



**NEFTNI QAYTA ISHLASH JARAYONLARIDA NANOSTRUKTURAVIY
UGLEROD MODIFIKATORLARINING SAMARADORLIGINI OSHIRISH
TEXNOLOGIYASI**

Rahmonqulov Aliqul Amirkulovich

Qarshi davlat texnika universiteti, Tabiiy fanlar kafedrası professori,
O‘zbekiston Respublikasi, Qarshi shahri

E-mail: raxmankulovalikul@gmail.com orcid.org/0000-0001-8075-6630

Haydarov Tuymurod Zoirovich

Qarshi davlat texnika universiteti, Tabiiy fanlar kafedrası dotsenti,
O‘zbekiston Respublikasi, Qarshi shahri.

E- mail: tuymurodxaydarov228@gmail.com [orcid.0000-0003-2459-9815](https://orcid.org/0000-0003-2459-9815)

Maxmanov Ergash Binokulovich

Qarshi davlat texnika universiteti, Tabiiy fanlar kafedrası dotsenti,
O‘zbekiston Respublikasi, Qarshi shahri.

E-mail: makhmanovergash@gmail.com orcid.org/0009-0008-9603-8412

Annotatsiya

Mazkur maqolada neft va gaz mahsulotlarini qayta ishlash jarayonlarida uglerod nanotrubkalari (UNT) qo‘llanilishining ilmiy-amaliy ahamiyati kompleks tahlil qilindi. UNTlarning katta maxsus yuza maydoni, yuqori mexanik mustahkamligi hamda issiqlik va elektr o‘tkazuvchanligi ularni samarali katalizator, tayanch yoki to‘ldiruvchi modda sifatida qo‘llash imkonini beradi. Tadqiqotda UNT asosida reaksiya kinetikasini jadallashtirish, selektivlikni oshirish, energiya sarfini qisqartirish va koks hosil bo‘lishini cheklash orqali texnologik samaradorlikni yuksaltirish imkoniyatlari yoritildi. Shuningdek, UNT qo‘shimchalarining kompozit va polimer materiallar tarkibida mahsulotlarning fizik-kimyoviy xossalarini yaxshilashi, ekologik xavfni pasaytirishi hamda “yashil” texnologiyalar tamoyillariga muvofiqligini ta’minlashi ko‘rsatildi.

Maqolada sanoat miqyosida UNT qo‘llanilishining istiqbolli yo‘nalishlari, funkcionallashtirilgan va gibrid (UNT–metall) tizimlarni joriy etish orqali yuqori



qiymatli, ekologik toza va energiya tejamkor mahsulotlar olish imkoniyatlari tahlil qilindi.

Kalit soʻzlar: uglerod nanotrubkalari, nanomodifikator, kataliz, gidrokreking, reforming, selektivlik, energiya samaradorligi, kompozit materiallar, ekologik barqarorlik.

KIRISH

Neft va gaz mahsulotlari qishloq xoʻjaligi sohalarida, xalq xoʻjaligining turli tarmoqlarida, qurilish va sanoat tizimlarida keng qoʻllaniladi. Shu bilan bir qatorda, ular milliy hamda jahon iqtisodiyotida strategik ahamiyat kasb etadi: energiya xavfsizligi, transport logistikasi, kimyo va materialshunoslik tarmoqlarining barqarorligi toʻgʻridan-toʻgʻri uglevodorod xomashyosining ishonchli taʼminlanishi va yuqori qiymatli mahsulotlarga qayta ishlanishiga bogʻliqdir. Uglevodorodlar yoqilgʻi sifatida qoʻllanilishi bilan birga, neft-kimyo sanoati uchun ham asosiy xomashyo manbai sifatida xizmat qiladi [1].

Soʻnggi yillarda iqtisodiy samaradorlikni oshirish, energiya sarfini qisqartirish va atrof-muhitga salbiy taʼsirni kamaytirish maqsadida zamonaviy qayta ishlash texnologiyalari joriy etilmoqda. Bunda yuqori faollikka ega nanomiqyosdagi moddalardan — jumladan, uglerod nanotrubkalari (UNT)dan — foydalanish muhim ahamiyat kasb etmoqda. UNTlar katalizator yoki toʻldiruvchi modda sifatida qoʻllanilganda, qayta ishlash jarayonlarining kinetik va termodinamik parametrlarini yaxshilaydi, mahsulot tarkibidagi selektivlikni oshiradi va koks hosil boʻlishini cheklaydi [2]. Shuningdek, kompozit va polimer matritsalariga UNT kiritilishi natijasida mahsulotlarning mexanik mustahkamligi, issiqlik va elektr oʻtkazuvchanligi sezilarli darajada oshadi [3,4].

