

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI**  
**OLIY TA'LIM, FAN VA INOVATSIYALARI VAZIRLIGI**  
**TERMIZ DAVLAT UNIVERSITETI**  
**MAGISTRATURA BO'LIMI**

**Qo'lyozma huquqida**  
**UDK: 547.245**

**Normamatov Abdujabbor Mamatraimovich**

**“Mahalliy kvars qumlari asosida alkoksisilanlar olish usullarini ishlab  
chiqish”**

**70530101 – “Kimyo (fan yo'nalishlari bo'yicha)” magistr akademik darajasini  
olish uchun yozilgan**

**DISSERTATSIYA**

**Ilmiy rahbar :**



**dots Eshmurodov X.E**

**Termiz – 2023**

Termiz davlat universiteti magistratura bo'limi kimyo (fan yo'nalishi bo'yicha) mutaxassisligi II kurs magistranti Normamatov Abdujabbor Mamatraimovichning "Mahalliy kvarts qumlari asosida alkoksisilanlar olish usullarini ishlab chiqish" mavzusidagi magistrlik dissertatsiyasiga

### ANNOTATSIYASI

**Tayanch so'zlar:** alkoksisilanlar, kremniyorganik birikma, mahalliy kvarts qum, polidimetilsiloksan, tetraetoksisilan.

**Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati.** Hozirgi kunda dunyoda elementorganik birikmalar, xususan, kremniyorganik birikmalar arzon xomashyo sifatida qurilish, avtomobilsozlik, aviasiya, tibbiyot, ekologiya, farmakologiya, oziq-ovqat, yengil sanoat kabi ko'plab soxalarda ishlatilmoqda, shuningdek, yuqori bosim va haroratda ishlaydigan gidravlik qurilmalarda kompleks xususiyatlarga ega bo'lgan qimmatbaho materiallar sifatida muhim ahamiyat kasb etadi. Kremniyaorganik birikmalar suv va issiqlik ta'siriga chidamli materiallar olishda modifikator sifatida qo'llanilganda, ularning mustahkamligini, turli agressiv muxitlarga chidamliligini oshiradi, organik va noorganik tarkibiy qismlarning o'zaro mustahkam bog'lanishiga xizmat qiladi.

**Tadqiqotning maqsadi.** Mahalliy kvarts qumlari asosida alkoksisilanlar olish. Olingan alkoksisilanlarning, birikmalarning tarkibi, tuzilishi hamda xossalari aniqlashdan iborat.

**Tadqiqotning vazifalari:** mahalliy kvarts qumlarining tarkibini o'rganish, ularni boyitish usullarini aniqlash. Qum tarkibidagi kremniy oksiddan kremniyning boshqa birikmalarini olishning turli usullarini o'rganish va tahlil qilish;

alkoksisilanlar olish usullarini ishlab chiqish;

olingan alkoksisilanlarning xossalari zamonaviy usullat yordamida tadqiq qilish, ularning qo'llanilish sohalarini aniqlash.

**Tadqiqotning ob'ekti** tarkibida kremnezyom bo'lgan O'zbekistonning turli konlariga tegishli tomirli kvarts va kvarts qumlari ko'rinishidagi xomashyo, uglerodli tiklovchilar, uglerodli tiklovchi va kvartsdan iborat briketlar,

shuningdek, kremniyli birkimlar asosida olinadigan alkoksilanlardan iborat.

**Tadqiqotning predmeti** mahalliy kvars qumlari asosida kremniyorganik birkimlar olish usullarini ishlab chiqish hisoblanadi.

**Tadqiqotning usullari:** dissertatsiya ishida IQ-spektroskopiya, SEM, element tahlil usullaridan foydalanilgan.

**Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.** Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati kremniy va uning qotishmalarini mahalliy kvars qumlari, kremniy va uning qotishmalari ishlab chiqarishida paydo bo'ladigan chiqindilardan tayyorlangan shixtalarni briketlashdan foydalangan holda kremniy va ferrosilitsiyani eritishning yangi texnologiyalarini ishlab chiqilganligi va asoslanlanganligi, noan'anaviy tiklovchi sifatida tabiiy gazdan foydalanish mumkinligi ilmiy asoslab berilganligi, shuningdek kremniy va kremniyli qotishmalarni karbotermik tiklash jarayonlarini jiddiy yaxshilash va ishlab chiqilgan texnologiyalardan nazariy tadqiqotlarda foydalanish mumkinligi bilan izohlanadi. Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati ishlab chiqilgan mayda dispersli chiqindilarni briketlash texnologiyasi metallurgiya, tog' jinslarini qazib olish sanoati va energetik-yonilg'i komplekslarida paydo bo'ladigan sanoat chiqindilarini xomashyo sifatida ishlab chiqarishga qaytarish mumkinligi bilan belgilanadi.

**Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi.** Dissertatsiya ish mavzusi bo'yicha bajarilgan ilmiy-tadqiqot natijalari Termiz davlat universiteti talabalarining 2022-yilgi ilmiy-tadqiqotlari yakunlariga bag'ishlangan ilmiy-nazariy konferensiyada ma'ruza qilingan.

**Ishning tuzilishi va hajmi.** Dissertatsiya kirish, 3 ta bob, xulosa foydalanilgan adabiyotlar (84 ta nomdagi) ro'yxatidan iborat. Dissertatsiya hajmi 68 betni tashkil etadi.

To the thesis of Normamatov Abdujabbor Mamatralmovich, a second-year graduate student of the Master's Department of Termiz State University, majoring in chemistry (in the field of science), on the topic "Development of methods for obtaining alkoxy silanes based on local quartz sands"

### ANNOTATION

**Key words:** Alkoxy silanes, organic silicon compound, local quartz sand, polydimethylsiloxane, tetraethoxy silane.

**Relevance and necessity of the dissertation topic.** Currently, elemental organic compounds, especially organic silicon compounds, are used as cheap raw materials in many fields such as construction, automobile industry, aviation, medicine, ecology, pharmacology, food, light industry, and also have complex properties in hydraulic devices operating at high pressure and temperature. is important as valuable materials. When organosilicon compounds are used as modifiers in the production of water- and heat-resistant materials, they increase their strength, resistance to various aggressive environments, and serve as a strong bond between organic and inorganic components.

**The purpose of the study.** Alkoxy silanes based on local quartz sands. It consists in determining the composition, structure and properties of the obtained alkoxy silanes and compounds.

**Tasks of the research:** to study the composition of local quartz sands, to determine methods of their enrichment. Study and analysis of various methods of obtaining other compounds of silicon from silicon oxide contained in sand;

development of methods for obtaining alkoxy silanes;

to study the properties of the obtained alkoxy silanes using modern methods, to determine their fields of application.

**The object of the study** It consists of raw materials in the form of veined quartz and quartz sand belonging to various mines of Uzbekistan containing silica, carbon regenerator, briquettes consisting of carbon regenerator and quartz, as well as alkoxy silanes obtained on the basis of silicon compounds.

**The subject of research** is the development of methods for obtaining organosilicon compounds based on local quartz sands.

**Research methods:** IR-spectroscopy, SEM, elemental analysis methods were used in the thesis work.

**Scientific and practical significance of research results.** The scientific significance of the research results is the fact that new technologies for melting silicon and ferrosilicon using briquetting of silicon and its alloys from local quartz sands, wastes from the production of silicon and its alloys have been developed and justified, and the possibility of using natural gas as an unconventional regenerator. given, as well as significant improvement of the carbothermic recovery processes of silicon and silicon alloys, and the possibility of using the developed technologies in theoretical research. The practical significance of the research results is determined by the fact that the developed technology of briquetting of fine dispersed waste can be returned to the production of industrial waste generated in metallurgy, rock mining industry and energy-fuel complexes as raw materials.

**Publication of research results.** The results of research conducted on the topic of the thesis were presented at the scientific-theoretical conference dedicated to the results of research of students of Termiz State University in 2022.

**The structure and scope of work.** The dissertation consists of an introduction, 3 chapters, 4 conclusions and a list of used literature (84 names). The length of the dissertation is 68 pages.

## QABUL QILINGAN QISQARTIRISHLAR RO'YXATI

APTES	3-aminopropil-trietoksisilan
APDES	3-aminopropil-etil-dietoksisilan
APES	3-aminopropil-dietil-etoksisilan

## Mundarija:

<b>Kirish</b>	.....	3
<b>I.bob</b>	<b>Alkoxsisilanlarni olish usullari va ularning qo'llanilishi.....</b>	<b>5</b>
I.1§.	Alkoxsisilanlarning olinishi .....	5
I.2§.	Alkoxsisilanlarning tuzilishi va xossalari.....	11
I.3§.	Alkoxsisilanlarning ishlatilishi.....	14
<b>II.bob</b>	<b>Mahalliy kvarts qumlari asosida alkoxsisilanlar sintezi.....</b>	<b>22</b>
II.1§.	Reaktivlar asboblari va tadqiqot usullari.....	22
II.2§.	Kvarts qumlarni boyitish va kremniy ajratib olish.....	24
II.3§.	Toza kremniydan kremniy (IV) xlorid olish.....	28
II.4§.	Kremniy (IV) xlorid asosida alkoxsisilanlar sintezi.....	30
<b>III.bob</b>	<b>Mahalliy kvarts qumlari asosida sintez qilingan alkoxsisilanlarning tadqiqoti.....</b>	<b>43</b>
III.1§.	Kremniy saqlagan gliftal smolalar fizik-kimyoviy xossalarini o'rganish.....	43
III.2§.	Olingan alkoxsisilanlarning rentgenografik tahlili.....	50
III.3§.	Olingan alkoxsisilanlarning termik tahlili.....	56
<b>IV.bob</b>	<b>XULOSA.....</b>	<b>58</b>
<b>V.bob</b>	<b>ADABIYOTLAR.....</b>	<b>59</b>

## Kirish

**Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati.** Hozirgi kunda dunyoda elementorganik birikmalar, xususan, kremniyorganik birikmalar arzon xomashyo sifatida qurilish, avtomobilsozlik, aviasiya, tibbiyot, ekologiya, farmakologiya, oziq-ovqat, yengil sanoat kabi ko'plab soxalarda ishlatilmoqda, shuningdek, yuqori bosim va haroratda ishlaydigan gidravlik qurilmalarda kompleks xususiyatlarga ega bo'lgan qimmatbaho materiallar sifatida muhim ahamiyat kasb etadi. Kremniyaorganik birikmalar suv va issiqlik ta'siriga chidamli materiallar olishda modifikator sifatida qo'llanilganda, ularning mustahkamligini, turli agressiv muxitlarga chidamliligini oshiradi, organik va noorganik tarkibiy qismlarning o'zaro mustahkam bog'lanishiga xizmat qiladi.

**Tadqiqotning maqsadi.** Mahalliy kvarts qumlari asosida alkoksisilanlar olish. Olingan alkoksisilanlarning, birikmalarning tarkibi, tuzilishi hamda xossalari aniqlashdan iborat.

**Tadqiqotning vazifalari:** mahalliy kvarts qumlarining tarkibini o'rganish, ularni boyitish usullarini aniqlash. Qum tarkibidagi kremniy oksiddan kremniyning boshqa birikmalarini olishning turli usullarini o'rganish va tahlil qilish;

alkoksisilanlar olish usullarini ishlab chiqish;

olingan alkoksisilanlarning xossalari zamonaviy usullat yordamida tadqiq qilish, ularning qo'llanilish sohalari aniqlash.

**Tadqiqotning ob'ekti** tarkibida kremnezyom bo'lgan O'zbekistonning turli konlariga tegishli tomirli kvarts va kvarts qumlari ko'rinishidagi xomashyo, uglerodli tiklovchilar, uglerodli tiklovchi va kvartsdan iborat briketlar, shuningdek, kremniyli birikmalar asosida olinadigan alkoksisilanlardan iborat.

**Tadqiqotning predmeti** mahalliy kvarts qumlari asosida kremniyorganik birikmalar olish usullarini ishlab chiqish hisoblanadi.

**Tadqiqotning usullari:** dissertatsiya ishida IQ-spektroskopiya, SEM, element tahlil usullaridan foydalanilgan.



**Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.** Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati kremniy va uning qotishmalarini mahalliy kvars qumlari, kremniy va uning qotishmalari ishlab chiqarishida paydo bo'ladigan chiqindilardan tayyorlangan shixtalarni briketlashdan foydalangan holda kremniy va ferrosilitsiyni eritishning yangi texnologiyalarini ishlab chiqilganligi va asoslanlanganligi, noan'anaviy tiklovchi sifatida tabiiy gazdan foydalanish mumkinligi ilmiy asoslab berilganligi, shuningdek kremniy va kremniyli qotishmalarni karbotermik tiklash jarayonlarini jiddiy yaxshilash va ishlab chiqilgan texnologiyalardan nazariy tadqiqotlarda foydalanish mumkinligi bilan izohlanadi. Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati ishlab chiqilgan mayda dispersli chiqindilarni briketlash texnologiyasi metallurgiya, tog' jinslarini qazib olish sanoati va energetik-yonilg'i komplekslarida paydo bo'ladigan sanoat chiqindilarini xomashyo sifatida ishlab chiqarishga qaytarish mumkinligi bilan belgilanadi.

**Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi.** Dissertatsiya ish mavzusi bo'yicha bajarilgan ilmiy-tadqiqot natijalari Termiz davlat universiteti talabalarining 2022 yilgi ilmiy-tadqiqotlari yakunlariga bag'ishlangan ilmiy-nazariy konferensiyada ma'ruza qilingan.

**Ishning tuzilishi va hajmi.** Dissertatsiya kirish, 3 ta bob, xulosa foydalanilgan adabiyotlar (47 ta nomdagi) ro'yxatidan iborat. Dissertatsiya hajmi 78 betni tashkil etadi.

## I - bob. Alkoksisilanlarni olish usullari va ularning qo'llanilishi

### I.1. Alkoksisilanlarning olinishi.

Butun dunyoda bo'lgani kabi mamlakatimizda ham kimyo sanoati jadal rivojlanmoqda. Tabiiyki, kimyo sanoatining yosh tarmog'i hisoblangan organoelement monomerlar, oligomerlar va polimerlar sanoati ham jadal rivojlanmoqda. Bu ularning noyob xususiyatlarining xilma-xilligi bilan bog'liq bo'lib, ular xalq xo'jaligining turli sohalarida, kundalik hayotda, tibbiyotda va zamonaviy texnologiyalarning jadal rivojlanib borayotgan yangi sohalarida (radio va mikroelektronika, ovozdan tezkor samolyotlar qurilishi, sun'iy yo'ldoshlarni yaratish) organoelement monomerlar va polimerlardan keng foydalanish imkonini beradi. Shuning uchun hozirda faqatgina silikon organik monomerlar, oligomerlar va polimerlar boshqa organoelement birikmalarini hisobga olmaganda ham minglab nomlarda ishlab chiqariladi va sotiladi. Bunday ko'p miqdordagi turli xil organoelement birikmalarining sintezi ham turlicha reaksiyalar asosida amalga oshiriladi [1, 416-b.].

Kremniyorganik birikmalarning noorganik birikmlar bilan reaksiyalari va ularning hususiyatlariga bog'liqlik qonuniyatlarini A.P.Kreshkov tomonidan birinchilardan bo'lib o'rganilgan

Odatda organoalkoksisilanlar tegishli xlorosilanlarni spirtlar bilan vodorod xlorid qabul qiluvchilar ishtirokida yoki ularsiz esterifikatsiya qilish orqali olinadi. Bundan tashqari, ko'proq nashrlar monohidrik spirtlar va fenollarga bag'ishlangan.



Si-H aloqalarini o'z ichiga olgan birikmalardan foydalanganda, jarayon qiyinroq va past rentabellikga ega alkoksisilanlarning hosil bo'lishi bilan yakunlanadi.

Bu jarayonni o'rganish organoxlorosilanlarning esterifikatsiyasi natijasida olingan reaksiya aralashmasida maqsadli mahsulotdan tashqari, etil spirti, vodorod xlorid va ortosilikat kislota xloroefirlari borligini ko'rsatdi.

Tetraetoksisilanning noorganik birikmlar bilan reaksiyalarining ba'zi qonuniyatlari keltirilgan. Bu ishda kremniyorganik birikmlarning boshqa elementlar

bilan reaksiyaga kirishish qonuniyatlarini bu elementlarning D.I.Mendeleyev davriy sistemasidagi o'rni bilan tushuntirishga harakat qilingan. Birinchi va ikkinchi guruhning asosiy guruhcha elementlari uchun silikatlar hosil qilish reaksiyalari hosil bo'lib, katta radius va kichik zaryad qiymatiga ega bo'lishi hisobiga asosan kislorod atomi bilan birikishi orqali tushuntiriladi. Uchinchi va to'rtinchi guruh elementlari ko'p valentli bo'lganligi va energiyasi o'rtacha elementlar qatoriga kirganligi sababli, bu elementlarning tuzlari kremniyorganik birikmalar bilan reaksiyalarda tuzlar, efirlar va aralash tipdagi birikmalar hosil qila oladi. Beshinchi va undan yuqori guruhdagi elementlar katta zaryadli kationlar hosil qilgani uchun kremniyorganik birikmalar bilan ko'pincha efirlar hosil qiladi. Ma'lumki, oddiy holatda silikatlar yuzasi gidratlangan holatda, yuzadagi giroksil guruhlari tashqi atomlar bilan bo'ladi. Bu silikatlar yuzasining kimyoviy hossalari ta'sir qiluvchi asosiy faktor bo'lib, uning gidratlanish darajasini ham belgilaydi[2].

Kremniyorganik birikmalarning turli-tuman sohalarda keng ishlatila boshlanish o'tgan asrga to'g'ri keladi. Natijada bu birikmalarni tekshirish usullari ham rivojlanib bordi. Hozirda polimer va monomer holatidagi kremniyorganik birikmalarning tarkibi va tuzilishini aniqlash, hususiyatlarini o'rganish uchun ko'plab zamonaviy usullardan foydalaniladi.

Hozirgi vaqtda kremniyorganik birikmalarning sifat va miqdor analizini quyidagicha tasniflash mumkin [3, 544-b.]:

- turli birikmalar: suyuqlik, qattiq va gazlar (moylar, laklar, smolalar, plastmassalar) tarkibidan kremniyorganik birikmalarni aniqlash usullari;
- kremniyorganik birikmalar tarkibidagi elementlar, funksional guruhlar va kimyoviy bog'larni aniqlash orqali birikmaning kimyoviy tarkibi va tuzilishini aniqlash usullari;
- maxsus sifat reaksiyalari orqali kremniyorganik birikmaning qaysi sinfga tegishligini aniqlash orqali murakkab kompozitsiyalarning tarkibi va uni olishda qo'llanilgan birikmalarni o'rganish usullari;

- gidrolitik parchalash, quruq va ho'l usulda oksidlash, kislorod oqimida kuydirish va suyultirish kabi agressiv kimyoviy usullarga asoslangan elementlar miqdoriy analizi;

- birikmalar tarkibidagi funksoinal guruhlar va kimyoviy bog'larni miqdoriy aniqlashga asoslangan ko'p qo'llaniladigan usullar;

- fizikaviy va fizik-kimyoviy tahlil usullari (kristalloptik, xromatografik, elektrometrik, fotometrik, spektral, rentgenstrukturaviy va b.) asosida alohida olingan kremniyorganik birikmalarning tuzilishi va tarkibini aniqlash, shuningdek, ularning aralashmalari tarkibini aniqlash;

- fizikaviy konstantalarni (suyuqlanish, qotish va qaynash haroratlari, bug' bosimi, qovushqoqlik, molekulyar massa) aniqlashga asoslangan usullar;

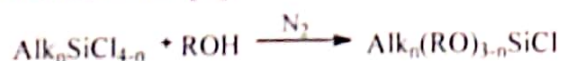
- kremniyorganik mahsulotlarning sifatini nazorat qilish usullari (turli qotishmalar, xomashyo, mahsulotlar, yarimo'tkazgichlar va b.).

Kremniyorganik birikmalarni analiz qilishning o'ziga xos tomonlari ham mavjud. Bu o'ziga hoslikning asosiy sababi organik birikmalar va kremniyning noorganik birikmalarga hos bo'lgan ikkiyoqlama hususiyatlarning mavjudligi hisoblanadi [4, 348-b.].

Trialkoksisilanlarni sintez qilishning ikki bosqichli usuli 90°C dan yuqori bo'lmagan haroratda ham ishlab chiqilgan bo'lib, u spirtning ajralib chiqqan vodorod xlorid bilan o'zaro ta'sirini istisno qilish imkoniyatini nazarda tutadi.

Birinchi bosqichda xlorosilanni alkogolsiz esterifikatsiya qilish amalga oshiriladi, ikkinchi bosqichda esa, qolgan spirt miqdori (shu jumladan, 10% ortiqcha) reaksiya aralashmasiga kiritiladi.

Alkilmonoxloroalkoksisilanlar quruq azot bilan qizdirilganda, vodorod xloridini ajratib olish uchun nurlanadi [5].



Metilxlorometildixlorosilanning metanol bilan esterifikatsiyasi vodorod xloridning qabul qiluvchisi sifatida N-metilmorfolin yordamida ham amalga oshirilishi mumkin.

**Polisilanlarni** sintez qilish usullariga asosan Vyurs tipidagi reaksiyalar, niqoblangan disilanlarning anion polimerlanishi, silanlarni katalitik degidrogenlanishi, dixlorosilanlarni parchalash usullaridan keng foydalaniladi. Polisilanlarni sanoat miqiyosida fotorezistorlar tayyorlashda, yarim o'tkazgichlar

texnologiyasida, polikarbosilanlar sintezi uchun perekursorlar olishda qo'llaniladi. Polisilan molekulasidagi kremniy-kremniy bog'larning o'ziga hos hususiyatlari bu birikmalarning elektronika sohasida keng ishlatishga imkon beradi. Polisilanlarning hossalriga uning molekulyar massasi va yon zanjirining tuzilishi va tarkibi kuchli ta'sir qiladi [6, 457-478-b.].

Vyurs tipidagi birikish reaksiyalariga asoslangan polisilanlar olishning an'anaviy usuli eng keng tarqalgan sintetik usul hisoblanadi. Bu usulda galogensilanlar natriy yoki litiy kukuni bilan ta'sirlashadi va inert erituvchi (toluol, benzol, tetragidrofuran) muhitida polimerlanib olinadi. Shuningdek, anion polimerlanish, xalqa ochilishi evaziga boradigan polimerlanish, silanlarni katalitik degidrogenlash, Lyuis kislotalari va litiy xlorid ishtirokida dixlorsilanlarning magniy bilan qaytarilishi qo'llaniladi [7, 711-718-b., 8, 269-271-b.]. Biroq bu usullar beqaror yorug'lik va namlik sharoitlari tufayli boshqariladigan sintez reaksiyalarida muammolarga duch keladi [9, 408-447-b.].

