотые песчаник, кварцит и жильный кварц для стекольной промышленности. Методы определения оксида кремния». – М.: Стандартинформ, 2019. – 5 с.
25. ГОСТ 22552.2-2019 «Песок кварцевый, молотые песчаник, кварцит и жильный кварц для стекольной промышленности. Методы определения оксида железа». – М.: Стандартинформ, 2019. – 11 с.
26. ГОСТ 22552.3-2019 «Песок кварцевый, молотые песчаник, кварцит и жильный кварц для стекольной промышленности. Методы определения оксида алюминия». – М.: Стандартинформ, 2019. – 11 с.
27. Штефан Л.В. Основы кристаллооптики: Учеб. пособие. Мн., 2003. – 98 с.
28. Тихомирова И.Н. Физическая химия тугоплавких неметаллических и силикатных материалов. Лабораторный практикум: учеб. Пособие. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2016. – 92 с.
29. Кухтин Б.А. Методы исследования стекол и стеклообразующих расплавов: Учеб. пособие. – Владимир: Изд-во Владим. гос.ун-та, 2006. – 68 с.
30. Христофоров А.И., Христофорова И.А. Расчеты физико-химических свойств стекол: Учебное пособие. – Владимир: ВГУ, 2004. – 80 с.
31. Немилов С.В. «Оптическое материаловедение: Физическая химия стекла». Учебное пособие. СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. – 113 с.
32. Сулименко Л.М. Общая технология силикатов. Учебник. – М.: НИЦ. Инфра, 2020. – 336 с.
33. 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.
34. Пушаровский Д.Ю. Рентгенография минералов. – Москва: ЗАО «Геоинформмарк». 2000. – 288 с.
35. Булах А.Г., Кривовичев В.Г., Золотарев А.А. Общая минералогия. Учебник. – М.: Академия, 2008. – 183 с.
36. Ситникова В.Е. Методы термического анализа. Практикум / Ситникова В.Е., Пономарева А.А., Успенская М.В. – СПб: Университет ИТМО, 2021. – 152 с.

37. Хайруллина З.З. Метод термического анализа. Методические указания к лабораторной работе. - Казань: Казан. нац. иссл. технол. ун-т. Казань, 2020. - 26 с.

38. 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.

39. Зуев В.В. Применение ИК спектроскопии на предприятиях ТЭК: Учебно-методическое пособие. - СПб: Университет ИТМО, 2020. - 61 с.

40. Жуков А.Ф. и др. Химические методы анализа: учебное пособие для химико-технологических вузов / Под ред. Петрухина О.М., Кузнецовой Л.Б. - М.: Лаборатория знаний, 2023. - 478 с.

41. 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.

42. Babayev Z.K. Orolbo'yi noorganik 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.

43. Гулоян Ю.А. Физико-химические основы технологии стекла / Ю.А. Гулоян. - Владимир: Транзит-Икс, 2008. - 736 с.

44. 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.

45. 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.

46. 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.

47. 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.

48. 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.

49. Adinayev X.A. Suyuqlantiruvchi qo'shimchalar va shisha chiqindilari qo'shilgan qo'rg'oshin silikatli shishalarni sintezi // O'zbekiston Konchilik xabarnomasi ilmiy-texnik va ishlab chiqarish jurnali. - Toshkent, 2023. - №2. - 101-103 b.

50. Adinayev Kh.A., Kadirova Z.R. PbO-SiO₂ sistemasi asosidagi shixtalarning differensial termik tahlili // O'zMU xabarnomasi. - Toshkent, 2023. - №3/2. - 246-248 b.

51. Adinayev X.A., Qodirova Z.R., Qodirov R.A. Shisha olishdagi asosiy xomashyo Sherobod va Jarqo'rg'on kvarts qumlarining infraqizil spektroskopik va differensial termik tahlili // Fan va texnologiyalar taraqqiyoti. Ilmiy-texnikaviy jurnal. - Buxoro, 2023. - №5. - 48-51 b.

52. Adinayev X.A., Qodirova Z.R. Respublika janubidagi ayrim mahalliy xomashyolar va texnogen chiqindilardan shisha olish uchun ularni zamonaviy fizik-kimyoviy usullardagi taxlili // Kompozitsion materiallar. Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali. - Toshkent, 2023. - №1. - 17-20 b.

53. 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.

54. Adinaev Kh.A., Kadirova Z.R. Processing of the content of colored glass materials for decorative comepositions and researching their main properties // RA Journal of Applied Research. 2022. - №8. - P. 801-803.

