



UDK: 547.495:546.172.6:543.422

Rayhona J. G'AFUROVA,

Magistrant, Buxoro davlat universiteti, Buxoro, O'zbekiston

Gulyayra Q. XOLIQOVA,

PhD, Buxoro davlat universiteti, Buxoro, O'zbekiston

E-mail: g.q.xoliqova@buxdu.uz, ORCID: 0000-0001-5625-3347

O'ktam M. MARDONOV,

PhD, dotsent, Buxoro davlat universiteti, Buxoro, O'zbekiston

E-mail: umm30@mail.ru, ORCID: 0000-0001-6344-6833

Quvondiq G'. AVEZOV,

PhD, dotsent, Buxoro davlat universiteti, Buxoro, O'zbekiston

E-mail: q.g.avezov@buxdu.uz, ORCID: 0000-0002-1299-7229

Baxtiyor Sh. GANIYEV,

PhD, Kimyo va neft-gaz texnologiyalari kafedrası mudiri, Buxoro davlat universiteti, Buxoro, O'zbekiston

E-mail: b.ganiyev1990@gmail.com, ORCID: 0000-0001-8151-1088

Professor M.Erashov taqrizi asosida

BIURET–NITRAT KISLOTA TIZIMLARINING TURLI NISBATLARDA SINTEZI VA INFRAQIZIL SPEKTROSKOPIK TAHLILI

Аннотация

Ushbu ishda biuret va nitrat kislota asosida turli molyar nisbatlarda (1:0.25; 1:0.5; 1:0.75) sintez qilingan tizimlarning tuzilishi infraqizil (IQ) spektroskopiya usuli yordamida o'rganildi. Olingan natijalar N–H, C=O va N=O funksional guruhlarining tebranish chastotalaridagi siljishlar orqali molekulararo o'zaro ta'sirlar mavjudligini ko'rsatdi. Nitrat kislota miqdori ortishi bilan vodorod bog'lari kuchayishi, proton almashinuvi jarayonlari yuzaga kelishi va strukturaviy qayta tashkil topish sodir bo'lishi aniqlandi. Eng yuqori o'zgarishlar 1:0.75 nisbatda kuzatildi. Tadqiqot natijalari ushbu tizimlarning kompleks tuzilishini hamda ularning amaliy qo'llanilish imkoniyatlarini asoslashda muhim ahamiyatga ega.

Kalit so'zlar: Biuret, nitrat kislota, infraqizil spektroskopiya, vodorod bog'lanish, proton almashinuvi, koordinatsion birikmalar.

СИНТЕЗ СИСТЕМ БИУРЕТ–АЗОТНАЯ КИСЛОТА В РАЗЛИЧНЫХ СООТНОШЕНИЯХ И ИХ ИНФРАКРАСНЫЙ СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Аннотация

В данной работе с использованием метода инфракрасной (ИК) спектроскопии исследована структура систем, синтезированных на основе биурета и азотной кислоты при различных молярных соотношениях (1:0,25; 1:0,5; 1:0,75). Полученные результаты показали наличие межмолекулярных взаимодействий, проявляющихся в виде смещения частот колебаний функциональных групп N–H, C=O и N=O. Установлено, что с увеличением содержания азотной кислоты усиливаются водородные связи, протекают процессы протонного обмена и происходит структурная реорганизация системы. Наиболее выраженные изменения наблюдались при соотношении 1:0,75. Результаты исследования имеют важное значение для обоснования комплексной структуры данных систем и перспектив их практического применения.

Ключевые слова: Биурет, азотная кислота, инфракрасная спектроскопия, водородная связь, протонный обмен, координационные соединения.

SYNTHESIS OF BIURET–NITRIC ACID SYSTEMS AT DIFFERENT RATIOS AND THEIR INFRARED SPECTROSCOPIC ANALYSIS

Annotation

In this study, the structure of systems synthesized based on biuret and nitric acid at different molar ratios (1:0.25; 1:0.5; 1:0.75) was investigated using infrared (IR) spectroscopy. The obtained results revealed the presence of intermolecular interactions manifested as shifts in the vibrational frequencies of the N–H, C=O, and N=O functional groups. It was established that with an increase in the content of nitric acid, hydrogen bonding becomes stronger, proton exchange processes occur, and structural reorganization of the system takes place. The most pronounced changes were observed at the 1:0.75 ratio. The results of the study are of significant importance for substantiating the complex structure of these systems and their potential practical applications.