**Polikarbosilanlarning** asosiy uglerod zanjirining metilen, viniliden, fenilen kabi tuzilishlari mavjudligi uchun murakkab tuzilishga ega. Ba'zi polikarbosilanlarda konyugirlangan qo'shbog'larning mavjudligi tufayli to'yinmagan karbosilanlar deb ataladi. Polikarbosilanlarni sintez qilishning bir qancha usullari mavjud. Ulardan biri polisilanlarni piroliz qilish usuli bo'lib, Kumada qayta guruhlanishi deb ataladi. Bu usulning o'zi yuqori bosim va atmosfera bosimi usullariga bo'linadi [10, 307-311-b., 11, 1188-1194-b., 12, 3114-3121-b., 13, 6474-6478-b.]

Shuningdek, xalqa ochish polimerizatsiyasi, trimetilsilanning degidrogenlanishi, vinilgidrosilanlarning gidrosilanlanishi va xlormetiltrioksilan va vinilmagniybromiddan Grinyar reaksiyasi yordamida ham olinadi [14, 979-985-b.].

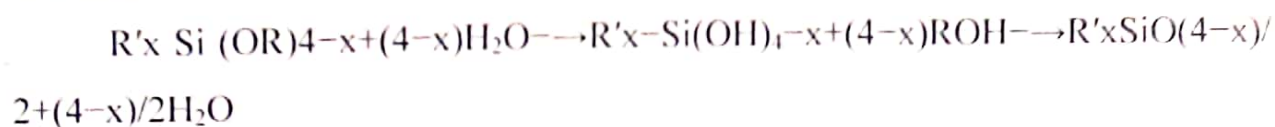
Kremniy organik polimerlar sintez qilish turli sohalarda ishlatiladigan kremniyorganik polimerlar olish jarayonlarining birinchi bosqichi hisoblanadi. Kremniy organik polimerlarni turli sohalarda ishlatilishiga qarab, ma'lum molekulyar massaga, eruvchanlikka, keyingi bosqich uchun reaksiyaga kirishish

qobilyatiga ham ega bo'lishi kerak. Polimerlanish jarayonida kremniyga bog'langan atomlarga ko'ra polisilan, polikarbosilan, polisilazan va polisiloksanlar deb ataladi. Bunda asosiy zanjirga turli organik birikmalar payvandlanadi [15, 457-478-b.].

Shuningdek tarkibida kremniy saqlagan birikmalardan turli xil teploizolyatsion qoplamalar [16, 64-69-b.] olishga bag'ishlangan va bo'yoqlarning olovbardoshligi oshiruvchi qoplamalar [17, 133-138-b., 18, 76-78-b.] olishga bag'ishlangan ilmiy ishlar bajarilgan.

Kremniyorganik polimerlar, shuningdek ularga asoslangan turli maqsadlar uchun sintez qilingan kompozit materiallar sanoat va xo'jalikda tobora ko'proq qo'llanilmoqda. Kremniyorganik polimerlarning eng muhim xususiyatlariga ko'ra turli sohalarda: samolyot va raketa texnikasida, elektronika va radiotexnikada, qurilish, shuningdek tibbiyotda ham ishlatiladi [19, 272-276-b.].

Silanlarning polimerizatsiya reaksiyasi silanlarning gidrolizlanishi bilan boshlanadi, so'ngra zol, jel yoki silsesquioxanlarni hosil qilish uchun kondensatsiyalanadi. Gidroliz va kondensatsiya reaksiyalari mos ravishda qayta esterifikatsiya va depolimerizatsiya reaksiyalari bilan birga keladi. Bu reaksiyalarning barchasi odatda bir vaqtning o'zida va ketma-ket sodir bo'ladi va ularning har biri o'z kinetik parametrlariga ega. Ma'lumki, alkoksisilanlarning polimerlanishi proton-transfer reaksiyasi va shuning uchun u kislota-asos katalitik reaksiyaga kirishadi. Gidroliz kinetikasi keng o'rganilgan, ayniqsa gidrolizning birinchi bosqichi, bu yerda alkoksisilanlarning iste'molini kuzatish oson, chunki u elementar reaksiya hisoblanadi. Birinchi gidroliz bosqichi ham umumiy polimerlanishni nazorat qiladi, chunki u eng sekin bosqichdir. Umuman olganda, organo-alkoksisilanlarning polimerizatsiyasi (1) tenglama bilan ifodalanishi mumkin:

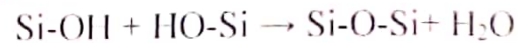


Bu yerda x 0 dan 3 gacha bo'lgan butun son. Polimerlanish kompozit reaksiya bo'lib, reaksiya tartibini reaksiyaning molekulyarligiga bog'liq bo'lishi mumkin emas. Reaksiyaning molekulyarligi gidrolizlangan guruhlar soniga bog'liq (4 - x).

Alkoxisilanlar va organoalkoxisilanlarning polimerlanish reaksiya bosqichlari fazalarni ajratish bosqichiga qo'shimcha ravishda (2) dan (5) gacha tenglamalarda ko'rsatilgan.



2. Suv ishlab chiqarish orqali kondensatsiya:



3. Spirtli ichimliklar ishlab chiqarish orqali kondensatsiya



Yuqorida aytib o'tilganidek, ushbu bosqichlarning har biri (gidroliz va kondensatsiya) o'z kinetikasiga ega parametrlarga ega va har bir bosqichda muvozanatga yaqin yoki muvozanatda bo'lgan noaniq miqdordagi reaksiyalar mavjud. polimerizatsiya va depolimerizatsiya jarayonlari. Birinchi gidroliz bosqichining reaksiya tezligi bo'lishi mumkin (6) tenglama bilan ifodalangan, kuzatilgan tezlik konstantasi ( $k_{\text{obs}}$ ) tenglama (7) dagi kabi yozilishi mumkin:

"Katalizator" bo'limida muhokama qilinganidek, katalitik bo'lmagan reaksiya odatda sekin kechadi. Shuning uchun gidroliz reaksiyasi katalitik reaksiya bo'lib, u alkoxisilan konsentratsiyasiga bog'liq. suv, proton, umumiy asos kislotasi va ishlab chiqarilgan spirt. Aksariyat tadqiqotchilar buni eslatishdan qochishadi reaksiya tartibi va ular reaksiya tezligini sifat jihatidan bildiradi. Bir qator tadqiqotchilar xabar berishdi silanlarning gidrolizi alkoxisilanga nisbatan birinchi yoki psevdobirinchi tartib ekanligini, suvga nisbatan gidroliz reaksiyasining tartibi esa 0,8 dan 4,4 gacha o'zgargan

Ishlatiladigan erituvchi va katalizator. Kondensatsiya reaksiyasi ikkinchi tartibli ekanligi aniqlandi organosilanetriol, kremniy kislotasi kondensatsiyasining tartibi esa mos ravishda uchinchi va biologik va geologik sharoitda kremniy kislotasi konsentratsiyasida to'rtinchi tartib. Ikopini o'z ishining kirish qismida kremniy kislotasining kondensatsiyalanish tartibi 1 gacha bo'lishi mumkinligini aytdi va lekin katalizator ishtirokida reaksiya birinchi tartibli ekanligi aniqlandi [19].

Tetraetoksisilanning turli glikollar bilan reaksiyasi o'rganilgan. Faqat 1,6-geksandiol aniqlangan mahsulot (bis(geksametilen 1,6-dioksi)silan) berdi. Yopishqoq distillanmaydigan suyuqlik beradigan 1,3-butandiol dan tashqari, boshqa glikollar qatronli qattiq moddalarni berdi. Ushbu mahsulotlar qo'shimcha tekshirilmagan.  $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OR}$  ( $\text{R} = \text{Me}$ ,) glikol monoeterlaridan alkoksisilanlar olish o'rganildi. Tetraxlorosilan bilan to'g'ridan-to'g'ri reaksiya tetraalkoksidativni beradi. Tetraetoksisilanning glikol monoeteri bilan alkogollizi katalizator yo'qligida uchta etoksi guruhini almashtiradi, ammo agar glikol monoeterning natriy alkoksidini hosil qilish uchun natriy metall qo'shilsa, barcha to'rt etoksi guruhi almashtirilishi mumkin. Katalizator sifatida natriy alkoksididan foydalangan holda etoksitri (2-n-butoksietoksi) silanning etoksi guruhi pentan-2-ol bilan almashtirildi. Natijalar, shuningdek, 2-metoksietanol va tetraxlorosilanning tetra (2-metoksietoksi) silan hosil qilish uchun reaksiyaga kirishishi haqidagi oldingi hisobotni tasdiqlaydi.

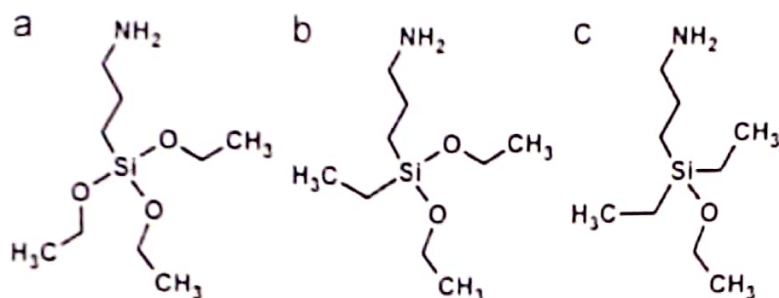
### **1.2. Alkoksisilanlarning tuzilishi va xossalari.**

Zamonaviy kremniyorganik germetiklar, kauchuklar, bo'yoq va laklar, elektr va issiqlik izolatsiyasi uchun materiallar, tibbiy materiallar, shuningdek zamonaviy kompozit materiallar sohasida ishlatiladigan polimerlar haqida qisqacha ma'lumot beriladi [20, 6–20-b.]. Temir nanozarrachalarini sintez qilish uchun quyidagi reaktiv moddalar ishlatilgan: temir brom (II) va (III) ( $\text{FeBr}_2$  va  $\text{FeBr}_3$ ) (Aldrich). Ushbu kimyoviy moddalar reaktiv bo'lib, ular qabul qilinganda ishlatilgan. Temir zarralari bilan silillash jarayoni uchun quyidagi alkoksisilanlar ishlatilgan: 3-aminopropil-trietoksisilan (APTES), 3-aminopropil-etil-dietoksisilan (APDES) va 3-aminopropil-dietil-etoksisilan (APES) (Aldrich). Dispersiya muhiti deionizatsiyalangan (DI) suv va spirt (Aldrich) edi. Magnit nanozarrachalari ikki bosqichli jarayonda sintez qilindi. Birinchidan, nano o'lchamli magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) yangi sonoprecipitatsiya usuli bilan sintez qilindi.

Ikkinchidan, sirt funksional SPIO namunalari organosilan agentlarining gidrolizlanishi va kondensatsiyasi orqali ishlab chiqarilgan. Nano o'lchamdagi magnetit suvli-spirтли eritmada silan biriktiruvchi vositalar yordamida silillangan.

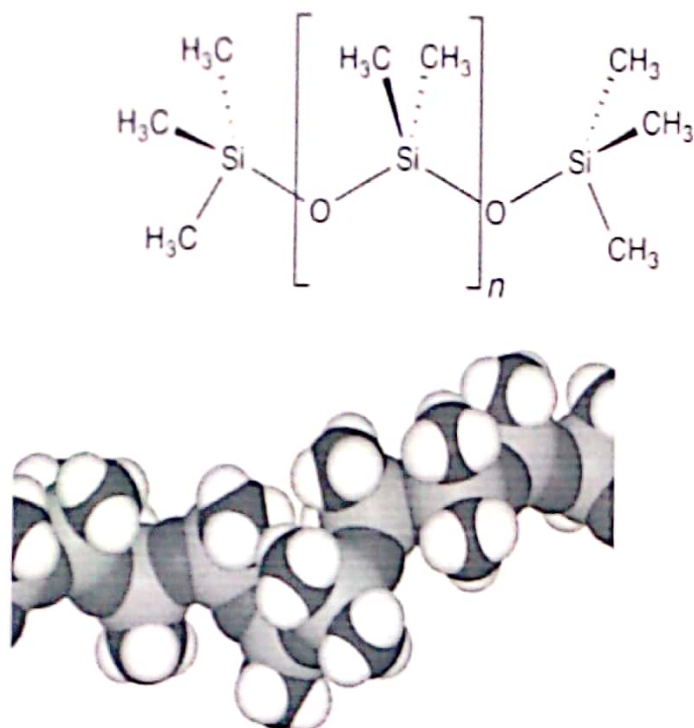


Mahalliy nano o'lchamdagi magnetit namunasi 3-aminopropil-trietoksisilan (APTES) suvli-spirtli eritmasiga qo'shildi va 125 ° C da 2 soat davomida qayta oqimga keltirildi. Keyin namunalar deionizatsiyalangan suv bilan bir necha marta yuviladi. Namuna pechka vakuumida 60 ° C da quritilgan. Xuddi shu protsedura alkoksisilanlar 3-aminopropil-etil-dietoksisilan (APDES) va 3-aminopropil-dietil-etoksisilan (APES) uchun ham amalga oshirildi (1-rasm).



1-rasm. Ushbu ishda ishlatiladigan alkoksisilanlarning struktura formulalari. (a) APTES, (b) APDES va (APES).

Ma'lumki, ko'pchilik materiallar, ham metall, ham metall bo'lmagan, qizdirilganda mehanik va korroziya xususiyatlarining pasayishi kuzatiladi. Shu munosabat bilan, haroratga ham, korroziyaga ham bardosh bera oladigan himoya qoplamalaridan foydalanish haqida savol tug'iladi. Va bu yerda organosilikon birikmalariga asoslangan materiallar barcha afzalliklarini ko'rsatadi: laklar, emallar. Organosilikon emallari asosan molekulyar og'irligi 1000-2000 (polimetilfenilsiloksanlar, shuningdek oligoorganosiloksanlar va oligoorganosiloksanlar bilan) bo'lgan oligoorganosiloksanlar, organik (Si-O-Si bog'lari) tarvaqaylab ketgan va siklolinear tuzilmalar aralashmasidir. Shaklda. 1-rasmda organosiloksanlarning tipik vakili polidimetilsiloksaning molekulyar tuzilishi ko'rsatilgan. (2-rasm)



Bunday kimyoviy ketma-ketlikning (tuzilmaning) mavjudligi olingan qoplamalarning noyob kombinatsiyasini beradi: issiqlikka chidamlilik, korroziyaga qarshilik. Silikon organiklarga asoslangan bo'yoq va lak mahsulotlari o'z xususiyatlarini 200-600 ° S gacha bo'lgan yuqori haroratgacha saqlab turishga qodir. Poliorganosiloksanlar asosidagi emallar turli xil ilovalar uchun isitgichlar (pechlar, qozonlar va boshqalar), transformatorlar, issiq suyuqliklarni pompalash uchun nasoslar, elektr motorlar, egzoz quvurlari va avtomobil dvigatellari, turli radiatorlar va issiqlik almashtirgichlar, quritgichlar, bug 'quvurlari, maishiy texnikani bo'yash uchun ishlatiladi. va maishiy isitish moslamalari. Modifikatsiyalangan poliorganosiloksanlarga asoslangan emal bo'yoqlari metallarni himoya qilish uchun ishlatiladi: ko'priklar, suv mineralari, tibbiy asbob-uskunalar, ozuqaviy tanklar va boshqalarni bo'yash uchun Poliorganosiloksan polimerlari yuqori sifatli termal nazorat qoplamalarini ishlab chiqarish uchun ishlatilishi mumkinligini unutmang. Shuni ta'kidlash kerakki, organosilikon bo'yoqlar va laklarning o'ziga xos xususiyati inson tanasiga nisbatan xavfsizlikdir. Silikon polimerlar har xil turdagi oziq-ovqat idishlarini ishlab chiqarish uchun ishlatilishi mumkin. Bundan tashqari, quritish jarayoni, to'g'rirog'i, silikon qatronlarning polimerizatsiyasi odamlar uchun xavfsizdir va nafas olish organlarini himoya qilishni talab qilmaydi[21].

Silanlarning polimerizatsiya reaksiyasi silanlarning gidrolizlanishi bilan boshlanadi, so'ngra zol, jel yoki silsesquioxanlarni hosil qilish uchun kondensatsiyalanadi. Gidroliz va kondensatsiya reaksiyalari mos ravishda qayta esterifikatsiya va depolimerizatsiya reaksiyalari bilan birga keladi. Bu reaksiyalarning barchasi odatda bir vaqtning o'zida va ketma-ket sodir bo'ladi va ularning har biri o'z kinetik parametrlariga ega. Ma'lumki, alkoksisilanlarning polimerlanishi proton-transfer reaksiyasi va shuning uchun u kislota-asos katalitik reaksiyaga kirishadi. Gidroliz kinetikasi keng o'rganilgan, ayniqsa gidrolizning birinchi bosqichi, bu yerda alkoksisilanlarning iste'molini kuzatish oson, chunki u elementar reaksiya hisoblanadi. Birinchi gidroliz bosqichi ham umumiy polimerlanishni nazorat qiladi, chunki u eng sekin bosqichdir. Umuman olganda, organo-alkoksisilanlarning polimerizatsiyasi (1) tenglama bilan ifodalanishi mumkin:

1,1,3,3-tetrametildisiloksanni palladiy bilan birgalikda ko'mirga qo'llash kichik o'lchamdagi siklik efir, aldegid va keton hosilalarini kamaytirishning samarali usuli ekanligi aniqlandi. Ushbu usul spirtli ichimliklarni himoya qilish uchun ham qo'llanilishi mumkin.

1,1,3,3-tetrametildisiloksan Pd/C tizimi bu yerda himoyalangan spirtlarni berish uchun efirlar va epoksidlarning halqasini ochishni amalga oshirishning yangi usuli sifatida xabar qilingan. Yondashuv, shuningdek, birlamchi yoki ikkilamchi spirtlarni himoya qilish va alkoksisilanlarni olish uchun aldegidlar va ketonlarni kamaytirish uchun ishlatilishi mumkin[22].

### **1.3. Alkoksisilanlarning ishlatilishi.**

Hozirgi kunda polikarbosilanlardan elektr va fotoo'tkazgichlar, fotorezistorlar, turli optik materiallar, SiC-tolalar tayyorlash uchun prekeramik perekursorlar, kompozitlar va nanometeriallar olish uchun keng ko'lamda ishlatiladi [23, 2455–2459-b. 24, 3606–3613-b. 25, 32-b.].

Kremniyorganik polimerlarning gidrofobligi, sovuqqa chidamliligi, bug' va havo o'tkazuvchanligi, xossalarning haroratga bog'liqlik xususiyatlari, fizik-mexanik xossalari kremniy atomidagi organik radikalning tabiati, molekulyar

tuzilishi bilan belgilanadi. Siloksan bog'lari mavjud kremniyorganik qoplamalari, yelimlar va germetiklarning ishlatilishi noorganik materiallarning fizik-kimyoviy va fizik-mexanik xossalarini saqlab qolish imkonini beradi [26, 5616–5617-b.].

Kremniyorganik yuqori molekulyar birikmalar zamonaviy texnika va sanoatda keng tarqalgan. Ma'lumki makromolekula tarkibida kremniy va kislorod atomlarini saqlagan polimerlar poliorganosiloksanlar deb nomlanadi, ularning asosiy zanjirida takrorlanuvchi  $[-Si - O-]_n$  zvenolari va kremniy atomida organik radikallar mavjud bo'ladi. Siloksanli bog'lanish – kremniy va kislorod hosil qilgan eng mustahkam bog'lardan biri hisoblanadi va bu jihatdan faqat Si – F orasidagi bog'lanishdan qolishadi [27, 590–591-b.].

Poliorganosiloksanlar zanjirlarining tuzilishi bo'yicha organik polimerlardan keskin farq qiladi, kvarts va organik polimerlar orasida oraliq o'rinni egallaydi. Poliorganosiloksanlarning kimyoviy tarkibi va tuzilishi ularning texnik jihatdan qimmatli xossalarini belgilaydi. Barcha poliorganosiloksanlar va organosilikatlar namlik ta'siri, termik destruksiya juda yuqori chidamliligi bilan ajralib turadi [28, 5616–5617-b., 29, 329–347-b.].

Kremniyorganik birikmalar sohasida epoksid smolalardan foydalanilganda olingan birikmalarning faollashtirilgan silikatlar bilan o'zaro ta'sirlanishiga oid o'tkazilgan tadqiqotlar elektron texnika buyumlari uchun bir qator termobarqaror germetik materiallar olish imkonini berdi. Ushbu materiallar o'zining texnik xossalari bo'yicha shunga o'xshash boshqa materiallardan ancha ustun turadi [30, 169–172-b., 31, 72–74-b.].

Natriy va kaliy silikatlarining eritmalarini olish. Ushbu eritmalar odatda suvsiz silikatlarini suvda eritib kerakli modullarda tayyorlanadi. Chet elda, silikatlarining juda toza eritmalarini tayyorlash uchun, ba'zida har xil turdagi kremnezyomni ishqorda eritishdan ham foydalaniladi. Eruvchan silikatlar eritmaları kerakli silikat moduli va konsentratsiyasiga ega bo'lgan, imkon qadar yuqori modulda bo'lgan mahsulot hamdir [32, 585–590-b.].

**Polisilazan** polimerlar asosiy zanjirida kremniy-azot bog'laridan iborat bo'lsa ham doimo uglerod saqlagan yon zanjirga ega bo'lib, yaxshi perekursorlar

tayyorlashda sifatli xomashyo hisoblanadi. Kremniy-azot bog'ining energiyasi kremniy-kislorod va kremniy-uglerod bog'larinikidan kamroq ekanligi ma'lum bir sharoitlarda bu birikmalardan boshqa birikmalarni oson sintez qilish imkonini beradi. Bundan tashqari polisilazanlar issiqlikka, oksidlanishga va korroziyaga bardoshliligi bilan issiqlik uzatuvchilar va metallar uchun sifatli qoplama sifatida qo'llaniladi [33–38].

Aminlarning xlorosilanlar bilan reaksiyasi va silazanning butillitiy bilan reaksiyasi kichik molekulyar massali polisilazanlarni sintez qilishning eng keng qo'llaniladigan ikki usullaridir. Bundan tashqari polisilazanlarni xlorosilanlarning ammiak yoki aminlar bilan ammonoliz reaksiyasidan ham olish mumkin. Siklik polisilazanlardan xalqani ochish reaksiyasi yordamida polisilazanlar olish ham effektiv usullardan hisoblanadi [34, 99–110-b.].

**Polisiloksan** yoki silikon anchadan beri ma'lum bo'lib, sifatli polimer sifatida tibbiyot, elektronika, tekstil va boshqa kimyoviy sanoatda keng qo'llaniladi. Kremniy-kislorod-kremniy bog'ining past molekulararo ta'sirlari tufayli polimer egiluvchan va shishalanish harorati past. Bundan tashqari, yuqori harorat, ozon ta'siriga chidamli, past sirt tarangligiga va gaz o'tkazuvchanlikka bardoshli hisoblanadi. Polisiloksanlar sintezida ikkita umumiy usul mavjud: siklik kremniyefirlardan xalqani ochish orqali va tegishli funksional guruh saqlagan chiziqli silanlarning polikondensatlanishi. Polisiloksanlarning sanoat miqyosidagi sintezida asosan dimetil-dixlorosilan ishlatiladi. Shuningdek, polisiloksanni yon zanjirni termik yoki nurlanish ta'sirida modifikatsiyalash usulida yoki kremniy alkoksidlarini zol-gel usulida gidrolizlash va kondensatlash usulida ham sintez qilish mumkin [35, 843–848-b.].

