ISNN 3030-3907

2026
MAY
ISSUE - 5
VOLUME - 2

# DEVELOPMENT OF SCIENCE

## scientific journal



# Development of science

## Ilmiy jurnal

MAY 2026
Issue - 5, VOLUME - 2

ISSN 3030 -3907

*Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.*

**BOSH MUHARRIR:**
***Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.***
**TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:**
***Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor***
***TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI***

**TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

***Bozorov G‘ayrat Rashidovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor*
***Abdurahmonov Olim Rustamovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor*
***Adizov Bobur Zamirovich***
*O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor*
***Hayitov Ruslan Rustamjonovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor*
***Jumayev Qayum Karimovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Berdiyev Dorob Murodovich***
*Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor*
***Maxmudov Rafiq Amonovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Tilloyev Lochin Ismatilloyevich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Raxmonov Qahramon Sanakulovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Barakayev Nusratullo Rajabovich***
*Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Panoyev Erali Rajabboyevich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Ataullayev Sherzod Nabiullyevich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Murodov Malik Negmurodovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Axmedova Ozoda Bahronovna***
*Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.*
***Safarov Bahri Jumayevich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Xaydarov Axtam Amonovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Safarov Jasur Alijon o‘g‘li***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*

**KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ**

***Axmedov Voxid Nizomovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor*
***Umarov Baqo Bafoyevich***
*Buxoro Davlat Universiteti, professor*
***Kodirov Abduaxad Abduraximovich***
*Qarshi davlat Universiteti, professor*
***Qurbonov Mingniqul Jumagulovich***
*Qarshi davlat Universiteti, dotsent*
***Turemuratov Sharibay Naurizbaevich***
*O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor*
***Tursunov Kaxor Shonazarovich***
*Qarshi davlat Universiteti, professor*
***Do‘stov Hamro***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor*
***Panoyev Nodir Shavkatovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Kasimov Sherzod Abduazimovich***
*Termiz Davlat Universiteti, professor.*
***Aliqulov Rustam Valiyevich***
*Termiz Davlat Universiteti, professor*
***Tropov Xamza Tursunovich***
*Samarqand Davlat Universiteti, professor*

**IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ**

***Nizamov Aslitdin Badreddinovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Boboyev Akmal Choriyevich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna***
*Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor*
***Saidaxmedova Nodira Ilxomovna***
*Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor*
***Muxsinov Bekzod Toxirovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Shakarov Qulmat Ashirovich***
*Renessans ta'lim universiteti,dotsent.*
***Jumaeva Zulfiya Qayumovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Norova Salomat Yusupovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Jalilov Jamshid G‘anijonovich***
*Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent*
***Xasanova Gulruh Djumanazarovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*

**PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ**

***Siddiqova Sadoqat G‘afforovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Zoyirov Erkin Xalilovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor*
***Gaffarov Feruz Hasanovich***
Puchon Universiteti, *professor*
***Ruziyev Davron Yuldashevich***
*Buxoro Davlat Universiteti, professor*
***Muradova Firuza Rashidovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Yunusova Gulandon Samiyevna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***To‘xtayeva Zebo Sharifovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Uzoqova Laylo Polvonovna***
*Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.*
***To‘raqulova Marjona Qiyom qizi***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Muradova Zarina Rashidovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Murodov Sanjar Aslonovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent*
***Gaffarov Laziz Hasanovich***
*Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.*

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.


