ISNN 3030-3907

2026/3
VOLUME 2

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/3 VOLUME 2

ISSN 3030 -3907

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

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

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

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

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

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

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

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

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

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

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

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

ISSN 3030-3907

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

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

ISSN 3030-3907

$Mg_{0.05–0.1}(SiO_2)_{0.1–0.3}(AL_2O_3)_1(P_2O_5)_{0.8–1}O_2$ TARKIBLI KATALIZATORDA METANOLNI OLEFINLARGA KONVERSIYALANISHI.

Sattorov I.Q.
Toshkent davlat texnika universiteti,
Raxmatullayev N.F.
Toshkent davlat texnika universiteti
Quyboqarov O.E
Qarshi davlat texnika universiteti

Annotatsiya. Metanoldan olefinlarga (MTO) jarayoni yengil olefinlarni ishlab chiqarish uchun istiqbolli alternativ sifatida katta e'tiborni tortadi, ayniqsa an'anaviy usullar energiya talab qiladigan va cheklangan miqdordagi xom ashyolarga tayanadiganligi sababli. Boshqa tomondan, metanol ham ko‘p miqdorda, ham barqaror ravishda olinishi mumkin, bu uglerodli yopiq tsikl konsepsiyasini qo‘llab-quvvatlaydi. Ushbu ishda etilen va propilen uchun yuqori selektivlikka erishishda muhim rol o‘ynaydigan katalizator bo‘lgan $Mg_{0.05–0.1}(SiO_2)_{0.1–0.3}(AL_2O_3)_1(P_2O_5)_{0.8–1}O_2$ ning roliga e'tibor qaratiladi.

Kalit so‘zlar: MTO , DME, engil olefinlar, $C_2=/C_3=$., $Mg_{0.05–0.1}(SiO_2)_{0.1–0.3}(AL_2O_3)_1(P_2O_5)_{0.8–1}O_2$, N_2 adsorbsiya–desorbsiya BET izotermasi.

Аннотация. Процесс превращения метанола в олефины (MTO) привлекает большое внимание как перспективная альтернатива производству легких олефинов, особенно учитывая энергоемкость традиционных методов и ограниченность сырьевых ресурсов. С другой стороны, метанол может производиться в больших количествах и экологически устойчивым способом, что поддерживает концепцию замкнутого углеродного цикла. В данной работе рассматривается роль $Mg_{0.05–0.1}(SiO_2)_{0.1–0.3}(AL_2O_3)_1(P_2O_5)_{0.8–1}O_2$, катализатора, играющего ключевую роль в достижении высокой селективности по этилену и пропилену.

Ключевые слова: MTO, DME, легкие олефины, $C_2=/C_3=$., $Mg_{0.05–0.1}(SiO_2)_{0.1–0.3}(AL_2O_3)_1(P_2O_5)_{0.8–1}O_2$, изотерма BET адсорбции-десорбции N_2.

Abstract. The methanol-to-olefins (MTO) process has attracted much attention as a promising alternative for the production of light olefins, especially since conventional methods are energy-intensive and rely on limited feedstocks. On the other hand, methanol can be produced in large quantities and in a sustainable manner, which supports the concept of a closed carbon cycle. This work focuses on the role of $Mg_{0.05–0.1}(SiO_2)_{0.1–0.3}(AL_2O_3)_1(P_2O_5)_{0.8–1}O_2$, a catalyst that plays a key role in achieving high selectivity for ethylene and propylene.

ISSN 3030-3907

Keywords: *MTO , DME, light olefins, $C_2=/C_3=$., $Mg_{0.05-0.1}(SiO_2)_{0.1-0.3}(AL_2O_3)_1(P_2O_5)_{0.8-1}O_2$, N_2 adsorption–desorption BET isotherm.*

