

**SHAROF RASHIDOV NOMIDAGI SAMARQAND DAVLAT  
UNIVERSITETI HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI  
PhD.03/30.12.2019.K.02.05 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

---

**SHAROF RASHIDOV NOMIDAGI SAMARQAND DAVLAT  
UNIVERSITETI**

**ANVAROV TOXIRJON O‘TKIR O‘G‘LI**

**ALIFATIK C<sub>2</sub> - C<sub>12</sub> NORMAL VA IZO-NITRILLARNING KATALITIK  
SINTEZI**

**02.00.04 – Fizik kimyo**

**KIMYO FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD) DISSERTATSIYASI  
AVTOREFERATI**

**Samarqand – 2025**

**Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferati mundarijasi**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)**

**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)**

**Anvarov Toxirjon O‘tkir o‘g‘li**

Alifatik C<sub>2</sub>-C<sub>12</sub> normal va izo-nitrillarning katalitik sintezi..... 3

**Анваров Тохиржон Уткир угли**

Каталитический синтез алифатических C<sub>2</sub>-C<sub>12</sub> нормальных и изо-нитрилов... 21

**Anvarov Tokhirjon Utkir ugli**

Catalytic synthesis of aliphatic C<sub>2</sub>-C<sub>12</sub> normal and isonitriles ..... 39

**E‘lon qilingan ishlar ro‘yhati**

Список опубликованных работ

List of published works ..... 42

**SHAROF RASHIDOV NOMIDAGI SAMARQAND DAVLAT  
UNIVERSITETI HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI  
PhD.03/30.12.2019.K.02.05 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

---

**SHAROF RASHIDOV NOMIDAGI SAMARQAND DAVLAT  
UNIVERSITETI**

**ANVAROV TOXIRJON O‘TKIR O‘G‘LI**

**ALIFATIK C<sub>2</sub> - C<sub>12</sub> NORMAL VA IZO-NITRILLARNING KATALITIK  
SINTEZI**

**02.00.04 – Fizik kimyo**

**KIMYO FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD) DISSERTATSIYASI  
AVTOREFERATI**

**Samarqand – 2025**

**Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Vazirlar mahkamasi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2021.4.PhD/K176 raqam bilan ro'yxatga olingan.**

Dissertatsiya Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universitetida bajarilgan.  
Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengash veb-sahifasida (www.samdu.uz) va «ZiyoNET» axborot-ta'lim portalida (www.ziynet.uz) joylashtirilgan.

**Ilmiy rahbar:** **Muradov Kadir**  
kimyo fanlari nomzodi

**Rasmiy opponentlar:** **Muxamadiyev Nurali Qurbonaliyevich**  
kimyo fanlari doktori, professor

**Turg'unov Erxon**  
kimyo fanlari doktori, professor

**Yetakchi tashkilot:** **Termiz davlat universiteti**

Dissertatsiya himoyasi Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universiteti huzuridagi ilmiy darajalar beruvchi PhD.03/30.12.2019.K.02.05 Ilmiy kengashning 2025-yil « 18 » *fevral* soat *11<sup>20</sup>* dagi yig'ilishida bo'lib o'tadi (Manzil: 140104, Samarqand shahri, Universitet xiyoboni, 15-uy. Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universiteti, Biokimyo instituti, Kimyo binosi. Tel.: (+99866) 239-12-47, faks: (0366) 239-11-40, e-mail: devonxona@samdu.uz.

Dissertatsiya bilan Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universitetining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin ( *4* raqam bilan ro'yxatga olingan). (Manzil: 140104, Samarqand shahri, Universitet xiyoboni, 15-uy. Tel.: (+99866) 239-11-51).

Dissertatsiya avtoreferati 2025-yil « 5 » *fevral* kuni tarqatildi.  
(2025-yil « 5 » *fevral* dagi № *1* raqamli reyestr bayonnomasi).



**A.M. Nasimov**  
Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy kengash raisi, t.f.d., professor

**J.R. Uzokov**  
Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy kengash kotibi, PhD

**O.N. Ro'zimuradov**  
Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy kengash qoshidagi ilmiy seminar raisi, k.f.d., professor

## KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertasiyasi annotatsiyasi)

**Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati.** Dunyoda alifatik  $C_2$ - $C_{12}$  normal va izo-nitrillarning katalitik sintezi organik sintez sohasida muhim yo‘nalish bo‘lib, kimyo va neft-kimyo sanoatining turli sohalarida qo‘llanilishi uchun katta salohiyatga ega. Nitrillar, nitril guruhini o‘z ichiga olgan birikmalar, turli kimyoviy moddalar, masalan, amidlar, aminlar, kislotalar, shuningdek, yuqori qiymatli farmatsevtika va qishloq xo‘jaligi kimyoviy moddalari sintezida muhim oraliq mahsulotlar sifatida xizmat qiladi. Shu bilan bir qatorda nitrillar, jumladan  $C_2$ - $C_{12}$  uglerod zanjiriga ega bo‘lgan normal va izo-nitrillar erituvchilar, plastmassa, sintetik iplar ishlab chiqarishda, biologik faol moddalarni olishda keng qo‘llaniladi. An‘anaviy sintez usullari ko‘pincha toksik reaktivlar yoki murakkab sharoitlarni talab qilganligi bois nitrillarni maqsadli va yuqori samaradorlik bilan sintez qilish masalasi dolzarb bo‘lib qolmoqda.

Jahonda yetakchi ilmiy markazlar tomonidan yangi turdagi alifatik va aromatik nitrillarning katalitik sintezi va ularning xossalarini o‘rganish, reaksiya kinetikasini tadqiq etish hamda texnologiyalarini yaratish bo‘yicha bir qator ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Bu borada, organik birikmalarning turli sinflaridan nitrillarni katalitik usulda sintez qilish bo‘yicha samarali usullar ishlab chiqilgan. Ushbu sintez jarayonlari uchun mos katalizatorlar tanlangan, ularning faolligi va samaradorligi baholangan, shuningdek, reaksiyalar kinetikasi va mexanizmlari o‘rganilgan. Bu turdagi ilmiy tadqiqotlarda siklik va geterosiklik birikmalardan nitrillarni katalitik sintez qilishga alohida e‘tibor qaratilib, muhim ilmiy va amaliy natijalarga erishilgan hamda texnologik jarayonlarning sxemalari taklif qilingan. Biroq, tarkibida  $C_2$ - $C_{12}$  bo‘lgan alifatik spirtlarning ammiak bilan sianlash reaksiyalarini turli katalizatorlar ishtirokida termodinamik baholash, amaliy tadqiq qilish, jarayonga turli omillarning ta‘sirini aniqlash hamda katalizatorlarning kimyoviy tarkibi va tekstur xarakteristikalarining reaksiyaning borishiga ta‘sirini baholash kabi dolzarb masalalarni hal qilish zamon talabidir.

Respublikamizda neft va gazdan olinayotgan normal hamda izo tuzilishga ega alifatik va aromatik spirtlardan sianlash reaksiyasi orqali nitrillarning katalitik sintezi, ularning texnologiyalarini ishlab chiqishga qaratilgan tadqiqotlar borasida muayyan natijalarga erishilmoqda. O‘zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo‘yicha Harakatlar strategiyasida<sup>1</sup> «mahalliy xomashyo resurslarini chuqur qayta ishlash asosida yuqori qo‘shimcha qiymatli tayyor mahsulot ishlab chiqarish, prinsipial jihatdan yangi mahsulot va texnologiya turlarini o‘zlashtirish, shu asosda ichki va tashqi bozorlarda milliy tovarlarning raqobatbardoshligini ta‘minlash» bo‘yicha muhim vazifalar belgilab berilgan. Shuningdek bu borada 2022-2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekiston taraqqiyot strategiyasining yettita ustuvor yo‘nalishiga muvofiq aholiga tibbiy xizmat ko‘rsatish darajasini yangi bosqichga ko‘tarishda “Kimyo va gaz-kimyosi sohalarini rivojlantirish va

---

<sup>1</sup> O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017 yil 7 fevraldagi PF4947-son “O‘zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo‘yicha Harakatlar strategiyasi to‘g‘risida”gi Farmoni

tabiiy gazni qayta ishlash darajasini 8 foizdan 20 foizga yetkazish.”<sup>2</sup> kabi vazifalar belgilangan. Shu boisdan reagent sifatida neft va gaz mahsulotlaridan foydalanib normal va izo tuzilishga ega bo‘lgan alifatik va aromatik nitrillar katalitik sintez qilish, reaksiyalarning kinetik qonunyalarni o‘rganish hamda texnologiyasini ishlab chiqish muhimdir.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017-yil 7-fevraldagi PF4947-sonli “O‘zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo‘yicha Harakatlar strategiyasi to‘g‘risida”gi Farmoni, 2017-yil 29-avgustdagi PQ3246-sonli “Kimyo sanoati tashkilotlarining eksport-import faoliyatini takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi, 2018-yil 17-yanvardagi PQ-3479-sonli “Mamlakat iqtisodiyoti tarmoqlarining talab yuqori bo‘lgan mahsulot va xomashyo turlari bilan barqaror ta‘minlash chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi va 2019-yil 3-apreldagi PQ-4265-sonli “Kimyo sanoatini yanada isloh qilish va uning investitsiyaviy jozibadorligini oshirish choratadbirlari to‘g‘risida” gi hamda 2021-yil noyabrdagi qarorlari hamda boshqa me‘yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishda ushbu dissertatsiya tadqiqoti natijalari muayyan darajada xizmat qiladi.

**Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining asosiy ustuvor yo‘nalishlariga bog‘liqligi.** Mazkur dissertatsiya ishi respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining VII “Kimyo, kimyoviy texnologiyalar va nanotexnologiyalar” ustuvor yo‘nalishlariga muvofiq holda bajarilgan.

**Muammoning o‘rganilganlik darajasi.** Alifatik C<sub>2</sub>-C<sub>12</sub> normal va izo-nitrillarning katalitik sintezi sohasida ilmiy tadqiqotlar uzoq yillik tarixga ega bo‘lib, ularni sintez qilishning turli usullari, shu jumladan katalitik yondashuvlar, batafsil o‘rganilgan. Bugungi kunda bu mavzu kimyo va neft-kimyo sanoatida dolzarb ahamiyatga ega bo‘lib, alohida e‘tibor katalizatorlar va reaksiya sharoitlarining optimallashtirilishiga qaratilgan. Bu boradagi ishlarni amalga oshirishda Braun A.V., Reyd Ye.Ye. (AQSh), Chen F. Ye., X. Zang., Ishida T., Li Yu (Xitoy), Dorman L.M., M.R. Xormanilar (Angliya) o‘zlarining katta hissalarini qo‘shgan. Ushbu tadqiqotlarni amalga oshirishda MDH olimlaridan Popov M.A., Shuykin N.I., Bashkirov A.N., Kryukov Yu.B., Kliger G. A., Mextiyev S.D., Korchagova E.X., Dzilyuma D.E. Rossiya) va boshqalarning xizmatlari katta ahamiyatga molikdir.

O‘zbekistonda spirtlarning ammiak bilan turli katalizatorlar ishtirokida sianlash reaksiyalarini o‘rganishda N.S. Zokirov, E.A. Abduraxmonov, K. Muradov, D.K Muradovlarning reaksiya mahsulotlari tarkibini xromatografik usullari yordamida o‘rganish bo‘yicha N.K. Muxamadiyev, K.F. Xalilov, I.A. Ergashevlarning ishlari diqqatga sazovordir.

Shunga qaramasdan neft va tabiiy gaz mahsulotlari asosida alifatik spirtlarning ammiak bilan o‘zaro reaksiyalari termodinamikasi va kinetikasini maxalliy xom-ashyolardan olingan turli katalizatorlar ishtirokida o‘rganish dolzarb muammolardan biridir.

---

<sup>2</sup> O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60 son «2022-2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekiston taraqqiyot strategiyasito‘g‘risida»gi Farmoni.

**Dissertatsiya mavzusining dissertatsiya bajarilayotgan ilmiy tadqiqot muassasasining ilmiy tadqiqot ishlari bilan bog‘liqligi.** Dissertatsiya tadqiqoti Samarqand davlat universiteti ilmiy tadqiqot ishlar rejasining “Tabiiy va sintetik materiallarni sintez qilish, tekshirish va qayta ishlashning yangi usullari” mavzusi va doirasida bajarilgan.

**Tadqiqotning maqsadi:** C<sub>2</sub>-C<sub>12</sub> tarkibili spirtlarni ammiak bilan katalitik sianlash reaksiyasini termodinamik asoslash, katalizatorning tekstur xarakteriskalariga bog‘liq holda kinetik qonuniyatlarini aniqlashdan iborat.

**Tadqiqotning vazifalari:**

C<sub>2</sub>-C<sub>12</sub> tarkibli alifatik normal va izo-tuzilishli spirtlarning ammiak bilan sianlash reaksiyasini termodinamik jihatdan baholash;

normal va izo-tuzilishli C<sub>2</sub>-C<sub>12</sub> nitrillarni mos holdagi spirtlarni mahalliy xom-ashyolar asosida olingan katalizatorlar ishtirokida ammiak bilan sianlash reaksiyasini o‘rganish;

respublikamizda ishlab chiqarilayotgan sanoat katalizatorlari ishtirokida borayotgan jarayonning kinetik qonuniyatlarini baholash;

reaksiya mahsulotlarini gaz-xromato-masspektrometriya usulida tahlil qilishning maqbul sharoitlarini tanlash hamda sintez qilingan nitrillarning qo‘llanilish imkoniyatlarini baholash.

**Tadqiqotning obyekti** sifatida C<sub>2</sub>-C<sub>12</sub> normal va izo-tuzilishli alifatik spirtlar, ammiak, laboratoriya sharoitida tarkibida CuO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZnO bo‘lgan cho‘ktirish usulida sintez qilingan oksidli hamda respublikamizda ishlab chiqarilayotgan sanoat katalizatorlari (NKT-4, CHM-1, GIAP-1, GIAP-8, TO-2) olingan.

**Tadqiqotning predmetinini** C<sub>2</sub>-C<sub>12</sub> tarkibli normal va izo-tuzilishli nitrillarning katalitik sintezi termodinamikasi, tanlab olingan katalizatorning tarkibi va terstur xarakteriskalariga bog‘liq holda kinetik qonuniyatlari tashkil etgan.

**Tadqiqotning usullari.** Dissertatsiya ishini bajarishda skanerlovchi elektron mikroskopiya, energiya dispersiyali rentgenfloresent spektrometriya, gaz-suyuqlik xromatografiyasi, GC-MS, porometriya, fizik-kimyoviy hamda statistik tadqiqot usullaridan foydalanilgan.

**Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:**

C<sub>2</sub>-C<sub>12</sub> tarkibli alifatik spirtlarning ammiak bilan sianlash reaksiyasida turli katalizatorlarining faolliklari baholangan va NTK-4 katalizatorining yuqori samaradorlikka ega ekanligi isbotlangan;

NTK-4 katalizatorning kimyoviy tarkibi tekstur xarakteristikalarini, jumladan g‘ovaklar o‘rtacha diametri 19÷39 nm, solishtirma sirt (S<sub>BET</sub>, m<sup>2</sup>/g) 61 m<sup>2</sup>/g, g‘ovaklarning solishtirma hajmi esa (V<sub>s</sub>) 7,04÷13,78 sm<sup>3</sup>/g ga tengligi aniqlangan;

C<sub>2</sub>-C<sub>12</sub> tarkibli alifatik spirtlardan nitrillarni katalitik sintez reaksiyasiga turli sharoitlari uchun (300°K÷800°K harorat oralig‘ida, boshlang‘ich moddalarning 1:1-1:6 hajmiy nisbatlari) boshlang‘ich spirtning gidrogenlash, oksidlash kabi reaksiyalar borishi termodinamik jihatdan baholangan;

nitrillar sintezi reaksiyasi davomida parallel boruvchi reaksiyalar natijasida asosiy mahsulot bo‘lgan nitrillardan tashqari aminlar, aldegidlar, alkanlar, amidlar,

oddiy va murakkab efirlar hosil bo'lishi gaz xromato-masspektroskopiya (GX-MS) usulida isbotlangan.

**Tadqiqotning amaliy natijalari** quyidagilardan iborat:

spirtlarni ammiak bilan katalitik sianlash reaksiyasida ishlatiladigan katalizatorlarning tarkibi va tekstur xarakterisklari aniqlangan;

$C_2-C_{12}$  tarkibli alifatik spirtlardan nitrillar sintez qilishning maqbul sharoitlari tanlangan va metodikasi ishlab chiqilgan;

alifatik nitrillar sintezi suyuq mahsulotlarining xromato-masspektroskopiya (GX-MS) usulida tahlil etish uslubiyati ishlab chiqilgan;

maqsadli sintez metodikasi va olingan nitrillar amaliyotga joriy etish uchun qo'llanilgan.

**Tadqiqot natijalarining ishonchliligi:** Natijalarning ishonchliligini suyuq mahsulotlarning analizida bir-birini to'ldiruvchi gaz xromatografiyasi va xromato-masspektroskopiya usullarini hamda tanlab olingan katalizatorning g'ovaklarining o'lcham bo'yicha taqsimoti kabi tekstur xarakteriskalari skanerli elektron mikroskopiya usulida, kimyoviy tarkibi energiya dispersiyali rentgenfloresent spektrometriya yordamida, solishtirma sirt yuzasi va g'ovaklik hajmi ko'p nuqtali BET usuli yordamida isbotlandi.

**Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati:** Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati shundan iboratki, alifatik  $C_2-C_{12}$  normal va izo-nitrillarning katalitik sintezi va sorbsiyaviy jarayonlarini o'rganish, kimyo va materialshunoslik sohalaridagi ilmiy izlanishlar uchun katta ahamiyatga ega bo'lib, kataliz va reaksiya mexanizmlarini aniqlash, alifatik nitrillarning katalitik sintezi jarayonidagi mexanizm va reaksiyalarni tushunish, yangi va samarali katalizatorlar yaratish, katalitik yondashuvlarning samaradorligini oshirish va yangi, ekologik toza sintez usullarini ishlab chiqish bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati shundan iboratki, alifatik  $C_2-C_{12}$  nitrillarning katalitik sintezi va sorbsiyaviy jarayonlari ko'plab sanoat sohalarida qo'llaniladi, jumladan nitrillar yuqori sifatli intermediarlardir va ular turli kimyoviy moddalar, shu jumladan, farmatsevtika va agrokimyoviy moddalar ishlab chiqarishda keng qo'llanilishiga xizmat qiladi.

**Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi.** Alifatik  $C_2-C_{12}$  normal va izonitrillarning katalitik sintezi" bo'yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

sintez qilingan asetnitril "O'zbiokombinat" O'zbekiston-Turkiya-Rossiya MChJ qo'shma korxonasida amaliyotga elyuent va erituvchi sifatida amaliyotga joriy etilgan (O'zbekiston-Turkiya-Rossiya MChJ qo'shma korxonasida 2024 yil 1 martdagi 239-son ma'lumotnomasi). Natijada, yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasini elyuent va erituvchi sifatida import o'rnida atsetonitril bilan ta'minlash imkonini bergan.

nitrillarni katalitik sintezi metodikasi "Elektrokimyozavod" AJ qo'shma korxonasining "2026-2028-yillarda amaliyotga joriy etish bo'yicha istiqbolli ishlanmalar ro'yxatiga kiritilgan (Elektrokimyozavod" QK AJning 2024 yil 19 apreldagi ma'lumotnomasi). Natijada, nitrillarni katalitik sintez qilish imkoniyatini beradi.

**Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi.** Mazkur tadqiqot natijalari 10 ta, jumladan 5 ta xalqaro va 5 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida ma'ruza qilingan va muhokamadan o'tkazilgan.

**Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi.** Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 5 ta ilmiy ish chop etilgan, shulardan O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining falsafa doktori (PhD) dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 2 ta maqola respublikada, 3 ta maqola xorijiy jurnallarda jumladan 1 ta maqola scopus bazasida nashr etilgan.

**Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi.** Dissertatsiya tarkibi kirish, to'rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 127 betni tashkil etadi.

## DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

**Kirish** qismida o'tkazilgan tadqiqotlarning dolzarbligi va zarurati asoslangan, tadqiqotning maqsadi va vazifalari, obyekti va predmetlari tavsiflangan, Respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi ko'rsatilgan, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon qilingan, olingan natijalarning ilmiy va amaliy ahamiyati yoritilgan, natijalarni amaliyotga joriy qilish, nashr etilgan ilmiy ishlar va dissertatsiya tuzilishi bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

**Dissertatsiyaning "Nitrillar sintezining zamonaviy holati"** deb nomlangan I bobida nitrillarni katalitik sintez qilishda boshlang'ich moddalar sifatida neft kimyo sanoatining ko'p tonnali mahsulotlari hisoblangan birlamchi spirtlar va aldegidlarning nitrillar sintezida ishlatilishi, mahsulot unumi va reaksiyaning borishiga turli tarkibli geterogen katalizatorlarning ta'siri o'rganilgan.

**Dissertatsiyaning "Tadqiqot manbalari va usullari"** ga bag'ishlangan II bobida oqimli reaktor uskunasi, katalizatorlarni sintez qilish usullari keltirilgan. Reaksiyada hosil bo'luvchi suyuq mahsulotlar analizi usullari va metodikalari, tanlab olingan katalizatorning kimyoviy tarkibini, uning solishtirma sirt yuzasi va g'ovaklik hajmini, g'ovaklarning o'lcham bo'yicha taqsimoti kabi tekstur xarakteristikalarini o'rganish metodikalari keltirilgan.

Dissertatsiyaning **"Spirtlarning ammiak bilan sianlash reaksiyasining termodinamikasi"** deb nomlangan III bobida nitrillarning spirtlardan sintez qilish reaksiyasining termodinamikasi, oktil spirti misolida alifatik spirtlarning ammiak bilan katalitik reaksiyasi uchun laboratoriya sharoitida sintez qilingan katalizatorlar hamda O'zbekistonda ishlab chiqarilgan turli sanoat katalizatorlari (Chirchiq, MAKAM-CHIRCHIK) AJ sinov natijalari keltirilgan. Tanlab olingan NTK-4 sanoat katalizatori ishtirokida reaksiya jarayoniga turli omillarning (harorat, boshlang'ich moddalar hajmiy nisbatlari) ta'siri o'rganilgan. NTK-4 sanoat katalizatorining kimyoviy tarkibini, uning solishtirma sirt yuzasi va g'ovaklik hajmini, g'ovaklarning o'lcham bo'yicha taqsimoti kabi tekstur xarakteristikalarini o'rganish natijalari muhokama etilgan. Suyuq mahsulotlarining gaz-xromatografik va xromato-masspektroskopiya analiz natijalari muhokama etilib, NTK-4 katalizatori yuzasida borayotgan jarayonlarning mexanizm sxemasi keltirilgan.

Dissertasiyaning “Alifatik spirtlarning katalitik sianlash reaksiya natijalari muhokamasi” deb nomlangan IV bobida alifatik spirtlarning katalitik sianlash reaksiyalaridan nitrillar sintezi bo'yicha olingan natijalarning muhokamasi keltirilgan.

**Alifatik nitrillarni spirt va ammiakdan sintez qilish reaksiyasining termodinamikasini o'rganish.**

Alifatik spirtlarning sianlash reaksiyasida quyidagi parallel reaksiyalar borishi mumkin:

1.  $R-CH_2OH + NH_3 = R-CN + H_2O + 2H_2$
2.  $R-CH_2OH + NH_3 = R-CN_2NH_2 + H_2O$
3.  $R-CN_2NH_2 = R-CN + 2H_2$
4.  $R-CN_2OH = R-CHO + H_2$
5.  $R-CHO + NH_3 = R-CN + H_2O + H_2$
6.  $2R-CH_2OH + H_2 = R-CH_3 + H_2O$
7.  $R-CH_2OH = R-CH_2-O-CH_2-R + H_2O$
8.  $R-CH_2OH + NH_3 = R-C(O)NH_2 + H_2O$
9.  $2R-CH_2OH = R-C(O)O-C-R + H_2O$
10.  $2NH_3 = N_2 + 3H_2$

Shuni ta'kidlash kerakki, yuqorida keltirilgan ko'pchilik moddalar uchun ilmiy adabiyotlarda muvozanat konstanta qiymatlari mavjud emas. Reaksiyalarning muvozanat konstantasi qiymatlarini Gibbs energiyasi orqali hisoblash mumkin. Gibbs energiyasi qiymatlari bunday sistemalar uchun Van – Krevelin va Chermin taklif qilgan usulda hisoblandi. Misol tariqasida 1-jadvalda oktil spirtining Gibbs energiyasining hisoblangan va ilmiy adabiyotlarda keltirilgan qiymatlari solishtirilgan.

**1-jadval.**

**Oktil spirti uchun Gibbs energiyasining Van – Krevelin va Chermin usulida hisoblangan qiymatini adabiyotdagi qiymatlari bilan taqqoslash.**

№	T, °K	Gibbs energiyasi qiymati (kkal/mol)		
		Hisoblangan	Adabiyotdagi	nisbiy xato %
1	300	21,523	20,178	6,61
2	400	4,988	4,354	4,77
3	500	-4,932	-5,153	4,28
4	600	-11,546	-12,159	5,04
5	700	-16,588	-17,047	2,69
6	800	-20,369	-20,760	1,88
7	900	-23,311	-23,683	1,57
8	1000	-25,664	-26,037	1,43

Jadvaldagi qiymatlarni solishtirish ularning o‘zaro yaqinligini ko‘rsatadi. Nisbiy xato maksimal qiymati 6,61% ni tashkil etadi. Xulosa qilib aytish mumkinki, Van Krevelen va Chermin tomonidan ishlab chiqilgan usul yordamida ilmiy adabiyotlarda mavjud bo‘lmagan barcha nitrillar, aminlar, amidlar, oddiy hamda murrakkab efirlar va aldegidlar uchun Gibbs energiyasini o‘zgarishini hisoblash imkonini beradi.

Yuqorida keltilgan usul bilan barcha moddalarning Gibbs energiyalari hisoblab chiqilib,  $-\ln K_p = \Delta G / (4,575 \cdot T)$  tenglama orqali muvozanat konstantalari qiymatlari hisoblab topildi. Olingan natijalar 2-jadvalda keltirilgan.

Ushbu qiymatlardan foydalanib, oktil spirtining ammiak bilan turli haroratlarda (300°K÷800°K) va boshlang‘ich aralashmadagi spirt va ammiakning turli hajmli nisbatlarida (1:1-1:6 oralig‘ida) sianlanish reaksiyasi uchun tanlash usulida termodinamik hisoblashlar o‘tkazildi.

Misol tariqasida 2-jadvalda oktil spirtining ammiak bilan sianlash reaksiyasida boshlangoch moddalarning 1:1 nisbat uchun quyidagi tenglama orqali hisoblangan qiymatlar keltirilgan.

## 2-jadval

### Asosiy va parallel boruvchi reaksiyalarning 300°K÷800°K harorat oraligida lnK<sub>P</sub> qiymatlari

Reaksiya	300°K	400°K	500°K	600°K	700°K	800°K
R-CH <sub>2</sub> OH + NH <sub>3</sub> = R-CN + H <sub>2</sub> O + 2H <sub>2</sub>	-15,39	-9,52	-5,97	1,73	3,48	67,60
R-CH <sub>2</sub> OH + NH <sub>3</sub> = R-CH <sub>2</sub> NH <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O	36,46	66,46	93,28	116,52	143,41	169,40
R-CH <sub>2</sub> OH = R-CHO + H <sub>2</sub>	-7,53	-4,06	-1,97	-0,55	0,44	1,18
R-CH <sub>2</sub> OH + N <sub>2</sub> = R-CH <sub>3</sub> + H <sub>2</sub> O	-24,19	-17,38	-13,30	-10,57	-8,66	-7,23
2NH <sub>3</sub> = N <sub>2</sub> + 3H <sub>2</sub>	2,78	0,75	-0,52	-1,39	-2,04	-2,54

$$k_p = \frac{x^4 \cdot p^2}{(1-x)^2 \cdot (1+x)^2} \quad (1)$$

Boshlang‘ich moddalarning 1:3 va 1:6 nisbatlari uchun mos ravishda quyidagi tenglamalar ishlatildi

$$k_p = \frac{x^4 \cdot p^2}{(1-x) \cdot (3-x) \cdot (2+x)^2} \quad (2)$$

$$k_p = \frac{x^4 \cdot 4 \cdot p^2}{(1-x) \cdot (6-x) \cdot (1+6+2x)^2} \quad (3)$$

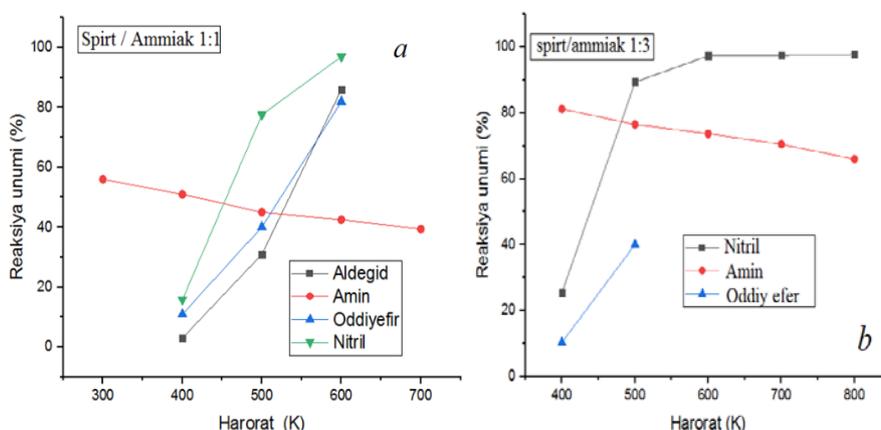
Hisoblashlar shuni ko'rsatadiki, oktil spirtining ammiak bilan sianlash reaksiyasi termodinamik jihatdan 600°K dan yuqori haroratlarda boshlanadi. Bu termodinamika nuqtai nazaridan hisoblangan muvozanat konstantasi logarifmining ijobiy qiymati bilan bog'liq.