Keywords: Biuret, nitric acid, infrared spectroscopy, hydrogen bonding, proton exchange, coordination compounds.

Kirish. Biuret ($\text{NH}_2\text{--CO--NH--CO--NH}_2$) - karbamidning termik parchalanish mahsuloti bo'lib, tarkibida ikkita amid guruhi mavjud. Ushbu guruhlar vodorod bog'lari hosil qilish va proton almashinuvida faol ishtirok etishi bilan ajralib turadi. Azot tutuvchi organik birikmalar va azot kislota hosilalari o'rtasidagi o'zaro ta'sirlarni o'rganish zamonaviy kimyoning muhim yo'nalishlaridan biridir. Shuningdek, biuret ($\text{NH}_2\text{--CO--NH--CO--NH}_2$) tarkibidagi amid guruhları tegishli vodorod bog'lari hosil qilish va proton almashinuvida ishtirok etish xususiyatiga ega. Gross va boshq. (2020) tomonidan o'tkazilgan tadqiqotda biuretning kristall tuzilishi rentgen difraktsiya, tebranish spektroskopiyasi va termik tahlil usullari yordamida batafsil o'rganildi hamda u koordinatsion kimyodagi muhim oraliq mahsulot ekanligi isbotlandi [1]. Biuretning metall ionlari bilan hosil qilgan kompleks birikmalarining

IQ spektrlari esa Kedzia, Armendarez va Nakamoto (1968) tomonidan o'rganilgan bo'lib, N–H va C=O guruhlarining tebranish chastotalari koordinatsion bog' turiga qarab sezilarli siljish ko'rsatishi aniqlangan [2].

Mavzuga oid adabiyotlarning tahlili. Azot kislota va uning hosilalarining organik azot birikmalari, xususan karbamid va biuret bilan o'zaro ta'sirini o'rganish koordinatsion kimyoning dolzarb yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. Tadqiqotchilar (2023) tomonidan mochevina nitrat tuzi va nitrat kislotalari bilan qayta ishlangan fosforitlarning rentgen fazaviy tahlili o'tkazilgan bo'lib, hosil bo'lgan birikmalarning faza tarkibi va tuzilishi aniqlangan [3,4]. Kholikova, Mardonov, Tursunova va boshq. (2023) tomonidan esa mochevina tuzlarining nitrat va ortofosfor kislota bilan sintezi hamda agrokimyoviy xossalari Scopus bazasiga kiruvchi E3S Web of Conferences jurnalida nashr etilgan [5].

Biuret asosidagi molekulyar komplekslarning spektroskopik xususiyatlarini o'rganish bo'yicha ham bir qator tadqiqotlar amalga oshirilgan. Olimlar (2025) tomonidan biuret va metafosfat kislotalari asosidagi molekulyar komplekslarning IQ-spektroskopik tahlili o'tkazilgan va funksional guruhlar tebranishlarining koordinatsion o'zaro ta'sirlarga sezgirligi ko'rsatilgan [6]. Biuret–metafosfat molekulyar komplekslarining sintezi, spektroskopik tavsifi va DFT hisoblashlarini o'z ichiga olgan qo'shma tadqiqot nashr etilgan bo'lib, eksperimental va nazariy muvofiqlik aniqlangan [7,8].

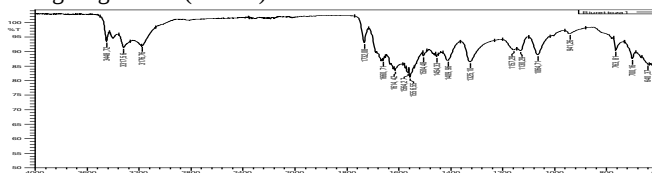
Shu yo'nalishdagi tadqiqotlar natijalarini umumlashtiruvchi Mardonov, Xoliqova va Ganiyev (2025) monografiyasida esa mochevina va biuret asosidagi kompleks birikmalar bo'yicha to'liq ilmiy ma'lumotlar jamlangan [9].