ISSN 3030-3907

**Development of science** ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.


ISSN 3030-3907

# GIDROXINON-FORMALDEGID SILOKSAN SMOLASINING KVANT-KIMYOVIY VA SPEKTRAL TADQIQI

**Xoliqova G.Q.**
*Buxoro davlat texnika universiteti*
**Raximov F.F.**
*Buxoro davlat texnika universiteti*
**Nurilloyev Z.I.**
*Buxoro davlat texnika universiteti*

**Annotatsiya.** Ushbu tadqiqotda gidroxinon, formaldegid va kremniy tutuvchi birikmalar asosida yangi gidroxinon-formaldegid siloksan smolasi sintez qilingan kremniyorganik oligomerning elektron tuzilishi, atomlararo zaryad taqsimoti, bog‘ uzunliklari va bog‘ burchaklari RM1 hamda AM1 yarim empirik kvant-kimyoviy usullari yordamida o‘rganilgan. Hisoblash natijalari molekuladagi reaktiv markazlarni aniqlash va reaksiya mexanizmini tushuntirish imkonini bergan. Mahsulot tuzilishi IQ va UB spektroskopiya usullari orqali tadqiq qilinib, IQ spektrda Si–O–Si, Si–O–C, O–H hamda aromatik halqaga xos yutilish chiziqlari aniqlangan. UB spektr tahlili 190–600 nm diapazonda yutilish mavjudligini ko‘rsatdi va optik xossalarning organosilikon struktura bilan bog‘liqligini tasdiqlaydi. Kvant-kimyoviy hisoblashlar va spektral tadqiqotlar natijalarining o‘zaro mosligi sintez qilingan smola tuzilishining ishonchliligini tasdiqlashi ilmiy asoslangan.

**Kalit so‘zlar:** gidroxinon, formaldegid, siloksan smolasi, organosilikon birikmalar, kvant-kimyoviy hisoblashlar, IQ spektroskopiya, UB spektroskopiya.

**Аннотация.** В данном исследовании на основе гидрохинона, формальдегида и кремнийсодержащих соединений синтезирована новая гидрохинон-формальдегидная силоксановая смола. Электронная структура, распределение межатомных зарядов, длины связей и валентные углы кремнийорганического олигомера изучены с использованием полуэмпирических квантово-химических методов RM1 и AM1. Результаты расчётов позволили определить реакционные центры в молекуле и объяснить механизм протекающей реакции. Структура полученного продукта исследована методами ИК- и УФ-спектроскопии, при этом в ИК-спектре выявлены полосы поглощения, характерные для связей Si–O–Si, Si–O–C, O–H, а также ароматического кольца. Анализ УФ-спектра показал наличие поглощения в диапазоне 190–600 нм и подтвердил связь оптических свойств с органосиликоновой структурой. Совпадение результатов квантово-химических расчётов и спектральных исследований подтверждает достоверность структуры синтезированной смолы и имеет научное обоснование.


ISSN 3030-3907

**Ключевые слова:** гидрохинон, формальдегид, силоксановая смола, органосиликоновые соединения, квантово-химические расчёты, ИК-спектроскопия, УФ-спектроскопия.

**Abstract.** In this study, a new hydroquinone-formaldehyde siloxane resin was synthesized based on hydroquinone, formaldehyde, and silicon-containing compounds. The electronic structure, interatomic charge distribution, bond lengths, and bond angles of the silicon-organic oligomer were studied using the semi-empirical quantum-chemical methods RM1 and AM1. The calculation results made it possible to identify reactive centers in the molecule and explain the reaction mechanism. The structure of the obtained product was investigated by IR and UV spectroscopy methods, and the IR spectrum revealed absorption bands characteristic of Si–O–Si, Si–O–C, O–H bonds, as well as the aromatic ring. UV spectral analysis showed the presence of absorption in the 190–600 nm range and confirmed the relationship between optical properties and the organosilicon structure. The consistency between the results of quantum-chemical calculations and spectral studies confirms the reliability of the structure of the synthesized resin and provides scientific justification.

**Keywords:** hydroquinone, formaldehyde, siloxane resin, organosilicon compounds, quantum-chemical calculations, IR spectroscopy, UV spectroscopy.