3-jadval

**Oktil spirtni ammiak bilan sianlash reaksiyasining mahsulotlar mol ulushi (spirt ammiak nisbati 1:1)**

X	RCH <sub>2</sub> OH	NH <sub>3</sub>	RCN	H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub>	
0,1	0,40909	0,40909	0,04545	0,04545	0,09091	1
0,2	0,33333	0,33333	0,08333	0,08333	0,16667	1
0,3	0,26923	0,26923	0,11538	0,11538	0,23077	1
0,4	0,21429	0,21429	0,14286	0,142 86	0,28571	1
0,5	0,16667	0,16667	0,16667	0,16667	0,33333	1
0,6	0,12500	0,12500	0,18750	0,18750	0,37500	1
0,7	0,08824	0,08824	0,20588	0,20588	0,41176	1
0,8	0,05556	0,05556	0,22222	0,22222	0,44444	1
0,9	0,02632	0,02632	0,23684	0,23684	0,47368	1
0,95	0,01282	0,01282	0,24359	0,24359	0,48718	1
0,98	0,0505	0,0505	0,24747	0,24747	0,49495	1

Huddi shu usulda qolgan mahsulotlar uchun (aminlar, aldegidlar, oddiy va murakkab efirlar, kislota amidlari va uglevodorodlar) hisoblashlar olib borildi. Olingan natijalarga ko'ra (1-rasm) ularning hosil bo'lishi turli qonuniyatlarga bo'ysunadi: termodinamik hisoblashlarga ko'ra, harorat oshishi bilan birlamchi amin hosil bo'lish ehtimoli kamayadi. Shu bilan birga, ko'rib chiqilgan harorat oralig'ida aldegid hosil bo'lish ehtimoli pastligicha qolmoqda.



**1-rasm. Parallel boruvchi reaksiyalarga haroratning tasiri. Spirt va ammiak 1:1 nisbat (a) va spirt va ammiak 1:3 nisbat (b)**

## 4-jadval

Asosiy va parallel boruvchi reaksiyalarning 300°K÷800°K harorat oraligida muvozanat konstantalari qiymatlari

T/r	Parallel boruvchi reaksiyalar	300°K	400°K	500°K	600°K	700°K	800°K
1	$R-CH_2OH + NH_3 = R-CN + H_2O + 2H_2$	$4,07 \cdot 10^{-16}$	$3,02 \cdot 10^{-10}$	$1,07 \cdot 10^{-06}$	53,70	3019,95	$3,98 \cdot 10^{67}$
2	$R-CH_2OH + NH_3 = R-CH_2NH_2 + H_2O$	$2,88 \cdot 10^{36}$	$2,88 \cdot 10^{66}$	$1,90 \cdot 10^{93}$	$3,31 \cdot 10^{116}$	$2,57 \cdot 10^{143}$	$2,51 \cdot 10^{169}$
3	$R-CH_2NH_2 = R-CN + 2H_2$	$1,41 \cdot 10^{-52}$	$1,04 \cdot 10^{-76}$	$5,62 \cdot 10^{-100}$	$1,62 \cdot 10^{-115}$	$1,17 \cdot 10^{-140}$	$2,51 \cdot 10^{-165}$
4	$R-CHO + NH_3 = R-CN + H_2O + 2H_2$	$9,77 \cdot 10^{43}$	$3,31 \cdot 10^{70}$	$1,78 \cdot 10^{95}$	$1,17 \cdot 10^{117}$	$9,33 \cdot 10^{142}$	$1,65 \cdot 10^{168}$
5	$R-CH_2OH = R-CHO + H_2$	$2,95 \cdot 10^{-08}$	$8,71 \cdot 10^{-05}$	$1,01 \cdot 10^8$	$2,81 \cdot 10^6$	$2,75 \cdot 10^7$	$15,13 \cdot 10^6$
6	$R-CH_2OH + H_2 = C_nH_{2n+2} + H_2O$	$6,45 \cdot 10^{-25}$	$4,16 \cdot 10^{-18}$	$5,01 \cdot 10^{-14}$	$2,69 \cdot 10^{-11}$	$2,18 \cdot 10^{-09}$	$5,88 \cdot 10^{-08}$
7	$R-CH_2OH = R-CH_2-O-CH_2-R + H_2O$	$5,37 \cdot 10^{-45}$	$3,09 \cdot 10^{-32}$	$1,44 \cdot 10^{-24}$	$1,77 \cdot 10^{-19}$	$8,70 \cdot 10^{-16}$	$4,78 \cdot 10^{-13}$
8	$R-CH_2OH + NH_3 = R-C(O)NH_2 + H_2O$	$1,41 \cdot 10^{+28}$	$2,041 \cdot 10^{+23}$	$2,63 \cdot 10^{20}$	$1,12 \cdot 10^2$	$4,57 \cdot 10^1$	7,58
9	$2R-CH_2OH = R-C(O)O-C-R + H_2O$	$2,63010^{45}$	$4,0710^{34}$	$1,2510^{+28}$	$5,4910^{23}$	$4,6710^{20}$	$2,2910^{18}$
10	$2NH_3 = N_2 + 3H_2$	602,55	5,62	$3,0110^1$	$4,0710^2$	$9,1210^3$	$2,8810^3$

Oktil spirti misolida alifatik spirtlarning ammiak bilan katalitik sianlash reaksiyasiga katalizator tanlash. Ilmiy adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, tarkibida mis oksidi bo'lgan katalizatorlar, jumladan, CHM-1 va NTK-4 katalizatorlari ammiak bilan turli xil alifatik va aromatik nitrillarning (C<sub>2</sub>-C<sub>12</sub>) sianlanish reaksiyasida samarali bo'ladi. Shu munosabat bilan turli xil mis oksidi asosida turli katalizatorlar cho'ktirish usuli bilan sintez qilinib, ularning katalitik faolligi baholandi. Tajribalar davomida qo'shimcha ravishda "MAXAM-CHIRCHIK" zavodida ishlab chiqarilgan oltita sanoat katalizatori ishtirokida sianlash reaksiyasi o'rganildi.

### 5-jadval

**Oktil spirtning ammiak bilan sianlash reaksiyasi (t= 325°C, V=725 gramm/ml. kat. soat va spirt:ammiak 1:3)**

№	MAXAM CHIRCHIQ AJ Katalizatorlar	Spirtning mahsulotlarga aylanish darajasi, %		Umumiy, %
		Nitrilga	Qo'shimcha mahsulotga	
1	NTK-4	88,6	6,5	95,1
2	CHM-1	83,5	9,8	93,3
3	GIAP-8	15,5	14,3	29,8
4	TO-2	42,2	17,6	59,8
5	GIAP-14	17,5	13,3	30,8
6	OXK-02	13,8	10,7	24,5

Barcha katalizatorlar ishtirokida alifatik nitrillar hosil bo'ladi. Eng past natijaga OXK -02 katalizatori (13,8%) yordamida erishildi. Eng yuqori natijaga NTK-4 katalizatori yordamida erishildi, bunda spirtning nitrilga aylanish darajasi 88,6% ni tashkil etdi. Sintez jarayonning texnik va iqtisodiy parametrlarini optimallashtirishda odatda turli xil omillarga bog'liq, masalan, jarayon harorati, bosim va boshlang'ich moddalarning hajmi nisbati. Ko'rsatilgan omillar (harorat, bosim, dastlab moddalar hajmiy nisbati) katalizatorning ishlashiga asosiy ta'sir qiluvchi omillardir.

### 6-jadval

**Oktil spirtni ammiak bilan sianlash reaksiyasida nitrillar chiqishining dastlabki mahsulotlar nisbatiga bog'liqligi (t=325°C, V=725 gramm/ml.kat.soat.)**

№	Oktil spirt va ammiak hajmiy nisbati	Oktil spirtning aylanish darajasi (%)		
		Nitrilga	Qo'shimcha mahsulotlarga	Umumiy
1	1 : 1	56,8	26,4	83,2
2	1 : 2	75,0	20,0	95,0
3	1 : 3	90,0	6,0	96,0
4	1 : 4	85,1	8,0	93,1
5	1 : 5	87,5	9,0	96,5
6	1 : 6	84,5	10,0	94,5

Tarkibiy qismlarning hajmiy nisbati katalizatorning aktivligi va selektivligiga ta'sir qiladi. Tarkibiy qismlarning stexiometrik nisbatida nitrilning chiqishi 56,8% ni tashkil qiladi. Bu ammiakning asosiy qismi vodorod va azotga parchalanish bilan tushuntiriladi. Bu ammiak parsial bosimning kamayishiga olib keladi, bu esa o'z navbatida nitrilning chiqishining kamayishiga olib keladi. Ammiak parsial bosimining oshirilishi nitril chiqishining ortishiga olib keladi. Hajmiy nisbat 1:3 dan oshgandan so'ng nitrilning chiqish unumdorligi deyarli o'zgarmaydi.

Haroratning ta'sirini o'rganish uchun oktil spirtni ammiak bilan sianlash reaksiyasini haroratning 250÷400°C oralig'ida, har 25°C intervalda, spirt:ammiak hajmiy nisbati 1:3 va hajmiy oqim tezligi soat 725 g/ml.kat. soatda o'tkazildi. Olingan natijalar 5-jadvalda keltirilgan

Jadvaldan ko'rinadiki, haroratning ko'tarilishi oktil spirtning ammiak bilan sianlash reaksiyasida NTK-4 katalizatorining faolligiga va selektivligiga kuchli ta'sir qiladi. NTK-4 katalizatori ishtirokida 325°C haroratda, oktil spirt va ammiakdan oktanitrilning chiqish unumi 90% tashkil etdi. Bizga ma'lumki sanoatda spirtlarning aldegidga oksidlanish jarayoni mis saqlagan katalizatorlar ishtirokida oson amalga oshadi. Bu jarayon 250°C ÷400°C harorat oralig'ida amalga oshadi. Nitrillarning hosil bo'lish jarayoni aldegid orqali amalga oshishi taxmin etildi. Dastlab spirt tegishli aldegidga aylanadi, so'ng esa hosil bo'lgan aldegid ammiak bilan ta'sirlashib osonlikcha kerakli nitrilga aylanadi.

#### 7-jadval

#### **Oktil spirtni ammiak bilan NTK-4 katalizator ishtirokida sianlash reaksiyasiga haroratning ta'siri (hajmiy oqim tezligi soat 725 gramm/ml.kat.soat, oktil spirt va ammiak nisbati 1:3 )**

T/r	Sintez harorati, °C	Spirtningaylanish darajasi , %		Reaksiyaga kirishmagan spirt, %	Reaksiya unumdorligi, g/l.kat.soat
		Nitrilga %	Qushimcha mahsulot %		
1	250	78,5	1,5	20,0	509.5
2	275	84,4	4,0	11,6	547.8
3	300	88,6	6,5	4,9	660,2
4	325	90,0	6,0	4,0	670.7
5	350	86,1	13,9	-	558,8
6	375	84,2	15,8	-	546,5
7	400	80,1	19,9	-	596.9

Haroratning ko'tarilishi doimo katalizator aktivligining ortishiga olib keladi. Ammo nitrilning chiqish selektivligi maksimum orqali o'tadi (325°C da nitrilning chiqishi 90% ga yetadi). Haroratning ortishi bilan gaz moddalarning chiqishi ham ortadi. Bunda ishlatiladigan spirtlarning destruksiyasi sodir bo'ladi. Sianlash reaksiyasi bilan parallel ravishda dekarboksillash, degidrogenlash va degidratlash reaksiyalari sodir bo'ladi. Haroratning ortishi spirtlarni sianlash reaksiyasiga nisbatan qo'shimcha reaksiyalarning tezligi ortishiga sababchi bo'ladi. Bu esa nitrillar chiqishining kamayishiga olib keladi.

Yuqorida keltirilgan sharoitlarda tarkibida C<sub>2</sub>-C<sub>12</sub> uglerod atomlarini tutgan boshqa normal va izo-tuzilishli alifatik spirtlarning NTK-4 katalizatori ishtirokida mmiak bilan sianlash reaksiyalari o'tkazildi. Olingan natijalar 8-jadvalda keltirilgan.

**8-jadval**

**C<sub>2</sub>-C<sub>12</sub> uglerod atomlarini tutgan boshqa normal va izo-tuzilishli spirtlarning NTK-4 sanoat katalizatori ishtirokida sianlash reaksiyasining nitrilga aylanish jarayoni mahsulotlar va katalizator unumi**

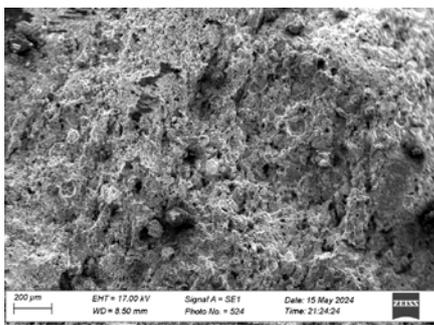
T/r	Boshlan-g'inch spirt	Spirtning umumiy aylanish darajasi %	Spitning aylanishi %		Katalizatorning unumdorligi g/ml. kat. soat.
			Nitrilga	Qo'shimcha mahsulotga	
1	Etanol	95,2	88,0	7,2	608,0
2	Prapanol	94,1	89,1	5,0	632,3
3	Butanol-1	92,3	88,3	4,0	636,0
4	Pentanol-1	93,0	89,0	4,0	650,6
5	Gegsanol-1	95,1	88,0	7,1	648,6
6	Geptanol-1	95,2	89,2	6,0	660,0
7	Oktanol-1	96,0	90,0	6,0	670,7
8	Nonanol-1	92,3	89,3	3,0	665,7
9	Dekanol-1	93,0	88,0	4,0	647,5
10	Undekanol-1	92,5	87,5	5,0	650,3
11	Dodekanol-1	93,1	88,0	5,1	641,6
12	2,2 dimetilbutanol-1	92,0	86,0	5,0	611,7
13	3-metilbutanol-1	92,0	84,0	8,0	553,9

Yuqorida keltirilgan jadval qiymatlari sianlash reaksiyasiga spirtlarning molekulyar massalarpi ta'sir etmaganligini ko'rsatadi. Barcha spirtlarning nitrilga aylanish darajasi 88-90 % atrofida ekanligini ko'rishimiz mumkin.