Yuqori issiqbardoshligi va dielektrik ko'rsatkichlari, sovuqqa chidamliligi tufayli kremniyorganik polimerlar asosida tayyorlangan materiallar juda past ( $-60^{\circ}\text{C}$ ) va yuqori haroratda ( $+250^{\circ}\text{C}$  dan yuqori) ishlovchi qurilmalar tayyorlashda ishlatiladi. Kremniyorganik polimerlarning bunday xususiyatlarga ega bo'lishi Si-O bog'ining yuqori energiyaga ega ekanligi bilan tushuntiriladi. Yuqori haroratlarda

chiziqli polimerlar qisman o'zgarishi evaziga Si-O bog'lari bilan tikiladi. Bu esa ularga mexanik jihatdan o'ziga hos xususiyatlarga ega bo'lishiga olib keladi [36].

Kremniyorganik polimerlardan poliorganosilanlarning reaksiya qobiliyati yaxshiroq va termooksidlanishga beqarorligi kremniy-kremniy bog'ining oson oksidlanib Si-OH guruhining hosil bo'lishi bilan tushuntiriladi. Shu sababli ular kam ishlatiladi. Poliorganoalkilsilanlar Si-C bog'ining barqarorligi tufayli yuqori issiqbardoshlikka ega. Bu polimerlar suv, kislota va asoslarga chidamli bo'lsa ham, tannarxining balandligi tufayli kam qo'llaniladi. Kremniyorganik polimerlarning eng ko'p qo'llaniladigan turi polidimetilsiloksanlardir.

Ularning ikki turi bor: polimetilsiloksanlar va chiziqli polidimetilsiloksanlar. Tibbiyot va maxsus texnika sohasida qo'llaniladigan kremniyorganik polimerlarning molekulyar massasi 250000–450000 oralig'ida bo'ladi.

Poliorganosiloksanli materiallarda kremniy atomiga birikkan funksional guruhlar tufayli katalizatorlar, nurlanish yoki boshqa ta'sirlar yordamida qo'shimcha mahsulotlar ajratmasdan vulkanlanishi mumkin [37, 21–26-b.].

Polidietilsiloksanlar asosan plastmassalar, stekloplastlar, moylash materiallari, rezina buyumlar ishlab chiqarish uchun ishlatiladi, shuningdek kam miqdorda parfyumeriya va kosmetologiyada ham qo'llaniladi.

Kremniyorganik polimerlar keng chastota diapazonida past dielektrik yo'qotish burchak tangensiga ega, bu ularni radiotexnika maqsadlarida nafaqat issiqlikka chidamli materiallar, jumladan radio to'lqinlarni yutuvchi materiallar uchun asos sifatida ishlatiladi. Alyuminiy va titan qotishmalariga yaxshi yopishishi tufayli vulkanizatsiyalangan kremniy blok sopolimerlari radio to'lqin yutuvchi qoplamalar uchun istiqbolli material sifatida ishlatilishi mumkin. Bir qator kremniyorganik blok sopolimerlarga asoslangan qoplamalar bo'yoq va lak texnologiyasida qo'llaniladi va turli funksional guruhli birikmalar bilan to'ldirilishi mumkin [38, 15–18-b.].

Sintaktik materiallar yaratishda polidimetilsiloksan polimeri va boshqa ko'plab silikon polimerlardan keng foydalaniladi [39, 26–29-b.]. Kremniyorganik

polimer va ichi bo'sh mikrosferalarga asoslangan sintaktik materiallar yengilligi, yuqori fizikaviy, mexanik va termofizik xususiyatlari bilan turli sohalarda uchun istiqbolli materiallardir. Ba'zi hollarda, sintaktik materiallar yuqori dielektrik xususiyatlarga ega bo'lishi muhimdir, masalan, ular maxsus maqsadli obyektlarda: statsionar radiolokatsion stansiyalarda, radio teleskoplarda va hokazolarda konstruktiv material sifatida ishlatiladi. Ichi bo'sh mikrosferalarga asoslangan dielektrik xususiyatlar hozirgi paytda muhim o'rganiladigan sohalardan hisoblanadi [40, 47-50-b.].

Zamonaviy samolyotlarni yaratishda, ayniqsa, fuqaro aviatsiyasi qurilmalarini ishlab chiqarishda shovqinni kamaytirishga bo'lgan talablar tobora kuchayib bormoqda. Kiruvchi akustik ta'sirni kamaytirish muammosini hal qilish uchun, asosan ovoz yutuvchi materiallar ishlatiladi. VZMK-1 markali materiallar bunday dvigatellarning kuchli ovoz chiqaruvchi qismlarini to'sishda qo'llaniladi [41, 12-b.].

### **Qurilish materiallarini modifikatsiyalashda kremniy organik birikmalarning qo'llanilishi**

Qurilish materiallari yuzasining suvga chidamliligini oshirish maqsadida qo'llaniladigan birikmalar orasida kremniyorganik birikmalar o'zining yuqori effektivligi bilan ajralib turadi. Qurilish materiallarning qo'pchiligining asosiy matritsa silikatlar bo'lib, ulardagi kremniy atomining turli funksional guruhlariga birika oladigan kremniyorganik birikmalar keng o'rganilgan.

Gidrofobizatsiya jarayonining asosida ishlov berilayotgan materialning qattiq yuzasida gidrofobizator molekulalarining xemosorbsiyasi kuzatiladi. Mustahkam suvga chidamli qoplamalar olish uchun gidrofobizatorning qutbli guruhlarini ishlov berilayotgan yuzaning atom yoki ionlariga kimyoviy bog'lar bilan bog'lanishi kerak. Bu bog'lanish kremniyorganik birikmalarning yuzaga adsorsiyalanish jarayoni bilan birgalikda boradi deb hisoblanadi.

Tabiiy minerallardan tayyorlangan qurilish materiallarining tarkibida asosan gidroksil guruhlarini mavjud bo'lib, ular kremniy atomiga bog'langan silikat gidroksillari va ulra tarkibidagi metallarga bog'langan metall gidroksidlari

hisoblanadi. Shuningdek, bog'lanish jarayonida qo'shimcha moddalar ham hosil bo'ladi. Bu birikmalar uchuvchan yoki suvda yuviladigan moddalar bo'lganda jarayonning foydaliligi yanada ortadi.

Muayyan sirtni gidrofobizatsiyalash jarayonida hosil bo'ladagina poliorganosiloksan qatlamida gidrofil hususiyatli kislorod atomlari kremniy atomiga bog'lanadi va gidrofob bo'lgan organik radikal guruhi esa unga teskari bo'lgan tashqi tomonda qoladi deb hisoblanadi. Modda yuzasining uglevodorod radikallari bilan qoplanishi uning gidrofoblik darajasini parafinlar darajasigacha oshirish imkonini beradi. Lekin, bu qoplama xuddi lak qoplami kabi to'liq yuzani qoplamasdan juda yupqa bitta molekula darajasida bo'ladi. Natijada qoplama odatda materialning bug' va gaz o'tkazuvchanlik hususiyatlarini deyarli o'zgartirmaydi.

Kremniyorganik birikmalarning gidrofoblash hususiyati nafaqat ularning tarkibi va tuzilishiga shuningdek, ishlov berilayotgan yuzaning tabiatiga, atmosferaning namlik darajasiga, yuzani tozalash usuliga, gidrofobizatorni ta'sirlashtirish muhitiga va termik ishlov berish darajasiga bog'liq bo'ladi.

Qurilish amaliyotida barcha turdagi kremniyorganik birikmalar ham qo'llanilavermaydi. Asosan nisbatan arzonroq, ko'proq topiladiganlari va ishlab chiqarish jarayonlarining chiqindilari sifatida ajratiladiganlari qo'llaniladi. Shuningdek ular quyidagi talablarga javob berishi kerak: materialga maksimal darajada gidrofoblik bera olishi, mexanik ishlov berishga chidamli bo'lishi, materialning bug' va havo o'tkazuvchanligini o'zgartirmasligi, rangini jiddiy o'zgartirmasligi, gidrofoblash jarayoni murakkab texnologiyalarni talab qilmasligi kerak.

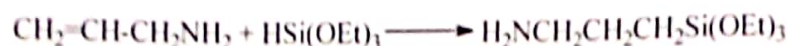
Kremniyorganik gidrofobizatorlar sifatida turli birikmalar qo'llaniladi. Odatda kremniy atomiga bog'langan funksonal guruhga ega birikmalar qo'llaniladi. Bu birikmalar ishlov berilgan material yuzasida organik funksonal guruhlarning saqlanib qolishiga asoslangan.

Bunday gidrofobizatorlar qatoriga alkilsilanlar –  $R_xSiCl_{4-x}$ , alkilatsetoksisilanlar -  $R_xSi(OCOCH_3)_{4-x}$ , alkilalkoksisilanlar -  $R_xSi(OR)_{4-x}$ , organoaminosilanlar -  $R_xSi(NR_2)_{4-x}$ , ularning polimerlari va organosinolyat tuzlari



kiritiladi. Ko'pchilik kremniyorganik gidrofobizatorlar – rangsiz suyuqliklar, organik erituvchilarda yaxshi eriydi. Alkilatsetoksisilanlar kristall holatda va ishqoriy metallarning alkilsinolyatlari qattiq moddalar, ular suvda va quyi spirtlarda yaxshi eriydi ammo, ko'pchilik organik erituvchilarda erimaydi.

Trietoksisilan katalizatorlar ishtirokida aminlar va to'yinmagan kremniy organi birikmalarining gidrosillanish reaksiyalarida qo'llaniladi: xlorplatin kislotasi yoki kobalt karbonil.



Ko'rsatilgan karbonat angidrid bilan birga trietoksisilan N-siloksi-karbonillovchi reagent sifatida ishlatilishi mumkin.



Alkoksilsilanlar metall yuzalarning bo'yoq va lak kompozitsiyalari tarkibida ham qo'llaniladi [46-47].

g-aminopropiltrietoksisilan va glitsidopropiltrietoksisilan plastmassalarni shisha tolali mustahkamlash uchun yaxshi bog'lovchi bo'lib, ular qoliplash kompozitsiyalarida ham qo'llaniladi.

Ushbu mahsulotlar optik oynalar, ehtiyot qismlar, yorug'lik qo'llanmalari va boshqa optik mahsulotlar ishlab chiqarishda, shuningdek, quyosh panellarida shaffof bloklarni ishlab chiqarishda qo'llaniladi.

Sirka va fosfor kislotalari ishtirokida tetraalkoksilsilanlar asosidagi oligomerlar elektron optik qurilmalar uchun suyuq kristallar sifatida, xususan, shaffof elektrodlar yuzasini barqarorlashtiruvchi silikon dioksid plyonkalarini yaratish uchun ishlatiladi.

Alkoksilsilanlar yorug'lik filtrlari va aşinmaya bardoshli mahsulotlar ishlab chiqarishda shisha buyumlarga qoplama shaklida qo'llaniladi.

Karbonil birikmalarining qaytaruvchi esterifikatsiyasi alkoksitrimetilsilanlar yordamida amalga oshiriladi.

Dimetoksi(difenil)silan propilen polimerizatsiyasi promouteri sifatida ishlatiladi.

Trietoksixlorosilan yordamida olingan trietoksisilanol gipertarmoqli polietoksisilanlar va funksional oligomerlar sintezida ishlatiladi.

Chiziqli va siklik alkoksisiloksanlarning molekulyar kondensatsiyasi siklik disilseskioksanlarni sintez qilish imkonini beradi [42].

Difunksional monomerlar halqalar va zanjirlar hosil qilishi tufayli ular material yuzasida plyonka hosil qila olmaydi. Kam miqdordagi trifunksional birikmalar aralashmasi yordamida barqaror plyonka olish mumkin. Monofunksional birikmalar orali faqat xemosorbsiya natijasida qoplamalar olish mumkin. Hatto shishani ham organik erituvchilar ishtirokida DMDXS bilan qayta ishlash natijasida, uning yuzasida chiziqli va xalqasimon polidimetilsiloksan plyonkasi yuzada qoladi. Bunda shisha yuzasi yomg'irda 6 soat davomida, suvning ichida esa 1,5 soatdan keyingina plyonkadan yuviladi. TMXS yordamida hosil qilingan gidrofob plyonkaning barqarorligi undan ancha kam bo'lib, ishlov berilgandan keyin ikki soatda yomg'irda yuvilib ketadi. MTXS bilan ishlov berilganda olingan plyonka eng barqaror bo'lib, yuzani to'liq qoplagan polisiloksan plyonkali qoplama amalda yuvilmaydi. [43]

## II bob. Mahalliy kvarts qumlari asosida alkoksisilanlar sintezi

### II. 1. Reaktivlar va tadqiqot usullari.

**Kvarts qumi** keng tarqalgan mineral bo'lib, magmatik va metamorfik jinslardan tashkil topgan. Asosan  $\text{SiO}_2$  dan iborat. Aslida rangsiz kristallardan iborat bo'lgan qum zarrachalari ichki yoriqlar tufayli oq rangli bo'ladi. 1713-1728°C da suyuqlanadi. Kvarts qumi juda inert bo'lib, normal sharoitda faqat florid kislota bilan, qizdirilganda esa kuchli ishqorlar va ularning suvli eritmaları bilan reaksiyaga kirishadi [44]

**Natriy gidroksid** – oq qattiq kuchli higroskopik modda. Xavodan suv bug'i va karbonat angidridni faol yutadi. Suvda yaxshi eriydi, suvda erish jarayonida ko'p issiqlik chiqadi. Zichligi  $2,13 \text{ g/sm}^3$   $T_{\text{suyuq}}$  323°C [45].

**Natriy karbonat** – rangsiz kristall yoki o'rta qattiqlikdagi oq kukun, suvni oson yutadi va yaxshi eriydi, ishqoriy muhit beradi. Suyuqlanish harorati esa 854°C, 1000°C dan yuqori xaroratda  $\text{Na}_2\text{O}$  va  $\text{CO}_2$  ga parchalanadi.  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  shaklidagi kristallgidratlar hamda suvsiz  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  xolatda bo'ladi [46].

**Natriy ortosilikat** -  $\text{Na}_4\text{SiO}_4$  rangsiz kristall, molyar massasi 184,04 g/mol. Suyuqlanish xarorati esa 1120°C, suvda eruvchanligi 28,3 g/100ml. Tadqiqotda i silikat moduli 1.8; zichligi  $1.4 \text{ g/sm}^3$ ; suyuq shisha xolatida ishlatildi [47].

**Natriy metasilikat** -  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  rangsiz yoki oq kristall, sovuq suvda eriydi,  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  kristallgidratlarini xosil qiladi. Zichligi 2,4-2,61  $\text{g/sm}^3$ , suyuqlanish xarorati esa 1088-1089°C, suvda eruvchanligi 18,8<sup>20</sup>; 92,3<sup>90</sup> g/100 ml [48].

**Ortokremniy kislota** – formulasi  $\text{H}_4\text{SiO}_4$ . Kremniy ikki oksidning suvdagi suyultirilgan eritmalarida bo'ladi deb taxmin qilinadi. Uni suvdan boshqa eritmalarda ham sintez qilish mumkin. Juda beraror, tezda  $\text{SiO}_2$  va suvga parchalanib ketadi.

**Etil spirt** – (etanol, metilkarbinol, vino spirti)  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  bir atomli to'yingan spirt. Uchuvchan, rangsiz shaffof, kuydiruvchi suyuqlik. Alkogol ichimliklarning faol moddasi, odamning markaziy asab tizimini susaytiradi. Yoqilg'i, erituvchi, dezinfeksiyalovchi agent, spirtli termometrlarda ishchi suyuqlik sifatida, organik

sintezda ishlatiladi. Molyar massasi 46,069 g/mol, zichligi 0,7893 g/sm<sup>3</sup>, suyuqlanish haroratsi - 114,3°C, qaynash haroratsi 78,4°C [39].

**Izobutil spirt** - (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CHCH<sub>2</sub>OH, (2-metilpropanol-1) o'ziga hos hidli, rangsiz, yonuvchan suyuqlik. Asosan erituvchi sifatida qo'llaniladi. Molyar massasi 74,12 g/mol, zichligi 0,8014 g/sm<sup>3</sup>, qaynash haroratsi - 108°C [40].

**Glitserin** - HOCH<sub>2</sub>-CH(OH)-CH<sub>2</sub>OH (propantriol-1,2,3) quyuq, shirin, hidsiz, zaharsiz shaffof, gigroskopik suyuqlik. Havodan o'zining massasiga nisbatan 40% gacha namlikni yutadi. Suv, metanol, etanol, atseton bilan istalgan nisbatda aralashadi. Efir va xloroformda erimaydi. Molyar massasi 92,09 g/mol, zichligi 1,260 g/sm<sup>3</sup>, suyuqlanish haroratsi 17,9°C, qaynashharoratsi - 290°C [41].

**Tetraetoksisilan** -  $\begin{array}{c} \text{C}_2\text{H}_5\text{O} \diagdown \\ \text{Si} \\ \diagup \text{OC}_2\text{H}_5 \\ \text{C}_2\text{H}_5\text{O} \diagdown \\ \text{OC}_2\text{H}_5 \end{array}$  o'ziga xos hidli rangsiz suyuqlik, molekulyar massasi 208,33, suyuqlanish harorati 82°C, qaynash harorati 169°C;  $d^{20}_4$  - 0,9335,  $n^{20}_D$  - 1,3830; inert organik erituvchilarda eriydi. Alkoksilsilanlar uchun xos kimyoviy xossalarga ega [48].

**Mochevina** H<sub>2</sub>N-CO-NH<sub>2</sub> - oq kristall kukun, molekulyar massasi 60,06, suyuqlanish haroratsi 132,7°C,  $n^{20}_D$  - 1,335. Suvda yaxshi eriydi, ba'zi organik erituvchilar, xususan etil va metil spirt, glitserin va efirda yariydi[49].

**Formalin** CH<sub>2</sub>O - 6-15% metanol saqlagan formaldegidning 37%-li suvli eritmasi, o'tkir hidli rangsiz suyuqlik [50].

**Ftal anhidrid** - ikki asosli ftal kislotaning anhidridi, rangsiz oq kristall, deyarli suvda erimaydi, organik erituvchilarda kamroq eriydi. Aromatik birikmalarning xususiyatlarini namoyon etadi. Sulfat kislotasi ishtirokida spirtida qizdirilganda, murakkab mono- va diefirlarni, ko'p atomli spirtlar bilan poliefirlarni (alkidli smolalar) hosil qiladi. Benzol halqasi xlorlanganda, so'ndiruvchi smolalar ishlab chiqarish uchun tetraxloroftal anhidrid monomeri hosil bo'ladi. PCl<sub>5</sub> ta'sir ettirganda anhidrid guruhi xlorlanadi, bunda C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>(COCl)<sub>2</sub> ftaldixloridi olinadi. Formulasi: C<sub>8</sub>H<sub>4</sub>O<sub>3</sub>. Molyar massasi: 148,1 g/mol, suyuqlanish haroratsi 131°C, qaynash haroratsi - 295°C zichligi 1,53 g/sm<sup>3</sup> [51].

**Kraxmal** – qattiq, oq kukun, molyar massasi 162,141 g/mol, zichligi 1,5 g/sm<sup>3</sup>. Amiloza va amilopektin polisaxaridlari aralashmasi, ularning monomeri alfa-glyukoza hisoblanadi. Xloroplastlarda turli xil o'simliklar tomonidan sintez qilingan kraxmal (fotosintez paytida yorug'lik ta'siri ostida) asosan o'simlikning donida bo'ladi. Guruchda 75-78 %, makkajo'xorida 70-75 %, kartoshkada 18-20 % kraxmal bo'ladi. Molekulyar polimerlanish darajasi, polimer zanjirlarining tuzilishi va fizik-kimyoviy xususiyatlarida bir oz farq qiladi [52].

**Akril kislota** - bir asosli to'yinmagan karbon kislotalarning eng oddiy vakili. Formulasi: CH<sub>2</sub>=CH-COOH. Formulasi: C<sub>3</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub>. Molyar massasi: 72,06 g/mol, suvda eriydi.

**IQ-spektroskopiya** - Spektrofotometrik usullardan emission spektral usulda molekulalar strukturasi aniqlab bo'lmasa ham, kremniyning murakkab birikmalar tarkibida mavjudligini tekshirishda keng qo'llaniladi [53, 112–118-b.].

Infraqizil spektroskopiya usuli kremniyorganik birikmalarni o'rganishda ancha keng qo'llaniladi. Odatda birikmalarning tozaligini aniqlashda, identifikatsiyalashda ishlatiladi. Siloksanlarning asosini tashkil etuvchi kremniy – kislorod bog'larini alohida ajratib aniqlashga imkon beradi. Bu bog'ning eng intensiv yutilish chiziqlari 1000 – 1100 sm<sup>-1</sup> sohada kuzatiladigan valent tebranishlar hisoblanadi [54, 723–729-b., 55, 33–38-b.].

Spektroskopik usullar nisbatan kamroq namunalar asosida ham tekshirishlar olib boradi. Bu usullar zamonaviy analizning asosi bo'lib qolgan. Bu usullarda juda ko'p olimlar o'z izlanishlarini olib borgan [56, 3–6-b.].

## **II. 2. Kvars qumlarni boyitish va kremniy ajratib olish.**

Barcha silikatlarining tarkibi oksidlar aralashmasi sifatida keltiriladi. Ularning asosini esa SiO<sub>2</sub> tashkil qiladi. Bundan tashqari MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, FeO, CaO, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O eng keng tarqalgandir. Hozirda silikatlarining 800 dan ortiq turi aniqlangan. Bu minerallar litosferaning 90 % dan ortiq qismini tashkil qiladi. Ular toshlarni hosil qilgan asosiy minerallar bo'lib, dala shpatlari, kvars va slyudalar eng ko'p tarqalgandir. Kvars minerallari barcha minerallarning taxminan 12 % ni tashkil qiladi [57].

Kvarsning o'nlab turdagi minerallari keng tarqalgan bo'lib, ular orasida qimmatbaho toshlardan tortib oddiy toshlargacha uchraydi. Sanoat miqiyosida foydalaniladigan minerali esa kvars qumi hisoblanadi. Uning katta qismi asosan qurilish materiali sifatida qo'llaniladi. Kremniyning birikmalari asosan toza kremniyni ajratib olish jarayonidan boshlanadi, chunki, kvarsdagi kremniy – kislorod bog'i juda mustahkamdir. Shuningdek, so'nggi yillarda quyosh energiyasiga bo'lgan talabning ortishi ham, kremniy asosidagi panellarni ishlab chiqarish hajmining kengayishiga olib kelmoqda [58, 282–289-b.].