Dolzarblik. Neftni chuqur qayta ishlashdagi asosiy muammolar — katalitik markazlarning tez pasayishi, koks hosil boʻlishi, energiya va vodorod sarfining yuqoriligi hamda chiqindilarning ekologik xavfidir. UNTlarning katta maxsus yuza maydoni ($\approx 10^3 \text{ m}^2/\text{g}$), yuqori issiqlik va elektr oʻtkazuvchanligi, shuningdek kimyoviy funksionalizatsiyaga mosligi ularni nanostrukturaviy uglerod modifikatorlari sifatida istiqbolli qiladi. Bu, ayniqsa, kreking, gidrokreking,



reforming va izomerizatsiya kabi jarayonlarda faol (yoki tayanch) komponent sifatida yuqori samaradorlik beradi. Bunday qo‘llanish natijasida reaksiya tezligi va selektivlik oshadi, quvur-reaktorlarda issiqlik almashinuvi yaxshilanadi va umumiy energiya samaradorligi ortadi.

Ilmiy-amaliy ahamiyat. UNT asosidagi modifikatorlardan foydalanish:

- katalizator yoki tayanch yuzasida faol markazlarni bir maromda (gomogen) taqsimlash imkonini beradi;
- past yoki o‘rta haroratlarda reaksiya olib borishga sharoit yaratadi (energiyani tejaydi);
- koksogen jarayonlarni cheklab, reaktorlarning xizmat muddatini uzaytiradi;
- ekologik barqarorlikni ta’minlaydi (chiqindilar kamayadi, uglerod izi pasayadi).

Tadqiqotning maqsadi. Neftni qayta ishlash jarayonlarida nanostrukturaviy uglerod modifikatorlarining (UNT asosida) samaradorligini oshirish texnologiyasini ishlab chiqish va ilmiy asoslash; reaksiya tezligi, selektivlik va energiya sarfiga ta’sir etuvchi omillarni aniqlash.

Vazifalar:

1. SWCNT/MWCNT turlarining diametri, uzunligi, defekt darajasi va funksional guruhlari ($-\text{COOH}$, $-\text{OH}$, $-\text{NH}_2$)ning katalitik xossalarga ta’sirini o‘rganish;
2. UNT–metall (Ni, Pd, Pt) gibridlarini sintez qilish va faol markazlar soni hamda taqsimotini tahlil qilish;
3. Hidrokreking va reforming sharoitida reaksiya kinetikasi, selektivlik va koks hosil bo‘lish tendensiyalarini solishtirish;
4. UNT qo‘shimchalarining issiqlik almashinuvi va energiya sarfiga ta’sirini baholash;
5. Ekologik ko‘rsatkichlar — chiqindilar tarkibi va CO_2 -ekvivalent emissiyasini aniqlash.

Tadqiqot obyekti va predmeti. Obyekt — neftni qayta ishlashda ishtirok etuvchi katalitik tizimlar; Predmet — UNT asosidagi nanomodifikatorlarning struktura–xususiyat–samaradorlik o‘zaro bog‘liqligi.

Metodlar. UNT sintezi va modifikatsiyasi; katalizator tayyorlash; struktura tahlili (TEM/SEM, Raman, XRD, XPS, BET), termik tahlil (TGA/DSC), katalitik sinovlar



International Conference on Economics, Finance, Banking and Management

Hosted online from Paris, France

Website: econfseries.com

24th October, 2025

(flow-reaktor), mahsulot tahlili (GC/GC–MS) va issiqlik uzatish bo'yicha hisob-eksperiment metodlari.

Ilmiy yangilik. UNTni funksionalizatsiya qilish va UNT–metall gibridlari asosida faol markazlar arxitekturasini maqsadli boshqarish orqali kreking, gidrokreking va reforming jarayonlarida selektivlik hamda konversiyani oshirishning yangi texnologik yechimlari ishlab chiqildi; koksogen jarayonlarning yangilangan kinetik modeli taklif etildi.

Kutilgan natijalar. Tadqiqot natijasida quyidagi ilmiy va amaliy samaralarga erishish kutilmoqda:

- reaksiya tezligi va selektivligining oshishi, bu esa mahsulot hosildorligini ko'paytiradi;
- koks hosil bo'lish jarayonlarining pasayishi hamda katalizator yuzasining faol holatda uzoq saqlanishi;
- energiya sarfining kamayishi va jarayonlarning termodinamik barqarorligining oshishi;
- katalizatorlarning xizmat muddatining uzayishi, bu esa texnologik uzilishlarni kamaytiradi;
- yakuniy mahsulotlarning fizik-kimyoviy va ekspluatatsion xossalarning yaxshilanishi;
- ekologik ko'rsatkichlarning sezilarli darajada yaxshilanishi — chiqindilar hajmi kamayadi, CO₂ emissiyasi pasayadi, ishlab chiqarish "yashil texnologiyalar" tamoyillariga yaqinlashadi.