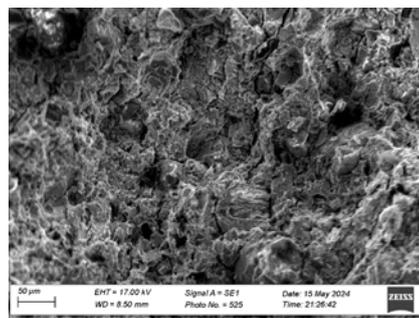
**Skanerli elektron mikroskopiya yordamida NTK-4 katalizatori namunasining sirt morfologiyasi va g'ovaklik darajasini aniqlash.**

Morfologiya. NTK-4 katalizatori turli shakldagi zarrachalardan, jumladan, sharsimon va tartibsiz shakldagi zarralardan iborat. Barcha tahlil qilingan tasvirlarda zarrachalar klasterlarga birikadigan joylar kuzatiladi, bu esa aglomeratsiya jarayonini ko'rsatadi. Zarrachalar shakli va hajmi bo'yicha bir xil emas, bu ko'plab katalizatorlar uchun hos bo'lib, materialning murakkab tuzilishini ko'rsatadi.

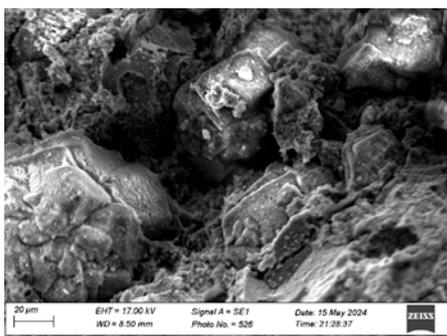
Tekstur xarakteristikalar. NTK-4 katalizator zarralarining yuzasi qo'pol bo'lib ko'rinadi, bu katalitik faollik uchun qulay bo'lishi mumkin, chunki qo'pol sirt faol sirtni oshirishga yordam beradi. Tasvirlarda g'ovak va yoriqlar mavjud bo'lib, ular katalitik faollikka ham ta'sir qilishi mumkin, reagentlarning kirib borishini yaxshilaydi. Katalizatorning yuqori g'ovakligi uning katalitik faolligi uchun qulaydir, chunki u reagentlarning yaxshi kirib borishiga va faol sirtning oshishiga yordam beradi.



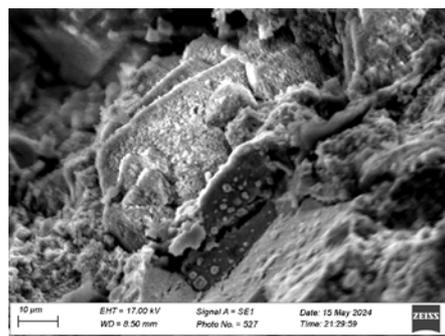
**2-rasm. Skanerli elektron mikroskop SEM EVO MA 10 analiztorida namunaning 200 um katalishtirilgan tasviri**



**3-rasm. Skanerli elektron mikroskop SEM EVO MA 10 analiztorida namunaning 50 um katalishtirilgan tasviri**



**4-rasm. Skanerli elektron mikroskop SEM EVO MA 10 analiztorida namunaning 20 um katalishtirilgan tasviri**



**5-rasm. Skanerli elektron mikroskop SEM EVO MA 10 analiztorida namunaning 10 um katalishtirilgan tasviri**

Shunday qilib, NTK-4 katalizatori yuqori darajada g'ovaklik va turli zarracha o'lchamlari bilan murakkab tuzilishga ega. Bu xususiyatlar uni katta faol sirt va reagentlarning yaxshi kirib borishi muhim bo'lgan turli katalitik jarayonlar uchun istiqbolli materialga aylantiradi.

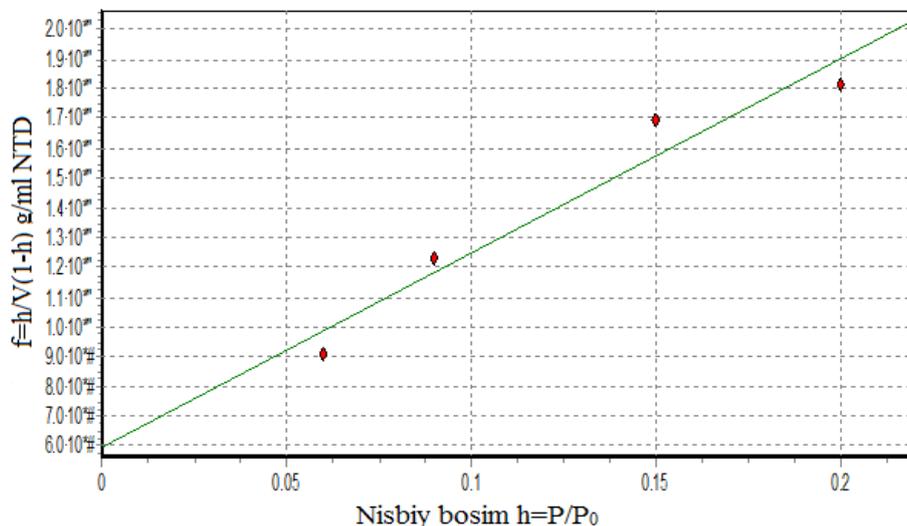
**NTK-4 sanoat katalizatori sirt yuzasi va g'ovaklik hajmini ko'p nuqtali BET usuli yordamida aniqlash.** NTK-4 sanoat katalizatori solishtirma sirt yuzasi va g'ovaklik hajmini kabi tekstur xarakteristikalari Sorbi-M qurilmasida ko'p nuqtali BET usuli yordamida azot bug'larining adsorbsiyasi o'rganildi (9-jadval).

**9-jadvalda**

**Sorbi-M analizatorining ko'p nuqtali BET usuli yordamida NTK-4 katalizatorning teksturaviy xarakteriskasi natijalari**

T/r	Teksturaviy xarakteriskalar	Qiymatlari
1	Massasi (gr)	0,2114
2	Namlik (%)	3,68
3	Quruq massa (gr)	0,2036
4	Nisbiy sirt yuzasi (m <sup>2</sup> /g)	61,13 ± 8,11
5	Monoqatlamning nisbiy hajmi (ml /g)	14,0352
6	BET konstantantasi, k	11,96
7	f=k·h+b tenglamisidagi k ning qiymati	6,529·10 <sup>-3</sup> ± 9,363·10 <sup>-3</sup>
8	f=k·h+b tenglamisidagi b ning qiymati	5,959·10 <sup>-3</sup> ± 1,275·10 <sup>-3</sup>
9	Korrelyasiya koeffisiyenti	0,97051

9-Jadvalda keltirilgan ma'lumotlar asosida shuni qayt etish mumkinki katalizator sirtida adsorbsiya jarayoni chiziqli sohada boradi. Sintez jarayoni uchun tanlangan katalizator solishtirma sirt yuzasi 61,13 m<sup>2</sup>/g ni tashkil etadi va NTK-4 katalizatorini spirtlar va ammiakdan nitrillar sintezida qo'llashga qo'yilgan talablarga javob beradi.

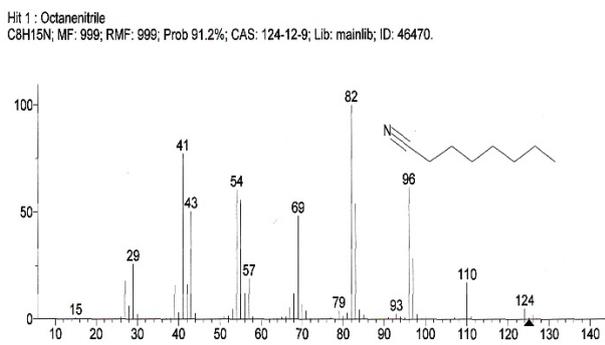


### 6-rasm Sorbi-M analizatorining ko'p nuqtali BET usuli yordamida sirt yuzasi va g'ovaklik hajmini o'lchash natijlari asosida izotema chizmasi.

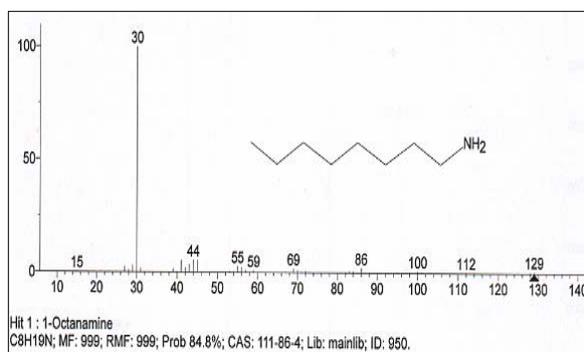
6-rasmda keltirilgan ma'lumotlarga asoslanib, katalizator yuzasida adsorbsiya jarayoni chiziqli ekanligi haqida xulosa qilishimiz mumkin.

### Spirtlarning ammiak bilan sianlash reaksiyasi suyuq mahsulotlarining analizi muhokamasi.

NTK-4 sanoat katalizatori ishtirokida C<sub>2</sub>-C<sub>12</sub> normal va izo-tuzilishli alifatik spirtlarning ammiak bilan sianlash reaksiyasi suyuq mahsulotlari gaz-suyuqlik xromatografiyasi va xromato-masspektrometriya usullarida analiz qilindi. 7-8 rasmlarda misol tariqasida oktil spirtning ammiak bilan ta'sirlashish suyuq mahsulotlarining ba'zi birlarining mass-spektrlari keltirilgan.



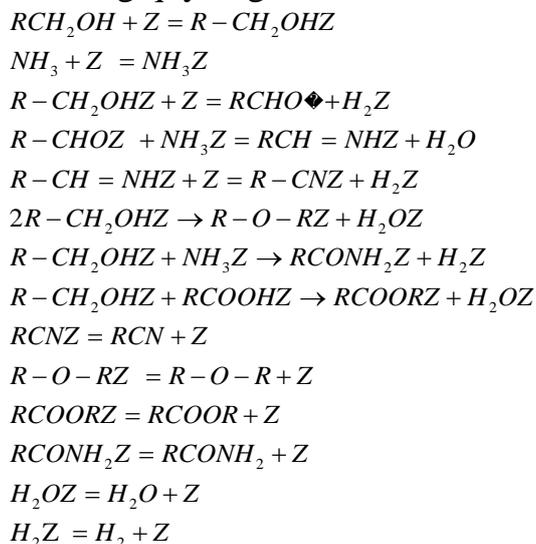
7-rasm. Oktanitril mass-spektri



8-rasm. Oktilamin mass-spektri

NTK-4 katalizatori ishtirokida spirtlarning ammiak bilan sianlash reaksiyalari suyuq mahsulotlari tarkibida reaksiyaga kirishmay qolgan boshlang'ich spirtidan tashqari nitril, birlamchi amin, kislota amidi, aldegid, oddiy va murakkab efir borligi aniqlandi.

Yuqorida keltirilgan gaz xromatografiyasi va xromato-masspektrometrik analiz usullari natijalariga asosan alifatik normal va izo-tuzilishli spirtlarning ammiak bilan sianlanish reaksiyasining NTK-4 sanoat katalizatorida ishtirokidagi umumiy jarayon mexanizmining quyidagi sxemasini taklif etdik:



Xulosa qilib shuni aytish mumkinki ilmiy adabiyotlarda mavjud bo'lgan reaksiya mexanizmidagi farqli o'laroq noqulay sharoitlarda NTK-4 katalizator yuzasida qo'shimcha ravishda oddiy va murakkab efirlar hamda kislota amidlari hosil bo'lishi xromato-masspektroskopiyaga tahlil usulida isbotlandi. Bu esa o'z navbatida bir xil reaksiyalar borishida katalizator tarkibining o'zgarishi yangi yo'nalishdagi parallel reaksiyalarning borishiga yo'l ochadi.

## XULOSALAR

1. C<sub>2</sub>-C<sub>12</sub> uglerod atomlari tutgan alifatik normal va izo-tuzilishli spirtlarni ammiak bilan sianlash reaksiyasi oktil spirti misolida turli usullarda sintez qilingan katalizatorlar, shu jumladan O'zbekistonda ishlab chiqarilayotgan sanoat katalizatorlari ishtirokida haroratning katta oralig'i va boshlang'ich moddalarning turli nisbatlarida borishi aniqlandi. Olingan natijalar asosida ushbu jarayon uchun eng samarali katalizatori sifatida NTK-4 tanlab olindi.

2. C<sub>2</sub>-C<sub>12</sub> uglerod atomlari tutgan alifatik normal va izo-tuzilishli spirtlarni ammiak bilan sianlash reaksiyasi uchun tanlab olingan katalizatorning kimoviy tarkibi va tekstur xarakteristikalari aniqlangandi. Olingan natijalarga ko'ra uning g'ovaklilik diametri D=19-39 nm, solishtirma sirt yuzasining o'lchami S<sub>BET</sub>= 60 m<sup>2</sup>/g, g'ovaklarning o'rtacha hajmi V<sub>s</sub>=7,04÷13,78 sm<sup>3</sup>/g ga tengligi qayd etildi.

3. NTK-4 katalizatori ishtirokida nitrillarni mos holdagi spirtlar va ammiakdan sianlash reaksiyasiga turli omillarning (harorat, boshlang'ich mahsulotlarning hajmiy nisbati) ta'siri baholandi.

4. C<sub>2</sub>-C<sub>12</sub> uglerod atomlari tutgan alifatik normal va izo-tuzilishli spirtlarning ammiak bilan sianlash reaksiyasining haroratning katta oralig'ida (300°K÷800°K) va boshlang'ich moddalarning turli nisbatlarida (1:1-1:6) borishini termodinamik jihatdan baholandi. Spirtlarning ammiak bilan sianlash reaksiyasi termodinamik jihatdan 600°K dan yuqori haroratlarda boshlanadi. Aminlar, aldegidlar, oddiy va

murakkab efirlar, kislota amidlari va uglevodorodlarning hosil bo'lishi turli qonuniyatlarga bo'ysunadi: harorat o'shishi bilan amin hosil bo'lish ehtimoli kamayadi, shu bilan birga, ko'rib chiqilgan harorat oralig'ida aldegid hosil bo'lish ehtimoli pastligicha qoladi.