Shunday bo'lsa-da, adabiyotlarda biuret–nitrat kislota tizimlarini turli molyar nisbatlarda sintez qilish va hosil bo'lgan mahsulotlarni IQ-spektroskopiya usulida qiyosiy tahlil qilish bo'yicha ma'lumotlar yetarlicha yoritilmagan. Ushbu kamchilikni to'ldirish maqsadida mazkur tadqiqotda biuret va nitrat kislota 1:0.25, 1:0.5 va 1:0.75 molyar nisbatlarida sintez qilingan tizimlarning tuzilishi o'rganildi. Shuningdek, ushbu tadqiqotda biuret–nitrat kislota tizimlarini turli tarkibli olingan mahsulotlarini IQ-spektroskopiya usuli yordamida tahlillari amalga oshirilgan.

Tadqiqot metodologiyasi. Sintez usuli: Biuret va nitrat kislota quyidagi molyar nisbatlarda: 1:0.25, 1:0.5, 1:0.75 aralashtirilib, 100 ml distillangan suvda eritildi. Hosil bo'lgan eritmalar magnitli aralashtirgichda 60–90°C haroratda 1.5–2.0 soat davomida qizdirildi. Hosil bo'lgan eritmalar xona haroratida bug'latib, oq gidroskopik kristallar ajratib olindi. Hosil bo'lgan kristall cho'kma filtrlab olindi va 60°C haroratda quritish shkafida quritildi.

Tahlil usuli: Sintez qilingan birikmalarining IQ-spektrlari «IRTracer-100» (Shimadzu, Yaponiya) (4000÷400 cm⁻¹ diapazonda, sezgirlik signal/shovqin - 60,0:1) spektrometrida to'liq ichki aks ettirish prefiksi bilan qayd etildi va funksional guruhlarining tebranishlari tahlil qilindi. Infraqizil (IQ) spektroskopiya — kimyoviy birikmalarni tahlil qilishda keng qo'llaniladigan fizik-kimyoviy usullardan biri hisoblanadi. Ushbu usul moddaning 400–4000 sm⁻¹ to'liq soni oralig'idagi elektromagnit nurlanishni yutish xususiyatiga asoslanadi. Har bir funksional guruh (–NH, –C=O, –OH, –N=O va boshqalar) o'ziga xos yutilish chiziqlariga ega bo'lib, bu xususiyat modda tarkibini va tuzilishini aniqlashda asosiy mezon bo'lib xizmat qiladi.

Tahlil va natijalar. Sintez qilingan biuret–nitrat kislota tizimlarining infraqizil (IQ) spektroskopik tahlili tebranish xususiyatlarda nisbatga bog'liq ravishda tizimli o'zgarishlar yuz berishini ko'rsatdi. Kuzatilgan spektral siljishlar va cho'qqilar shaklining o'zgarishi molekulararo o'zaro ta'sirlarning kuchayishi hamda strukturaviy qayta tuzulish bilan izohlanadi. Toza biuretning IQ spektri amidlarga xos bo'lgan tebranishlar bilan tavsiflanadi. 3200–3400 cm⁻¹ oralig'idagi keng cho'qqi N–H valent tebranishlariga tegishli bo'lib, ularning mavjudligi vodorod bog'lanishlar ishtirokida ekanligini bildiradi [9,11]. Taxminan 1680 cm⁻¹ atrofidagi kuchli chiziqli karbonil (C=O) guruhining valent tebranishiga mos keladi, 1500–1600 cm⁻¹ diapazonidagi cho'qqilar esa N–H deformatsion tebranishlariga tegishlidir (1-rasm).