55. Адинаев Х.А., Кадырова З.Р. Кристаллизация стёкол методом массовой кристаллизации // Химическая промышленность. – Санкт-Петербург, 2022. – №2. – С. 74-77.

56. Адинаев Х.А., Кадырова З.Р. Получение прозрачного стекла из сыра, на основе системы свинца-кремния и его дифференциально-термический анализ (ДТА) // Узбекский химический журнал. – Ташкент, 2022. – №5. – С. 28-33.

57. А.А. Исмамов, К.Ю. Исмамов, Х.А. Адинаев. Получение, свойства и применение стекол на основе системы $PbO-SiO_2$. // Узбекский химический журнал. Ташкент, 2000. – №1, – С. 8-10.

58. Х.А. Adinayev, К.Ю. Ismatov, А.А. Ismatov. $PbO-SiO_2$ sistemasi asosidagi shixtalarga B_2O_3 qo'shish natijasida eruvchanlikni pasaytirishga erishish. // Новые Неорганические материалы II, Доклады участников научно-технической конференции. ТХТИ, Ташкент, 2000. – С. 7-9.

59. Х.А. Adinayev, К.Ю. Ismatov, А.А. Ismatov. $PbO-SiO_2$ sistemasi asosidagi shixtalarga Na_2O_3 qo'shish natijalari. // Toshkent kimyo-texnologiya instituti professor-o'qituvchilari, aspirantlari, ilmiy xodimlarining ilmiy-nazariy va texnikaviy anjumani bayonlari, 4-7 aprel 2000. ТКТИ, Toshkent, 2000y. – 3 b.

60. Х.А. Adinayev, А.А. Ismatov. $PbO-SiO_2$ sistemasi asosidagi shixtalarga H_3BO_3 va Na_2CO_3 larni kompleks qo'shish natijalari. // Toshkent kimyo-texnologiya instituti talabalarining ilmiy-nazariy va texnikaviy anjumani bayonlari, 4-7 aprel 2000y. ТКТИ, Toshkent, 2000. – 84 b.

61. Х.А. Adinayev, К.Ю. Ismatov, А.А. Ismatov. Mikroshishashariklar olish texnologiyasi chiqindilaridan samarali foydalanish. // «INNOVATSIYA-2000» Xalqaro ilmiy-amaliy anjumani ilmiy maqolalar to'plami. Buxoro, 2000. – 321-322 betlar.

62. Х.А. Adinayev, К.Ю. Ismatov, А.А. Ismatov. Sanoat korxonalarini sharoitida $PbO-SiO_2$ sistemasi asosidagi yo'l-signal belgilarini ishlab chiqish. // Toshkent kimyo-texnologiya instituti professor-o'qituvchilari, aspirantlari, ilmiy xodimlarining ilmiy-nazariy va texnikaviy anjumani bayonlari, 3-5 aprel 2001y. ТКТИ, Toshkent, 2001. – 5 b.

63. Х.А. Adinayev, К.Ю. Ismatov, А.А. Ismatov. $PbO-SiO_2$ sistemasi asosida past haroratda pishuvchi shishalar olish. // «Innovatsiya-2001» Xalqaro ilmiy-amaliy anjumani ilmiy maqolalar to'plami. Toshkent, 2001. – 283-285 betlar.

64. Х.А. Adinayev, К.Ю. Ismatov, А.А. Ismatov. Mikroshariklar ishlab chiqaruvchi qurilmada olingan zarrachalarni fraksiyalarga ajratish. // Aktualnye problemy analiticheskoy khimii I-Respublikanskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya, posvyayennaya 70-letiyu akademika A.G. Ganiyeva, 23-25 aprelya 2002. TerDU, Termez, 2002. – С. 170.

65. Ismatov А.А., Adinayev Х.А. Past haroratda pishuvchi shishalar olishning ba'zibir nazariy va amaliy masalalari. // "Kimyo va kimyoviy texnologiyaning dolzarb muammolari" Respublika ilmiy-texnika anjumanining asarlari to'plami. Toshkent, 2002. – 211-214 betlar.

66. Ismatov А.А., Adinayev Х.А. Qo'rg'oshinli surik – kremnezem sistemasi asosidagi shixtalarni differensial termik taxlili. // "Umidli kimyogarlari - 2008" Ilmiy – texnik anjumanidagi maqolalar to'plami, II-Tom. ТКТИ, Toshkent, 2008. – 82-84 betlar.