5. Oktanol-1 spirtining ammiak bilan ta'sirlashish suyuq mahsulotlari gazoxromatografik va xromato-masspektroskopiya usullarida aniqlashning maqbul sharoitlari aniqlandi. Olingan natijalar asosida spirtlarning ammiak bilan NTK-4 katalizatori ishtirokidagi borayotgan reaksiya mexanizmi taklif etildi.

6. Nitrillarni katalitik sintez metodikasi, olingan natijalar asosida O'zbekiston Respublikasi "Elektrokimyozavod" AJ qo'shma korxonasida 2026-2028-yillardagi innovatsion rivojlanish dasturiga kiritildi hamda "O'zbiokombinat" O'zbekiston-Turkiya-Rossiya MChJ qo'shma korxonalarida amaliyotga joriy etildi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ PhD.03/30.12.2019.K.02.05 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ САМАРКАНДСКОМ  
ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ ИМЕНИ Ш. РАШИДОВА**  

---

**САМАРКАНДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ ШАРОФА РАШИДОВА**

**АНВАРОВ ТОХИРЖОН ЎТКИР ЎГЛИ**

**КАТАЛИТИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ АЛИФАТИЧЕСКИХ C<sub>2</sub>-C<sub>12</sub>  
НОРМАЛЬНЫХ И ИЗО-НИТРИЛОВ**

**02.00.04 – Физическая химия**

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD)  
ПО ХИМИЧЕСКИМ НАУКАМ**

**Самарканд – 2025**

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за номером B2021.4.PhD/K176.

Диссертация выполнена в Самаркандском государственном университете имени Ш.Рашидова.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекском, русском, английском (резюме)) размещен на веб-странице Ученого совета по адресу [www.samdu.uz](http://www.samdu.uz) и информационно-образовательном портале «ZiyoNet» ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)).

Научный руководитель:	<b>Муродов Кадир</b> кандидат химических наук
Официальные оппоненты:	<b>Мухамадьев Нурали Курбаналиевич</b> доктор химических наук, профессор <b>Тургунов Эрхан</b> доктор химических наук, профессор
Ведущая организация:	<b>Термизский государственный университет</b>

Защита диссертации состоится «11» февраля 2025 года в 11<sup>00</sup> часов на заседании Научного совета PhD.03/30.12.2019.K.02.05 при Самаркандском государственном университете имени Шарофа Рашидова. По адресу: 140104, г. Самарканд, Университетский бульвар, дом 15, Института Биохимии, Химический корпус, 220 кабинет. Тел.: (99866)239-11-40; Факс: (99866) 239-11-40. E-mail: [devonxona@samdu.uz](mailto:devonxona@samdu.uz).

Диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре Самаркандского государственного университета имени Шарофа Рашидова (зарегистрировано за № 4). Адрес: 140104, г. Самарканд, Университетский бульвар дом 15, ИРЦ. (Фундаментальная библиотека CaMGU) Тел.: (99866)239-11-51.

Автореферат диссертации разослан «5» февраля 2025 года.  
(реестр протокола рассылки № 1 от «5» февраля 2025 г.)



**А.М.Насимов**  
Председатель научного совета по  
присуждению учёных степеней,  
д.т.н., профессор

**Ж.Р.Узоков**  
Ученый секретарь научного  
совета по присуждению учёных  
степеней, PhD

**О.Н.Рузимурадов**  
Председатель научного семинара  
при Научном совете по  
присуждению учёных степеней  
д.х.н., профессор

## **ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))**

**Актуальность и необходимость темы диссертации.** В мире каталитический синтез алифатических нормальных и изо-нитрилов  $C_2-C_{12}$  является важным направлением в области органического синтеза и имеет большой потенциал для применения в различных областях химической и нефтехимической промышленности. Нитрилы, то есть соединения, содержащие группу нитрила, служат важными промежуточными продуктами в синтезе различных химических веществ, таких как амиды, амины, кислоты, а также ценных фармацевтических препаратов и сельскохозяйственных химикатов. Кроме того, алифатические нитрилы, в том числе нормальные и изонитрилы с углеродной цепью  $C_2-C_{12}$ , широко используются в производстве растворителей, пластмасс, синтетических волокон, а также в производстве биологически активных веществ. Поскольку традиционные методы синтеза часто требуют использования токсичных реагентов или сложных условий, вопрос целенаправленного и высокоэффективного синтеза нитрилов остается актуальным.

В мире ведущими научными центрами достигнуто немало положительных результатов по каталитическому синтезу алифатических и ароматических нитрилов и проводятся исследования по изучению кинетики реакций и созданию их новых технологий. В связи с этим разработаны методы каталитического синтеза нитрилов из различных классов органических соединений. Подобраны катализаторы для синтеза, оценена их активность и эффективность, изучены кинетика и механизмы реакций. Кроме того, особое внимание было уделено каталитическому синтезу нитрилов из циклических и гетероциклических соединений, получены научные и практические результаты, предложены технологические схемы процессов. Однако необходимость решения таких актуальных вопросов, как термодинамическая оценка реакций цианирования алифатических  $C_2-C_{12}$  спиртов с аммиаком в присутствии различных катализаторов, проведение практических исследований, определение влияния различных факторов на процесс, оценка влияния химического состава и текстурных характеристик катализаторов на ход реакции требуют времени.

В нашей республике достигнуты определенные результаты в исследованиях, направленных на разработку технологий каталитического синтеза нитрилов реакцией цианирования алифатических и ароматических спиртов нормального и изостроения, полученных из нефти и газа. В стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан<sup>3</sup> определены важные задачи по «производству готовой продукции с высокой добавленной стоимостью на основе глубокой переработки местного сырья, освоению принципиально новых видов продукции и технологий, на этой

---

<sup>3</sup> Указ Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 года № ПФ4947 «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан»

основе обеспечение конкурентоспособности национальных товаров на внутреннем и внешнем рынках». Также в этой связи, в соответствии с семью приоритетами Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы, поднятие уровня медицинского обслуживания населения на новый уровень, «Развитие химической и газохимической промышленности и повышение уровня переработки природного газа с 8% до 20%. определены такие задачи .<sup>4</sup> Поэтому актуальным является изучение кинетических закономерностей реакций и разработка технологии каталитического синтеза алифатических и ароматических нитрилов нормального и изостроения с использованием в качестве реагентов продуктов нефте- и газопереработки.

Указы Президента Республики Узбекистан №ПФ4947 от 7 февраля 2017 года «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», № ПК-3246 от 29 августа 2017 года «О мерах по совершенствованию экспортно-импортной деятельности» организаций химической промышленности», ПК-3479 от 17 января 2018 года «О мерах по обеспечению отраслей экономики страны продукцией и сырьем, пользующимися повышенным спросом» и ПК-4265 от 3 апреля 2019 года «Дальнейшее реформирование химической промышленности». «Результаты данного диссертационного исследования служат в определенной степени реализации задач, определенных в решениях от ноября 2021 года, и мерах по повышению его инвестиционной привлекательности.

Соответствие исследований приоритетам развития науки и техники республики. Данное диссертационное исследование выполнено в соответствии с VII приоритетным направлением развития науки и техники республики «Химия, химическая технология и нанотехнологии».

**Уровень изученности проблемы.** Научные исследования в области каталитического синтеза алифатических  $C_2-C_{12}$  нормальных и изонитрилов имеют давнюю историю, и различные методы их синтеза, в том числе каталитические подходы, подробно изучены. Сегодня эта тема является актуальной в химической и нефтехимической промышленности, при этом особое внимание уделяется оптимизации катализаторов и условий проведения реакций. При выполнении работ в этом направлении Браун А.В., Рид Й.Е., Чен Ф., Йе, Дорман Л.М., Хормани М.Р., Исида Т., Ли Ю., Ху-Занг внесли большой вклад в выполнение этой работы. Большой вклад в проведении подобных исследований имеют работы Попова М.А., Шуйкина Н.И., Башкирова А.Н., Крюкова Ю.Б., Клигера Г.А., Мехтиева С.Д., Корчаговой Е.С., Дзилюмы Д.Э. и других ученых СНГ.

В Узбекистане Н.С. Зокиров, Э.А. Абдурахмонов, К. Мурадов, Д.К. Мурадова изучали реакцию цианирования спиртов с аммиаком в присутствии различных катализаторов, а работы Н.К. Мухамадиева, К.Ф. Халилова, И.А. Эргашева направлены на изучение состава продуктов реакции хроматографическими методами.

---

<sup>4</sup>Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года № ПФ-60 «О Новой Стратегии развития Узбекистана на 2022-2026 годы» .

Тем не менее изучение термодинамики и кинетики взаимодействия алифатических спиртов, синтезированных на основе нефти и природного газа с участием различных катализаторов, полученных из местного сырья, является одной из актуальных задач.

**Связь диссертационного исследования с планами научных исследований вуза, в котором выполнена диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ Самаркандского государственного университета «Новые методы синтеза, испытаний и переработки природных и синтетических материалов».

**Цель исследования** - термодинамическое обоснование реакции каталитического цианирования спиртов  $C_2-C_{12}$  аммиаком, определение кинетических закономерностей в зависимости от текстурных характеристик катализатора.

**Задачи исследования:**

термодинамическая оценка реакции цианирования алифатических  $C_2-C_{12}$  спиртов нормального и изо- строения с аммиаком;

изучить реакцию цианирования  $C_2-C_{12}$  спиртов нормального и изо- строения с аммиаком в присутствии катализаторов, полученных на основе местного сырья;

изучить кинетические закономерности процесса в присутствии промышленных катализаторов, производимые в нашей республике.

подбор оптимальных условий анализа продуктов реакции методом газохромато-масс-спектрометрии и оценка возможностей использования синтезированных нитрилов.

**Как объект исследования были выбраны**  $C_2-C_{12}$  нормальные и изо- строения алифатические спирты, аммиак, оксиды, синтезированные в лабораторных условиях, содержащие  $CuO$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Cr_2O_3$ ,  $ZnO$  и промышленные катализаторы (НКТ-4, СНМ-1, ГИАП-1, .ГИАП-8, ТО-2) производимые в нашей республике.

**Предметом исследования** является изучение термодинамики каталитического синтеза  $C_2-C_{12}$  нитрилов нормального и изо- строения, кинетические закономерности в зависимости от состава и структурных особенностей выбранного катализатора.

**Методы исследования.** В диссертационной работе использованы сканирующая электронная микроскопия, энергодисперсионная рентгенофлуоресцентная спектрометрия, газожидкостная хроматография, ГХ-МС, порометрия, физико-химические и статистические методы исследования.

**Научная новизна исследования заключается в следующем:**

Оценена активность различных катализаторов в реакции цианирования алифатических спиртов  $C_2-C_{12}$  аммиаком и доказана высокая эффективность катализатора НТК-4;

Определен химический состав катализатора НТК-4 и его текстурные характеристики, в том числе средний диаметр пор  $19 \div 39$  нм, удельная поверхность ( $S_{\text{ВЕТ}}$ , м<sup>2</sup>/г) 61 м<sup>2</sup>/г, удельный объем пор ( $V_s$ ) равный  $7,04 \div 13,78$  см<sup>3</sup>/г;

Термодинамически оценено протекание реакций гидрогенизации, окисления исходных веществ в процессе синтеза нитрилов из C<sub>2</sub>-C<sub>12</sub> спиртов и аммака для различных условий синтеза (в интервале 300°K ÷ 800°K, соотношение исходных веществ 1:1-1:6)

определено влияние температуры и объемных соотношений исходных веществ на каталитическую активность катализаторов и ход реакции;

Методами газовой хроматографии и хромато-масс-спектрологии доказано образование в результате параллельных реакций, помимо нитрилов, являющихся основными продуктами, аминов, альдегидов, алканов, амидов, простых и сложных эфиров (GX-MS) метод.

**Практические результаты исследования заключаются в следующем:**

определены состав и текстурные характеристики катализаторов, используемых в реакции каталитического цианирования спиртов аммиаком;

оптимизирован синтез алифатических нитрилов из соответствующих спиртов и аммиака C<sub>2</sub>-C<sub>12</sub> и разработана методика синтеза;

разработан метод анализа жидких продуктов синтеза алифатических нитрилов методом хромато-масс-спектрологии (GX-MS);

для их практической реализации была использована методология целевого синтеза и полученные нитрилы.

**Достоверность результатов исследования.** Достоверность результатов определяется взаимодополняющими методами газовой хроматографии и хромато-масс-спектрологии при анализе жидких продуктов, а также такими текстурными характеристиками, как распределение пор выбранного катализатора по размерам методом сканирующей электронной микроскопии, химический состав. методом энергодисперсионной рентгенофлуоресцентной спектрометрии, сравнительная площадь поверхности и размер пор подтверждены методом многоточечного БЭТ.

**Научная и практическая значимость результатов исследования:**

Научная значимость результатов исследования заключается в том, что они имеют большое значение для изучения процессов каталитического синтеза и сорбции алифатических C<sub>2</sub>-C<sub>12</sub> нормальных и изонитрилов, для научных исследований в области химии и материаловедения, позволяют определить катализ и механизмы реакции. Понимание механизмов и реакций каталитического синтеза алифатических нитрилов поможет создать новые эффективные катализаторы. Эти процессы позволяют повысить эффективность каталитических подходов и разработать новые, экологически чистые методы синтеза.

Практическая значимость результатов исследований заключается в том, что процессы каталитического синтеза и сорбции алифатических нитрилов C<sub>2</sub>-C<sub>12</sub> используются во многих отраслях химической промышленности в качестве полупродуктов при производстве различных химических веществ, в том числе фармацевтических и агрохимических препаратов.

#### **Внедрение результатов исследований:**

Синтезированный ацетонитрил внедрен в практику на совместном предприятии «Узбиокомбинат» (справка №239 от 1 марта 2024 года на совместном предприятии ООО «Узбекистан-Турция-Россия»). В результате появилась возможность обеспечить высокоэффективную жидкостную хроматографию с ацетонитрилом в качестве элюента и растворителя вместо импортных.

Методика каталитического синтеза нитрилов включена в «Перечень перспективных разработок для внедрения в 2026-2028 годах» совместного предприятия АО «Электрохимёзвод» (справка СПАО «Электрохимёзвод» от 19 апреля 2024 года). В результате открывается возможность каталитического синтеза нитрилов.

**Апробация результатов исследования:** Результаты исследований были представлены и обсуждены на 10 научно-практических конференциях, в том числе 5 международных и 5 национальных.

**Публикация результатов исследования:** Всего по теме диссертации опубликовано 5 научных работ, из них 2 статьи опубликованы в научных изданиях, 2 статьи опубликованы в республике, 1 статья опубликована в зарубежных журналах и 1 статья опубликована в базе данных Scopus. .

**Структура и объем диссертации:** Состав диссертации состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 127 страницы.