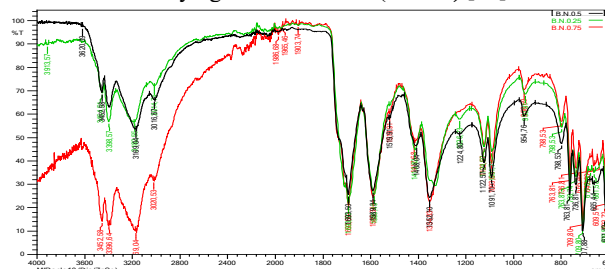


1-rasm. Toza biuretning IQ spektri

Nitrat kislota spektrida esa nitrat guruhlariga xos tebranishlar ustunlik qiladi. 1350–1380 cm⁻¹ oralig'idagi intensiv chiziqli N=O bog'ining asimmetrik valent tebranishiga tegishli bo'lsa, 820–860 cm⁻¹ diapazonidagi chiziqli N–O bog'larining tebranishlarini ifodalaydi [10,11]. Nitrat kislota kam miqdorda bo'lgan holatda spektrda kichik, ammo ahamiyatli o'zgarishlar kuzatiladi. N–H valent tebranishlari past chastotalar tomon siljiydi, bu esa biuret molekulasidagi vodorod atomlari bilan nitrat guruhidagi kislород atomlari o'rtasida zaif vodorod bog'lari hosil bo'layotganini ko'rsatadi.

Shu bilan birga, C=O tebranish chizig'ining intensivligi biroz kamayadi. Nitrat sohasida (1000–1200 cm⁻¹) sezilarli o'zgarish kuzatilmaydi. Demak, 1:0.25 nisbatdagi tizim zaif vodorod bog'lari asosidagi kompleks sifatida tavsiflash mumkin.

Nitrat kislota miqdori (1:0.5) ortganda spektral o'zgarishlar yanada yaqqolroq namoyon bo'ladi. N–H valent tebranishlari sezilarli darajada kengayadi va past chastotaga siljiydi. Bu esa kuchli va ko'p sonli vodorod bog'lari shakllanayotganini bildiradi. C=O valent tebranish chizig'i ham 10–20 cm⁻¹ ga siljishi mumkin. Bu bosqichda tizim koordinatsion o'zaro ta'sir tizimiga o'tadi, bunda qisman proton almashinuvi ehtimoli paydo bo'ladi. Nitrat guruhiga tegishli N=O tebranishlari ham siljiydi va intensivligi kamayadi, bu uning o'zaro ta'sirda faol ishtirok etayotganini ko'rsatadi (2-rasm) [10].



2-rasm. Biuret nitratlari IQ spektrlari

Nitrat kislota yuqori miqdorda (1:0.75) bo'lgan holatda spektrda keskin o'zgarishlar kuzatiladi. N–H sohasidagi cho'qqilar juda kengayib, ba'zan bitta umumiy keng polosaga aylanadi. Bu protonlarning yuqori harakatchanligi va dinamik almashinuvi mavjudligini bildiradi. C=O chizig'i sezilarli darajada siljiydi yoki intensivligi kamayadi. Nitrat sohasida: N=O chizig'i siljiydi va kengayadi, N–O tebranishlari aniq shaklini yo'qotadi. Mazkur tizim yuqori darajada bog'langan supramolekulyar yoki ionli tizim sifatida tavsiflanadi (2-rasm).

Kuzatilgan strukturaviy o'zgarishlar shuni ko'rsatadiki, biuret–nitrat kislota tizimida molekulararo o'zaro ta'sirlarning kuchayishi natijasida ichki bog'lanish energiyasi ortadi. Vodorod bog'lari va proton almashinuvi jarayonlarining intensivlashuvi natijasida tizimning polarligi ham ortib, mustahkam strukturaviy birliklar shakllanadi. Hosil bo'lgan tizimlarning yuqori barqarorligi ularni korroziya jarayonlarini sekinlashtiruvchi ingibitorlar sifatida qo'llash imkonini beradi. Bundan tashqari, bunday tizimlar kompozit materiallar tarkibiga kiritilganda ularning mexanik, termik va kimyoviy barqarorligini yaxshilovchi funksional qo'shimcha sifatida muhim ahamiyat kasb etadi.