**KIRISH.**

So‘nggi yillarda organik-anorganik gibrid polimerlarga bo‘lgan qiziqish sezilarli darajada ortib bormoqda. Bunday materiallar organik polimerlarning elastikligi hamda anorganik komponentlarning issiqlik va kimyoviy barqarorligini o‘zida mujassamlashtirishi bilan ahamiyatlidir. Organosilikon birikmalar, ayniqsa siloksan smolalari yuqori termik barqarorligi, gidrofobligi va atmosfera ta’siriga chidamliligi tufayli qoplamalar, kompozitsion materiallar va funksional polimerlar ishlab chiqarishda keng qo‘llanilmoqda [1–4].

Gidroxinon fenolik birikmalar sinfiga mansub bo‘lib, tarkibidagi ikkita gidroksil guruh hisobiga yuqori reaksion faollikka ega. Tadqiqotchilar tomonidan gidroxinon asosidagi polimerlar va oligomerlarning antioksidantlik, termik barqarorlik hamda optik xossalari o‘rganilgan [5–7]. Formaldegid bilan kondensatsiya reaksiyalari natijasida gidroksimetil hosilalar hosil bo‘lishi va ularning keyinchalik uch o‘lchamli polimer tarmoqlar shakllantirishi aniqlangan [8,9].

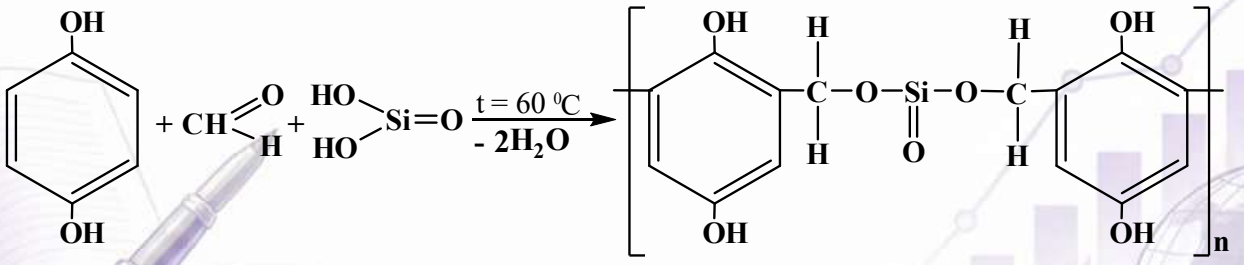
Silikon tutuvchi birikmalarni fenolik moddalar bilan modifikatsiyalashga oid ilmiy ishlarda Si–O–Si va Si–O–C bog‘lari hosil bo‘lishi natijasida materiallarning mexanik va termik xossalari yaxshilanishi qayd etilgan [10–12]. Kremniyorganik polimerlarning molekulyar tuzilishini aniqlashda IQ-spektroskopiya eng samarali usullardan biri hisoblanadi. Tadqiqotlarda 1000–


ISSN 3030-3907

1150 $sm^{-1}$ sohada kuzatiladigan intensiv yutilish chiziqlari siloksan bog‘larining hosil bo‘lganligini tasdiqlaydi [13,14]. Molekulalarning elektron tuzilishini o‘rganishda kvant-kimyoviy hisoblash usullari muhim ahamiyat kasb etadi. Stewart tomonidan ishlab chiqilgan AM1 va PM3 yarim empirik usullari reaksion markazlarni aniqlash, zaryad taqsimotini baholash hamda molekulalarning energetik parametrlarini hisoblash imkonini beradi [15]. Jensen va boshqa mualliflar kvant-kimyoviy usullar yordamida olingan natijalar eksperimental ma’lumotlarni izohlashda muhim vosita ekanligini ta’kidlaganlar[16]. Adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, gidroxinon, formaldegid va siloksan fragmentlari asosida hosil qilingan gibrid polimerlarning elektron tuzilishi va optik xossalarini kompleks ravishda o‘rganishga bag‘ishlangan tadqiqotlar yetarli darajada emas.