### **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ.**

**Вводной** части обосновывается актуальность и необходимость проводимых исследований, описываются цели и задачи, объекты и предметы исследования, указывается совместимость с приоритетными направлениями развития науки и технологий республики, описаны научные новизны и практические результаты исследования, подчеркнута научная и практическая значимость полученных результатов, показаны результаты внедрения на практику, информация о структуре диссертации и опубликованных работ.

**В первой главе** диссертации под названием «Современное состояние синтеза нитрилов» изучено использование в качестве исходных веществ в каталитическом синтезе нитрилов первичных спиртов и альдегидов, являющихся многотоннажными продуктами нефтехимической промышленности, а также влияние гетерогенных катализаторов различного состава на выход продуктов и ход реакции.

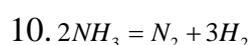
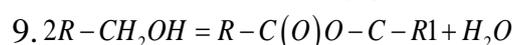
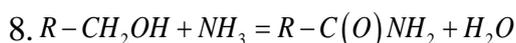
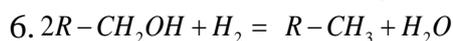
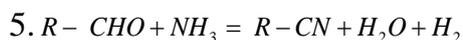
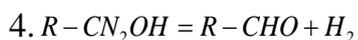
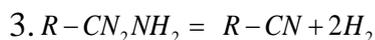
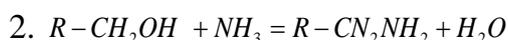
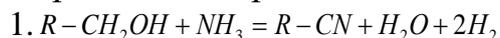
**Во второй главе диссертации**, посвященной «Источники и методы исследования», представлено оборудование проточный реактор и методы синтеза катализаторов. Представлены методы и методики анализа жидких продуктов, образующихся в ходе реакции, а также методы исследования химического состава выбранного катализатора, его удельной поверхности и объема пор, а также текстурных характеристик, таких как распределение пор по размерам.

**Третья глава диссертации** под названием «Термодинамика реакции цианирования спиртов аммиаком» включает термодинамику реакции синтеза нитрилов из спиртов, катализаторы, синтезированные в лабораторных условиях для каталитической реакции алифатических спиртов с аммиаком с использованием октилового спирта, а также различные промышленные катализаторы, производимые в Узбекистане. (Чирчик, АО «МАКСАМ-ЧИРЧИК»). Представлены результаты теста. Изучено влияние различных факторов (температура, объемные соотношения исходных веществ) на процесс реакции на выбранном промышленном катализаторе НТК-4. Изучен химический состав промышленного катализатора НТК-4, его относительная поверхностная площадь и пористость. Обсуждены результаты исследования текстурных характеристик, таких как распределение по размерам, результаты газохроматографического и хромато-масс-спектроскопического анализа жидких продуктов, а также представлена схема механизма процессов, происходящих на поверхности катализатора НТК-4.

В четвертой главе диссертации, названной «Обсуждение результатов каталитической цианирования алифатических спиртов», представлено обсуждение результатов, полученных при синтезе нитрилов путем каталитического цианирования алифатических спиртов.

**Изучение термодинамики реакции синтеза алифатических нитрилов из спирта и аммиака.**

В реакции цианирования алифатических спиртов с аммиаком возможны протекание следующих параллельных реакции:



Следует отметить, что для большинства перечисленных выше веществ значение константы равновесия в научной литературе отсутствует. Значение константы равновесия реакций можно рассчитать используя энергию Гиббса. Значения энергии Гиббса для таких систем рассчитывались методом,

предложенным Ван-Кревелином и Чермином. В качестве примера в таблице 1 сопоставлены расчетные и литературные значения энергии Гиббса октилового спирта.

**Таблица 1 .**

**Сравнение величины энергии Гиббса октилового спирта, рассчитанного по методу Ван-Кревелена и Чермина, с литературными данными.**

№	Т- ра , ° К	Значение энергии Гиббса (ккал/моль)		
		Рассчитанные	Литературные	Относительная ошибка, %
1	300	21,523	20,178	6,61
2	400	4,988	4,354	4,77
3	500	-4,932	-5,153	4,28
4	600	-11,546	-12,159	5,04
5	700	-16,588	-17,047	2,69
6	800	-20,369	-20,760	1,88
7	900	-23,311	-23,683	1,57
8	1000	-25,664	-26,037	1,43

Сравнение значений в таблице показывает, насколько они близки . Максимальное значение относительной погрешности составило 6,61%. В заключение можно сказать, что метод, разработанный Ван Кревеленом и Чермином, позволяет рассчитать энергию Гиббса для всех нитрилов, аминов, амидов, простых и сложных эфиров и альдегидов, которых нет в научной литературе.

Энергии Гиббса всех веществ рассчитывались указанным выше методом, а значения констант равновесия рассчитывались по уравнению  $-\ln K_p = \frac{\Delta G}{4,575 \cdot T}$  Полученные результаты представлены в таблице.

**Таблица 2**

**Значения  $\ln K_p$  параллельных реакций при разных температурах**

Реакция	300° К	400° К	500° К	600° К	700° К	800° К
$R-CH_2OH + NH_3 = R-CN + H_2O + 2H_2$	-15,39	-9,52	-5,97	1,73	3,48	67,60
$R-CH_2OH + NH_3 = R-CH_2NH_2 + H_2O$	36,46	66,46	93,28	116,52	143,41	169,40
$R-CH_2OH = R-CHO + H_2$	-7,53	-4,06	-1,97	-0,55	0,44	1,18
$R-CH_2OH + H_2 = R-CH_3 + H_2O$	-24,19	-17,38	-13,30	-10,57	-8,66	-7,23
$2 NH_3 = H_2 + 3H_2$	2,78	0,75	-0,52	-1,39	-2,04	-2,54

С использованием этих значений были проведены термодинамические расчеты реакции цианирования октилового спирта аммиаком при различных температурах (300°К÷800°К ) и при различных объемных соотношениях спирта и аммиака в исходной смеси (от 1:1 до 1:6)

В качестве примера в таблице 2 показаны значения, рассчитанные по следующему уравнению для соотношения исходных веществ 1:1 в реакции цианирования октилового спирта аммиаком.

$$k_p = \frac{x^4 \cdot p^2}{(1-x)^2 \cdot (1+x)^2} \quad (1)$$

Для соотношений исходных веществ 1:3 и 1:6 использовали следующие уравнения соответственно

$$k_p = \frac{x^4 \cdot p^2}{(1-x) \cdot (3-x) \cdot (2+x)^2} \quad (2)$$

$$k_p = \frac{x^4 \cdot 4 \cdot p^2}{(1-x) \cdot (6-x) \cdot (1+6+2x)^2} \quad (3)$$

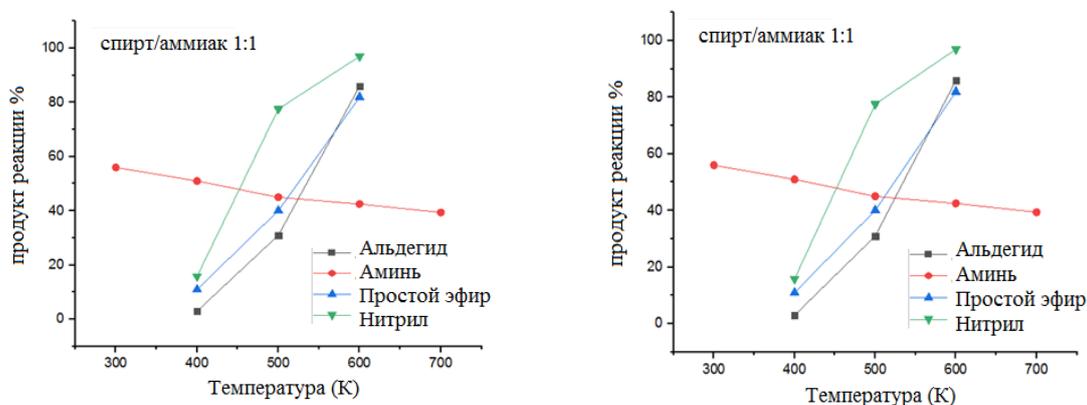
Расчеты показывают, что реакция цианирования октилового спирта с аммиаком термодинамически начинается при температуре выше 600°K. Это связано с положительным значением логарифма константы равновесия.

**Таблица 3**

**Термодинамический расчет реакции цианирования октилового спирта аммиаком (соотношение спирт:аммиак 1:1)**

X	RCHR <sub>2</sub> OH	NHR <sub>3</sub>	RCN	HR <sub>2</sub> O	HR <sub>2</sub>	
0,1	0,40909	0,40909	0,04545	0,04545	0,09091	1
0,2	0,33333	0,33333	0,08333	0,08333	0,16667	1
0,3	0,26923	0,26923	0,11538	0,11538	0,23077	1
0,4	0,21429	0,21429	0,14286	0,14286	0,28571	1
0,5	0,16667	0,16667	0,16667	0,16667	0,33333	1
0,6	0,12500	0,12500	0,18750	0,18750	0,37500	1
0,7	0,08824	0,08824	0,20588	0,20588	0,41176	1
0,8	0,05556	0,05556	0,22222	0,22222	0,44444	1
0,9	0,02632	0,02632	0,23684	0,23684	0,47368	1
0,95	0,01282	0,01282	0,24359	0,24359	0,48718	1
0,98	0,0505	0,0505	0,24747	0,24747	0,49495	1

Таким же образом были произведены расчеты для остальных продуктов (аминов, альдегидов, простых и сложных эфиров, амидов кислорода и углеводов). Согласно полученным результатам (рис. 1 и 2), их образование подчиняется разным законам: согласно термодинамическим расчетам, вероятность образования амина уменьшается с повышением температуры. В то же время вероятность образования альдегидов остается низкой в рассматриваемом диапазоне температур.



**Рисунок 1. Влияние каждого соотношения на параллельные реакции соотношение 1:1(a) и соотношении 1:3 (b)**

Таблица 4

Значения констант равновесия параллельных реакций в диапазоне температур 300° К ÷ 800° К .

№	Параллельные реакции	300°К	400°К	500°К	600°К	700°К	800°К
1	$R-CH_2OH + NH_3 = R-CN + H_2O + 2H_2$	$4,07 \cdot 10^{-16}$	$3,02 \cdot 10^{-10}$	$1,07 \cdot 10^{-06}$	53,70	3019,95	$3,98 \cdot 10^{67}$
2	$R-CH_2OH + NH_3 = R-CH_2NH_2 + H_2O$	$2,88 \cdot 10^{36}$	$2,88 \cdot 10^{66}$	$1,90 \cdot 10^{93}$	$3,31 \cdot 10^{16}$	$2,57 \cdot 10^{143}$	$2,51 \cdot 10^{169}$
3	$R-CH_2NH_2 = R-CN + 2H_2$	$1,41 \cdot 10^{-52}$	$1,04 \cdot 10^{-76}$	$5,62 \cdot 10^{-100}$	$1,62 \cdot 10^{-115}$	$1,17 \cdot 10^{-140}$	$2,51 \cdot 10^{-165}$
4	$R-CHO + NH_3 = R-CN + H_2O + 2H_2$	$9,77 \cdot 10^{43}$	$3,31 \cdot 10^{70}$	$1,78 \cdot 10^{95}$	$1,17 \cdot 10^{117}$	$9,33 \cdot 10^{142}$	$1,65 \cdot 10^{168}$
5	$R-CH_2OH = R-CHO + H_2$	$2,95 \cdot 10^{-08}$	$8,71 \cdot 10^{-05}$	$1,01 \cdot 10^8$	$2,81 \cdot 10^6$	$2,75 \cdot 10^7$	$15,13 \cdot 10^6$
6	$R-CH_2OH + H_2 = C_nH_{2n+2} + H_2O$	$6,45 \cdot 10^{-25}$	$4,16 \cdot 10^{-18}$	$5,01 \cdot 10^{-14}$	$2,69 \cdot 10^{-11}$	$2,18 \cdot 10^{-09}$	$5,88 \cdot 10^{-08}$
7	$R-CH_2OH = R-CH_2-O-CH_2-R + H_2O$	$5,37 \cdot 10^{-45}$	$3,09 \cdot 10^{-32}$	$1,44 \cdot 10^{-24}$	$1,77 \cdot 10^{-19}$	$8,70 \cdot 10^{-16}$	$4,78 \cdot 10^{-13}$
8	$R-CH_2OH + NH_3 = RC(O)NH_2 + H_2O$	$1,41 \cdot 10^{+28}$	$2,041 \cdot 10^{+23}$	$2,63 \cdot 10^{20}$	$1,12 \cdot 10^2$	$4,57 \cdot 10^1$	7,58
9	$2R-CH_2OH = RC(O)OCR + H_2O$	$2,63010^{45}$	$4,0710^{34}$	$1,2510^{+28}$	$5,4910^{23}$	$4,6710^{20}$	$2,2910^{18}$
10	$2NH_3 = N_2 + 3H_2$	602,55	5,62	$3,0110^1$	$4,0710^2$	$9,1210^3$	$2,8810^3$

**Выбор катализатора реакции каталитического цианирования алифатических спиртов аммиаком на примере октилового спирта.** Анализ научной литературы показывает, что катализаторы, содержащие оксид меди, в том числе катализаторы СНМ-1 и НТК-4, эффективны в реакции цианирования различных алифатических и ароматических нитрилов ( $C_2 - C_{12}$ ) аммиаком. В связи с этим методом осаждения были синтезированы различные катализаторы на основе различных оксидов меди и оценена их каталитическая активность. В ходе экспериментов дополнительно изучалась реакция цианирования с участием шести промышленных катализаторов производства завода « МАКСАМ-ЧИРЧИК ».

**Таблица 5**

**Реакция цианирования октилового спирта аммиаком.  
( $t= 325^\circ\text{C}$ ,  $V=725$  грамм/мл.кат.ч и спирт:аммиак 1:3)**

№	МАКСАМ ЧИРЧИК АИ Катализаторы	Скорость оборота октилового спирта, %		Общий %
		Нитрилу	К дополнительным продуктам	
1	НТК-4	88,6	6,5	95,1
2	СНМ-1	83,5	9,8	93,3
3	ГИАР-8	15,5	14,3	29,8
4	ТО-2	42,2	17,6	59,8
5	ГИАР-8	15,5	14,3	29,8
6	ОХК-02	13,8	10,7	24,5

Алифатические нитрилы образуются в присутствии всех катализаторов. Наименьший результат был достигнут при использовании катализатора ОХК-02 (13,8%). Наибольший результат был достигнут при использовании катализатора НТК-4, где степень превращения спирта в нитрил составила 88,6%. Оптимизация технико-экономических показателей процесса синтеза обычно зависит от различных факторов, например, температуры процесса, давления и объемного соотношения исходных материалов. Указанные факторы (температура, давление, соотношение объема и объема исходных веществ) являются основными факторами, влияющими на работу катализатора.