Dunyo miqiyosida kremniy olish uchun qo'llaniladigan asosiy xomashyo minerallariga kvars, kvarsit va kvars qumlari hisoblanadi. Metallurgiya va energetik tizimlar uchun qo'llaniladigan texnik kremniy va ferrotsilitsiy ishlab chiqarish jarayoni Respublikamizda ham amalga oshirilmoqda. Kremniy sanoati uchun yaroqli bo'lgan konlarning geologik tekshirishlari natijasida 115 ta kvars tomirlarida  $R_1$  va  $R_2$  kategoriyadagi konlarning mavjudligi aniqlangan. Bu konlarning zahiralarini o'rganish jarayonida esa 21,2 mln tonnadan ortiq xomashyo bashorat qilingan. Ulardan qulay va ishlab chiqarishda istiqbolli konlardan Qoratepa kvars konining zahirasi 7,6 mln. tonna deb baholangan bo'lib, uning hududida tarkibida 99% dan ortiq  $SiO_2$  saqlagan minerallar ham mavjud. Lekin, kvars va kvarsit minerallaridan tashqari kvarsli qumlarning ham kremniy ishlab chiqarishda o'z o'rnini mavjud. Chunki, birinchidan kvars qumlari kengroq tarqalgan bo'lib 96 ta ishlab chiqarish darajasidagi kvars qum konlari mavjud; ikkinchidan qumlarni qazib olish jarayoni oddiyroq usullarda amalga oshiriladi; uchinchidan kvars qumlari ishlab chiqarish hududlariga qulayroq va transport logistikasi uchun tashib kelish osonroq hududlarda joylashgan. Kvars qumlarining tarkibida ham kremniy oksidining miqdori 90% dan ortiq bo'lgan hududlar ham yetarlicha topiladi [59, 282–289-b.].

O'zbekiston Respublikasidagi eng katta kvars qum konlari Qizilqum hududida joylashgan. Qumlarni boyitishni elash va yuvish kabi oddiy jarayonlar yordamida ham amalga oshirish mumkin. Respublikamizda ilm-fan rivojiga, jumladan, texnik kremniy va kremniyli qotishmalarni olish texnologiyasini va ularni ishlab chiqarishni rivojlantirishga alohida e'tibor berilmoqda. Bu borada

mamlakatimizda oxirgi yillarda keng qamrovli chora-tadbirlar amalga oshirilib, Navoiy shahrida texnik kremniy, Angren va Bekobod shaharlarida kremniyli qotishmalarni ishlab chiqarish amalga oshirildi va yuqori sifatli import o'rmini bosuvchi materiallar olishga erishildi [60, 77-83-b.].

2.1-jadval

### Mahalliy qumlarning tarkibi

Konning nomi	Tarkibi						
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O
1	2	3	4	5	6	7	8
Navoiy viloyatining Jeroy qum koni	97,20		0,16		-	0,28	
Buxoro viloyatida joylashgan Qulantoyqum koni	96,7	0,32-1,62	0,2				
Buxoro viloyatida joylashgan Kermenin kvarts koni	89,0	0,6-5,2	0,36				
Buxoro viloyatida joylashgan Akmurd kvarts koni	73,0-97,0	1,4-4,7	0,14-2,7				
Buxoro viloyatida joylashgan Tozabuloq tomirli kvarts koni	98,7	0,46	0,03				
Toshkent viloyatidagi May kvarts koni	91,0-97,0	0,8-3,6	0,12-0,24				
Toshkent viloyatidagi Azotbosh kvarts koni	83,6-88,2	3,0-6,5	0,62-0,88			6,8	
Jizzax viloyatida Qo'ytosh kvartsit koni	95,80	1,10	0,59	0,53	-	0,25	0,50
Surxondaryo viloyati Sherobod tumanida joylashgan Jardonoq kvartsit koni	94,05	3,24	0,73	0,25	0,12	0,13	0,35
Surxondaryo viloyati Sariosiyo tumanida joylashgan To'rqoqsoy kvartsit koni	97,0%		1,0%				
Surxondaryo viloyatida joylashgan Jarqo'rg'on qum koni	62,1-71,5		0,8-3,2				
Qoratepa tog'ining shimolida joylashgan «Oqbuyro» kvarts tomirlari	99%						

O'zbekiston ham turli texnologiyalar uchun ishlatiladigan kvars minerallariga boy bo'lib, hozirda bu minerallaridan chuqur qayta ishlash jarayonlarida foydalanilmaydi [62, 77-83-b.].

Kremniyning organik birikmalarini sintez qilish asosan toza kremniyning turli organik birikmalar bilan reaksiyalariga asoslanadi. Bu jarayon kremniy tetraxloridning sintez qilinishi bilan boradi. Jarayon zaharli moddalar qo'llaniladigan, yuqori haroratda boradigan bosqichlarning mavjudligi tufayli tannarxi yuqori va texnologik sistemalarning murakkabligi bilan ajralib turadi [63].

E.S.Sottiqulov tomonidan ortokremniy kislotaning efirlarini sintez qilishga asoslangan ilmiy ishlar amalga oshirilgan. Natriy metasilikatdan turli organik birikmalar olingan [64].

#### **Kremniyorganik birikmalarda kremniyni aniqlash.**

GOST 20841.2-75 bo'yicha kremniyning massa ulushi gravimetrik usulida aniqlandi. Bunda mahsulotining namunasi ilgari mufel pechda doimiy og'irlikgacha 800°C haroratda kalsiylangan kvars kolbasida 200 g tortildi. 25% oleum quyiladi, 2-3 tomchi nitrat kislota qo'shiladi va elektr pechkada sekinlak bilan isitiladi. Keyin kolbaga jigarrang bug' rangining o'zgarishi to'xtagunicha nitrat kislota tomchilab qo'shiladi, bug' rangining o'zgarishi kremniyorganik birikma oksidlanishi tugaganligini bildiradi. Shundan so'ng yana 2-3 tomchi nitrat kislota qo'shiladi va ortiqcha kislotani chiqarib yuborish uchun kolba isitiladi. Isitish paytida kuchli ko'pik yo'qligiga ishonch hosil qilish kerak. Ko'piklanish boshlanganda kolba issiq plitadan olindi.

Bug'lanish tugagandan so'ng kolbani mufel pechga joylashtirib, 800-850°C da 2 soat davomida kalsinatsiyalandi, so'ngra kolba eksikatorga o'tkazildi, 30-60 daqiqa davomida sovutiladi va xuddi shu aniqlikda tortildi. Kalsinatsiyalash, sovutish va tortish doimiy og'irlik olinguncha takrorlanadi. Nazorat tajribasi xuddi shu sharoitda va bir xil miqdordagi reaktivlar bilan amalga oshirildi.

Kremniyning massa ulushi (X) foizda ushbu formula bo'yicha hisoblanadi:



$$x = \frac{(m_1 - m_2) \cdot 0,4674 \cdot 100}{m}$$

bu yerda  $m_1$ - sinov mahsuloti namunasining massasi, g;  $m_1$ - kalsinatsiyalanganidan keyin qoldiq massasi, g;  $m_2$ -nazorat tajribasida kalsinatsiyalanganidan keyin qoldiq massasi 0,4674 - Si bo'yicha  $\text{SiO}_2$ , bo'lgan konversiya koeffitsenti. Uch marta o'tkazilgan tekshirishning o'rtacha arifmetikasi sinov natijasi sifatida qabul qilinadi.

Kremniyorganik birikmalarda kremniyni aniqlashning boshqa usuli atom emission va atom absorsion spetrokopiya asoslanadi. Kremniyning miqdorini aniqlash uchun nam va quruq usul qo'llaniladi. Nam usulda sulfat va nitrat kislotalar aralashmasi yordamida, quruq usulda esa natriy peroksidning bosim ostida oksidlanishi asosida  $\text{SiO}_2$  olinadi va undagi kremniyning miqdori noorganik usulda aniqlanadi.

Kremniyli funksional guruhlarini aniqlash  $\text{SiOH}$  ning sifat reaksiyasiga asoslanadi. Bunda  $\text{SiCl}_4$ , -  $\text{SiCl}$  larga  $\text{AgNO}_3$  bilan ishlov berilganda  $\text{AgCl}$  cho'kma tushadi.  $\text{SiNH}_2$ ,  $\text{SiNHR}$ ,  $\text{SiNR}_2$  kremniyorganik birikmalarga  $\text{HCl}$ , keyin  $\text{KOH}$  bilan ishlov beriladi hamda  $\text{NH}_3$  amin ajralib chiqadi.

Bundan tashqari  $\text{SiH}$  - mis (II) tuzlari eritmalarining rangini ko'kdan sarg'ish ranggacha o'zgartirishi yoki  $\text{NaOH}$ /spirt bilan reaksiyaga kirishganda  $\text{H}_2$  ajratish orqali.  $\text{NaOH}$ /spirt bilan reaksiyaga kirishish orqali  $\text{H}_2$  ajralib chiqishiga asoslanib Si-Si bog'i aniqlanadi.

### II. 3. Toza kremniydan kremniy (IV) xlorid olish.

Molekulasida bitta yoki bir nechta kremniy uglerod atomi bilan to'g'ridan-to'g'ri yoki boshqa elementlar atomlari orqali bog'langan birikmalar bo'lib, monosilan hosilalar sifatida qaraladi. Kremniyorganik birikmalarda barcha o'rinbosarlar ko'rsatiladi.

$(\text{CH}_3)_2\text{SiClH}$  – dimetilxlorosilan

$\text{Cl}_2\text{SiCH}_2\text{SiCl}_3$  – bis (trixlorosilan) metilen.

Monomer xoldagi kremniyorganik birikmalar element xolatidagi kremniy yoki  $\text{SiCl}_4$ ,  $\text{HSiCl}_3$  yoki  $\text{Si}_2\text{Cl}_6$  ni organik birikmalar bilan reaksiyaga kiritish asosida hosil qilinadi. Bular kremniyorganik polimerlar (silikonlar) olishda homashyo bo'lib xizmat qiladi.

Kremniyorganik polimerlar makromolekula zvenosida kremniy atomlari bo'ladi. Asosiy zanjirning tuzilishiga qarab bular 3 gruppaga bo'linadi. Birinchi gruppaga anorganik zanjirda ketma – ket keluvchi Si va organoger elementlar, O yoki N yoki S atomlari bo'lgan poliorganosiloksanlar (poliorganosilazanlar, poliorganosiloksanlar) kiradi.

Ularda uglerod kremniy atomlari bilan bog'langan yon gruppalarda joylashadi. Ikkinchi gruppaga satomlari ketma – ket joylashgan organoanorganik zanjirli birikmalar, chunonchi, poliorganoalkilen (fenilen) silanlar kiradi.

So'nggi uchinchi gruppaga esa Si atomlari yon zanjirda joylashgan organik zanjirli birikmalar (polialkilensilanlar) kiradi. Ko'rsatilgan kremniyorganik polimerlarda  $\text{R} = \text{CH}_3, \text{C}_2\text{H}_5$  va  $\text{C}_6\text{H}_5$  va boshqa gruppalar bo'lishi mumkin.

Kremniyorganik polimerlar monomerlarni polimerlab (masalan, anion polimerlanish yo'li bilan) gidrolitik polikondensasiyalab yoki polidimetilsiloksanning molekulyar massasi 2800000 ga boradi.

Kremniyorganik birikmalar nixoyatda qimmatli va o'ziga xos xossalarga egaligi bilan ajraladi. O'ta past temperatura ta'siriga ham, yuqori temperaturaga ham bardosh bera oluvchi polimerlar kremniyorganika maxsulidir. Keyingi yillargacha tabiiy kauchuk rezina sanoati uchun eng yaxshi xomashyo xisoblanardi.

Kremniyorganik birikmalarni (ular polimerorganosiloksanlar deb ham ataladi) yaratish va ulardan amalda foydalanishda akademik K.A. Andrianov boshliq bir grupp olimlar ishlashgan

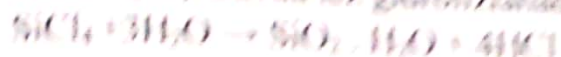
**Kremniyning galogenli birikmalari.** Kremniy galogenlar bilan oson reaksiyaga kirishadi. Kremniy galogenidlardan  $\text{SiCl}_4$  bilan  $\text{SiF}_4$  muxim ahamiyatga ega.  $\text{SiCl}_4$  quyidagi reaksiyalar asosida olinadi.



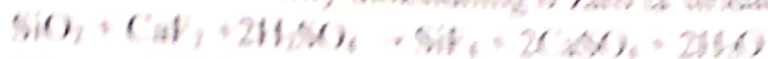
Ushbu reaksiyada  $\text{SiCl}_4$  va  $\text{Si}_2\text{H}_6$  lar ham hosil bo'ladi.



$\text{SiCl}_4$  - 57°C qaynab, - 68°C da oqadigan rangsiz mayuqlik, zichligi - 1,5237 (°C). Suvda tez gidrolizlanadi.



Asosan kremniyorganik birikmalar sintezida qo'llaniladi.  $\text{SiF}_4$  - fluorant  $\text{H}_2\text{NO}_4$  bilan kremniy dioksidning o'zaro ta'siridan hosil bo'ladi.



$\text{SiF}_4$  - o'tkir hidli rangsiz gaz bo'lib, suvda gidrolizlanadi.

Spirt va asetonida eriydi. Ftorsilikatlarni termik parchalab olinadi.  $\text{SiF}_4$  - geksaftorsilikat kislota  $\text{H}_2(\text{SiF}_6)$  va anorganik floridlarni olinishda an'anaviy xomashyodir.

Geksaftorsilikat kislota  $\text{SiF}_4$  ning gidrolizidan hosil bo'ladi. Bu kislota erkin holda turganda HF bilan  $\text{SiF}_4$  ga parchalanadi.

Suvli eritmasida barqaror ikki negizli kuchli kislota hisoblanadi.  $\text{SiF}_4$  - oktaedrik tuzilishga ega.

Geksaftorsilikat kislota tuzlari ma'lum. Bularning ko'plari suvda yaxshi eriydi, faqat natriy, kaliy, rubidiy, seziiy va bariy ftorsilikatlari nisbatan kam eriydi. Geksaftorsilikat kislota va uning ba'zi birikmalari dezinfeksiyalashtirishda yog'och konservanti o'rnida, shisha tayyorlashda, tuproqlarni mustahkamlash uchun reagent sifatida va boshqa soxalarda qo'llaniladi.

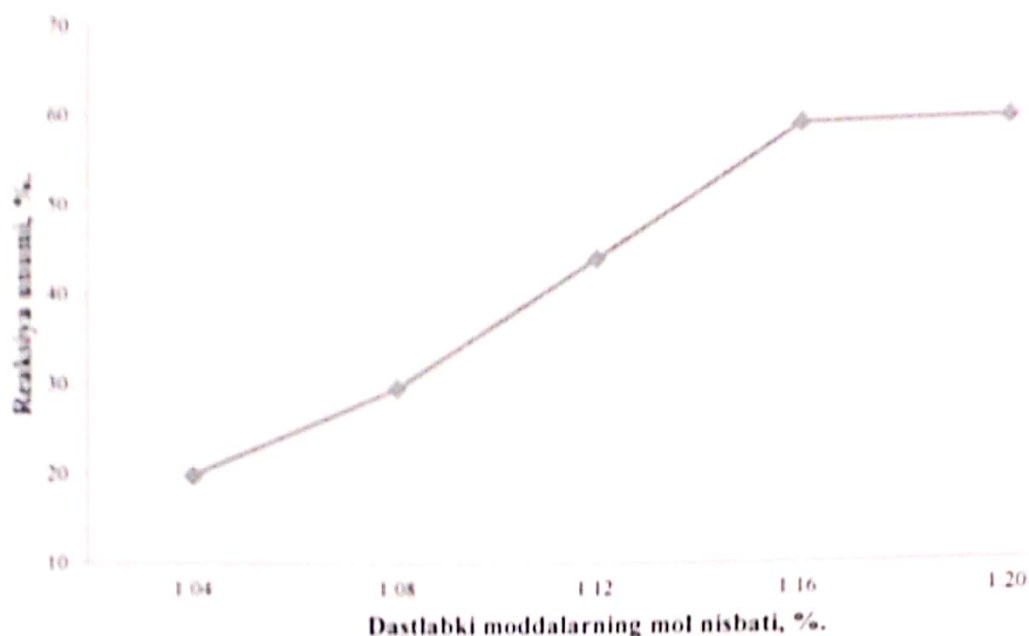
#### II.4. Kremniy (IV) xlorid asosida alkoksivilanlar sintezi.

##### Sintez jarayoniga ta'sir etuvchi omillar

Shuningdek kremniyorganik polimerlar ancha yuqori haroratlarga qadar barqaror va reaksiya qobiliyati past bo'ladi. Bu esa ularning tarkibini reaktivlar yordamida kimyoviy aniqlash imkoniyatini pasaytirib yuboradi [65].

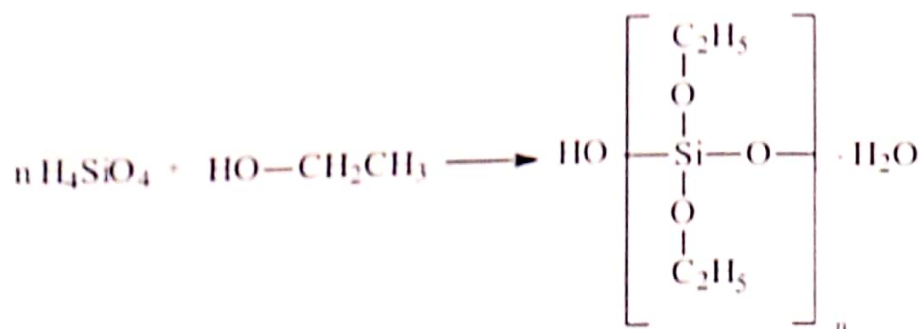
Shuningdek kremniyorganik polimerlar ancha yuqori haroratlarga qadar barqaror va reaksiya qobiliyati past bo'ladi. Bu esa ularning tarkibini reaktivlar yordamida kimyoviy aniqlash imkoniyatini pasaytirib yuboradi [66].

Kremniy kislotalari suvli muhitda beqaror bo'lganligi uchun uning efirlarini olish jarayoni ekstraksiyada foydalanilgan organik fazada olib borildi. Tajribalar davomida kremniy kislotalari va spirtlar turli nisbatlarda olindi. Kremniy kislotalariga nisbatan spirtning mol miqdori qancha yuqori bo'lsa, jarayonning unumi shuncha baland bo'lishi aniqlandi (2.1-rasm).



2.1-rasm. Kremniy kislotalari va etil spirti mol nisbatlarining jarayon unumiga bog'liqligi

Eterifikatsiya reaksiyasi quyidagicha boradi:



## **II.5. Kremniy tutuvchi gliftal smolalar sintezi**

### **II.5.1. Kremniy tutuvchi GFK-1, GFK-2 gliftal smolalari sintezi**

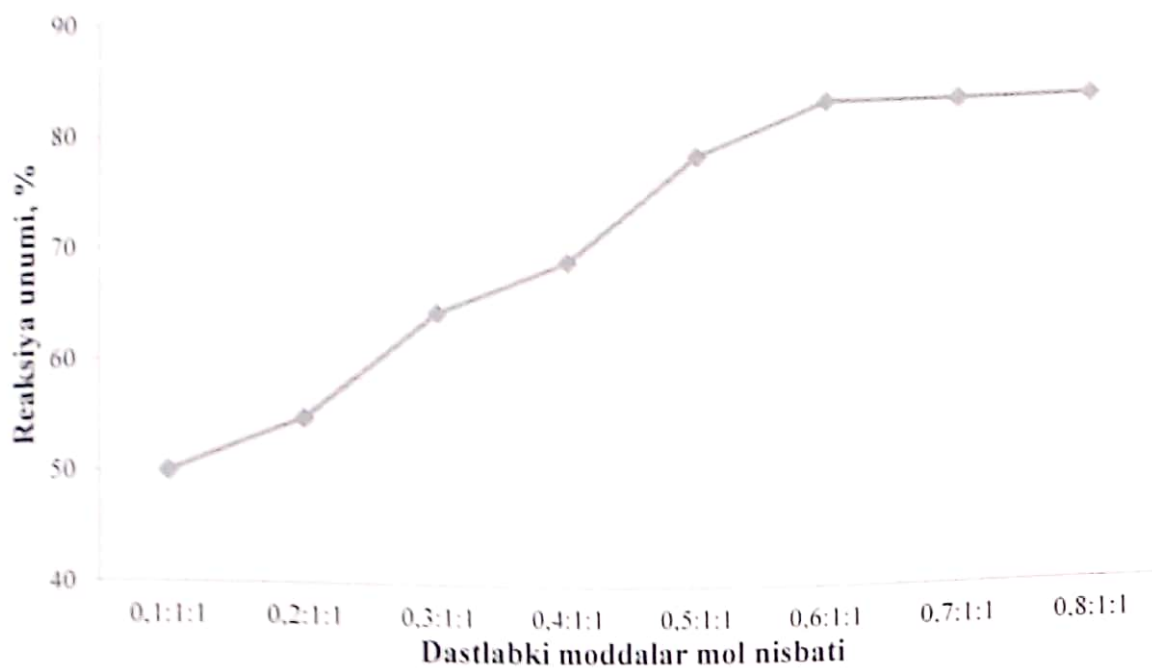
Tetraetoksisilan, glitserin va ftal angidrid asosidagi kremniy tutgan gliftal smolasini olish uchun vakuum nasos, termometr va aralashtirgich bilan jihozlangan uch og'izli kolbadan foydalanildi. Dastlab kolbaga 0,05 mol tetraetoksisilan va 0,2 mol glitserin solindi. 150-180 ayl/min. tezligida aralashtirib turgan holda reaksiyon aralashma haroratsi  $50^{\circ}\text{S}$  ga ko'tarilib, jarayon shu haroratda olib borildi. 30 minutdan so'ng reaksiyon aralashmaga 0,1 mol ftal angidrid qo'shildi. So'ngra vakuum nasos orqali kolbadagi bosim 0,25 atm. ga pasaytirildi va jarayon yana 2 soat davom ettirildi. Modifikatsiyalangan gliftal smola och sarg'ish rangli qovushqoq suyuqlish, organik erituvchilarda eriydi [67,68]. Jarayon unumi 90% ni tashkil etadi.

#### **GFK-1 va GFK-2 markali gliftal smolalar sintezi jarayoniga ta'sir etuvchi omillar**

Tetraetoksisilan, glitserin va ftal angidrid asosidagi kremniy tutgan gliftal smolasini olish jarayoni ikki xil usulda amalga oshirildi. Birinchi usulda smola olishda texnik tozalikdagi reagentlardan foydalanildi. Bunda erituvchilardan foydalanilmadi. Amalga oshirilgan jarayon unumiga dastlabki moddalar konsentratsiyasi, reaksiya vaqti va haroratning ta'siri o'rganildi.