Organosilikon birikmalar yuqori issiqlik va kimyoviy barqarorligi, mexanik mustahkamligi hamda yaxshi dielektrik xossalari bilan ajralib turadi. Shu sababli ular zamonaviy polimer kimyosi, kompozitsion materiallar va himoya qoplamalari ishlab chiqarishda keng qo‘llaniladi. Fenolik birikmalar, xususan gidroxinon, tarkibida ikkita gidroksil guruhi mavjudligi sababli yuqori reaksion faollikka ega bo‘lib, turli xil kondensatsion polimerlar sintezida muhim xomashyo hisoblanadi. So‘nggi yillarda organik va anorganik fragmentlarni bir molekulada birlashtiruvchi gibrid materiallarga bo‘lgan qiziqish ortib bormoqda. Bunday materiallar tarkibida kremniy va aromatik halqalarning birgalikda mavjudligi ularning termik, mexanik va optik xossalarini yaxshilaydi. Shu nuqtai nazardan gidroxinon, formaldegid va silanol guruhlari tutuvchi birikmalar asosida yangi siloksan smolalarini olish dolzarb ilmiy-amaliy ahamiyatga ega.

Mazkur ishning maqsadi gidroxinon-formaldegid siloksan smolasini sintez qilish, uning elektron tuzilishini kvant-kimyoviy usullar yordamida o‘rganish hamda IQ va UB spektroskopiya usullari asosida tuzilishini tasdiqlashdan iborat. Tadqiqot obyekti sifatida gidroxinon, formaldegid va kremniy tutuvchi gidroksil birikmalari tanlandi. Sintez jarayoni 60°C haroratda olib borildi va natijada gidroxinon-formaldegid siloksan smolasi olindi.




**1-rasm. Gidroxinon-formaldegid siloksan smolasining hosil bo‘lish reaksiyasi**


ISSN 3030-3907

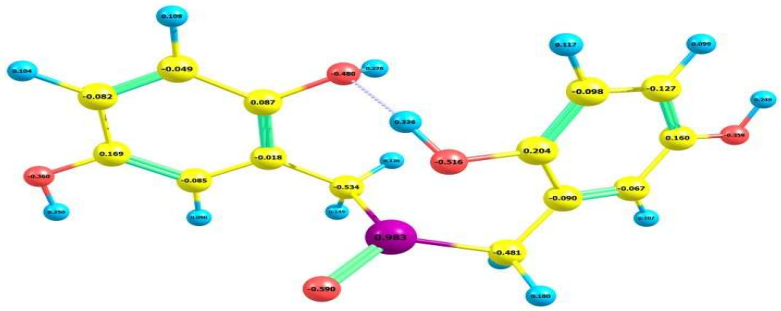
Molekulalarning elektron tuzilishi RM1 va AM1 yarim empirik kvant-kimyoviy usullari yordamida hisoblandi. Hisoblashlar natijasida zaryad taqsimoti, bog‘ uzunliklari, bog‘ burchaklari, hosil bo‘lish energiyasi va dipol moment qiymatlari aniqlandi.

**1-jadval.**

**Gidroxinon-formaldegid siloksan smolasining kvant-kimyoviy hisoblashlari**

| Atom bog‘i | Bog‘ uzunligi (Å) | Atom burchagi (°) |
|---|---|---|
| C(1)-C(2) | 1.341 | 118.646 |
| C(2)-C(3) | 1.358 | 117.461 |
| C(3)-C(4) | 1.341 | 124.298 |
| C(4)-C(5) | 1.376 | 123.423 |
| C(5)-C(6) | 1.380 | 120.037 |
| O(7)-C(3) | 1.367 | 123.269 |
| O(8)-C(6) | 1.350 | 120.037 |
| C(9)-O(10) | 1.380 | 107.720 |
| Si(11)-O(10) | 1.651 | 124.003 |
| Si(11)-O(12) | 1.628 | 115.503 |
| Si(11)-O(13) | 1.532 | 115.485 |

