

**CO₂ NI SUN'IY YOQILG'IGA AYLANTIRISHDA
NANOKATALIZATORLAR VA ENERGETIK SAMARADOR
JARAYONLAR****Orolova Gulsevar Mengniqul qizi**E-mail: gulsevarorolova77@gmail.com

Termiz davlat universiteti talabasi

ANNOTATSIYA: Ushbu ilmiy maqolada CO₂ ni sun'iy yoqilg'iga aylantirish jarayonlarida nanokatalizatorlarning roli va energetik samaradorlik masalalari o'rganilgan. Atmosferadagi karbon dioksid miqdorining ortishi global iqlim o'zgarishining asosiy omillaridan biri bo'lib, uni foydali kimyoviy mahsulotlarga aylantirish dolzarb ilmiy yo'nalish hisoblanadi. Tadqiqotda CO₂ ni metanol, metan va boshqa uglevodorodlarga aylantirishda qo'llaniladigan nanokatalizatorlar.

KALIT SO'ZLAR: CO₂, nanokatalizator, sun'iy yoqilg'i, metanol, metan, yashil energiya, kataliz, energiya samaradorligi.

ABSTRACT: This scientific article investigates the role of nanocatalysts and energy-efficient processes in the conversion of CO₂ into synthetic fuels. The increasing concentration of carbon dioxide in the atmosphere is one of the main drivers of global climate change, making its conversion into valuable fuels an important scientific challenge. The study analyzes the properties of nanocatalysts such as graphene-based materials, metal-organic frameworks (MOFs), and metal nanoparticles used in converting

KEYWORDS: CO₂, nanocatalyst, synthetic fuel, methanol, methane, green energy, catalysis, energy efficiency.

АННОТАЦИЯ: В данной научной статье рассматривается роль нанокатализаторов и энергоэффективных процессов в превращении CO₂ в синтетическое топливо. Увеличение концентрации диоксида углерода в атмосфере является одной из основных причин глобального изменения климата, поэтому его переработка в полезные химические продукты представляет собой актуальную научную задачу.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: CO₂, нанокатализатор, синтетическое топливо, метанол, метан, зелёная энергия, катализ, энергоэффективность.

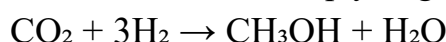
ASOSIY QISM

CO₂ ni sun'iy yoqilg'iga aylantirish jarayoni zamonaviy energetika va yashil kimyoning eng istiqbolli yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. Ushbu jarayonning asosiy

maqsadi atmosferada to'planib borayotgan karbon dioksidni zararli chiqindi sifatida emas, balki qayta ishlanadigan uglerod manbai sifatida foydalanishdir. Bunday yondashuv nafaqat ekologik muammolarni kamaytiradi, balki qayta tiklanuvchi yoqilg'i manbalarini yaratishga ham xizmat qiladi. Bu jarayonda nanokatalizatorlar hal qiluvchi rol o'ynaydi, chunki CO₂ molekulasi juda barqaror bo'lib, uni aktivlashtirish katta energiya talab qiladi.

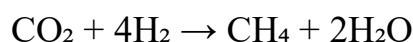
Nanokatalizatorlar CO₂ molekulasining kimyoviy bog'larini zaiflashtirish va uni reaksiyaga kirishuvchan holatga keltirish uchun maxsus tuzilgan nanoo'lchamdagi faol markazlarga ega materiallardir. Ular orasida grafen asosidagi katalitik tizimlar, metall nanopartikullar (Cu, Ni, Fe) va MOF strukturalari eng ko'p o'rganilgan hisoblanadi. Ushbu materiallar CO₂ ni adsorbsiya qilish bilan birga, uning elektron tuzilishini o'zgartirib, uni kimyoviy reaksiyalarga tayyorlaydi.

CO₂ ni sun'iy yoqilg'iga aylantirish jarayonida eng ko'p o'rganiladigan mahsulotlar metanol (CH₃OH), metan (CH₄) va turli uglevodorodlardir. Masalan, CO₂ ning vodorod bilan reaksiyasi natijasida metanol hosil bo'lishi quyidagicha ifodalanadi:



Bu jarayon katalizator ishtirokida sodir bo'lib, nanokatalizatorlar reaksiyaning faollanish energiyasini sezilarli darajada kamaytiradi. Ayniqsa, Cu/ZnO/Al₂O₃ asosidagi nanokompozitlar sanoatda keng qo'llaniladi, chunki ular yuqori selektivlik va barqarorlikka ega.

Yana bir muhim jarayon CO₂ ni metanga aylantirish bo'lib, bu Sabatye reaksiyasi deb ataladi:



Bu reaksiyada Ni asosidagi nanokatalizatorlar juda samarali hisoblanadi. Nanostrukturali katalizatorlar yuzasida CO₂ molekulasi adsorbsiya qilinadi, so'ngra vodorod bilan reaksiyaga kirishadi va natijada metan hosil bo'ladi. Bu jarayon ayniqsa energiya saqlash tizimlari va qayta tiklanuvchi gaz yoqilg'ilari ishlab chiqarishda muhim ahamiyatga ega.