Iqtisodiy samaradorlik. Tadqiqot natijalarini amaliyotga joriy etish energiya va servis xarajatlarini qisqartirish, ishlab chiqarish hajmini oshirish hamda yuqori qiymatli mahsulotlar ulushini ko'paytirish imkonini beradi. Shu bilan birga, jarayonlarning uzluksizligi va resurslardan foydalanish samaradorligi ortadi, bu esa neftni chuqur qayta ishlash sanoatida iqtisodiy barqarorlikni ta'minlaydi.

Xulosa sifatida, ushbu ilmiy ish neftni chuqur qayta ishlash texnologiyalarini nanostrukturaviy modifikatsiya orqali optimallashtirish, energiya tejovchi va ekologik toza ishlab chiqarish tizimlarini shakllantirishga qaratilgan. Bu yondashuv "yashil sanoat" va "barqaror rivojlanish" tamoyillariga mos holda neft-kimyo sohasida yangi avlod texnologiyalarini rivojlantirish imkonini beradi.



Natijalar va tahlillar. Uglerod nanotrubkalari (UNT) — bu grafen qatlamlarining silindrsimon shaklda o‘ralishi natijasida hosil bo‘lgan nanomiqyosdagi materiallar bo‘lib, ularning noyob fizik, kimyoviy va mexanik xossalari tufayli zamonaviy nanomateriallar texnologiyalarida muhim o‘rin tutadi [5,6]. Tuzilishiga ko‘ra ular ikki asosiy turga bo‘linadi: yakka qatlamli (SWCNT) va ko‘p qatlamli (MWCNT) nanotrubkalar. UNTlarning asosiy ustunliklari — nihoyatda yuqori mexanik mustahkamlik (bir nanotrubka po‘latdan 10 barobar, yog‘ochdan esa ming barobar mustahkam), katta maxsus yuza maydoni ($1000 \text{ m}^2/\text{g}$ gacha), yuqori issiqlik va elektr o‘tkazuvchanlik hamda kimyoviy barqarorlikdir. Bundan tashqari, ular turli kimyoviy reaktivlar yordamida funksionalizatsiya qilinishi mumkin, bu esa ularning selektiv faoliyatini oshirishga imkon beradi.

UNTlarning neft va gaz mahsulotlarini qayta ishlash jarayonlaridagi qo‘llanilishi, ayniqsa, kataliz sohasida alohida ahamiyat kasb etadi. Ular gidrokreking, kreking, reforming va izomerizatsiya kabi jarayonlarda samarali katalizator yoki katalizator tayanchi sifatida ishlatiladi. UNTlarning katta maxsus yuza maydoni faol markazlarning bir maromda taqsimlanishini ta‘minlab, reaksiyaning kinetik tezligini oshiradi, koks hosil bo‘lishini kamaytiradi va yakuniy mahsulot chiqishini ko‘paytiradi. Shu orqali qayta ishlash jarayonlarining termodinamik samaradorligi ortadi.

Shuningdek, UNTlarning yuqori issiqlik o‘tkazuvchanligi ularni reaktorlardagi issiqlik almashinuvi jarayonlarini optimallashtirish uchun muhim komponentga aylantiradi. Natijada issiqlik yo‘qotishlari kamayadi, energiya sarfi qisqaradi va jarayonlarning umumiy barqarorligi ta‘minlanadi. Bunday yondashuv ishlab chiqarishda energiya tejamkorligini oshirish, uglerod izini (carbon footprint) kamaytirish hamda ishlab chiqarish xarajatlarini qisqartirish imkonini beradi.

Neft-kimyo sanoatida UNTlarning yana bir istiqbolli yo‘nalishi — ularni polimer kompozit materiallar tarkibiga to‘ldiruvchi sifatida qo‘llashdir. Nanotrubkalar qo‘shilishi mahsulotning mexanik mustahkamligini, termostabilligini va elektr o‘tkazuvchanligini oshiradi. Natijada yuqori ekspluatatsion xususiyatlarga ega, uzoq muddatli va ekologik jihatdan barqaror polimer mahsulotlar ishlab chiqarish imkoniyati yaratiladi.