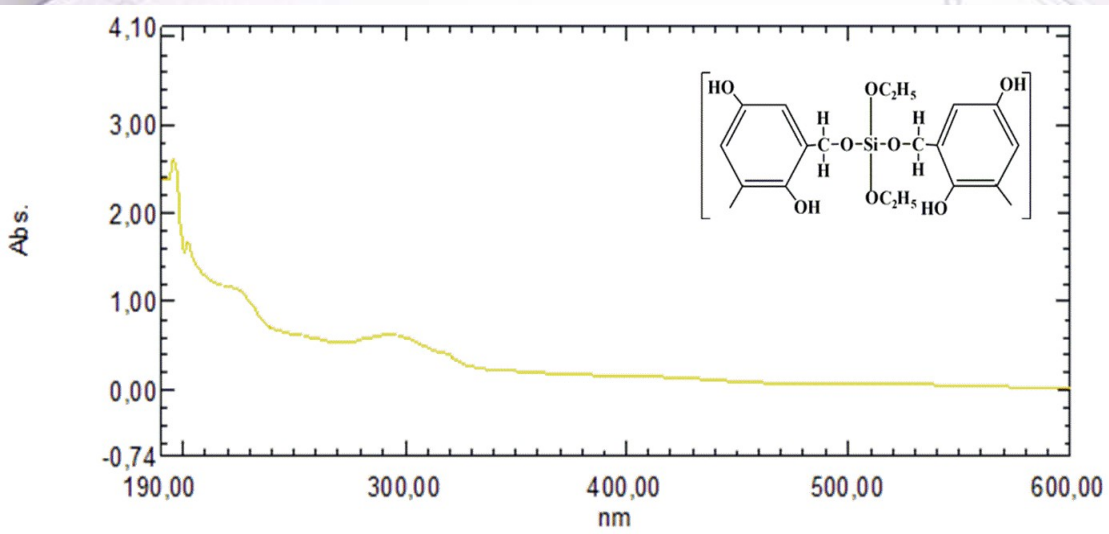
Kvant-kimyoviy hisoblash natijalaridan ko‘rinadiki, aromatik halqadagi C–C bog‘ uzunliklari 1,324–1,380 Å oralig‘ida bo‘lib, benzol halqasi uchun xos qiymatlarga mos keladi. Si–O bog‘larining 1,532–1,651 Å oralig‘ida bo‘lishi siloksan fragmentlari hosil bo‘lganligini tasdiqlaydi. Olingan bog‘ burchaklari va bog‘ uzunliklari molekulaning fazoviy jihatdan barqaror ekanligini ko‘rsatadi (2-rasm).



**2-rasm. Gidroxinon-formaldegid siloksanda zaryad taqsimoti**

Olingan kremniyorganik birikmaning tuzilishini tahlil qilish uchun UB va IQ spektroskopik tahlil o’tqazildi. UB-spektrda 190 nm sohada intensiv yutilish kuzatilib, absorbsiya qiymati A≈2,55–3,0 ni tashkil etadi (3-rasm).