KIRISH

Yangi energiya manbalarini izlash so‘nggi o‘n yilliklarning asosiy muammolaridan biri sifatida qaraldi, chunki aholining tez o‘sishi va so‘nggi yillarda katta e'tiborni tortgan sanoatlashtirishning eng yuqori cho‘qqisi. Darhaqiqat, bu muhim muammoni va uning oqibatlarini yengish uchun yana bir inqilob kerak bo‘lishi mumkin. Xom neft va uning hosilalari uzoq vaqtdan beri asosiy energiya manbai bo‘lib kelgan va ishlatiladigan neft-kimyo mahsulotlarining aksariyati, masalan, vodorod va yengil olefinlar, ushbu qimmatbaho qora oltindan ishlab chiqariladi. Xom neft va uning hosilalaridan foydalanish barqaror rivojlanish tamoyillariga zid bo‘lganligi sababli, mavjud kimyoviy sarf materiallari va mahsulotlarga yangi alternativalarni ta'minlash uchun yangi, iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiq va samarali jarayonlarni joriy etish zarurati tug‘ildi. Shu nuqtai nazardan, ko‘p maqsadli materiallarni ishlab chiqish yangi energiya va kimyoviy resurslar uchun yanada samarali jarayonlarni amalga oshirish uchun juda foydali strategiya hisoblanadi [1].

TAJRIBA QISMI. Ilmiy tadqiqot ishida g‘ovak sirt yuzasi katta bo‘lganligi sababli, tashuvchi sifatida Navoiy viloyatining Navbakhor bentoniti ishlatildi. Katalizator quyidagicha tayyorlandi: 50-100 g bentonit 1-2 M HCl eritmasida (nisbat 1:5-1:10 g/ml) 60-80°C da 4-6 soat aralashtirildi. Reaksiya: $Fe_2O_3 + 6HCl \rightarrow 2FeCl_3 + 3H_2O$. Aralashma filtrlanib, destillangan suv bilan Ph neytral muhitga olib kelindi va 100-120°C da quritildi, keyin 400-500°C da kalsinatsiya qilindi.

Aktivlashtirilgan bentonit (10-20 g) + H_3PO_4 (5-10 ml) + $Mg(NO_3)_2$ (1-2 g) + DEA (5-10 ml) aralashtiriladi (mol nisbat: Si:Al:P:Mg = 0.1-0.3:1:0.8-1:0.05-0.1). Gel ultratovush vanna da 30-60 minut dispersiya qilindi va 24 soat xona haroratida qoldirildi.

Olingan namunma autoklavga joylashtirildi (hajm 50-100 ml, to‘ldirish 60-70%) va 150-200°C da 24 dan 48 gacha soat saqlandi, jarayonda bosim 5-10 barni tashkil etadi. Komponentlar T-O-T bog‘lanishlarni hosil qildi (T = Si, Al, P, Mg). Harorat sekin asta pasaytirildi, natijada kristallangan kukun 100-120°C da quritildi va 500-600°C da 4-6 soat davomida havo oqimida kalsinatsiya qilindi.

Metanoldan yengil molekulyar olifen uglevodorodlar olish laboratoriya qurilmasining tavsifi.

Jarayonlar ideal oqimli reaktor tizimida o‘tkazildi. Dastlab katalizatorlar ($Mg_{0.05-0.1}(SiO_2)_{0.1-0.3}(Al_2O_3)_1(P_2O_5)_{0.8-1}O_2$, $Cu_{0.05-0.1}(SiO_2)_{0.1-0.3}(Al_2O_3)_1(P_2O_5)_{0.8-1}O_2$,$Zn_{0.05-0.1}(SiO_2)_{0.1-0.3}(Al_2O_3)_1(P_2O_5)_{0.8-1}O_2$, $Fe_{0.05-0.1}(SiO_2)_{0.1-0.3}(Al_2O_3)_1(P_2O_5)_{0.8-1}O_2$ 0,5-1g) oldindan tayyorlab olindi va kvarts tola bilan