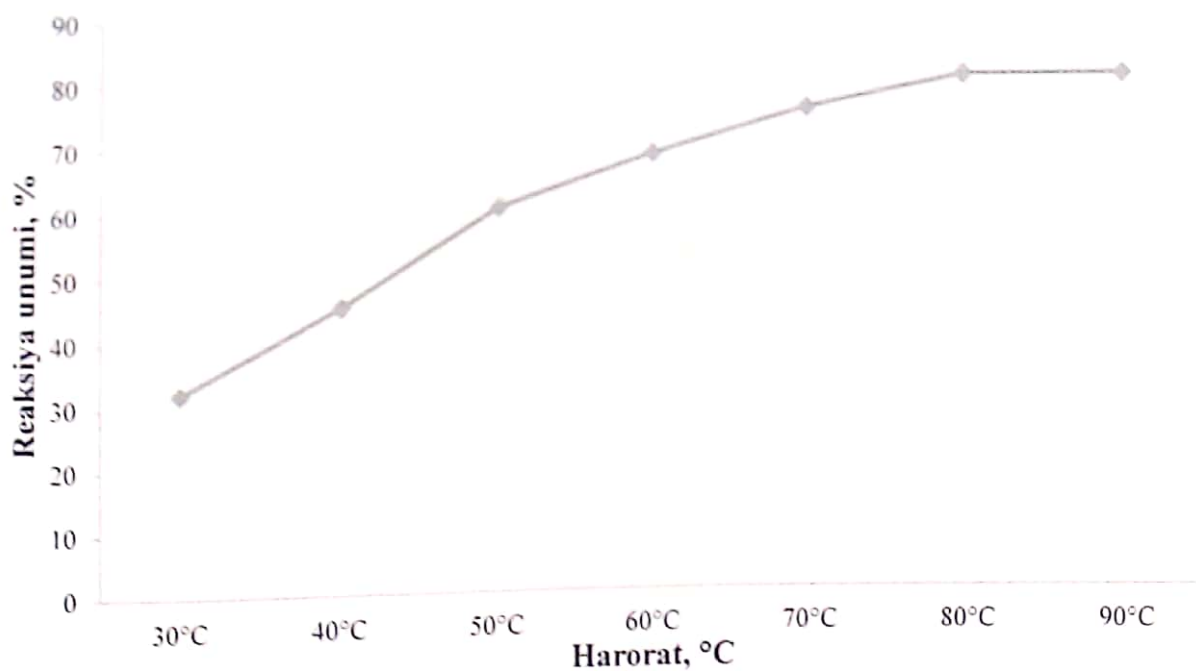
Glitserin, ftal angidrid va kremniy kislota efiri asosida kremniy tutgan GFK-1 (erituvchisiz muhitda olingan), GFK-2 (suvli muhitda olingan) markali gliftal smolalar sintezi jarayoniga ta'sir etuvchi omillar o'rganildi.

Erituvchisiz muhitda olib borilgan reaksiya unumiga dastlabki moddalar konsentratsiyasining ta'sirini o'rganish natijalari 2.2-rasmda keltirilgan.



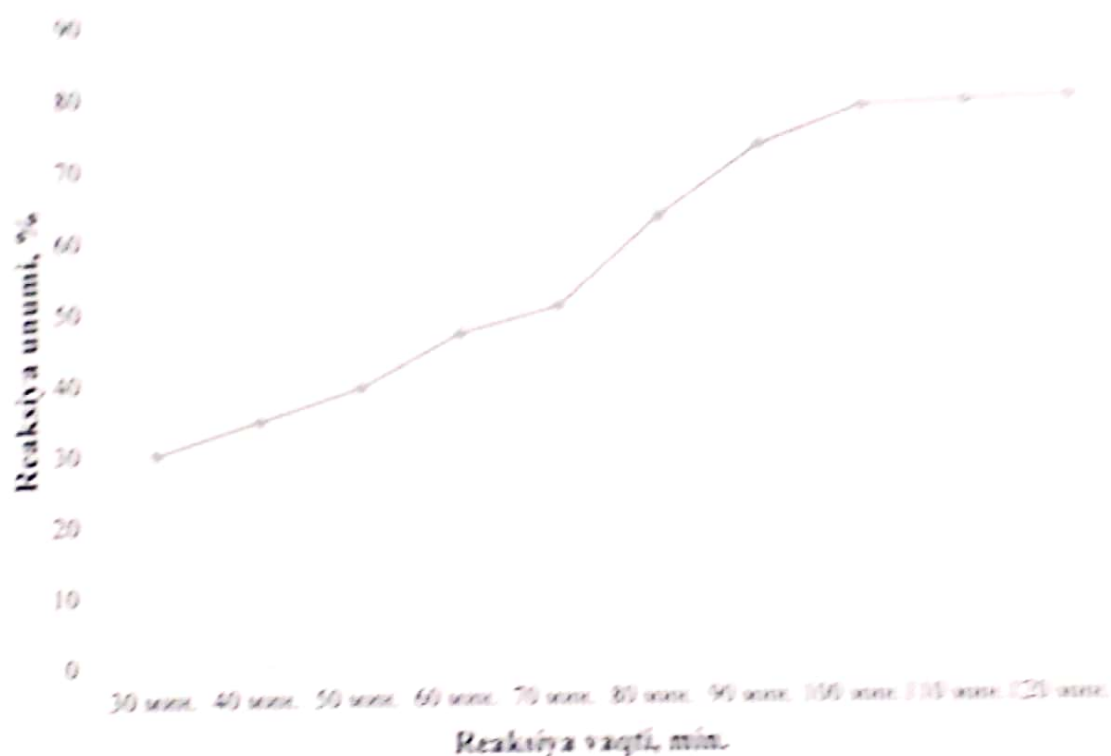
2.2-rasm. Dastlabki moddalar mol nisbatlarining GFK-1 gliftal smolasi olishda reaksiya unumiga ta'siri

Erituvchisiz muhitda olib borilgan glitserin, ftal anhidrid va kremniy kislotaning efiri asosidagi kremniy tutgan gliftal smolasini olish jarayoni unumiga haroratning ta'sirini o'rganish natijalari 2.3-rasmda keltirilgan.



### 2.3-rasm. GFK-1 gliftal smolasini olishda reaksiya unumiga vaqtning ta'siri

Glitserin, ftal anhidrid va kremniy kislota ning efir muhridagi kremniy tuzgan gliftal smolasini olish jarayoni unumining reaksiya o'tkazilgan vaqtga bog'liqligini o'rganish natijalari 2.4-rasmda keltirilgan. Tajribalar natijasida reaksiyaning o'tkazilishi uchun 100 minut bo'lganda eng yuqori unumga erishiladi.



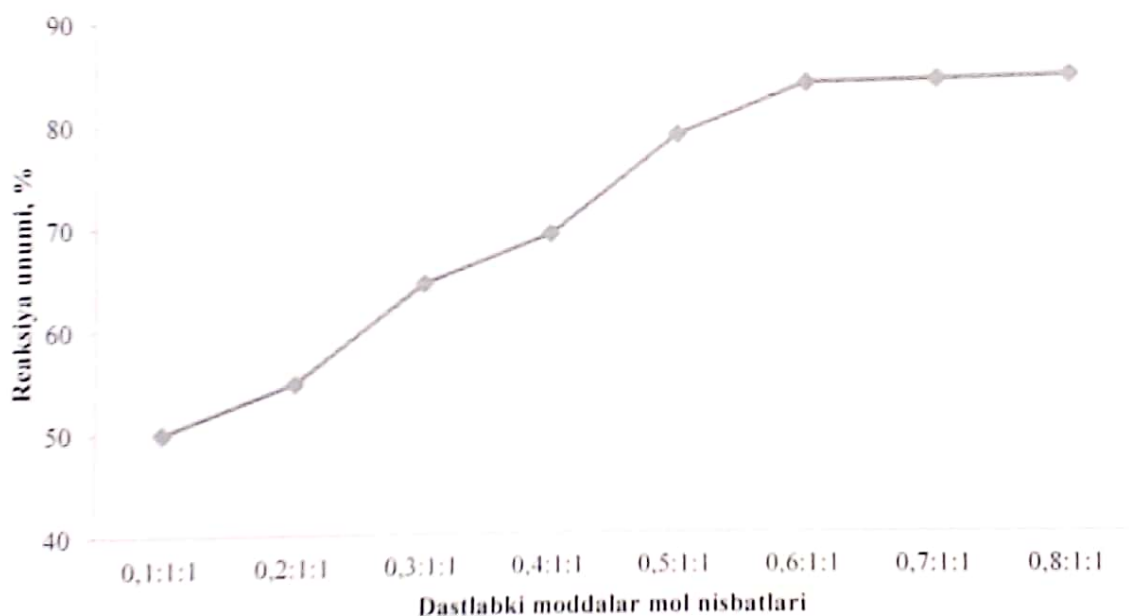
### II.5.2. Kremniy-akril saqlagan KASM-1, KASM-2 polimer kompozitlari sintezi

#### KASM-1 polimer kompoziti sintezi

Tetraetoksisilan va organik monomerlar asosida KASM-1 polimer kompozitlar sintez qilish uchun uch og'izli kolbadan foydalanildi. Buning uchun kolba to'rtizgich voronka, termometr va aralashtirgich bilan jihozlandi. Dastlab kolbaga 9,2 gr glitserin va 14,6 gr ftal anhidrid solindi. 200 ayl/min. tezligida aralashtirib turgan holda kolba sekin qizdirildi. Ftal anhidrid to'liq erib ketdi. 15 minutdan so'ng kolbaga 8,6 gr akril kislota solindi. Akril kislota o'z-o'zidan polimerlanib qolmasligi

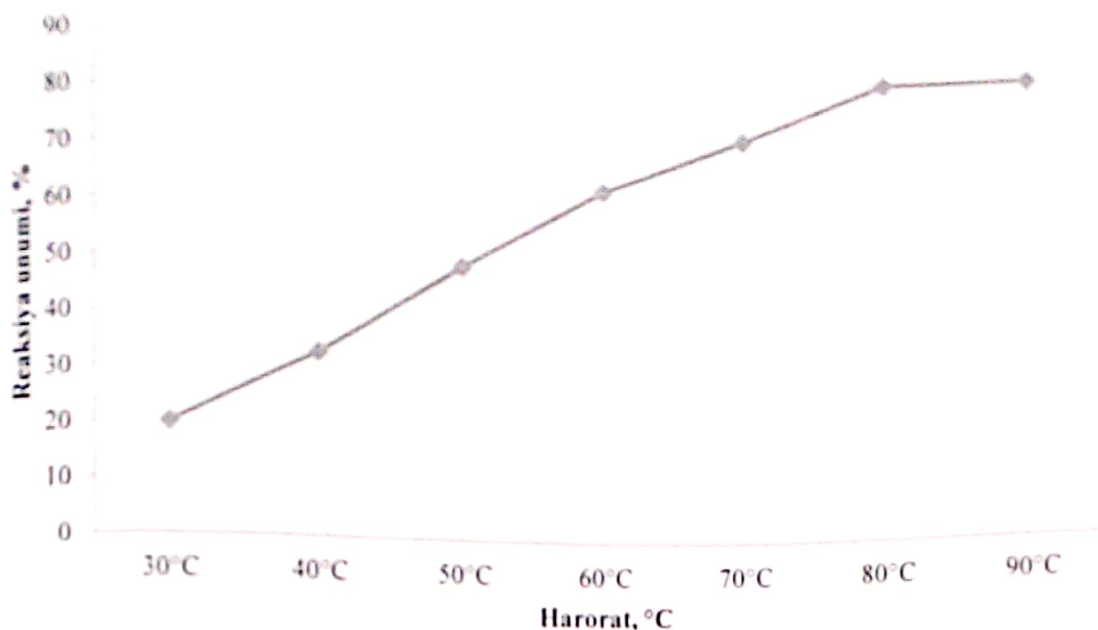
uchun 0,1% miqdorda gidroksinon qo'shilgan. Harorat 95-98°S da 20 minut ushlab turildi. So'ngra reaksiya aralashmaga 20,2 gr tetraetoksisilan tomchilatib qo'shildi. Jarayon natijasida jigarrang elastik rezinasimon massa hosil bo'ldi. Olingan GFK-1 markali polimer kompozitning fizik-mexanik xususiyatlari o'rganildi hamda IQ-spektroskopiya, SEM, element tahlili usullarida tahlil qilindi. Reaksiya unumi 85% ni tashkil qiladi.

Kremniy-akril saqlagan KASM-1 polimer kompozitining olinish jarayoni unumiga dastlabki moddalar mol nisbati va haroratning ta'siri 1.5- va 1.6-rasmlardagi natijalar bilan izohlanadi. Bunda dastlabki moddalarning mol nisbatlari 0,6:1:1 va 80°S haroratda eng yuqori unum bo'lganligi kuzatildi.



2.4-rasm. Dastlabki moddalar mol nisbatlarining KASM-1 polimer kompozitini olishda reaksiya unumiga ta'siri





2.5-rasm. KASM-1 polimer kompozitini olishda reaksiya unumiga haroratning ta'siri

### Metilmetakrilat va tetraetoksisilan asosida KASM-2 polimer kompoziti sintezi

Metilmetakrilat va tetraetoksisilan asosida yangi polimer kompozitlar olish uchun tomizgich voronka, termometr va aralashtirgich bilan jihozlangan uch og'izli kolbaga 0,2 mol metilmetakrilat solindi. 200 ayl/min. tezligida aralashtirib turgan holda kolba 65°S ga qizdirildi. So'ng tomizgich voronka orqali tetraetoksisilan 15 minut davomida tomchilatib qo'shildi. Metilmetakrilat o'z-o'zidan polimerlanib qolmasligi uchun 0,1% miqdorda gidroksinon qo'shilgan [69,70]. Harorat 95-98°S ga ko'tarilib, 1 soat davomida ushlab turildi. Mahsulotning hosil bo'lish unumi 80% ni tashkil qiladi.

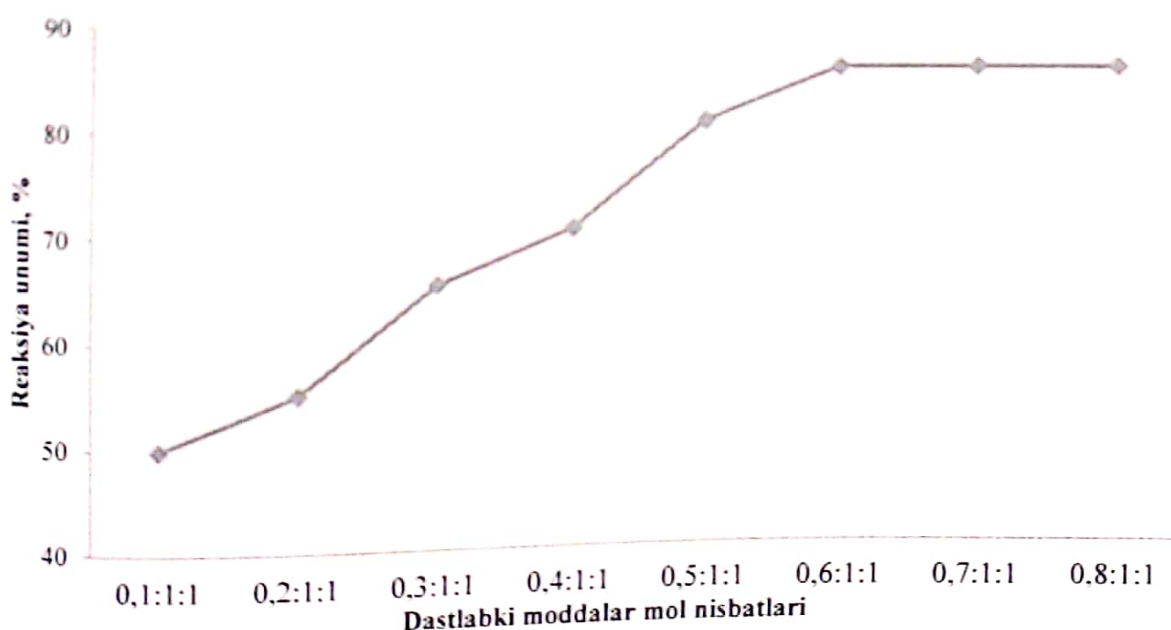
### 11.5.3. Tetraetoksisilan, karbamid va formaldegid asosidagi KFK-1 kompozitning olinishi

Tetraetoksisilan, karbamid va formaldegid asosidagi (KFK-1) kompozitning tajriba namunasini olish uchun 500 ml lik to'rt og'izli kolbaga 205 gr 36,9% li (pH=3,6) formalin va 8,4 gr 26,9% li ammiak eritmasi solindi, 10 minut aralashtirildi. 150-170 ayl/min. tezligida aralashtirib turgan holda 120 gr karbamid solindi va yana 20 daqiqa davomida aralashtirildi, karbamid to'liq erib ketdi

(pH=9,1). Aralashma yana 1,5 soat davomida 80-90°C haroratda qizdirilgandan keyin zichligi 1,474 g/sm<sup>3</sup> va silikat moduli 1,08 bo'lgan bo'lgan natriy silikatining 5 gr suvli eritmasi qo'shildi (pH=8,2). Reaksiya aralashma aralashtirib turgan holda 70°C haroratgacha sovutildi. So'ngra reaktorga 18 gr tetraetoksisilan va yana 24 gr karbamid solindi hamda aralashma 60-65°C haroratda 40 daqiqa davomida ushlab turildi. Keyin 30°C haroratgacha sovutildi. Olingan mahsulot yelimsimon qovushqoq massa. Uning tarkibi IK-spektroskopiya, SEM, element tahlili usullarida o'rganildi. Ushbu modifikatsiyalangan smolani olishda jarayon unumi 85% ni ashkil etdi[88].

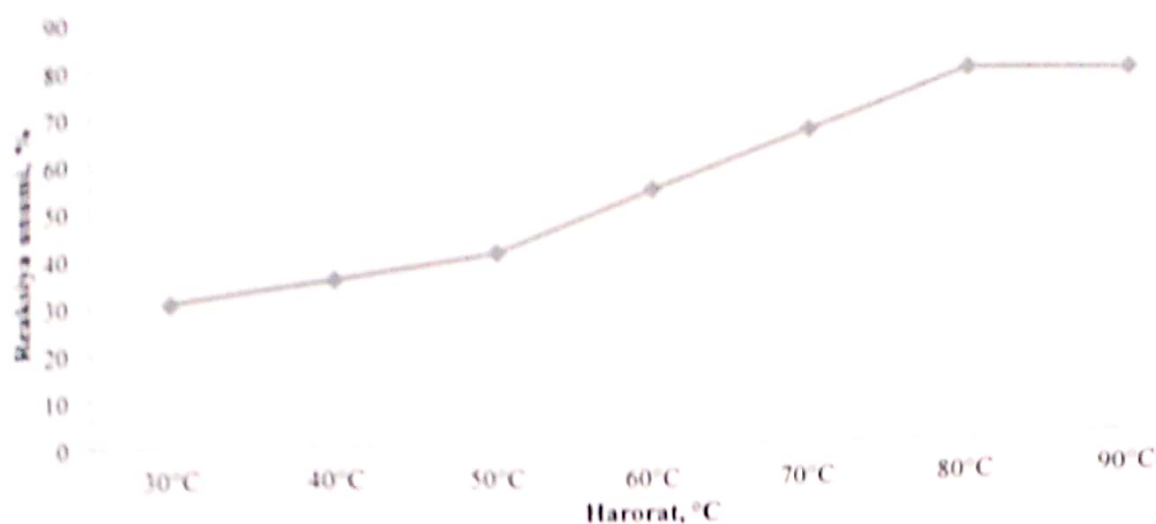
### KFK-1 kompozitini olish jarayoniga ta'sir etuvchi omillarni o'rganish

KFK-1 kompozitini olishda dastlabki moddalar mol nisbatlarining reaksiya unumiga ta'siri grafiqi berilgan. Unga ko'ra 0,6:1:1 nisbatda tetraetoksisilan, glitserin va ftal anhidrid olinganda reaksiya unumi yuqori bo'lganligi, nisbat 0,7:1:1 va undan yuqori bo'lganda unum deyarli o'zgarmagani kuzatildi. Buning sababini tetraetoksisilanning miqdori ortganda reaksiya jarayonida hosil bo'ladigan ortiqcha etoksi guruhlar glitserin va ftal anhidridlar bilan efir hosil qilib, ularning o'zaro bog'lanishiga xalaqit beradi.



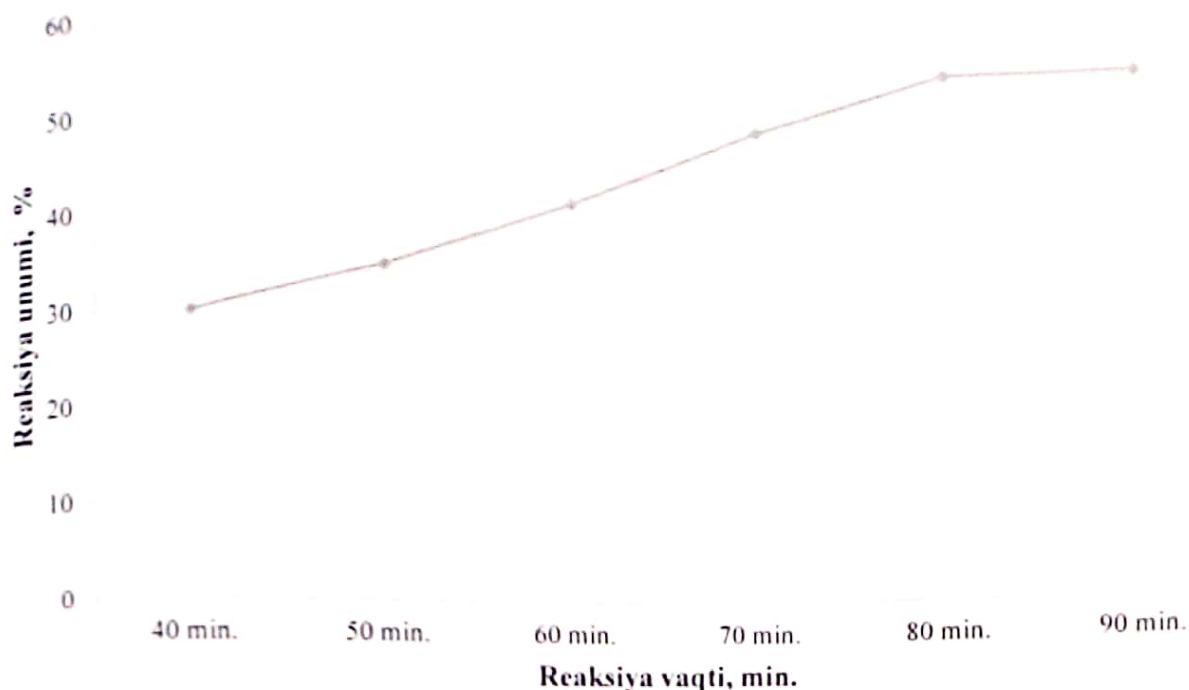
**2.6-rasm. Dastlabki moddalar mol nisbatlarining KFK-1 olishning reaksiya unumiga ta'siri**

KFK-1 kompozitini olishda reaksiya unumiga haroratning ta'siri 1.8-rasmdagi grafikda berilgan.



**2.7-rasm. KFK-1 kompozitini olishda reaksiya unumiga haroratning ta'siri**

2.8-rasmdagi grafikdan ko'rinadiki, harorat 80°S ga yetganda reaksiyaning eng yuqori unumi 80% ni tashkil etdi. Harorat bu darajadan yuqori bo'lganda reaksiya unumi o'zgarmay qoldi. Shuning uchun reaksiya borishining maqbul harorati 80°S ekanligi tasdiqlandi.