ISSN 3030-3907

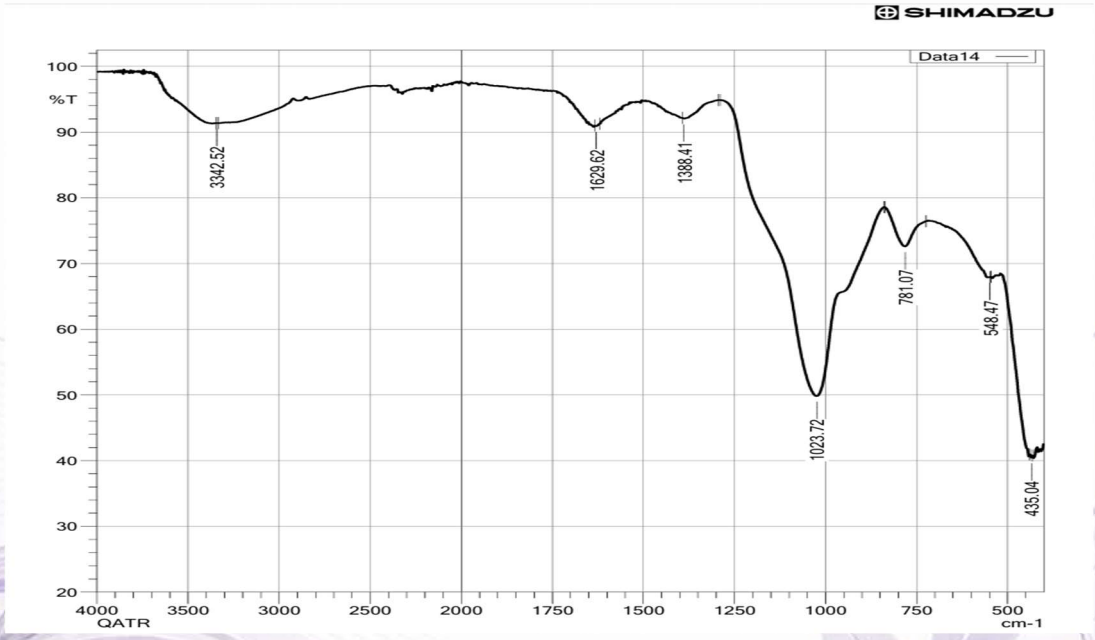



**3-rasm. Gidroxinon-formaldegid siloksanning UB spektri**

To‘lqin uzunligi ortishi bilan absorbsiya monoton ravishda kamayib boradi va 400 nm sohada A≈0,08–0,12 qiymatga yetadi. Bunday spektral ko‘rinish Rayleigh–Mie sochilishi, gidroxinonning qisman benzoxinonga oksidlanishi hamda polimer zanjiridagi konyugatsiyalangan tizimlar hosil bo‘lishi bilan izohlanadi.

Gidroxinon fenolik tuzilishga ega bo‘lib, kuchli vodorod bog‘lanishlari hosil qilish qobiliyati tufayli elementorganik moddalar sintezida istiqbolli organik komponent hisoblanadi.

Dastlabki va oxirgi mahsulotning spektrdagi yutilish chiziqlari bir-biriga solishtirib moddaning tuzilishi haqida yoki reaksiya borganligi haqida fikr yuritish mumkin. Kimyoviy reaksiya natijasida yangi yutilish maksimumlarining hosil bo‘lishi, ma’lum bir yutilish chiziqlarining yo‘qolishi yoki boshqa sohaga siljishi kuzatilishi mumkin.




**4-rasm. Gidroxinonol-formaldegid siloksanning IQ spektri**


ISSN 3030-3907

Tadqiq etilgan birikmaning IQ-spektrida 3342 $sm^{-1}$ sohada kuzatilgan keng va intensiv yutilish cho‘qqisi molekula tarkibida fenolik gidroksil (–OH) guruhlarining mavjudligini ko‘rsatadi(4-rasm). Mazkur yutilish zonasining kengligi gidroksil guruhlari o‘rtasida hosil bo‘ladigan ichki molekulyar vodorod bog‘lanishlari bilan izohlanadi.

1629 $sm^{-1}$ da qayd etilgan yutilish aromatik halqalarga xos bo‘lgan C=C bog‘larining valent tebranishlariga tegishli bo‘lib, birikma tarkibida benzol yadrolarining mavjudligini tasdiqlaydi. 1388 $sm^{-1}$ sohasidagi yutilish esa benzil fragment tarkibidagi –$CH_2$– guruhlarining deformatsion tebranishlari bilan bog‘liqdir.

Spektrda 1023 $sm^{-1}$ da kuzatilgan kuchli va aniq yutilish cho‘qqisi Si–O–$CH_2$ bog‘larining valent tebranishlariga mos keladi. Ushbu signal molekula tarkibida kremniy atomlari kislorod orqali organik fragmentlar bilan bog‘langanligini ko‘rsatadi.