ISSN 3030-3907

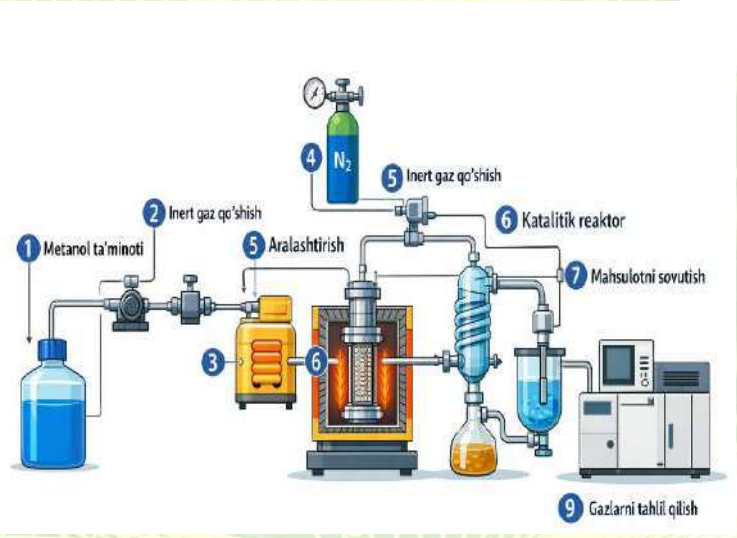
reaktor trubkasiga (diametri 10-15 mm) mahkamlandi. Bu bosqich katalizatorning bir xil taqsimlanishini ta'minlaydi, chunki notekis joylashish reaksiya samaradorligini pasaytiradi. Reaktor pechga o‘rnatiladi va termojuft bilan bog‘lanadi.

Reaktor inert gaz (N_2 oqimida 50-100 ml/min) bilan tozalab, 500°C da 1 soat davomida qizdirildi. Bu bosqichda katalizatordagi suv, chiqindilar va aralashmalar olib tashlandi, shuningdek, kislotali markazlarni faollashdi. Harorat nazorati termojuft orqali (±1°C aniqlikda) amalga oshirildi.

Nasos orqali suyuq metanol (oqim 0.1-1 ml/min) va massa oqim nazorati orqali inert gaz (N_2, nisbat metanol/gaz = 1:5) aralashtirildi. Aralashma oldindan qizdirgichda (150-200°C) bug‘ga aylantirildi va reaktorga kiritildi. Bu bosqich reaksiya aralashmasining bir xil taqsimlanishini ta'minlaydi.

Reaktor pechda 400-450°C ga qizdirildi (WHSV 1-2 g/h). Natijada metanolni katalizator qatlamida konversiyasi sodir bo‘ldi: bunda $2CH_3OH \rightarrow C_2H_4 + 2H_2O$ (etilen hosil bo‘lishi) hamda $3CH_3OH \rightarrow C_3H_6 + 3H_2O$ (propilen) hosil bo‘lishi bilan jarayon amalga oshdi. Reaksiya ekzotermik bo‘lib, harorat va bosim (1-2 bar) doimiy nazorat qilindi.

Reaktordan chiqadigan aralashma sovutgichga (0-5°C) yuborildi. Suv va qolgan metanol kondensatsiya qilinib, gaz fazasi ya’ni yengil olefinlar va parafinlar ajratildi. Gaz fazasi gaz xromatografga (GC, Agilent 7890A, FID detektori) o‘tkazildi. Analiz har 10-15 minutda o‘tkazilib, piklar orqali konversiya va selektivlik hisoblandi. Metanoldan olifen uglevodorodlar olish uchun Fischer-Tropsch sintezi 1-rasmda keltirilgan



1-rasm. Metanoldan yengil molekulyar sintetik olifen uglevodorodlarni olish uchun laboratoriya qurilmasining sxematik diagrammasi.

TAJRIBA NATIJALARI VA ULARNING MUHOKAMASI. Katalizatorlarning morfologiyasi nurlantiruvchi va elektron skanerlovchi

ISSN 3030-3907

mekraskop (FEI Quanta 250 SEM va JEOL JEM-2100 TEM) yordamida aniqlangan. BET sirt maydoni ASTM D3663 – BET asbobi yordamida azotning yutilish va desorbsiya izotermalari asosida to‘liq solishtirma sirt-yuzasi, zarrachalarning o‘rtacha o‘lchami, mezag‘ovaklarning hajmi, g‘ovaklarning o‘lchami bo‘yicha taqsimlanishi aniqlandi.