### 2.8-rasm. KFK-1 kompozitini olishda reaksiya unumining vaqtga bog'liqligi

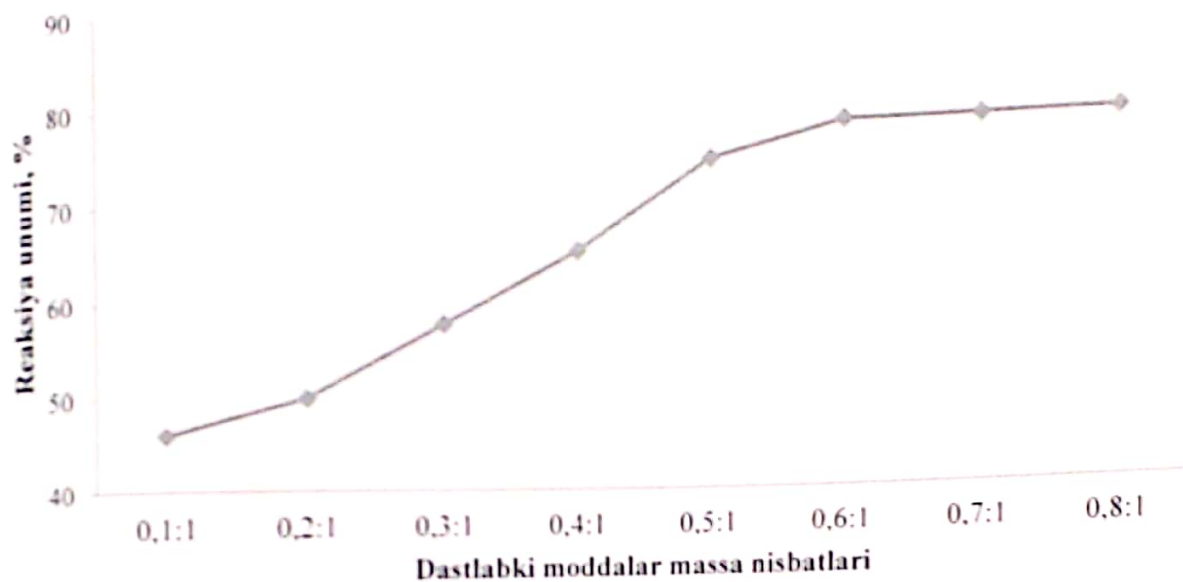
2.8-rasmdagi diagrammadan ko'rinadiki, reaksiya davomiyligi 80°S bo'lganda jarayon eng yuqori unumga yetgan.

#### II.5.4. Tetraetoksisilan va kraxmal asosida KM-1, KM-2 kompozitlar olish

Tetraetoksisilan va kraxmal asosida kompozitni olish uchun tomizgich voronka, aralashtirgich va termometr bilan jihozlangan uch og'izli kolbadan foydalanildi. Dastlab 6,5 gr kraxmal 150 gr suvda kleyser holatiga o'tkazildi. 200 ayl/min. tezligida aralashtirib turgan holda initsiator sifatida 0,1% li natriy persulfat eritmasidan 1 ml solindi. So'ngra reaksiya aralashmaga 2,02 gr tetraetoksisilan tomchilatib qo'shildi. Reaksiya 70°C da olib borildi. Jarayon natijasida sutga o'xshash oq quyuc massa hosil bo'ldi. Olingan mahsulotni quritib, uning fizik-mexanik xususiyatlari o'rganildi hamda element tahlili, IQ-spektoskopiya, SEM usullarida tahlil qilindi. Bunda mahsulot unumi 85% ni tashkil qiladi [71,72].

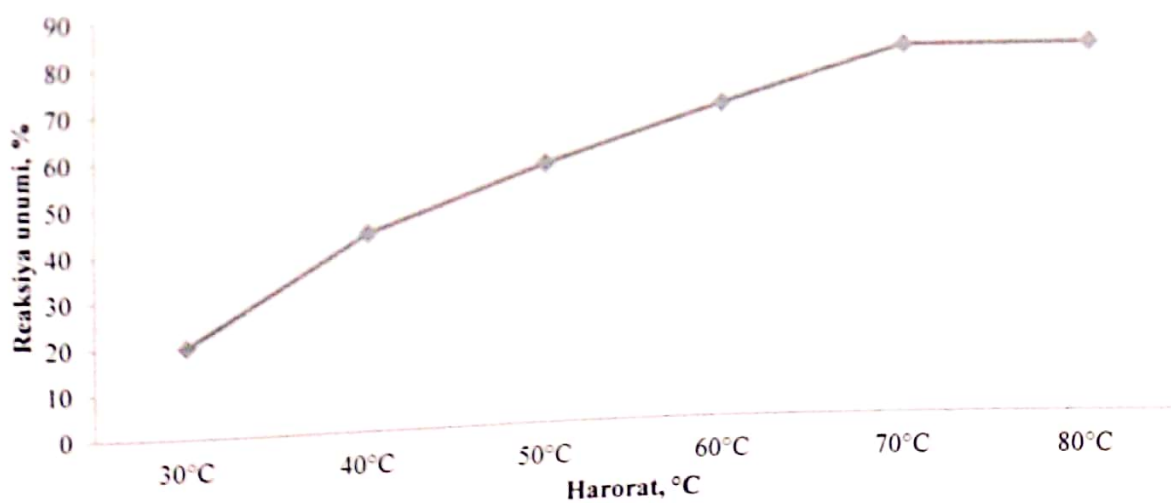
**KM-1 kompozitini olish jarayoniga ta'sir etuvchi omillarni o'rganish.**

Tetraetoksisilan va kraxmal asosidagi kompozitni olish jarayoni unumiga dastlabki moddalar massa nisbati, reaksiya vaqti va haroratning ta'siri o'rganildi. Tetraetoksisilan va kraxmal asosidagi KM-1 kompoziti olish jarayoni unumiga dastlabki moddalar massa nisbatlarining ta'siri o'rganish natijasi 1.10-rasmda keltirilgan.



2.9-rasm. Dastlabki moddalar massa nisbatlarining KM-1 kompozitini olishda reaksiya unumiga ta'siri

2.9-rasmdagi diagrammaga ko'ra, dastlabki moddalarning massa nisbati 0,6:1 bo'lganda reaksiya unumi eng yuqori ko'rsatgichga yetgan.



### 2.10-rasm. KM-1 kompozitini olishda reaksiya unumiga haroratning ta'siri

Tetraetoksisilan va kraxmal asosidagi KM-1 modifikatorini olish jarayoni unumiga haroratning ta'siri o'rganilgan (2.10-rasm). O'rganish natijasiga ko'ra harorat 70°S gacha oshirilganda unumeng yuqori 80% ni tashkil qilib, undan yuqori haroratda unum o'zgarmagan.

Shuning uchun eng maqbul harorat 70°S deb qabul qilindi.



### 2.11-rasm. KM-1 kompozitini olishda reaksiya unumining vaqtga bog'liqligi

Tetraetoksisilan va kraxmal asosidagi KM-1 kompozitini olishda reaksiya unumining vaqtga bog'liqligi o'rganish natijasi 1.10-rasmda keltirilgan. Unga ko'ra reaksiya 110 minut davom etganda eng yuqori unumga erishildi.

Mahalliy kvarts qumlaridan ishqor va soda yordamida suvda eruvchan silikatlar olishning past haroratli samarali usuli ishlab chiqildi. Suvda eruvchan silikatlar olishda maqbul sharoitlar: kvarts qumining sharli tegirmonda maydalanish vaqti 8 soat, harorat 180°S bo'lganda avtoklavda ishlov berish vaqti 3 soatni, olingan suyuq shishaning silikat moduli 2,8 ni tashkil qilishi ko'rsatib berildi.

Suvda eruvchan silikatlardan kremniy tutgan organik birikmalar sintez qilish jarayonining maqbul sharoitlari aniqlandi. Suyuq shishadan silikat kislotasi olish va olingan silikat kislotaning etil spirt bilan eterifikatsiya reaksiyasida unum eng yuqori - 60% bo'lishi uchun dastlabki moddalarni mos holda 1:16 mol nisbatda olish tavsiya etildi.

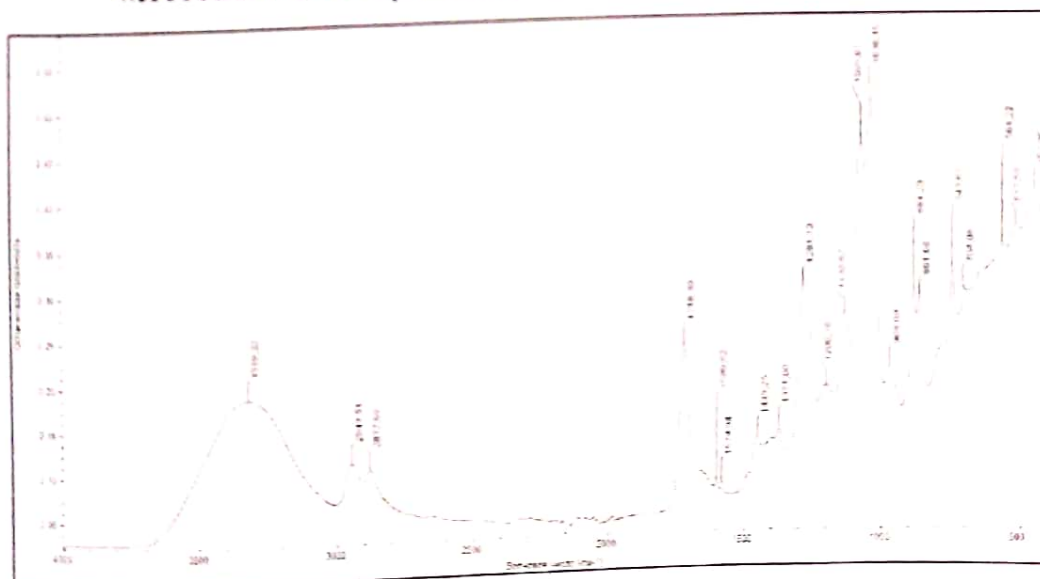
Glitserin, ftal anhidrid va tetraetoksisilan asosida kremniy saqlagan GFK-1, GFK-2 markali gliftal smolalar, metilmetakrilat, akril kislota va tetraetoksisilan asosida KASM-1, KASM-2 markali kremniy-akril saqlagan polimer materiallar, tetraetoksisilan, karbamid va formaldegid asosida KFK-1 modifikatori, tetraetoksisilan va kraxmal asosida KM-1, KM-2 markali modifikatorlar sintez qilish usullari taklif etildi.

### III bob. Mahalliy kvarts qumlari asosida sintez qilingan alkoksisilanlarning tadqiqoti

#### III. 1. Kremniy saqlagan gliftal smolalar fizik-kimyoviy xossalarini o'rganish.

Tetraetoksisilan, glitserin va ftal anhidrid asosida kremniy saqlagan gliftal smolalar sintezi ikki usulda - suvli eritmada va erituvchisiz olib borildi. Suvli eritmada sintez amalga oshirilganda erituvchining miqdori, aralashtirish tezligi jarayon unumiga ta'sir etadi. Harorat va reaksiya vaqtining oshirilishi unumning ortishiga hamda olinadigan makromolekula zanjirining uzunligiga, ya'ni polimerlanish darajasiga ta'sir etadi. Polimerlanish darajasi ortib ketganda olingan smola suvli eritmasining barqarorligi past bo'ladi. [73]

Erituvchisiz sintezda reagentlarning o'zaro ta'sirlashish tartibi olinadigan smolaning tarkibiga bevosita ta'sir qiladi. Dastlab glitseringa tetraetoksisilanning birikishi smola makromolekulasida kremniyning asosiy zanjirga birikishini ta'minlaydi. Reagentlarni qo'shishda dastavval glitseringa ftal anhidridni biriktirib, so'ngra jarayonga tetraetoksisilan kiritilganda silanol guruhi asosan glitserinning ikkinchi gidroksil guruhiga birikadi. Bu makromolekulaning tarmoqlangan tuzilishi ortishiga olib kelib, olinadigan smolaning elastikligi ortishiga sabab bo'ladi. 1-rasmda erituvchisiz usulda olingan kremniy saqlagan gliftal smolasining «IRTracer-100» spektrofotometrda tahlili keltirilgan.



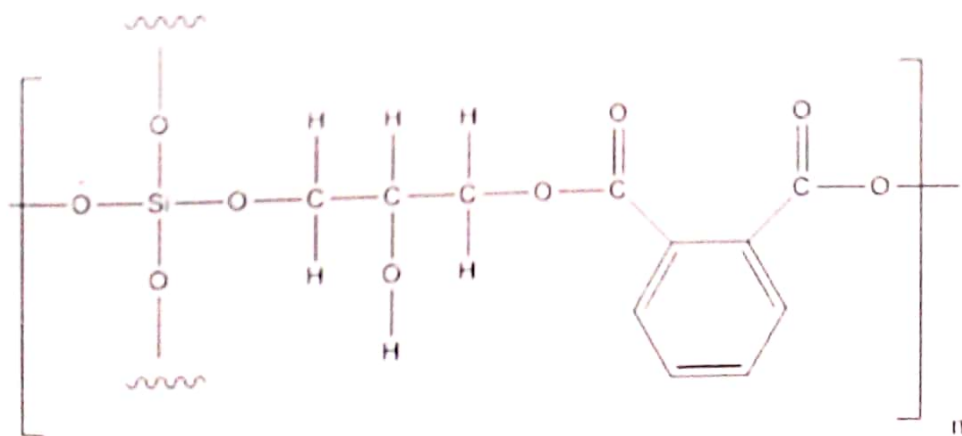
3.1-rasm. GFK-1 smolasining IQ-spektri



Olingan yangi kremniy tutgan gliftal smolaning IQ-spektrlarida valent simmetrik Si-O- guruhga tegishli bo'lgan 1038 sm<sup>-1</sup> yutilish chastotalari kuzatiladi. 1069 sm<sup>-1</sup> sohada Si-O-CH guruhga tegishli bo'lgan yutilish chastotalari kuzatiladi. 1718 sm<sup>-1</sup> sohada C=O guruhga tegishli bo'lgan yutilish chastotalari mavjud. 1130-1281 sm<sup>-1</sup>sohalarda C-O mavjudligi kuzatiladi. 3319 sm<sup>-1</sup> soha gidroksil guruhlarning valent tebranish chastotalariga tegishli ekanligi qayd etilgan.

IQ-spektr tahlilidan ko'rinadiki, smola tarkibida ma'lum miqdorda erkin gidroksil guruhlari mavjud. Bu ushbu smolani turli tarkiblar bilan samarali bog'lanishini ta'minlaydi. [74]

Olingan natijalarga asosan smolaning formulasini quyidagicha keltirish mumkin (3.1-rasm). Smola tarkibida glitserin va ftal angidrid miqdorlarining ortishi bilan chiziqli tuzilgan makromolekulalarga nisbatan tarmoqlangan va tikilgan makromolekulalar miqdori ortib boradi. Ftal angidrid: glitserin miqdorlari nisbatining ortib borishi gidroksil guruhlari miqdorining kamayishiga olib keladi.



3.1-rasm. Kremniy saqlagan GFK-1 gliftal smolaning formulasi

**Olingan KASM-1 polimer kompozitining xossalarini o'rganish.** Glitserin, ftal angidrid, metakril kislota va tetraetoksisilan asosida kremniy-akril saqlagan sopolimerlar sintezi suvli va erituvchisiz muhitda olib borildi. Jarayon suvli muhitda amalga oshirilganda mahsulot unumi past bo'ladi. Bunda mahsulot unumiga va

olinadigan sopolimerning polimerlanish darajasi reaksiyaning olib borilish vaqti, harorat hamda aralashtirish tezligiga bog'liq bo'ladi. Jarayon natijasida suspenziya holatidagi suv-polimer sistemasi hosil bo'ladi.

Ikkinchi usulda kremniy-akril saqlagan sopolimer sintezi erituvchisiz muhitda olib borildi. Bunda aralashtirish tezligi jarayonning muhim omili bo'lib, past tezlikda aralashtirilganda hamda meyordan ortib ketganda unum past bo'ladi. Erituvchisiz sharoitda olingan sopolimer elastik ko'rinishda bo'lib, polimerlanish ortib ketsa erituvchilarda erish xususiyati kamayadi. Tetraetoksisilanning miqdori qolgan monomerlarga nisbatan o'zgarishi sopolimerning nisbiy cho'ziluvchanligiga ta'sir qiladi. [75]

Erituvchisiz sharoitda olingan kremniy-akril saqlagan sopolimer tarkibi «IRTracer-100» spektrofotometrida tahlil qilindi.



3.2-rasm. KASM-1 kremniy-akril saqlagan kompozitining IQ-spektri

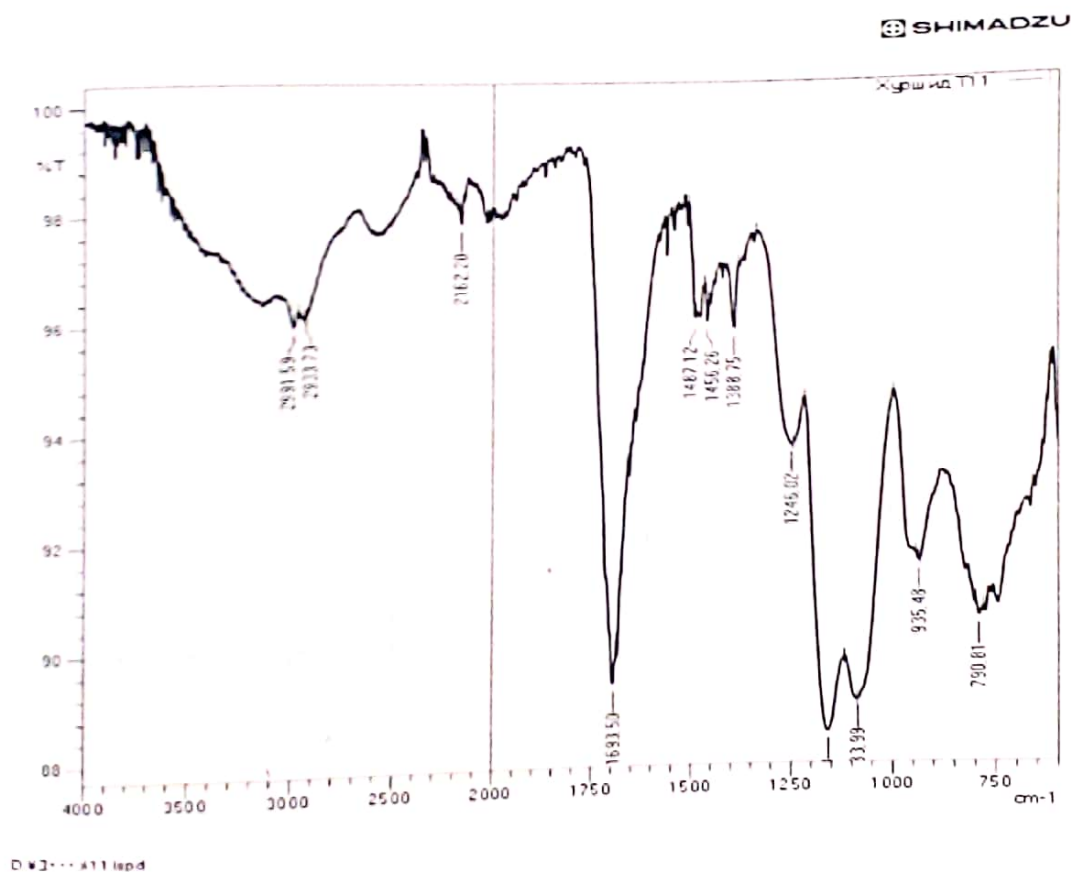
Olingan yangi oligomerning IQ-spektrlarida valent simmetrik Si-O-Si guruhga tegishli bo'lgan 1045  $\text{sm}^{-1}$  yutilish chastotalari kuzatiladi. 1074  $\text{sm}^{-1}$  sohada Si-O-CH guruhga tegishli bo'lgan yutilish chastotalari kuzatiladi. 965  $\text{sm}^{-1}$  sohada Si-O-H guruhiga tegishli bo'lgan yutilish chastotalari mavjud. 1000–1100

sm-1 sohalarda Si-O- mavjudligi kuzatiladi. 3300-3350 sm-1 sohalarda gidroksil guruhlarining valent tebranish chastotalariga tegishli ekanligi qayd etilgan.