Bundan tashqari, 781 $sm^{-1}$sohada qayd etilgan yutilish aromatik halqalardagi C–H bog‘larining tekislikdan tashqari deformatsion tebranishlariga xosdir. 548–435 $sm^{-1}$ oralig‘ida kuzatilgan yutilishlar esa Si–C va Si–O bog‘larining tebranishlari bilan tavsiflanadi. Ushbu natijalar birikma tarkibida organosilikon fragmentlar mavjudligini hamda kremniy atomlarining organik va kislorodli guruhlar bilan bog‘langanligini tasdiqlaydi.

Shunday qilib, IQ-spektroskopik tahlil natijalari tadqiq etilgan modda tarkibida fenolik gidroksil guruhlari, aromatik halqalar hamda Si–O–$CH_2$, Si–C va Si–O bog‘larini o‘z ichiga olgan organosilikon tuzilma fragmentlari mavjudligini ishonchli ravishda tasdiqlaydi. Kvant-kimyoviy hisoblashlar, IQ va UB-spektral tadqiqotlar gidroxinon-formaldegid siloksan smolasining muvaffaqiyatli sintez qilinganligini tasdiqladi. Elektron va zaryad taqsimoti natijalari reaksion markazlarni aniqlash imkonini berdi. Spektroskopik natijalar esa Si–O–Si va Si–O–C bog‘lari hosil bo‘lganligini ko‘rsatdi. Olingan material organik-anorganik gibrid polimerlar va funksional qoplamalar yaratishda istiqbolli hisoblan

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Silverstein R.M., Webster F.X., Kiemle D.J. Spectrometric Identification of Organic Compounds. 8th ed. New York: John Wiley & Sons, 2015.
2. Socrates G. Infrared and Raman Characteristic Group Frequencies: Tables and Charts. 3rd ed. Chichester: Wiley, 2004.
3. Jensen F. Introduction to Computational Chemistry. 3rd ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2017.
4. Young R.J., Lovell P.A. Introduction to Polymers. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, 2011.


ISSN 3030-3907

5. Carey F.A., Sundberg R.J. Advanced Organic Chemistry. Part A: Structure and Mechanisms. New York: Springer, 2020.
6. March J. March's Advanced Organic Chemistry: Reactions, Mechanisms and Structure. 8th ed. Wiley, 2020.
7. Nakamoto K. Infrared and Raman Spectra of Inorganic and Coordination Compounds. 6th ed. Wiley, 2009.
8. Patai S. The Chemistry of Hydroquinones. Chichester: Wiley, 2010.
9. Clarson S.J., Semlyen J.A. Siloxane Polymers. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 2012.
10. Atkins P., de Paula J. Physical Chemistry. 11th ed. Oxford University Press, 2018.
11. Hehre W.J., Radom L., Schleyer P.V.R., Pople J.A. Ab Initio Molecular Orbital Theory. Wiley, 1986.
12. Stewart J.J.P. Optimization of Parameters for Semiempirical Methods. Journal of Molecular Modeling. 2007;13:1173–1213.
13. Becke A.D. Density-functional thermochemistry. The role of exact exchange. Journal of Chemical Physics. 1993;98(7):5648–5652.
14. Frisch M.J. et al. Gaussian 09 User's Reference. Gaussian Inc., Wallingford, CT, 2013.
15. Coates J. Interpretation of Infrared Spectra, A Practical Approach. Encyclopedia of Analytical Chemistry. Wiley, 2000.
16. Stuart B. Infrared Spectroscopy: Fundamentals and Applications. John Wiley & Sons, 2004.
18. Voronkov M.G., Mileshkevich V.P., Yuzhelevskii Y.A. The Siloxane Bond. Consultants Bureau, New York, 1978.


ISSN 3030-3907