Grafen asosidagi nanokatalizatorlar esa elektron o'tkazuvchanlikni oshirish orqali CO₂ ni aktivlashtirish jarayonini tezlashtiradi. Grafenning ikki o'lchamli tuzilishi va katta sirt maydoni CO₂ molekularining samarali adsorbsiya qilinishini ta'minlaydi. Bundan tashqari, grafen oksidi yuzasidagi funksional guruhlar CO₂ bilan kuchsiz bog'lanishlar hosil qilib, uni katalitik markazlarga yaqinlashtiradi.

MOF (metall-organik karkaslar) esa CO₂ ni ushlab va qayta ishlashda alohida o'rin tutadi. Ularning g'ovak tuzilishi CO₂ molekularini yuqori sig'im bilan yutib olish imkonini beradi. MOFlarning afzalligi shundaki, ularning tuzilishini kimyoviy jihatdan

boshqarish mumkin, ya'ni katalitik markazlar soni va joylashuvini optimallashtirish orqali reaksiyon faolligini oshirish mumkin.

CO₂ ni sun'iy yoqilg'iga aylantirish jarayonida fotokatalitik va elektrokatalitik usullar ham keng qo'llaniladi. Fotokatalizda quyosh nuri energiyasi ishlatiladi. Masalan, TiO₂ va grafen asosidagi nanokompozitlar yorug'lik ta'sirida elektron–kovak juftlarini hosil qilib, CO₂ ni organik moddalarga aylantiradi. Bu jarayon ekologik jihatdan juda toza hisoblanadi, chunki tashqi iflos energiya manbalarini talab qilmaydi.

Elektrokatalitik jarayonlarda esa elektr energiyasi yordamida CO₂ aktivlashtiriladi. Bu jarayonda nanokatalizatorlar elektrodlarda joylashib, elektron uzatish jarayonini tezlashtiradi. Natijada CO₂ ning qaytarilish reaksiyalari samarali amalga oshadi va turli yoqilg'i mahsulotlari hosil bo'ladi.

Nanokatalizatorlarning eng muhim afzalliklaridan biri ularning yuqori selektivligidir. Ya'ni, ular CO₂ ni aniq maqsadli mahsulotga yo'naltira oladi. Bu sanoat miqyosida juda muhim, chunki yon mahsulotlarning kamayishi jarayon samaradorligini oshiradi va iqtisodiy foydani kuchaytiradi.

Shuningdek, nanokatalizatorlar qayta ishlatilish imkoniyatiga ega bo'lib, bu ularning iqtisodiy samaradorligini oshiradi. Biroq, uzoq muddatli ishlash jarayonida yuzaga keladigan deaktivatsiya, aglomeratsiya va yuzaning ifloslanishi kabi muammolar hali ham mavjud bo'lib, bu yo'nalishda tadqiqotlarni davom ettirish zarur.

Umuman olganda, CO₂ ni sun'iy yoqilg'iga aylantirish jarayonida nanokatalizatorlar yuqori samaradorlik, selektivlik va ekologik xavfsizlikni ta'minlaydigan asosiy komponent hisoblanadi. Ularning rivojlanishi kelajakda uglerod neytrallikni ta'minlash va qayta tiklanuvchi energiya manbalarini kengaytirishda muhim rol o'ynaydi.

MUAMMOLAR VA ULARNING TAHLILI

CO₂ ni sun'iy yoqilg'iga aylantirishda nanokatalizatorlardan foydalanish istiqbolli yo'nalish bo'lishiga qaramasdan, ushbu jarayonni sanoat miqyosida keng joriy etishda bir qator ilmiy va texnologik muammolar mavjud. Bu muammolar asosan CO₂ molekulasining kimyoviy barqarorligi, katalitik tizimlarning cheklangan samaradorligi hamda energetik talablarning yuqoriligi bilan bog'liqdir.

Eng asosiy muammo — CO₂ molekulasining juda inert, ya'ni kimyoviy jihatdan sust reaktivligi hisoblanadi. CO₂ dagi uglerod atomining yuqori oksidlanish darajasi (+4) uni barqaror holatda ushlab turadi. Natijada uni aktivlashtirish uchun yuqori energiya sarfi yoki juda faol katalitik markazlar talab qilinadi. Nanokatalizatorlar bu jarayonni yengillashtirsa-da, CO₂ ni to'liq va samarali aktivlashtirish har doim ham muvaffaqiyatli bo'lavermaydi.

Ikkinchi muammo — vodorod manbai va uning samarali ishlatilishi bilan bogʻliq. CO₂ ni yoqilgʻiga aylantirish jarayonlarining aksariyati H₂ ishtirokida amalga oshiriladi. Biroq vodorod ishlab chiqarishning oʻzi ham energiya talab qiluvchi jarayon boʻlib, agar u qayta tiklanuvchi manbalardan olinmasa, umumiy ekologik foyda kamayadi. Shu sababli “yashil vodorod” texnologiyalarining rivojlanmaganligi bu jarayon samaradorligiga bevosita taʼsir qiladi.