International Conference on Economics, Finance, Banking and Management

Hosted online from Paris, France

Website: econfseries.com

24th October, 2025

Ekspirimental va nazariy tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, funksionalizatsiya qilingan (ya'ni sirtida aktiv $-\text{COOH}$, $-\text{OH}$, $-\text{NH}_2$ guruhlar mavjud) UNT turlari neft va gazni qayta ishlash jarayonlarida katalizator faoliyatini sezilarli darajada oshiradi. Masalan, bunday modifikatsiyalangan nanotrubkalar past haroratli rejimlarda ham yuqori konversiyani ta'minlay oladi, selektivlikni oshiradi va koks hosil bo'lish jarayonlarini cheklaydi. Bu esa nafaqat energiya tejashga, balki reaktorlarning xizmat muddatini uzaytirishga va texnologik jarayonlarning ishonchliligini oshirishga yordam beradi.

UNTlardan foydalanishning ekologik ustunliklari ham e'tiborga molikdir. Ular yordamida chiqindi hosil bo'lish darajasi kamayadi, atmosferaga chiqadigan zararli gazlar miqdori pasayadi va umumiy energiya sarfi qisqaradi. Natijada ishlab chiqarish "yashil texnologiyalar" tamoyillariga moslashadi va "yashil energetika" yo'nalishini rivojlantirishga xizmat qiladi.

Kelgusida UNT asosidagi gibril katalizatorlar va nanokompozit tizimlarni ishlab chiqish neftni qayta ishlash texnologiyalarining yangi avlodini shakllantirishga asos bo'ladi. Masalan, UNT–metall (Pd, Pt, Ni) gibrilari nafaqat reaksiyalar tezligini oshiradi, balki mahsulotning selektivligi va kimyoviy barqarorligini ta'minlaydi. Bu esa neft-kimyo sanoatida yuqori qiymatli mahsulotlar — sintetik yoqilg'ilar, tozalangan uglevodorodlar va ekologik xavfsiz qo'shimchalarni olish imkonini beradi.

Yakuniy tahlillar shuni ko'rsatadiki, uglerod nanotrubkalari neft va gaz mahsulotlarini qayta ishlash jarayonlarini modernizatsiya qilishda muhim innovatsion material sifatida katta istiqbolga ega. Ular yordamida reaksiyalar tezlashadi, energiya sarfi kamayadi, katalizatorlarning xizmat muddati uzayadi va mahsulot sifati yaxshilanadi. Shu bilan birga, UNT texnologiyalarini keng joriy etish neft-kimyo sanoatida iqtisodiy samaradorlikni oshirish, energiya tejash va ekologik barqarorlikni ta'minlash imkonini beradi.

Shunday qilib, olib borilgan ilmiy tahlillar uglerod nanotrubkalari asosidagi nanomodifikatorlar va gibril katalizatorlar neftni qayta ishlash jarayonlarining eng dolzarb muammolari — energiya samaradorligining pastligi va koks hosil bo'lishini kamaytirishda yuqori natijalar berishini ko'rsatadi. Kelgusida UNTlarni yanada chuqur funksionalizatsiya qilish, ularning sirt arxitekturasini boshqarish hamda



katalitik tizimlarda qo'llashni kengaytirish yo'nalishidagi tadqiqotlar energiya tejamkor, ekologik toza va innovatsion texnologiyalarni yaratishga xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Iijima, S. Helical microtubules of graphitic carbon. Nature, 1991, 354(6348), 56–58.
2. Dresselhaus, M.S., Dresselhaus, G., & Avouris, Ph. Carbon Nanotubes: Synthesis, Structure, Properties, and Applications. Springer, Berlin, 2001.
3. Baughman, R.H., Zakhidov, A.A., & de Heer, W.A. Carbon Nanotubes – The Route Toward Applications. Science, 2002, 297(5582), 787–792.
4. Xaydarov T.Z Mahalliy xomashyolar asosida uglerod nanotrubkalar olish texnologiyasini olish texnologiyasini ishlab chiqish // (PhD) dissertatsiya Toshkent 2024 110 b
5. Xaydarov T.Z., Rahmonqulov A.A., Karimov M.U., Djalilov A.T. Uglerod nanomodifikatorlari bilan modifikatsiyalangan polipropilen asosidagi kompozitlarning yuqori va past haroratlar ta'siriga barqarorligini derivatografik tahlili // Jurnal kompozitsion materiallar., №3. 2023 g. B. 95-98
6. Раҳмонқулов А.А. Бинар тўлдирувчилар асосида термик барқарор полимер қопламалар олиш технологиясини ишлаб чиқиш// доктори (DSc) диссертацияси Toshkent 2024 200 б
7. Growth of carbon nanotubes on catalyst // Universum: химия и биология: электрон. научн. журн. Khaidarov T.Z. [и др.]. 2023. 6(108). URL: <https://7universum.com/ru/nature/archive/item/15619> (дата обращения: 25.09.2025)
8. Navrotskaya, Anastasiya & Aleksandrova, Darya & Krivoschapkina, Elena & Sillanpää, Mika & Krivoshapkin, Pavel. (2020).