MTO (methanol-to-olefins) jarayonida aynan tekstur parametrlari quyidagilarni belgilaydi:

metanol va oraliq mahsulotlarning (DME, engil olefinlar) katalizator ichiga kirishi va chiqishi (ichki diffuziya);

“hydrocarbon pool” mexanizmi davomida hosil bo‘ladigan aromatik yadrolarning g‘ovaklarda to‘planishi va koks hosil bo‘lish tezligi;

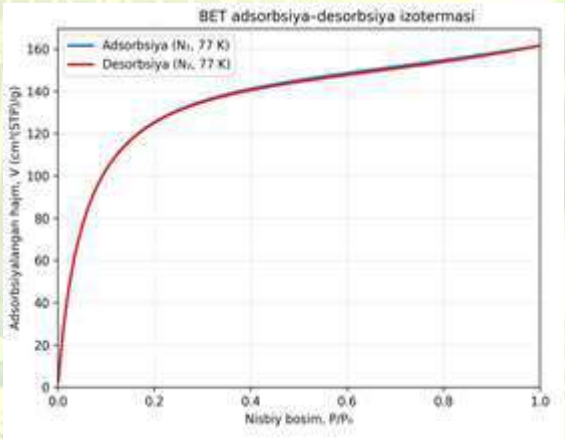
kislota markazlariga kirish va natijada selektivlik ($C_2=/C_3=$ nisbatlari);

katalizatorning dezaktivatsiya tezligi hamda regeneratsiya sikllariga chidamliligi.

$Mg_{0.05–0.1}(SiO_2)_{0.1–0.3}(Al_2O_3)_1(P_2O_5)_{0.8–1}O_2$ tarkibli tizim amaliy jihatdan Mg-modifikatsiyalangan SAPO (silikoalyumofosfat) sinfiga kiradi. Bunda (i) Al–P karkas mikrog‘ovakli tuzilmani beradi, (ii) SiO_2 miqdori Brønsted kislotalik va “cage/channel” ichidagi faol zonalarni shakllantiradi, (iii) Mg esa kislotalik spektrini va koks hosil bo‘lish kinetikasini modifikatsiyalab, tekstura bilan bog‘liq transport cheklovlarini yumshatishga xizmat qiladi.

Tekstur tahlilning metodik bazasi: N_2 adsorbsiya–desorbsiya

Tekstur xarakteristikalar odatda past haroratli azot (N_2) fizisorbsiyasi yordamida aniqlandi (77 K). O‘lchov natijasi sifatida adsorbsiya va desorbsiya tarmoqlaridan iborat izoterma olindi. Izoterma shakli materialning poralilik turini (mikro/mezog‘ovak) sifat jihatdan baholash imkonini berdi. BET N_2 adsorbsiya-desorbsiya izotermasi 1- rasmda keltirilgan



1.Rasm. $Mg_{0.05–0.1}(SiO_2)_{0.1–0.3}(Al_2O_3)_1(P_2O_5)_{0.8–1}O_2$ katalizatorining N_2 adsorbsiya–desorbsiya BET izotermasi.

Azot adsorbsiya–desorbsiya izotermasi $Mg_{0.05–0.1}(SiO_2)_{0.1–0.3}(Al_2O_3)_1(P_2O_5)_{0.8–1}O_2$ tarkibli katalizatorlar uchun I-tur izoterma xususiyatlarini

ISSN 3030-3907

namoyon etadi. Past nisbiy bosimlarda ($P/P_0 < 0.1$) adsorbsiyaning keskin ortishi mikrog‘ovak tizim mavjudligini ko‘rsatadi. Yuqori bosim oralig‘ida esa adsorbsiyaning asta-sekin ortishi tashqi sirt va mezog‘ovaklarning mavjudligini bildiradi.

Izoterma shakli katalizatorning mikrog‘ovakli SAPO tipidagi strukturaga ega ekanligini tasdiqlaydi. Mg modifikatsiyasi natijasida adsorbsiya hajmi biroz ortib, tashqi sirt maydoni va transport kanallarining yaxshilanishi kuzatildi.