3.2-rasmda olingan mahsulotning elektron mikroskopda ko'rinishi keltirilgan. Rasmdan ko'rinadiki, kremniyning asosiy qismi polimerga tikilgan bo'lib, kam miqdori amorf kremniy oksid ko'rinishida to'ldiruvchi sifatida polimer matritsa orasida qolgan. [76]

**Metilmetakrilat va tetraetoksisilan asosida olingan kremniyorganik birikmalar xossalari o'rganish**

III. 2. KASM-2 kremniy-akril saqlagan polimer kompoziti IRAffinity-1S" spektrofotometrda tahlil qilindi (3.3-rasm).

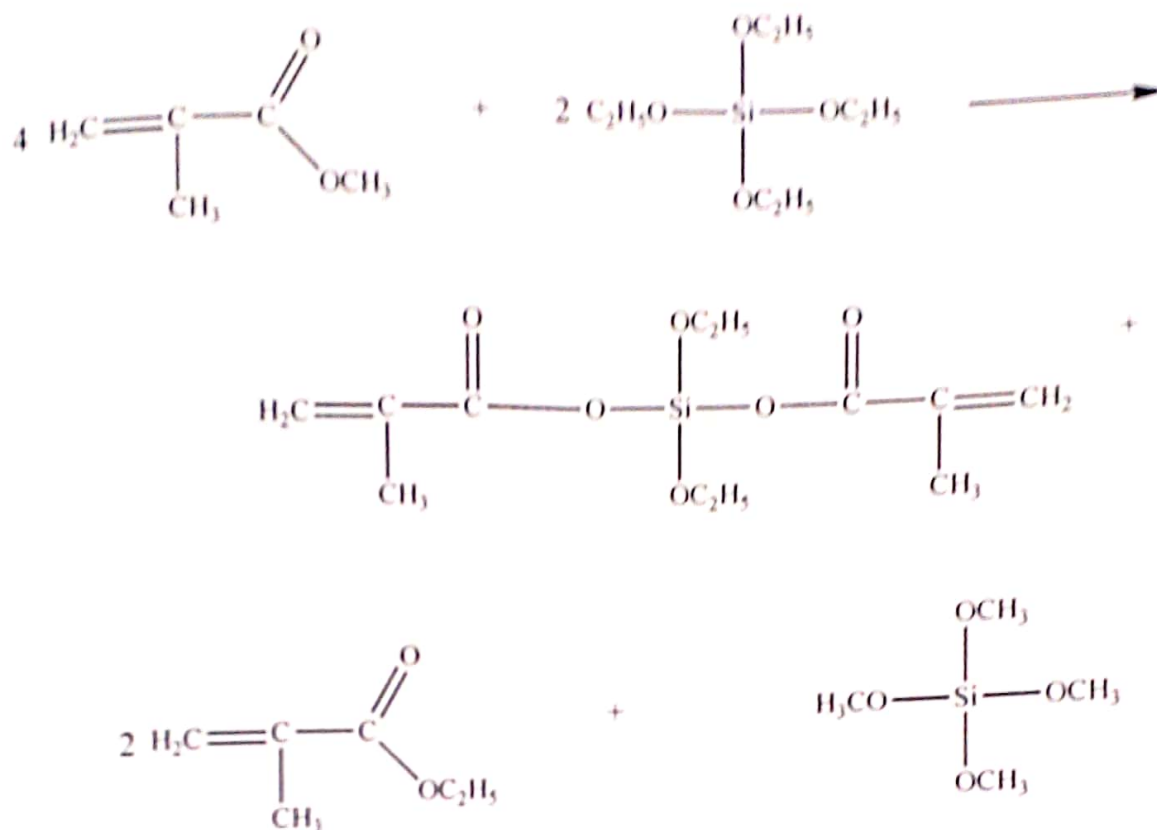


3.3 -rasm. Olingan KASM-2 akrilatining IQ-spektri

KASM-2 akrilatining IQ-spektrlarida valent simmetrik Si-O-Si guruhga tegishli bo'lgan 1045 sm-1 yutilish chastotalari kuzatiladi. 1074sm-1 sohada Si-O-CH guruhga tegishli bo'lgan yutilish chastotalari kuzatiladi. 965 sm-1 sohada Si-O-H guruhiga tegishli bo'lgan yutilish chastotalari mavjud. 1000-1100 sm-1sohalarda

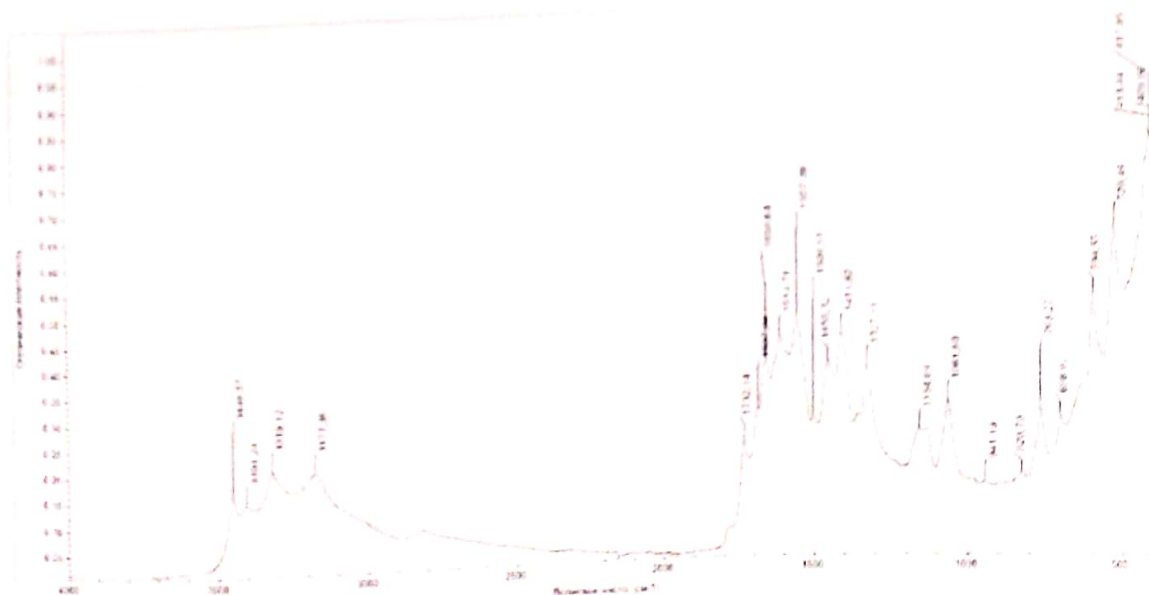
Si-O mavjudligi kuzatiladi. 3300-3350  $\text{cm}^{-1}$  sohalar gidroksil guruhlarining valent tebranish chastotalariga tegishli ekanligi qayd etilgan.

KASM-2 akrilatining olinish reaksiyasi:



3.3 -rasm. Tetraetoksisilan, karbamid va formaldegid asosida olingan KFK-1 modifikatorining xossalari o'rganish

KFK-1 kompozitining tarkibi «IRTracer-100» spektrofotometrda tahlil qilindi (3.3-rasm).



### 3.4-rasm. KFK-1 kompozitining IQ-spektri

KFK-1 kompozitining IQ-spektrlarida valent Si-O guruhga tegishli bo'lgan 1061 sm<sup>-1</sup> yutilish chastotalari, 820 sm<sup>-1</sup> sohada Si-O-C guruhga tegishli bo'lgan deformatsion yutilish chastotalari kuzatiladi. 1557 sm<sup>-1</sup> sohada ikkilamchi amin NH guruhiga tegishli bo'lgan deformatsion, 3319-3177 sm<sup>-1</sup> da valent NH<sub>2</sub> yutilish chastotalari mavjud. 1732 sm<sup>-1</sup> sohalarda C=O guruhining valent tebranishlari, 1327 sm<sup>-1</sup> sohada C-O guruhiga tegishli tebranish chastotalari mavjud. 3449 sm<sup>-1</sup> sohalar gidroksil guruhlarning valent tebranish chastotalariga tegishli ekanligi qayd etilgan. [77]

### III. 3. Tetraetoksisilan, kraxmal asosida olingan kompozitning xossalari o'rganish.

Tetraetoksisilan, kraxmal asosida olingan kompozit namunalari tarkibi «IRTracer-100» spektrofotometrida 400-4000 sm<sup>-1</sup> nur yutilish chastotalar oralig'ida tahlil qilindi (3.5-rasm).



3.5- rasm. KM-1 kompozitning IQ-spektri

Olingan yangi kompozitning IQ-spektrlarida Si-O-CH guruhga tegishli bo'lgan yutilish chastotalari 1075 sm<sup>-1</sup> sohada kuzatiladi. 995 sm<sup>-1</sup> sohada Si-O-H guruhiga tegishli bo'lgan yutilish chastotalari mavjud. 1654 sm<sup>-1</sup> sohada -CH<sub>2</sub>-CH- guruhga tegishli bo'lgan yutilish chastotalari mavjud. 3300-3350 sm<sup>-1</sup> sohalar gidroksil guruhlarning valent tebranish chastotalariga tegishli ekanligi qayd etilgan.

3.1-jadval

## Kraxmalning IQ-spektr tahlili

Nur yutish sohasi, sm- l	Guruh
3000-3600	-OH
2800-2900	-CH <sub>2</sub> -
2300-2400	$\begin{array}{c}   \\ -C-H \\   \end{array}$
2080-2150	$\begin{array}{c} -C-C- \\   \quad   \\ H \quad H \end{array}$
1800-1900	$\begin{array}{c} O \\   \\ -C-OH \\   \end{array}$
1150-1300	$\begin{array}{c}   \quad   \\ -C-O-C- \\   \quad   \end{array}$

3.2- jadval

## Olingan yangi polimer kompozit tarkibidagi yangi bog'lar

Nur yutilish sohasi, sm-1	Guruh
1075,62	Si-O-CH
995,92	Si-O-H

3.5-rasmda KFK-1 kompozitining elektron mikroskopda ko'rinishi keltirilgan. Rasmdan ko'rinadiki, kremniyning asosiy qismi makromolekulaga tikilgan bo'lib, kam miqdori amorf kremniy oksidning 50 mkm o'lchamdagi

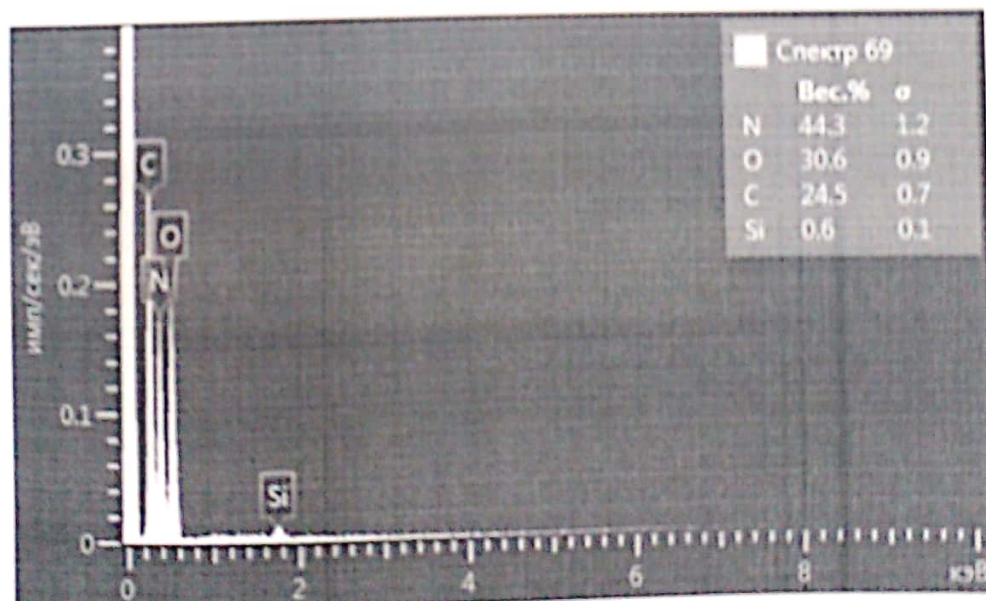
zarrachalari (rasmda belgilab ko'rsatilgan) ko'rinishida to'ldiruvchi sifatida polimer matritsa orasida qolgan.

Электронное изображение 35



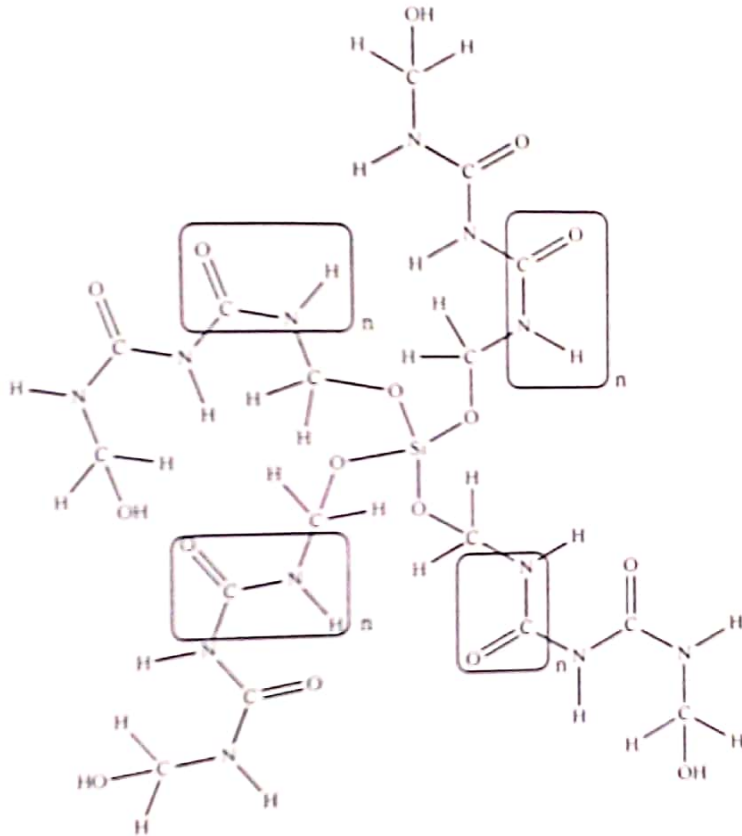
3.5-rasm. KFK-1 kompozitining elektron mikroskopda ko'rinishi

Olingan kompozit tarkibida kremniyning umumiy miqdori 0,6% ekanligi 3.6-rasmdagi element tahlilida keltirilgan.



### 3.6-rasm. KFK-1 kompozitining element tahlili

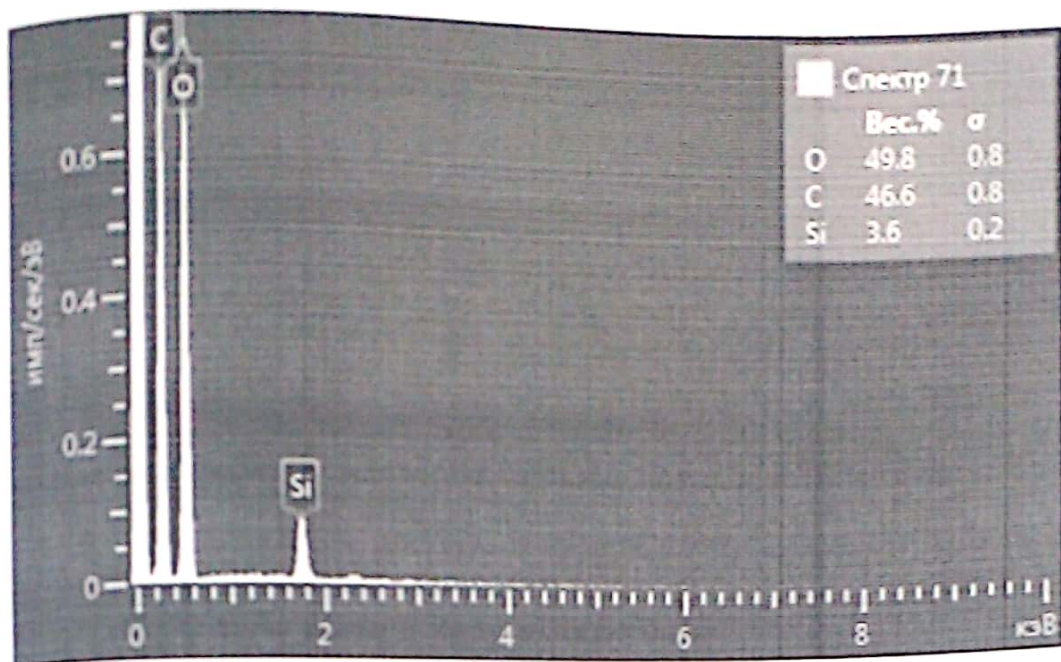
Yuqoridagi tahlillarga asosanib olingan kompozitning formulasini quyilagicha keltirish mumkin. Bu yerda takrorlanuvchi zvenolar chegaralar bilan belgilab ko'rsatilgan. n-ning qiymatlari boshlang'ich moddalarning miqdoriy nisbatiga bog'liq. [78]



### 3.7-rasm. KFK-1 kompozitining taklif etilgan formulasi

Olingan polimer kompozitning element tahlili 3.7-rasmda keltirilgan. Bunda 3,64% kremniy borligi ko'rinadi.





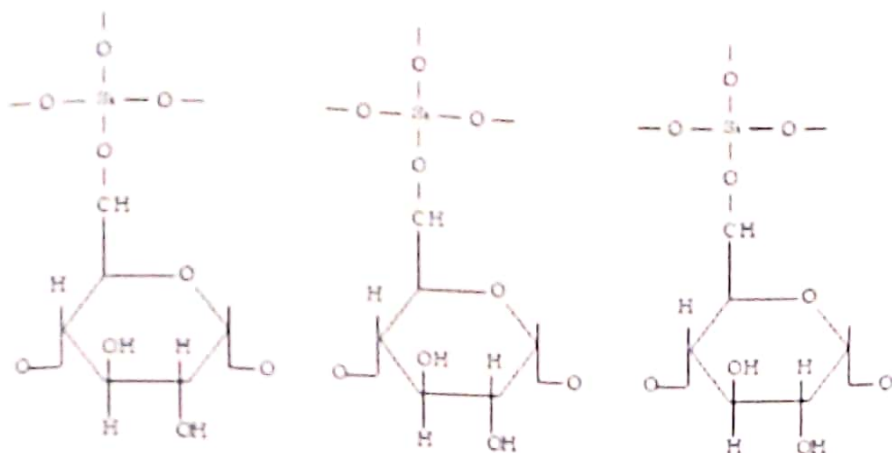
3.7-рasm. KM-1 kompozitining element tahlili

3.8-rasmda olingan kompozitning skanerlovchi elektron mikroskopda ko'rinishi berilgan. Rasmdan ko'rinadiki, tetraetoksisilan kraxmal bilan to'liq dispers holatda tarqalgan.

Электронное изображение 38



3.8-rasm. KM-1 modifikatorining SEM da ko'rinishi



3.9-rasm. KM-1 modifikatorining taklif etilgan formulasi

### Modifikatsiyalangan yelimlar tayyorlash va uning fizik- kimyoviy xossalarini o'rganish

Modifikatsiyalangan yelim tayyorlash uchun reaktorga 205 gr 36,9% li (pH=3,6) formalin va 8,4 gr 26,9% li ammiak eritmasi solindi. Aralastirib turgan holda 10 minutdan so'ng 120 gr karbamid solindi va yana 20 daqiqa davomida aralastirildi, karbamid to'liq erib ketdi (pH=9,1). Aralashma yana 1,5 soat davomida 80-90°C haroratda qizdirilgandan keyin zichligi 1,474 g/sm<sup>3</sup> va silikat moduli 1,08 bo'lgan bo'lgan natriy silikatining 5 gr suvli eritmasi qo'shildi (pH=8,2). Reaksiyon aralashma aralastirib turgan holda 70°S haroratgacha sovutildi. So'ngra reaktorga modifikator va yana 24 gr karbamid solindi hamda aralashma 60-65°C haroratda 40 daqiqa davomida ushlab turildi. Keyin 30°C haroratgacha sovutildi. Qo'shilgan modifikatorning miqdori ortishi bilan yelimning fizik-kimyoviy xususiyatlari qanday o'zgarishi tajribalar natijasida o'rganildi. [79]

GFK-1 va GFK-2 smolalari bilan modifikatsiyalangan karbamid-formaldegid smola asosidagi yelimning asosiy texnologik xususiyatlarini o'rganish natijalari 3.3-jadvalda berilgan. Jadvaldan ko'rinadiki, olinadigan yelimning texnologik xususiyatlari modifikatorning miqdoriga bog'liq holda o'zgaradi. Bunda qovushqoqlik 74 g/(sm<sup>2</sup>·sek) dan modifikator miqdori 5% bo'lganida 82 g/(sm<sup>2</sup>·sek) ga o'zga

*GFK-1 va GFK-2 smolalari bilan modifikatsiyalangan yelimning asosiy texnologik xususiyatlari*

Modifikatorning ulushi, %	4 mm li VZ-246 markali viskozimetr bo'yicha qovushqoqligi, g/(sm <sup>2</sup> ·sek)	pH	Jelatinlanish vaqti, 150°S, s
0	74	7,9	60
1	75	7,5	56
2	76	7,4	52
3	78	7,3	50
4	80	7,3	48
5	82	7,2	46
6	83	7,2	44

KASM-1 va KASM-2 polimer kompozitlari bilan modifikatsiyalangan karbamid-formaldegid smola asosidagi yelimning asosiy texnologik xususiyatlarini o'rganish natijalari 3.4-jadvalda berilgan. Jadvaldan ko'rinadiki, olinadigan yelimning texnologik xususiyatlari modifikatorning miqdoriga bog'liq holda o'zgaradi.

*KASM-1 va KASM-2 bilan modifikatsiya qilingan yelimning asosiy texnologik xususiyatlari*

Modifikatorning ulushi, %	4 mm li VZ-246 markali viskozimetr bo'yicha qovushqoqligi, g/(sm <sup>2</sup> ·sek)	pH	Jelatinlanish vaqti, 150°S, s
0	74	7,93	60
1	75	7,59	58
2	76	7,48	56
3	77	7,39	53
4	78	7,31	51
5	79	7,25	49
6	80	7,20	48

KFK-1 kompoziti bilan modifikatsiyalangan karbamid-formaldegid smola asosidagi yelimning asosiy texnologik xususiyatlarini o'rganish natijalari 3.5-

jadvalda berilgan. Jadvaldan ko'rinadiki, olinadigan yelimning texnologik xususiyatlari modifikatorning miqdoriga bog'liq holda o'zgaradi.

3.5-jadval

*KFK-1 kompozitlari bilan modifikatsiya qilingan yelimning asosiy texnologik xususiyatlari*

Modifikatorning ulushi, %	4 mm li VZ-246 markali viskozimetr bo'yicha qovushqoqligi, g/(sm <sup>2</sup> ·sek)	pH	Jelatinlanish vaqti, 150°S, s
0	74	7,93	60
1	75	7,59	57
2	77	7,48	54
3	80	7,39	51
4	83	7,31	48
5	85	7,25	47
6	86	7,20	46

KM-1 modifikatori bilan modifikatsiyalangan karbamid-formaldegid smola asosidagi yelimning asosiy texnologik xususiyatlarini o'rganish natijalari 3.6-jadvalda berilgan. Jadvaldan ko'rinadiki, olinadigan yelimning texnologik xususiyatlari modifikatorning miqdoriga bog'liq holda o'zgaradi.

3.6-jadval

*Modifikatsiya qilingan yelimning asosiy texnologik xususiyatlari*

Modifikatorning ulushi, %	4 mm li VZ-246 markali viskozimetr bo'yicha qovushqoqligi, g/(sm <sup>2</sup> ·sek)	pH	Jelatinlanish vaqti, 150°S, s
0	74	7,93	60
1	76	7,70	58
2	77	7,60	55
3	79	7,50	52
4	81	7,40	49
5	83	7,30	47
6	84	7,20	46

### III. 3. Olingan alkoksisilanlarning termik taxlili.

#### Kremniy saqlagan organik kompozitsion birikmalarning termik analizi

Termik barqaror bo'lgan silikatlar sanoatning turli sohalarida keng qo'llaniladi. Silikatlardan sorbentlar, katalizatorlar olishda keng ishlatiladi. Ularning tanlovchanlik hususiyatlarini oshirish uchun turli birikmalar bilan modifikatsiyalanadi. Shuningdek, kremniyning turli organik birikmlaridan zol-gel sintez usuli bilan ham yuqori faollikka ega bo'lgan katalizatorlar olinadi. Zol-gel jarayoni murakkab fazoviy tuzilmalarni olish va turli qoplamalar olish uchun imkonini beradi. Bu usulda nafaqat faol yuzali birikmalarni olishda, balki bevosita substratning hususiyatlariga ta'sir qiladi. Bu jarayon past haroratlarda, eritmada alkoksid guruhi saqlagan birikmalarning polimerlanishi natijasida olinadi [80].

Kimyoviy, fizikaviy va termik hususiyatlari bilan ko'p komponentli barqaror oksidli birikmalarning o'rmini bosuvchi kremniy saqlagan moddalar olishning zamonaviy usuli zol-gel hisoblanadi. Bu usulda noorganik birikmalarning polimerlanishi natijasida oldin kolloid birikmalar olinadi, jarayon davomida yuqori fazoviy tuzilishga ega tuzilmalar olinadi. Hosil bo'lgan to'rsimon tuzilishli qatlamlar molekulyar massaning ortishi bilan ulardan gellarhosil bo'ladi va jarayon so'ngida qattiq tuzilmalar olinadi. Jarayon uchun qo'llaniladigan moddalar asosan  $M(OR)_z$  alkoksid guruhlari saqlaydi, bu yerda M kremniy yoki metall, R esa alkil guruhidir. Alkoksidlar va organosilanlarning turli xil birikmalari abraziv hususiyatga va yuqori kimyoviy barqarorlik, mustahkam mexanik hususiyatlarga ega birikmalar olinadi [81].