67. Х.А. Адинаев. Термографическое и электронно-микроскопическое изучение свинцовосиликатных стекол. // Узбекский химический журнал. Ташкент, 2008. – №6, – С. 26-30.

68. Х.А. Адинаев, А.А. Исмамов. Термографические и ИК-спектроскопические исследования стекол для микрошариков с использованием оксидов редкоземельных металлов. // Композиционные материалы журнал. Ташкент, 2008. – №3, – С. 17-20.

69. Adinayev Х.А., Qodirova Z.R., Qodirov R.A. Surxondaryo viloyati kvarts qumlari kimyoviy va element tarkiblarining tahlili // Республиканская научно-практическая конференция с международным участием Инновационные технологии переработки минерального и техногенного сырья химической, металлургической, нефтехимической отраслей и производства строительных материалов – Ташкент: ИОНХ АН РУз, 2022. – С. 550-551.

70. Adinayev Х.А., Qodirova Z.R., Adinayeva Q.Yu. Past haroratda pishuvchi shishalar olish // "Zamonaviy kimyoviy va fizikaviy

texnologiyalarda paradigmalari: an'analar va innovatsion yondashuvlarni o'zaro ta'siri" mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya materiallari to'plami. – Yangier: TKTI Yangier filiali, 2022. – 68 b.

71. Adinayev X.A. Xondiza kon boshqarmasi qo'rg'oshin chiqindisining skanerlovchi elektron mikroskopik usulida taxlili // "Ishlab chiqarishning texnik, muhandislik va texnologik muammolari innovatsion yechimlari" mavzusidagi Xalqaro miqyosidagi ilmiy-texnik anjuman materiallari to'plami. – Jizzax: JizPI, 2022. – 512-515 b.

72. 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.

73. Adinaev Kh.A., Kadirova

74. Z.R. X-ray phase analysis of Sherobod and Jarkurgan quartz sands // VII International scientific and practical conference "Application of knowledge for the development of science". – Sweden (Stockholm), 2023. – P. 337-339.

75. Adinayev X.A., Qodirova Z.R. Boyitilgan Sherobod va Ugun konlari kvarts qumlaridan shisha ishlab chiqarishda foydalanish imkoniyatlari // "Innovatsion texnika va texnologiyalarning qishloq xo'jaligi oziq-ovqat tarmog'idagi muammo va istiqbollari" mavzusidagi IV Xalqaro ilmiy-texnik anj. material. to'plami. – Toshkent: TDTU, 2024. – 330-331 b.

MUNDARIJA

	Bet
KIRISH	3
I-QISM. FAN DASTURINING "SHISHA VA SITALLAR TEXNOLOGIYASI"GA OID QISMI	5
II-QISM. ILMIY – TADQIQOT ISHLARI BO'YICHA YANGI NATIJALAR	7
2.1. Shishalar haqida umumiy tushunchalar	7
2.2. Past haroratli shishalar olish	9
2.3. Shaffof-rangsiz shisha sintezi	15
2.4. Sitallar haqida umumiy tushunchalar	25
III-QISM. FAN DASTURINING "SHISHA VA SITALLAR TEXNOLOGIYASI"GA OID QISMINING YANGI TAHRIRI	35
IV-QISM. YANGI LABORATORIYA ISHI.....	37
4.1. PbO-SiO ₂ sistemasi asosida past haroratda shisha sintez qilish	37
FOYDALANILGAN ADABIYOTLAP RO'YHATI	39

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY TA’LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI
DENOV TADBIRKORLIK VA PEDAGOGIKA INSTITUTI

ADINAYEV X.A.

SILIKATLAR UMUMIY TEXNOLOGIYASI

Muharrir: t.f.d., dots. Xo‘jamqulov S.Z.
Texnik muharrir: Abduraxmonov S.T.

Tasdiqnoma № 209801. 21.01.2024
Terishga 23.10.2025-yilda berildi.
Bosishga 25.10.2025-yilda ruxsat etildi.
Format 60x84/. Hajmi 3 bosma taboq.
Buyurtma № 20. Times New Roman.
50 nusxada. 48 bet.

“ABDULAZIZ DIYORBEBEK X/K” nashriyotida tayyorlandi va
“TERMIZ PUBLISHING CENTER” chop etildi



2079



Surxondaryo viloyati, Qumqo‘rg‘on tumani, Obod ko‘chasi 65-uy,
TIF "O‘ZMILLIYBANK" BANKINING BOSH OFISI, MFO: 00450,

INN: 305760254 H/R: 2020800005047025001

Telefon: +998-90-644-48-75



2079



9 789910 829383