Uchinchi muammo — katalitik selektivlikning yetarli emasligi. CO₂ ni qayta ishlash jarayonida bir nechta parallel reaksiyalar sodir boʻlishi mumkin, natijada kerakli mahsulot (masalan, metanol yoki metan) bilan birga yon mahsulotlar ham hosil boʻladi. Bu esa jarayonni murakkablashtiradi va mahsulot tozaligini kamaytiradi. Nanokatalizatorlarda faol markazlarning turlicha ishlashi ham selektivlik muammosini kuchaytiradi.

Toʻrtinchi muammo — katalizatorlarning deaktivatsiyasi. Uzoq vaqt ishlash jarayonida nanokatalizator yuzasida uglerod choʻkmalari hosil boʻlishi, zarrachalarning aglomeratsiyasi yoki yuzaning zaharlanishi kuzatiladi. Bu esa katalitik faollikning pasayishiga olib keladi. Ayniqsa, metall nanopartikullar yuqori harorat va bosim sharoitida barqarorligini yoʻqotishi mumkin.

Beshinchi muammo — energiya samaradorligi masalasi. CO₂ ni kimyoviy jihatdan qayta ishlash jarayonlari koʻpincha tashqi energiya manbalariga (issiqlik, elektr yoki yorugʻlik) bogʻliq boʻladi. Agar ushbu energiya manbalari qayta tiklanuvchi boʻlmasa, jarayonning ekologik afzalligi sezilarli darajada kamayadi. Shu sababli “energetik neytral” tizimlar yaratish hali toʻliq hal etilmagan muammo hisoblanadi. Umumiy tahlil shuni koʻrsatadiki, CO₂ ni sunʼiy yoqilgʻiga aylantirish jarayonlaridagi asosiy muammolar uning kimyoviy inertligi, energiya talabining yuqoriligi, selektivlikning pastligi va katalizator barqarorligining cheklanganligi bilan bogʻliqdir. Ushbu muammolarni hal qilish uchun yangi avlod nanokatalizatorlar, gibrid materiallar, yashil vodorod texnologiyalari hamda energiya samarali reaktor tizimlarini ishlab chiqish zarur hisoblanadi.

XULOSA

Ushbu ilmiy maqolada CO₂ ni sunʼiy yoqilgʻiga aylantirish jarayonlarida nanokatalizatorlarning roli va energetik samaradorlik masalalari tahlil qilindi. Olib borilgan nazariy oʻrganishlar shuni koʻrsatadiki, CO₂ ni qayta ishlash gʻoyasi nafaqat ekologik muammoni yumshatish, balki uni qiymatli kimyoviy resursga aylantirish imkonini beradigan istiqbolli yoʻnalish hisoblanadi.

Nanokatalizatorlar — grafen, MOF va metall nanopartikullar asosidagi tizimlar — CO₂ molekulasini aktivlashtirish va uni metanol, metan hamda boshqa

uglevodorodlarga aylantirishda yuqori katalitik faollik namoyon etadi. Ularning katta sirt maydoni, yuqori reaktiv markazlari va tuzilishini boshqarish imkoniyati jarayon samaradorligini sezilarli darajada oshiradi. Shu bilan birga, bu materiallar energiya sarfini kamaytirish va reaksiyalar selektivligini oshirishda muhim ahamiyatga ega.

Tahlillar natijasida CO₂ ning kimyoviy inertligi, katalizatorlarning barqarorligi, selektivlikning yetarli emasligi hamda sanoat miqyosida texnologiyalarni tatbiq etishdagi murakkabliklar asosiy muammolar sifatida aniqlandi. Ushbu muammolarni hal qilish uchun yangi avlod nanokatalizatorlar yaratish, gibrid materiallardan foydalanish hamda energiya jihatdan samarali “yashil” texnologiyalarni ishlab chiqish zarur hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Hamdamov H.I., Sagdullayev B.U., Xoliqov A.J. **“Fizikaviy kimyo”**. Toshkent: Universitet nashriyoti, 2019.
2. Tuxtayev X.R. **“Noorganik kimyo”**. Toshkent: Fan va texnologiya nashriyoti, 2018.
3. M.M. Balteyeva. **“Nanokimyo”** (o‘quv qo‘llanma). Toshkent: Fan va texnologiya nashriyoti, 2021.
4. N.Q. Olimov. **“Fizik va kolloid kimyo”**. Toshkent: Fan nashriyoti, 2006.
5. Masharipov S., Tirkashev I. **“Kimyo”** (darslik). Toshkent: O‘qituvchi nashriyoti, 2015.
6. O.M. Yoriyev, D.A. Karimova. **“Fizikaviy kimyo”**. Toshkent: Tafakkur bo‘stoni, 2013.
7. Sh.A. Qodirova va boshqalar. **“Kimyoning zamonaviy muammolari”**. Toshkent: O‘zMU nashriyoti.
8. A. Perpiyev. **“Umumiy va analitik kimyo asoslari”**. Toshkent, 2020.