Tetraetoksisilanning etil spirtli muhitda turli moddalar ishtirokida polimerlanishidan olingan birikmalarning termik tahlillari o'rganilgan. Tetraetoksisilanning etil spirtli muhitda olingan silikon polimerning termogravimetrik tahlilida  $415^{\circ}S$  da maksimal parchalanish kuzatilsa, alyuminiy va titan izopropoksid ishtirokida olingan polimerda  $436^{\circ}S$ , titan izopropoksid va sirka kislota ishtirokida olingan polimer uchun  $425^{\circ}S$ , kalsiy nitrat ishtirokida olingan polimer  $433^{\circ}S$ , kalsiy nitratning fosfat kislota va ammiak ishtirokida olingan

polimerning parchalanish maksimumi  $437^{\circ}\text{S}$  da kuzatiladi. Bu turli metallar ionlari ishtirokida modifikatsiyalangan kompozitlarning termik barqarorligi ortib borishini ko'rsatadi.

Feniltrietoksisilanning tetraetoksisilan bilan yevropiy ammoniy fosfat ishtirokida olingan kompozitsion polimerning barqarorligi termik usulda o'rganilganda ham  $300^{\circ}\text{S}$  gacha kompozit tarkibida o'zgarishlar kuzatilmaganligi aniqlangan[82].

Trimetilammoniy bromid va nitrat kislota ishtirokida polimerlangan TEOS ning termik tahlili ham uning barqarorligi 30% atrofida ortishini ko'rsatadi.

Natriy silikatdan neytrallab olinadigan kremniy kislotasining yuzasi geksametildisiloksan ishtirokida modifikatsiyalanishi natijasida olingan kompozitning ham termik tahlili  $450^{\circ}\text{S}$  da faqat metilen guruhlarning parchalanishi natijasida o'zgarishlar bo'lishi kuzatilgan[83].

**Termik tahlil** – sintez qilingan kremniy saqllovchi modifikatorlarning termik turg'unligi differensial-termik va termogravimetrik usullarda (LABSYS EVO STA, Fransiya) tahlil qilindi. LABSYS evo STA (bir vaqtning o'zida issiqlik tahlili) TGA hamda TGA-DTA, TGA-DSC analiz usullarida tahlil qilish imkonini beradi. Ushbu qurilma foydalanishga qulay, ishonchli va yuqori samarali termik tahlil platformasidir[84]. Derivatografda 10 grad/min tezlikda, T-900, TG-200, DTA – 1/10, DTG – 1/10 galvanometr sezgirligida, derivatogrammani fotoqog'ozga avtomatik yozib olish yo'li bilan o'rganildi. 35-46 mg massadagi o'rganiladigan modifikator namunasi diametri 10 mm bo'lgan qopqoqsiz  $1650^{\circ}\text{C}$  haroratga chidamli alyuminiy oksidi va platinadan tayyorgangan tigelga joylashtirildi. Qizdirishning dinamik rejimi atmosfera sharoitida o'tkazildi. Sintez qilingan modifikatorlar 20 –  $500^{\circ}\text{C}$  haroratgacha termik tahlil qilindi hamda ularning endotermik va ekzotermik nuqtalari ko'rsatib berildi.

## XULOSALAR

1. Mahalliy kvarts qumlaridan ishqor va soda yordamida suvda eruvchan silikatlar olishning past haroratli samarali usuli ishlab chiqildi. Suvda eruvchan silikatlar olishda maqbul sharoitlar: kvarts qumining sharli tegirmonda maydalanish vaqti 8 soat, harorat  $180^{\circ}\text{S}$  bo'lganda avtoklavda ishlov berish vaqti 3 soatni, olingan suyuq shishaning silikat moduli 2,8 ni tashkil qilishi ko'rsatib berildi.

2. Suvda eruvchan silikatlardan kremniy tutgan organik birikmalar sintez qilish jarayonining maqbul sharoitlari aniqlandi. Suyuq shishadan silikat kislotasi olish va olingan silikat kislotaning etil spirt bilan eterifikatsiya reaksiyasida unum eng yuqori - 60% bo'lishi uchun dastlabki moddalarni mos holda 1:16 mol nisbatda olish tavsiya etildi.

3. Glitserin, ftal anhidrid va tetraetoksisilan asosida kremniy saqlagan GFK-1, GFK-2 markali gliftal smolalar, metilmetakrilat, akril kislota va tetraetoksisilan asosida KASM-1, KASM-2 markali kremniy-akril saqlagan polimer materiallar, tetraetoksisilan, karbamid va formaldegid asosida KFK-1 modifikatori, tetraetoksisilan va kraxmal asosida KM-1, KM-2 markali modifikatorlar sintez qilish usullari taklif etildi.

4. Mahalliy xomashyolar asosida arzon, fizik-mexanik va fizik-kimyoviy xossalari yaxshilangan glitserin, akrilatlar, kraxmal, tetraetoksisilan va suvda eruvchan silikatlar asosidagi kremniy tutgan polimer modifikatorlar olish texnologiyasi taklif etildi.

## Foydalanilgan adabiyotlar.

1. Хананашвили Л.М. Андрианов К.А. Технология элементоорганических мономеров и полимеров. 2-е изд., перераб. Москва: Химия, 1983. 416 с.
2. Гринвуд Н.Н. Химия элементов. - 3-е изд. Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. 607 с.
3. Крешков А.П., Борк В.А., Бондаревская Е.Н., Мышляева Л.В., Сявшилло С.В., Шемятенкова В.Т. Практическое руководство по анализу мономерных и полимерных кремнийорганических соединений. Москва: Госхимиздат, 1962. 544 с.
4. Van der Linden W. The Analytical Chemistry of Silicones // Anal. Chim. Acta. 1992. Vol. 262, № 2. p. 348.
5. Соболевский М.В. Получение диметилхлороктоксисилана / М.В. Соболевский, С.И. Клещевникова, Е.Н. Лебедев, Э.А. Абрамова // Хим. промышл. - 1978. - № 3. - С. 21-22
6. Fu S., Zhu M., Zhu Y. Organosilicon polymer-derived ceramics: An overview // Journal of Advanced Ceramics. 2019. Vol. 8, № 4. p. 457-478.
7. Jones R.G., Holder S.J. High-yield controlled syntheses of polysilanes by the Wurtz-type reductive coupling reaction // Polymer International. 2006. Vol. 55, № 7. p. 711-718.
8. Kashimura S. et al. Practical method for the synthesis of polysilanes using Mg and Lewis acid system // Tetrahedron Lett. 2008. Vol. 49, № 2. p. 269-271.
9. Krempner C. Polysilane dendrimers // Polymers. 2012. Vol. 4, № 1. p. 408-447.
10. Lodhe M. et al. Synthesis and characterization of high ceramic yield polycarbosilane precursor for SiC // J. Adv. Ceram. 2015. Vol. 4, № 4. p. 307-311.



11. Cheng X. et al. Structure and properties of polycarbosilane synthesized from polydimethylsilane under high pressure // *J. Appl. Polym. Sci.* 2006. Vol. 99, № 3. p. 1188–1194.
12. Chen J. et al. Control of structure formation of polycarbosilane synthesized from polydimethylsilane by kumada rearrangement // *J. Appl. Polym. Sci.* 2008. Vol. 108, № 5. p. 3114–3121.
13. Wang G., Song Y. Enhancing the yield of polycarbosilane synthesis via recycling of liquid by-product at atmospheric pressure // *Ceram. Int.* 2018. Vol. 44, № 6. p. 6474–6478.
14. He L. et al. Liquid polycarbosilanes: Synthesis and evaluation as precursors for SiC ceramic // *Polym. Int.* 2015. Vol. 64, № 8. p. 979–985.
15. Fu S., Zhu M., Zhu Y. Organosilicon polymer-derived ceramics: An overview // *Journal of Advanced Ceramics.* 2019. Vol. 8, № 4. p. 457–478.
16. Паноев Н.Ш, Ахмедов В.Н. Кремнийорганик бирикмалар асосидаги теплоизоляцияцион копламаларнинг янги таркибини яратиш ва хоссаларини ўрганиш // *Фан ва технологиялар тараккиёти. Илмий-техникавий журнал.* 2019. № 3. с. 64–69.
17. Курбанова М.А., Исмаилов И.И., Тиллаев А.Т., Джалилов А.Т. Разработка технологии получения водно-дисперсионной огнезащитной краски с применением кремнийсодержащего олигомерного антипирена АП-1. // *Вестник ТашГТУ.* 2014. № 1. с. 133–138.
18. Курбанова М.А., Джалилов А.Т., Тиллаев А.Т. Физико-механические свойства покрытий с азот- и фосфорсодержащими кремнийорганическими антипиренами. // *Актуальные проблемы химии высокомолекулярных соединений. Материалы Респуб. научно-прак.конф. Бухара, 2010.* с. 76–78.

19. Филиппович, Е. Н., Хацринов, А. И., Егорова Т.В. Выбор оптимальных условий щелочной обработки диатомита Инзенского месторождения для получения кристаллических силикатов натрия // Вестник Казанского технологического университета. 2010. № 8. с. 272–276.
20. Okumoto, S.; Fujita, N.; Yamabe, S. Theoretical Study of Hydrolysis and Condensation of Silicon Alkoxides. *J. Phys. Chem. A* **1998**, *102*, 3991–3998. [Google Scholar] [CrossRef]
21. McIntosh, G.J. Theoretical investigations into the nucleation of silica growth in basic solution part I—Ab initio studies of the formation of trimers and tetramers. *PCCP* **2013**, *15*, 3155–3172. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed]
22. McIntosh, G.J. Theoretical investigations into the nucleation of silica growth in basic solution part II—Derivation and benchmarking of a first principles kinetic model of solution chemistry. *PCCP* **2013**, *15*, 17496–17509. [Google Scholar] [CrossRef]
23. Pohl, E.R.; Osterholtz, F.D. Kinetics and mechanism of aqueous hydrolysis and condensation of alkyltrialkoxysilanes. In *Molecular Characterization of Composite Interfaces*; Ishida, H., Kumar, G., Eds.; Springer: Boston, MA, USA, 1985; pp. 157–170.
24. Connors, K.A. *Chemical Kinetics: The Study of Reaction Rates in Solution*; VCH Verlagsgesellschaft Weinheim: New York, NY, USA, 1990; p. 480.
25. Yagihashi, F.; Igarashi, M.; Nakajima, Y.; Ando, W.; Sato, K.; Yumoto, Y.; Matsui, C.; Shimada, S. Acid-catalyzed condensation reaction of phenylsilanetriol: Unexpected formation of cis,trans-1,3,5-Trihydroxy-1,3,5-triphenylecyclotrisiloxane as the main product and its isolation. *Organometallics* **2014**, *33*, 6278–6281. [CrossRef]
26. Borovin, E.; Callone, E.; Ribot, F.; Diré, S. Mechanism and kinetics of oligosilsesquioxane growth in the insitu water production sol-gel route: Dependence on water availability. *Eur. J. Inorg. Chem.* **2016**, 13–14, 2166–2174. [CrossRef]

27. Lindberg, R.; Sundholm, G.; Øye, G.; Sjöblom, J. A new method for following the kinetics of the hydrolysis and condensation of silanes. *Colloids Surf. A* 1998, 135, 53–58. [CrossRef]

28. Lee, A.S.; Choi, S.S.; Baek, K.Y.; Hwang, S.S. Hydrolysis kinetics of a sol-gel equilibrium yielding ladder-like polysilsesquioxanes. *Inorg. Chem. Commun.* 2016, 73, 7–11. [CrossRef]

29. Brinker, C.J.; Scherer, G.W. *Sol-Gel Science: The Physics and Chemistry of Sol-Gel Processing*; Academic Press Limited: London, UK, 1990.

30. Lee, A.S.; Choi, S.S.; Baek, K.Y.; Hwang, S.S. Hydrolysis kinetics of a sol-gel equilibrium yielding ladder-like polysilsesquioxanes. *Inorg. Chem. Commun.* 2016, 73, 7–11. [CrossRef]

31. Osterholtz, F.D.; Pohl, E.R. Kinetics of the hydrolysis and condensation of organofunctional alkoxy silanes: A review. *J. Adhes. Sci. Technol.* 1992, 6, 127–149. [CrossRef]

32. Belton, D.J.; Deschaume, O.; Patwardhan, S.V.; Perry, C.C. A solution study of silica condensation and speciation with relevance to in vitro investigations of biosilicification. *J. Phys. Chem. B* 2010, 114, 9947–9955. [CrossRef] [PubMed]

33. Icopini, G.A.; Brantley, S.L.; Heaney, P.J. Kinetics of silica oligomerization and nanocolloid formation as a function of pH and ionic strength at 25°C. *Geochim. Cosmochim. Acta* 2005, 69, 293–303. [CrossRef]

34. ГОСТ 22552.7-2019. Песок кварцевый, молотые песчаник, кварцит и жильный кварц для стекольной промышленности. Метод определения гранулометрического состава.

35. ГОСТ 4328-77. Реактивы. Натрия гидроокись. Технические условия.

36. ГОСТ 83-79. Реактивы. Натрий углекислый. Технические условия.

37. ГОСТ 13078-81. Стекло натриевое жидкое. Технические условия.

38. Копылов В.М., Ковязин В.А., Костылева Е.И., Федоров А.Ю., Ковязин А.В. Термостабилизация и керамообразование силиконовых резин // Каучук и резина. 2015. № 5. с. 52–59.
39. Венедиктова М.А., Наумов И.С., Чайкун А.М., Елисеев О.А. Современные тенденции в области фторсилоксановых и силоксановых каучуков и резин на их основе (обзор) // Авиа-ционные материалы и технологии. 2014. № 3. с. 17–24.
40. Минасьян Р.М., Поливанов А.Н., Минасьян О.И. Пути повышения термостойкости кремнийорганических эластомерных материалов // Клей. Герметики, технологии. 2015. № 7. с. 24–26.
41. Краснов Л.Л., Кирина З.В., Елисеев О.А., Меншутина Н.В. Безусадочный пенотеплозащитный материал ФКМ-С-1Б // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2016. № 6. с. 19–24.
42. ГОСТ 26371-84. Этилсиликат-40. Технические условия.
43. Волков Д.П., Егоров А.Е., Мироненко М.Э. Теплофизические свойства полимерных композиционных материалов // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2017. Vol. 17, № 2. с. 287–293.
44. Любченко О.Д. Разработка современных материалов для эндопротезирования // Actualscience. 2016. Vol. 2, № 7. с. 5–6.
45. ГОСТ 5869-77. Ангидрид фталевый. Технические условия.
46. Ефремов, А. А. Равновесное распределение между жидкостью и паром микропримесей фосфора и олова в триэтоксисилане / А.А. Ефремов, Е.Ф. Левина, Л.Д. Зельвенский // Ж. прикл. химии. – 1970. – Т. 123, № 11. – С. 2432–2435.
47. А.с. 958424 СССР, МПК<sup>3</sup> С 07 F 7/04, С 07 F 7/20. Способ очистки этилсиликата / Э.С. Стародубцев, И.Н. Петрова, А.С. Медвецкая [и др.] – № 2996420/23-04 ; заявлено 05.09.1980 ; опубл. 21.12.1982, Бюл. № 34. – 3 с.

48. Yan M., Song W., Zhao-Hui C. Raman spectroscopy studies of the high-temperature evolution of the free carbon phase in polycarbosilane derived SiC ceramics // *Ceram. Int.* 2010. Vol. 36, № 8. p. 2455–2459.
49. Wang Y. et al. Microstructures, dielectric response and microwave absorption properties of polycarbosilane derived SiC powders // *Ceram. Int.* 2018. Vol. 44, № 4. p. 3606–3613.
50. Long X. et al. Synthesis of soluble and meltable pre-ceramic polymers for Zr-containing ceramic nanocomposites // *Appl. Organomet. Chem.* 2018. Vol. 32, № 1.
51. Lee J.-Y., Fu G.C. No Title // *J. Am. Chem. Soc.* 2003. Vol. 125. с. 5616–5617.
52. Алексеева О.К., Амирханов Д.М., Котенко А.А., Челяк М.М., Шапир Б.Л. Углеродные мембраны, полученные из полимерных композиций, нанесенных на пористые керамические носители // 9-я межд. конф. «Водородное светриаловедение и химия углеродных материалов». ICHMS. Севастополь, Крым, Украина, 2005. с. 590–591.
53. Lee J.-Y., Fu G.C. No Title // *J. Am. Chem. Soc.* 2003. Vol. 125. с. 5616–5617
54. Becker O., Simon G.C., Dusek K. Epoxy layered silicate nanocomposites // *Adv. Polym. Sci.* 2005. № 179. с. 329–347.
55. Сапаев Х.Х. Исследование влияния компонентов ПВХ композитов на их физико-химические свойства и разработка кабельных пластиков пониженной горючести // Диссер. раб. докт. техн. наук. Нальчик. 2005. с. 169–172.
56. Багиров МА, Аббасов Т.Ф., Керимов Ф.Ш. Влияние модифицирующих добавок на структуру и элеорифизические свойства ПЭВД // *Пластические массы.* 1989. № 3. с. 72–74.

57. Баграмян, В. В., Саркисян, А. А., Понзони, К., Роса, Р., Леонели К. Получение растворов силиката натрия из перлита микроволновым методом // *Химическая технология*. 2014. Vol. 15, № 10. с. 585–590.
58. Hötz M. et al. Novel polysilazanes as precursors for silicon nitride/silicon carbide composites without “free”; carbon // *J. Eur. Ceram. Soc.* 2005. Vol. 25, № 2-3 SPEC. ISS. p. 99–110.
59. Soraru G.D. Silicon oxycarbide glasses from gels - Code: H1 // *J. Sol-Gel Sci. Technol.* 1994. Vol. 2, № 1–3. p. 843–848.
60. Кахраманов Н.Т., Гурбанова Р.В., Кахраманлы Ю.Н. Состояние проблемы получения, исследования и применения кремнийорганических полимеров // *Евразийский союз ученых*. 2016. № 2(27). с. 112–118.
61. Нанушьян С.Р. Кремнийорганические материалы ускоренной вулканизации: история создания и развития направления // *Химическая промышленность сегодня*. 2015. № 11. с. 21–26.
62. Давыдова И.Ф., Кавун Н.С. Пленочные кремнийорганические связующие для стеклопластиков // *Авиационные материалы и технологии*. 2014. № 2. с. 15–18.
63. Чухланов В.Ю., Селиванов О.Е. Исследование диэлектрических свойств синтактических пен на основе кремнийорганического связующего // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2014. № 8–1. с. 26–29.
64. Михайлов В.А. Синтактные материалы с высокими диэлектрическими свойствами на основе кремнийорганического полимера // *Химические науки*. 2015. № 12. с. 47–50.
65. Шульдешов Е.М., Платонов М.М. Звукопоглощающий материал с расширенным частотным диапазоном эффективного поглощения для

перспективных двигательных установок // Сб. докл. конф.

«Функциональные материалы для снижения авиационного шума в салоне и на местности». Москва: ВИАМ, 2015. с. 12.

66. Каргин Н. И., Михнев Л. В., Гусев А.С. Анализ влияния обработки поверхности зерен цинксulfидных люминофоров кремнийорганическими соединениями на их спектральные характеристики // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. 2003. № 7. с. 77–81.
67. Корнеев Д.В. Растворимое и жидкое стекло. СПб: Стройиздат, 1996. с. 216
68. Zaretskiy L. Microsilica in Sodium Silicate Bonded Sands // Int. J. Met. 2019. Vol. 13, № 1. с. 58–73.
69. Русина В. Жидкое стекло из микрокремнезема // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2004. Vol. 9. с. 122–125.
70. Неёлова О. В., Газзаева Р.А. Химический анализ кремнийорганических полимеров и материалов на их основе, применяемых в микро-и наноэлектронике // Бутлеровские сообщения. 2015. Vol. 42, № 5. с. 112–118.
71. Liu S.Y. et al. Novel blue photoluminescent copolymers containing bipyridine and organosilicon // Synth. Met. 2000. Vol. 114, № 2. С. 101–104.
72. Финн Л. П., Слинякова И. Б. Строение и термодеструкция ксерогелей полиорганосилоксанов по данным ИК-спектров // Коллоид. журн. 1975. Vol. 37, № 4. с. 723–729.
73. Merezhko N., Zolotareva O., Shulga O. Thermal analysis and ir-spectroscopic research into interaction between organosilicon compounds and nonmetallic materials // Eastern-European J. Enterc. Technol. 2017. Vol. 2, № 6–86. p. 33–38.

74. Давыдов В. А., Рахманина А. В., Ляпин С. Г., Ильичев И. Д., Болдырев К. Н., Ширяев А. А., Агафонов В.Н. Получение нано-и микроразмерных алмазов с Si-V и N-V люминесцентными центрами при высоких давлениях в системах на основе смесей углеводородных и фторуглеродных соединений углеводородных и фторуглеродных соединений // Письма в Журнал экспериментальной и теоретической физики. 2014. Vol. 99, № 10. с. 673–678.
75. Васильев С.Г. Особенности структуры и динамики органосилоксановых MQ сополимеров по данным ЯМР. Институт проблем химической физики Российской академии наук, 2014.
76. Smith A.L., Mchard J.A. Spectroscopic Techniques for Identification of Organosilicon Compounds // Anal. Chem. American Chemical Society, 1959. Vol. 31, № 7. p. 1174–1179.
77. Johnson F.J. Analytical Chemistry of Silicon // J. AOAC Int. 1974. Vol. 57, № 6. p. 1413–1414.
78. Туркельтауб Г. Н., Чернышев Е.А. Использование отечественных кремнийорганических жидкостей в качестве неподвижных фаз в газожидкостной хроматографии // Тонкие химические технологии. 2019. Vol. 2, № 1. с. 46–49.
79. Atapattu S.N., Poole C.F. Determination of descriptors for semivolatile organosilicon compounds by gas chromatography and non-aqueous liquid-liquid partition // J. Chromatogr. A. 2009. Vol. 1216, № 45.
80. Eshmurodov X., Turaev X., Djalilov A., Geldiev Y. Development of carbamide-formaldehyde smola-based glue compositions modified with silicon organic compounds // Austrian J. Tech. Nat. Sci. 2020. № 7. 8.
81. Эшмуродов Х.Э., Тўраев Х.Х., Джаллилов А.Г., Гелдиев Ю.А. Кремнийорганик бирикмалар билан модификацияланган смолалар сели // "Actual problems of modern science and innovation in the Central



82. Ishmurodov X., Turaev X., Djalilov A., Geldiev Y. Development of carbamide-formaldehyde smola-based glue compositions modified with silicon organic compounds // Austrian J. Tech. Nat. Sci. 2020. № 7. 8
83. Ишмуродов Х. Э., Тураев Х. Х., Гельдиев Ю. А., Джалилов А. Т. Синтез и исследование сополимеров на основе эфиров кремниевой кислоты. Universum: Технические науки – электрон. науч. журн. 2020. № 7(73).
84. Воробьев А. Кремнийорганические смолы // Компоненты и технологии 2004. № 2. с. 9–14.