Объемное соотношение компонентов влияет на активность и селективность катализатора. Выход нитрила при стехиометрическом соотношении компонентов составляет 56,8%. Это объясняется разложением основной части аммиака на водород и азот. Это приводит к снижению парциального давления аммиака, что, в свою очередь, приводит к снижению выхода нитрила. Увеличение парциального давления аммиака приводит к увеличению выхода нитрила. После того, как объемное соотношение превышает 1:3, выходные характеристики нитрила существенно не меняются.

Таблица 6

**Зависимость выхода нитрилов в реакции цианирования октилового спирта аммиаком от соотношения исходных продуктов  
( $t=325^{\circ}\text{C}$ ,  $V=725$  грамм/мл.кат.ч.)**

№	октилового спирта и аммиака	Скорость оборота октилового спирта %		
		Нитрилу	К дополнительным продуктам	Общий
1	1:1	56,8	26,4	83,2
2	1:2	75,0	20,0	95,0
3	1:3	90,0	6,0	96,0
4	1:4	85,1	8,0	93,1
5	1:5	87,5	9,0	96,5
6	1:6	84,5	10,0	94,5

Для изучения влияния температуры реакцию цианирования октилового спирта аммиаком проводили в интервале температур  $250\div 400^{\circ}\text{C}$ , через каждые  $25^{\circ}\text{C}$ , при объемном соотношении спирт: аммиак 1:3 и объемной скорости потока. 725 г/мл.ч. Полученные результаты представлены в таблице 5.

Таблица 7

**Влияние температуры на реакцию цианирования октилового спирта аммиаком в присутствии катализатора НТК-4 (объемный расход  $725^{-1}$  ч, соотношение октилового спирта и аммиака 1:3)**

№	Температура синтеза, $^{\circ}\text{C}$	Скорость оборота алкоголя, %		Непрореагировавший пиретрум, %	Реакция производительность, г/л.кат. час
		% к нитрилу	побочный продукт %		
1	250	78,5	1,5	20,0	509,5
2	275	84,4	4,0	11,6	547,8
3	300	88,6	6,5	4,9	660,2
4	325	90,0	6,0	4,0	670,7
5	350	86,1	13,9	-	558,8
6	375	84,2	15,8	-	546,5
7	400	80,1	19,9	-	596,9

Из таблицы видно, что повышение температуры сильно влияет на активность и селективность катализатора НТК-4 в реакции цианирования октилового спирта аммиаком. В присутствии катализатора НТК-4 при температуре  $325^{\circ}\text{C}$  выход октанитрила из октилового спирта и аммиака составил 90%. Как известно, процесс окисления спиртов в альдегиды в промышленности легко осуществляется при наличии медьсодержащих

катализаторов. Этот процесс протекает в интервале температур 250–400°C. Предполагалось, что процесс образования нитрилов происходит через альдегид. Сначала спирт превращается в соответствующий альдегид, а затем образовавшийся альдегид вступает в реакцию с аммиаком и легко превращается в искомый нитрил.

Повышение температуры всегда приводит к увеличению активности катализатора. Но селективность выхода нитрила проходит через максимум (выход нитрила достигает 90% при 325°C). С повышением температуры увеличивается и выделение газов. Спирты, используемые в этом процессе, разрушаются. Параллельно с реакцией цианирования протекают реакции окисления, дегидрирования и дегидратации. Повышение температуры вызывает увеличение скорости дополнительных реакций по отношению к реакции цианирования спиртов. Это приводит к снижению выхода нитрилов.

В указанных условиях проведены реакции цианирования других нормальных и изоструктурных алифатических спиртов, содержащих атомы углерода C<sub>2</sub>-C<sub>12</sub> аммиаком в присутствии катализатора НТК-4. Полученные результаты представлены в таблице.

**Таблица 8**

**Превращения нормальных и изоструктурных спиртов в нитрил в присутствии промышленного катализатора НТК-4**

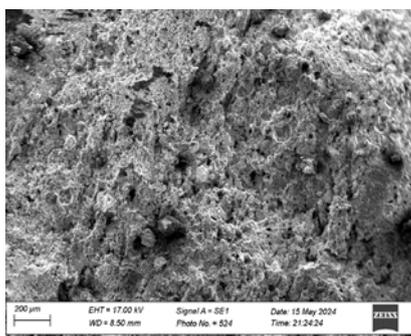
№	Исходный спирт	Общая степень превращения спирта %	Превращение спирта, %		Производительность катализатора г/мл. кат. Часы
			В нитрил	В побочное	
1	Спирт этиловый	95,2	88,0	7,2	608,0
2	Пропанол	94,1	89,1	5,0	632,3
3	Бутанол-1	92,3	88,3	4,0	636,0
4	Пентанол-1	93,0	89,0	4,0	650,6
5	Гексанол-1	95,1	88,0	7,1	648,6
6	Гептанол-1	95,2	89,2	6,0	660,0
7	Октанол-1	96,0	90,0	6,0	670,7
8	Нонанол-1	92,3	89,3	3,0	665,7
9	Деканол-1	93,0	88,0	4,0	647,5
10	Ундеканол-1	92,5	87,5	5,0	650,3
11	Додеканол-1	93,1	88,0	5,1	641,6
12	2,2 dimetilbutanol-1	92,0	86,0	5,0	611,7
13	3-metilbutanol-1	92,0	84,0	8,0	553,9

Значения в приведенной выше таблице показывают, что молекулярная масса спиртов не влияет на реакцию цианирования. Видим, что степень превращения всех спиртов в нитрилы составляет около 88-90%.

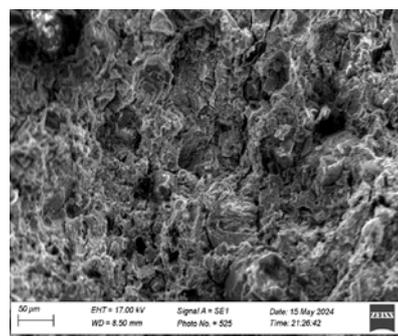
### **Определение морфологии поверхности и пористости образца катализатора НТК-4 методом сканирующей электронной микроскопии.**

**Морфология.** Катализатор НТК-4 состоит из частиц различной формы, в том числе сферической и неправильной формы. На всех проанализированных изображениях наблюдаются участки объединения частиц в кластеры, что указывает на процесс агломерации. Частицы неоднородны по форме и размерам, что характерно для многих катализаторов и указывает на сложную структуру материала.

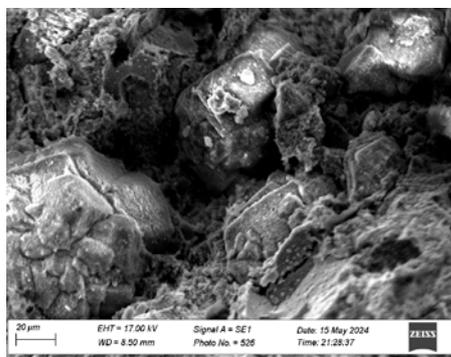
**Характеристики текстуры.** Поверхность частиц катализатора НТК-4 выглядит шероховатой, что может быть благоприятно для каталитической активности, поскольку шероховатая поверхность способствует увеличению площади активной поверхности. На изображениях присутствуют поры и трещины, что также может влиять на каталитическую активность, улучшая проникновение реагентов. Высокая пористость катализатора благоприятствует его каталитической активности, так как способствует лучшему проникновению реагентов и увеличению площади активной поверхности.



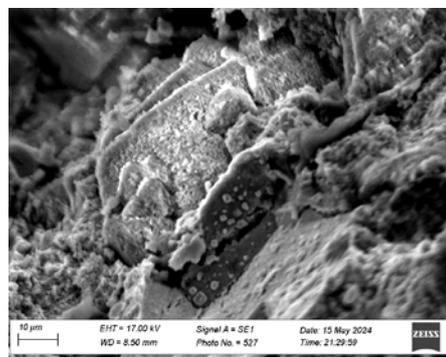
**Рис. 2. Сканирующий электронный микроскоп SEM EVO MA 10, 200 мкм, конденсированное состояние образца.**



**Рис.3. Сканирующий электронный микроскоп SEM EVO MA 10 50 мкм в конденсированном состоянии образца**



**Рис. 4. Сканирующий электронный микроскоп SEM EVO MA 10. Утолщенное состояние образца 20 мкм.**



**Рисунок 5. Конденсированное состояние образца толщиной 10 мкм в анализаторе сканирующего электронного микроскопа SEM EVO MA 10**

Таким образом, катализатор НТК-4 имеет сложную структуру с высокой пористостью и различным размером частиц. Эти свойства делают его перспективным материалом для различных каталитических процессов, где важны большая активная поверхность и хорошее проникновение реагентов.

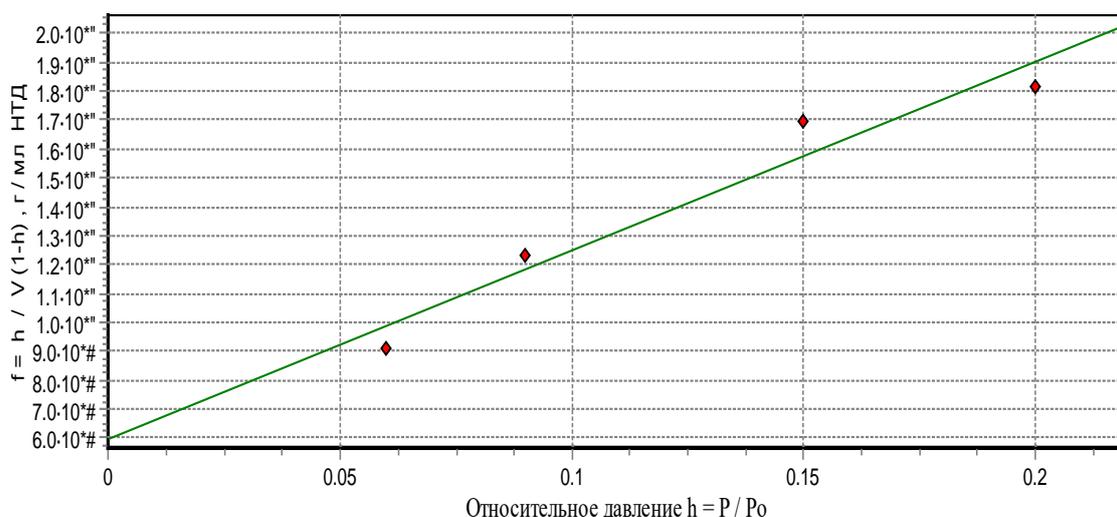
**Определение площади поверхности и пористости промышленного катализатора НТК-4 многоточечным методом БЭТ.** Текстульные характеристики промышленного катализатора НТК-4, такие как удельная поверхность и объем пор исследованы многоточечным методом БЭТ адсорбцией паров азота на установке «Сорби-М».

**Таблица 9.**

**Результаты текстурной характеристики катализатора НТК-4 многоточечным методом БЭТ анализатора Сорби-М.**

Т/г	Текстульные характеристики	Значения
1	Масса (гр)	0,2114
2	Влага (%)	3,68
3	Сухая масса (гр)	0,2036
4	номинальная площадь поверхности (м <sup>2</sup> /г)	61,13 ± 8,11
5	Относительный объем монослоя (мл/г)	14,0352
6	Константа ВЕТ, k	11,96
7	Значение k в уравнении f=k·h+b	6,529·10 <sup>-3</sup> ± 9,363·10 <sup>-3</sup>
8	Значение b в уравнении f=k·h+b	5,959·10 <sup>-3</sup> ± 1,275·10 <sup>-3</sup>
9	Коэффициент корреляции i	0,97051

Выбранный для процесса синтеза катализатор имеет удельную поверхность 61,13 м<sup>2</sup>/г и соответствует требованиям для использования катализатора НТК-4 в синтезе нитрилов из спиртов и аммиака. Изотерма поглощения азота была получена на основе данных, представленных в табл. 9.



**Рисунок 6. изотермы по результатам измерений площади поверхности и объема пор многоточечным методом БЭТ анализатора «Сорби-М» .**

На основании данных, представленных на рис 6. можно сделать вывод, что процесс адсорбции на поверхности катализатора носит линейный характер.

### Обсуждение анализа жидких продуктов реакции цианирования спиртов аммиаком.

Методами газожидкостной хроматографии и хромато-масс-спектрометрии проанализированы жидкие продукты реакции цианирования C<sub>2</sub>-C<sub>12</sub> нормальных и изоструктурных алифатических спиртов аммиаком в присутствии промышленного катализатора НТК-4. На рисунках 7-8 в качестве примера приведены масс-спектры некоторых жидких продуктов реакции октилового спирта с аммиаком.

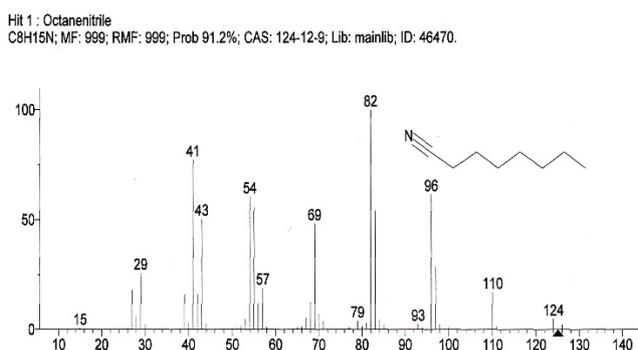


Рис 7. Масс-спектр октанитрила

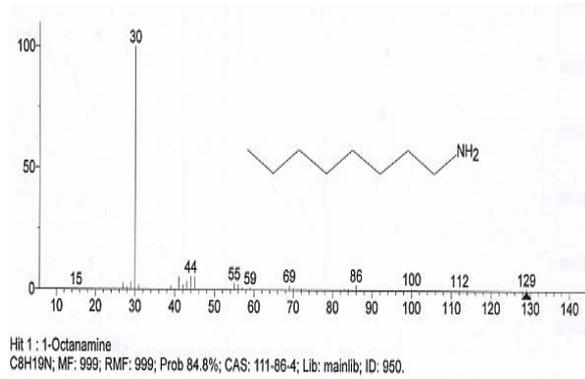
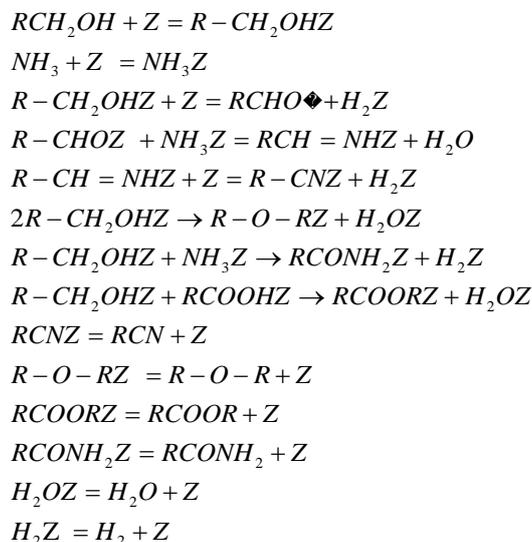


Рис 8. Масс-спектр октиламина

Установлено, что в присутствии катализатора НТК-4 жидкие продукты цианирования спиртов аммиаком содержат, помимо непрореагировавшего первичного спирта, нитрил, первичный амин, амид кислоты, альдегид, простой и сложный эфир.