Mikrog‘ovakli (zeolit/SAPO) materiallar uchun izoterma:

past P/P_0 da adsorbsiya hajmining keskin ortishi (mikrog‘ovak to‘lishi),

yuqori P/P_0 da esa nisbatan sekin o‘sish (tashqi sirt/mezog‘ovak mavjud bo‘lsa),

bilan tavsiflanadi. Agar Mg modifikatsiyasi yoki sintez sharoitlari natijasida qo‘shimcha mezog‘ovaklik paydo bo‘lsa, desorbsiya tarmog‘ida **histerezis halqasi** kuzatilishi mumkin. Bu holat MTO uchun ijobiy bo‘lib, diffuziya yo‘llarini kengaytiradi va koksga chidamlilikni oshirdi.

BET sirt maydoni: S_{BET}va uning fizik talqini

BET (Brunauer–Emmett–Teller) usuli sirt maydonini aniqlashning eng keng tarqalgan yondashuvidir. BET tenglamasi:

$$\frac{1}{V\left(\frac{P_0}{P}-1\right)} = \frac{C-1}{V_m C}\cdot\frac{P}{P_0} + \frac{1}{V_m C}$$

bu yerda:

V — adsorbsiya hajmi,

Vm — monoqavat (monolayer) hajmi,

C— BET konstanta (adsorbsiya energiyasi bilan bog‘liq),

P/P_0 — nisbiy bosim.

Amaliy hisoblashda BET chiziqliligi odatda P/P_0=0.05–0.30 oralig‘ida olinadi. Vm topilgach, sirt maydoni quyidagi umumiy ko‘rinishda hisoblandi:

$$S_{BET} = \frac{V_m N_A \sigma}{V_{molar}}$$

bu yerda N — Avogadro soni, σ\sigmaσ — N_2 molekulaning kesim yuzasi, V_{molar} — standart sharoitdagi molyar hajm.

S_{BET}≈ 350–750 m^2/g

umumiy pora hajmi V_{total} 0.20–0.35 cm^3/g

mikrog‘ovak hajmi V_{micro} ≈ 0.15–0.28 cm^3/g

Mikrog‘ovak hajmi va tashqi sirt: t-plot yondashuvi

ISSN 3030-3907

Mikrog‘ovakli katalizatorlarda BET natijasi ichiga mikrog‘ovak to‘lishi ham kirib ketishi mumkin. Shu sababli mikrog‘ovak hajmi va tashqi sirtni ajratish uchun **t-plot** (adsorbsiya qatlami qalinligi asosida) yondashuvi qo‘llanadi. Natijada:

tashqi sirt maydoni Sext **mikrog‘ovak hajmi** Vmicro baholanadi.

MTO jarayonida:

S_{ext} ortishi (masalan, kristall o‘lchami kichrayishi, aglomeratsiya kamayishi) katalizatorning “kirish-chiqish” nuqtalarini ko‘paytiradi, mass-transportni yaxshilaydi.

V_{micro} juda katta bo‘lsa ham, agar ichida mahsulotlarning chiqishi sekin bo‘lsa, aromatiklar yig‘ilishi tezlashadi; demak optimal VmicroV_{micro}Vmicro + yetarli S_{ext} kombinatsiyasi kerak.

Mg modifikatsiyasi (0.05–0.1) sintez kinetikasini o‘zgartirib, ko‘pincha:

kristall o‘lchamini kichraytirishi, aglomeratsiyani kamaytirishi, tashqi sirt hissasini nisbatan oshirishi mumkin. Bu holat MTO jarayonida “diffuziya-koks” muammosini yumshatadi.

Mezog‘ovaklar va BJH taqsimoti: transportni yaxshilash omili

Mikrog‘ovakli katalizatorlarida mezog‘ovaklar odatda “asosiy faza” emas, balki:

zarrachalararo bo‘shliqlar,

ierarxik poralilik (sintez/ishlov natijasi),

qisman defektlar yoki ikkilamchi poralilik

hisobiga paydo bo‘ladi. Mezog‘ovaklar 2–50 nm diapazonda bo‘lib, ularni baholashda amaliyotda ko‘pincha BJH (Barrett–Joyner–Halenda) usuli qo‘llanadi (odatda desorbsiya tarmog‘i bo‘yicha).