Xulosa. Biuret va nitrat kislota o'rtasida kuchli molekulararo o'zaro ta'sirlar mavjudligi aniqlandi. Nitrat kislota miqdori ortishi bilan tizimda vodorod bog'lari kuchayib, proton almashinuvi yuzaga keladi va yangi strukturalar hosil bo'ladi. Eng yuqori o'zgarishlar 1:0.75 nisbatda kuzatildi. Barcha hollarda oq rangli kristall mahsulot olindi.

IQ-spektroskopiya usuli ushbu birikmalarning tuzilishini aniqlashda asosiy tahlil vositasi bo'lib xizmat qiladi. Kelgusida olingan mahsulotlarning IQ-spektr natijalari to'liq tahlil qilinib, koordinatsion bog' tabiati, tuzilishi va potentsial qo'llanilish sohalari o'rganiladi.

ADABIYOTLAR

1. Gross A. et al. Biuret - a crucial reaction intermediate: crystal-structure elucidation and in situ diffractometric, vibrational and thermal characterisation // Chemistry - A European Journal. – 2020. – Vol. 26. – P. 14366–14376.
2. Kedzia B.B., Armendarez P.X., Nakamoto K. Infra-red spectra and normal co-ordinate analyses of metal biuret complexes // Journal of Inorganic and Nuclear Chemistry. – 1968. – Vol. 30, No. 3. – P. 849–860.
3. Xoliqova G.Q., Avezov Q.G., Ganiyev B.Sh., Mardonov O.M. Mochevina nitrat tuzi va nitrat kislotalar bilan qayta ishlangan fosforitlarining rentgen fazaviy tahlili // ФарДУ хабарлари. – Фарғона, 2023. – № 4. – Б. 56-59.
4. Xoliqova G.Q., Mardonov O.M., Ganiyev B.Sh. Mochevina nitrat tuzlarining korroziya ingibitorlik xossalari // Journal of Science, Research and Teaching, 2024. Vol. 3. – № 12. – P. 123-132.
5. Kholikova G.K., Mardonov U.M., Tursunova I.N., Ganiyev B.Sh., Khozhiev Sh.T. Synthesis and study of the agrochemical properties of urea salts with nitric and orthophosphoric acid // E3S Web of Conferences, 2023. – № 389. – P. 03005, 1-7.
6. Xoliqova G.Q., Narzullayeva M.R., Mardonov O.M., Ganiyev B.Sh. Biuret va metafosfat kislotalari molekulyar komplekslari IQ-spektroskopik tahlili / "TAFAKKUR VA TALQIN" mavzusidagi Respublika miqyosidagi ilmiy-amaliy anjuman to'plami. – Buxoro, 2025. 15-may. – B. 92-95.
7. Ilyukhin A.B. et al. Synthesis, IR spectra, and structures of double metaphosphates $MNi(PO_3)_3$ ($M = Na$ or K) // Russian Journal of Inorganic Chemistry. – 2003. – Vol. 48. – P. 1501–1506.
8. Kholikova G.K., Mardonov U.M., Ganiev B.Sh. Synthesis, spectroscopic characterization and theoretical investigation of biuret-metaphosphate molecular complexes: a combined experimental and DFT study // Oriental journal of medicine and natural sciences, 2025. Vol. 2. – № 4. – P. 34-45.
9. Mardonov O.M., G.Q.Xoliqova, Ganiyev B.Sh. Mochevina va biuret asosidagi kompleks birikmalar tadqiqotlari". Monografiya. Toshkent: Kamolot, 2025. – 200 b.
10. McCurdy P. R., Hess W. P., Xantheas S. S. Nitric acid– water complexes: theoretical calculations and comparison to experiment // The Journal of Physical Chemistry A. – 2002. – T. 106. – №. 33. – C. 7628-7635.
11. Matulková I., Mathauserová J., Císařová I., Němec I., Fábry J. Crystal structures and vibrational spectra of biuret co-crystals with cyanuric and glutaric acids, discussion of hydrogen bonding involving carbonyl groups // Zeitschrift für Kristallographie-Crystalline Materials. – 2016. – T. 231. – №. 5. – C. 291-300.