На основе представленных выше результатов газовой хроматографии и хромато-масспектрометрического анализа предложена следующая схема общего механизма процесса реакции цианирования алифатических нормальных и изоструктурных спиртов аммиаком на промышленном катализаторе НТК-4:



В заключение можно сказать, что в отличие от механизма реакции, имеющегося в научной литературе, методами газовой хроматографии и

хромато-масспектрометрии доказано образование простых и сложных эфиров а также амидов кислот на поверхности катализатора НТК-4 в неоптимальных условиях синтеза. Это, в свою очередь показывает, что в ходе тех же реакций изменение состава катализатора и условий открывает путь параллельным реакциям нового направления.

## ВЫВОДЫ

1. Установлено, что реакция цианирования алифатических нормальных и изо- спиртов с атомами углерода  $C_2-C_{12}$ , на примере октилового спирта с аммиаком протекает в широком диапазоне температур и различных соотношениях исходных веществ в присутствии катализаторов, синтезированных разными способами. На основании полученных результатов в качестве наиболее эффективного катализатора данного процесса был выбран промышленный катализатор НТК-4.

2. Определены химический состав и текстурные характеристики катализатора, выбранного для реакции цианирования алифатических нормальных и изоструктурных спиртов с атомами углерода  $C_2-C_{12}$  аммиаком. По полученным результатам отмечены диаметр его пористости  $D=19-39$  нм, размер относительной площади поверхности  $S_{\text{ВЕТ}}=61,13$  м<sup>2</sup>/г и средний размер пор  $V_s=7,04\div 13,78$  см<sup>3</sup>/г.

3. Оценено влияние различных факторов (температуры, объемного соотношения исходных продуктов) на реакцию цианирования нитрилов соответствующими спиртами и аммиаком в присутствии катализатора НТК-4

4. Термодинамически оценен ход реакции цианирования алифатических нормальных и изоструктурированных спиртов с атомами углерода  $C_2-C_{12}$  аммиаком в широком диапазоне температур ( $300^\circ\text{K}\div 800^\circ\text{K}$ ) и при различных соотношениях исходных веществ (1:1-1:6). Реакция цианирования спиртов с аммиаком термодинамически начинается при температуре выше  $600^\circ\text{K}$ . Образование аминов, альдегидов, простых и сложных эфиров, амидов кислорода и углеводов подчиняется разным законам: с повышением температуры вероятность образования аминов уменьшается, тогда как вероятность образования альдегидов остается низкой в рассматриваемом температурном диапазоне.

5. Определены оптимальные условия определения жидких продуктов реакции спирта октанола-1 с аммиаком газохроматографическими и хромато-масс-спектроскопическими методами. На основании полученных результатов предложен механизм возрастающей реакции спиртов с аммиаком при участии катализатора НТК-4.

6. Метод каталитического синтеза нитрилов, основанный на полученных результатах, включен в программу инновационного развития на 2026-2028 годы в совместном предприятии Республики Узбекистан АО «Электрохимзавод» и внедрен на совместном предприятии ООО «Узбиокомбинат» Узбекистан- Турция-Россия .

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES  
PhD.03/30.12.2019.K.02.05 AT SAMARKAND STATE UNIVERSITY  
NAMED AFTER SHAROF RASHIDOV**

---

**SAMARKAND STATE UNIVERSITY NAMED AFTER SH. RASHIDOV**

**ANVAROV TOKHIRJON UTKIR UGLI**

**CATALYTIC SYNTHESIS OF ALIPHATIC C<sub>2</sub>-C<sub>12</sub> NORMAL AND  
ISONITRILES.**

**02.00.04 – Physical chemistry**

**DISSERTATION ABSTRACT  
OF DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD) IN CHEMICAL SCIENCES**

**Samarkand – 2025**

The theme of dissertation for doctor of philosophy (PhD) has been registered in the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2021.4.PhD/K176.

The dissertation research has been carried out at the Samarkand state university named after Sh.Rashidov.

The abstract of the dissertation in three languages (uzbek, russian, english (resume)) is available online at [www.samdu.uz](http://www.samdu.uz) Scientific Council and on website of «ZiyoNet» information-education portal ([www.ziyo.net](http://www.ziyo.net)).

**Scientific supervisor:** **Muradov Kadir**  
Candidate of chemical sciences

**Official opponents:** **Mukhamadiev Nurali Kurbanalievich**  
Doctor of Chemical sciences, professor

**Erkhan Turgunov**  
Doctor of chemical sciences

**Leading organization:** **Termez state university**

The defense of the dissertation will take place on «18» february 2025 at «11<sup>00</sup>» o'clock at the meeting of the Scientific Council awarding scientific degrees PhD.03.50.12.2019.K.02.05 at Samarkand state university (address: 140104, Samarkand city, university Blvd., 15, Institute of Biochemistry, Building of the Chemistry department, room 220.Ph: (99866) 239-11-40, fax; (99866) 239-11-40. e-mail: [devonxona@samdu.uz](mailto:devonxona@samdu.uz)).

The dissertation has been registered at the Information resource centre of Samarkand state university № 4. (Address; 140104, Samarkand city, university Blvd., 15, IRC, Ph.: (99866) 239-11-51.

The abstract of the dissertation has been distributed on «5» february 2025 y.  
Protocol at the register № 1 dated «5» february 2025 y.



*[Signature]*  
**A.M. Nasimov**  
Chairman of the Scientific Council  
awarding scientific degrees, doctor  
of technical sciences, professor

*[Signature]*  
**J.R. Uzokov**  
Scientific Secretary of the  
Scientific Council awarding  
scientific degrees, PhD

*[Signature]*  
**O.N. Ruzimuradov**  
Chairman of the Scientific  
Seminar under Scientific Council  
awarding scientific degrees, doctor  
of chemical sciences, professor

## INTRODUCTION (abstract of (PhD) dissertation)

**The aim of the research work** is to study the kinetic patterns of the reaction of catalytic cyanidation of C<sub>2</sub>-C<sub>12</sub> alcohols with ammonia depending on various factors, such as thermodynamic, catalyst composition and their textural characteristics.

**The objects of the research work:** C<sub>2</sub>-C<sub>12</sub> normal and isostructure aliphatic alcohols, ammonia, oxides synthesized in laboratory conditions, containing CuO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZnO and industrial catalysts (NKT-4, SNM-1, GIAP-1, .GIAP-8, TO-2) produced in our republic

**The scientific novelty of the research work is as follows:**

The activity of various catalysts in the cyanidation reaction of aliphatic alcohols C<sub>2</sub>-C<sub>12</sub> with ammonia was assessed and the high efficiency of the NTK-4 catalyst was proven;

The chemical composition of the NTK-4 catalyst and its textural characteristics were determined, including the average pore diameter of 19-39 nm, the specific surface area ( $S_{\text{BET}}$ , m<sup>2</sup>/g) of 61 m<sup>2</sup>/g, the specific pore volume ( $V_s$ ) equal to 7.04-13.78 cm<sup>3</sup>/g;

The course of the hydrogenation reactions, oxidation of the starting materials in the process of synthesis of nitriles from C<sub>2</sub>-C<sub>12</sub> alcohols and ammonia was thermodynamically estimated for various synthesis conditions (in the range of 300°K÷800°K, the ratio of the starting materials 1:1-1:6)

the effect of temperature and volume ratios of the starting materials on the catalytic activity of the catalysts and the course of the reaction was determined;

Gas chromatography and chromatograph mass spectroscopy methods have proven the formation of amines, aldehydes, alkanes, amides, ethers and esters as a result of parallel reactions, in addition to nitriles, which are the main products (GX-MS method).

**Implementation of the research results.** Synthesized acetonitrile was put into practice at the joint venture Uzbiokombinat (certificate №. 239 dated March 1,2024 at the joint venture Uzbekistan-Turkey-Russia LLC). As a result, it became possible to provide high-performance liquid chromatography with acetonitrile as an eluent and solvent instead of imported ones.

The method for synthesizing nitriles from alcohols and ammonia was implemented by Elektrokimyozavod JSC in Navoi. (April 19, 2024). As a result, it became possible to perform catalytic synthesis of nitriles.

**The structure and volume of the thesis.** The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references and appendices. The volume of the dissertation is 127 pages.

**E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**

**I bo'lim (I часть; part I)**

1. Anvarov T.O., Murodov K., Muradova D. The study of the efficiency of octanitrile synthesis // E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2024. – V. 474. – P. 01022 (Scopus) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202447401022>.
2. Анваров Т. У., Мурадов К., Дилафруз М. Применение промышленного катализатора НТК-4 для синтеза бутиронитрила //Universum: химия и биология. – 2020. – №. 7 (73). – С. 87-89. (02.00.00, №2)
3. Анваров Т.У., Мурадов К.М., Мурадова Д.М., Рашидова Г. Синтез и анализ жидкого продукта алифатических нитрилов // Universum: химия и биология. – 2023. – №. 3-2 (105). – С. 20-25. (02.00.00, №2)
4. Anvarov T.,Murodov K.,Muradova D. Oktanitril sitezi va GX-MS analiz //O'zbekiston milliy universiteti xabarlari. – 2023. - 3/1/1.– В.399-402 (02.00.00, №12)
5. Анваров, Т.У, Муродов К.М., Муродова Д.К.Синтез бутиронитрила в присутствии промышленного катализатора НТК-4 // СамДУ Илмий ахборотнома. – 2019. - N 5. – В.55-58 (02.00.00, №9)

**II bo'lim (II часть, part II)**

6. Анваров Т.У Муродова Д.К., Мамадиёров Д.К., Муродов К.М. Изо-бутиронитрилнинг каталитик синтези // Journal of Natural Science. – 2022. - №1(6). – С.115-118.
7. Анваров Т.Ў., Муродов К.М., Муродова Д.К., Қиличов И. Гептанол спиртнинг аммиак билан цианлаш реакциясини ўрганиш //Innovative approaches to the development of colucstion-production cluster in the ailand gas field. Proceedings of the internstional conference 2022 y, 30 april,Tashkent Uzbekiston. – Б.135-136.
8. Анваров Т.У., Мурадов К.М., Мурадова Д.К., Сайдахмадов С. Синтез бутиронитрила из бутилового спирта и аммиака // Кимёнинг долзарб муаммолари мавзусидаги республика илмий-амалий анжумани (2021 йил 4-5 февраль).– Тошкент, 2021. – С.281
9. Анваров Т.У., Муродова Д.К., Муродов К.М., Мамадиеров Д.М., Рашидова Г., Худайкулов Ж.И. Спиртларнинг аммиак билан таъсирлашиш реакциясининг термодинамик асослари // Республиканской научно-практической конференции “Инновационные технолоии переработки минерального и техногенного сырья химической,металлургической, нефтехимической отраслей и производства стротельных материалов” (12-14 мая 2022 года). - Ташкент, 2022. – Б.426-427.
10. Анваров Т.У., Мурадов К.М., Мурадова Д.К., Сайдахмадов С. Газохрома-тографический анализ жидких продуктов синтеза бутиронитрила // “Қорақалпоғистон Республикасида ишлаб чиқариш саноат соҳалари

ривожининг долзарб муаммолари» мавзусидаги Республика илмий-амалий анжуман материаллари тўплами (2021 йил 26 апрель). Нукус, 2021. – Б.99.

11. Anvarov T.U., Murodov K., Murodova D.K., Xudaykulov J., Rashidova G., Xamidova T. Spirtlarning katalitik sianlash reaksiyasini o'rganish // “Kimyo faning istiqbollari kecha, bugun, ertaga muomolari” mavzusidagi Respublika ilmiy-amaliy anjuman materiallari to'plami (2022 yil 22 noyabr). - Jizzax, 2022. – B.67-68.

12. Анваров Т.У., Мурадов К.М., Мурадова Д.К., Мамадияров Д.К. Каталитический синтез изо-бутиронитрила // “Қорақалпоғистон республикасида кимё ва кимёвий технология соҳалари ривожининг долзарб масалалари” мавзусидаги илмий-амалий конференция материаллари тўплами (2021 йил 24 март). – Нукус, 2021. – В.139-140.

13. Анваров Т.У., Мурадов К.М., Мурадова Д.К., Сайдахмадов С. Газохрома-тографическое изучение синтеза бутиронитрила из бутилового спирта и аммиака // “Рақамли технологиялар, инновацион ғоялар ва уларни ишлаб чиқариш соҳасида қўллаш истикболлари” мавзусида Халқаро илмий-амалий конференция (2021 йил 12 июнь). – Андижон, 2021. – Б.108-111

14. Anvarov T.U., Murodov Q.M., Mamadiyev D.M., Xudayqulov J.I., Rashidova G. Nitrillarning katalitik sintezi va ularning kompleks birikmalar sintezida qo'llanilishi // “Kompleks birikmalar kimyosi va analitik kimyo fanlarining dolzarb muomolari” respublika ilmiy-amaliy konferensiyasi (2022-y. 19-21 may) materiallari to'plami, 1-qism. – Termiz, 2022. – B.88-89.

15. Anvarov T.U., Murodov Q.M., Murodova D.Q., Mansurova M. Xromat-masspektroskopik usulda spirtlarning ammiak bilan katalitik ta'sirlashish reaksiyasini o'rganish // “Fizikaviy va kolloid kimyo fanlarining fundamental va amaliy muammolari hamda ularning innovatsion yechimlari” mavzusida xalqaro ilmiy-amaliy anjuman materiallari to'plami (2024-yil 9-10 fevral. – Namangan, 2024. – B.910-912.

Avtoreferat Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universitetining  
“Ilmiy axborotnoma” jurnali tahririyatida tahrirdan o‘tkazilidi (28.01.2025-yil).

Bosmaxona tasdiqnomasi:



4268

2025-yil 29-yanvarda bosishga ruxsat etildi:  
Ofset bosma qog‘ozi. Qog‘oz bichimi 60x84<sub>1/16</sub>.  
“Times new roman” garniturasini. Ofset bosma usuli.  
Hisob-nashriyot t.: 2,7. Shartli b.t. 2,0.  
Adadi 60 nusxa. Buyurtma №29/01.

---

Sam DCHTI tahrir-nashriyot bo‘limida chop etildi.  
Manzil: 140104, Samarqand sh., Bo‘stonsaroy ko‘chasi, 93.