BJH natijasi — mezog‘ovak o‘lchami taqsimoti bo‘lib, ko‘pincha dV/dD yoki dV/dlogD ko‘rinishida beriladi.

MTO nuqtai nazaridan BJH taqsimotining ahamiyati:

3–10 nm atrofidagi mezog‘ovaklar gaz fazali reaktivlar va mahsulotlar transportini tezlashtirib, mikrog‘ovak “bo‘g‘ilish”ini kamaytiradi;

mezog‘ovak transport yo‘llari mikrog‘ovakdagi aromatik yadrolarning ortiqcha to‘planishini sekinlashtiradi, natijada koks hosil bo‘lish tezligi pasayishi mumkin;

juda katta mezog‘ovaklik (masalan, juda keng poralar) selektivlikni pasaytirishi ehtimoli bor, chunki shakl-selektivlik “kuchsizlanadi”. Shuning uchun ierarxik poralilikda ham “muvozanat” zarur.

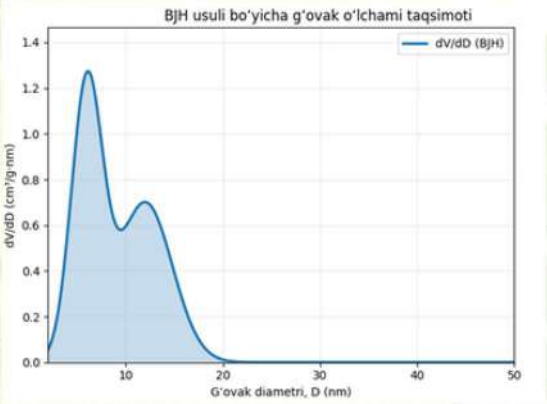
Mg-modifikatsiya qilingan SAPO tizimida mezog‘ovaklikning paydo bo‘lishi: gelning nukleatsiya-kristallanish mexanizmi,

ISSN 3030-3907

Mg^{2+} ning kompleks hosil qilishi, kristall o‘sish tezligining o‘zgarishi bilan izohlanadi. Natijada BJH taqsimotida asosiy pik (masalan, 4–8 nm) va ba’zan ikkinchi pik (10–20 nm) kuzatilishi mumkin.

Pora o‘lchami taqsimoti: DFT/NLDFT va mikrog‘ovaklar

Mikrog‘ovakli materiallarda BJH usuli mikroporalilikni to‘liq va to‘g‘ri bera olmaydi, chunki kapillyar kondensatsiya nazariyasi mikrog‘ovaklar uchun cheklangan. Shuning uchun mikrog‘ovak taqsimotini chuqurroq baholashda DFT/NLDFT (yoki QSDFT) yondashuvlar qo‘llanadi. Bunda adsorbsiya ma’lumotlari asosida pora o‘lchami taqsimoti mikrog‘ovak diapazonda (0.3–2 nm) ham chiqariladi. BJH usuli asosida olingan g‘ovak o‘lchami taqsimoti katalizator tarkibida mezog‘ovaklarning mavjudligini ko‘rsatadi. 2-rasmda keltirilgan



2-Rasm. $Mg_{0.05-0.1}(SiO_2)_{0.1-0.3}(Al_2O_3)_1(P_2O_5)_{0.8-1}O_2$ tarkibli katalizatorning BJH usuli bo‘yicha g‘ovak o‘lchami taqsimoti (N_2 desorbsiya tarmog‘i, 77 K).

Grafikdan ko‘rinib turibdiki, asosiy pora piki 4–8 nm oralig‘ida joylashgan. Bu mezog‘ovak strukturaning shakllanganligini bildiradi.

Mazkur mezog‘ovaklar katalizator ichidagi diffuziya jarayonlarini yaxshilaydi va metanol molekulalarining faol markazlarga kirishini hamda hosil bo‘lgan olefin mahsulotlarining tez chiqib ketishini ta’minlaydi. Natijada katalizator ichida koks hosil bo‘lish ehtimoli kamayadi va MTO jarayonining barqarorligi ortadi.

XULOSALAR

Mg, Zn va Cu metallari bilan modifikatsiyalangan SAPO tipidagi katalizatorlarda metanol konversiyasi natijasida asosan yengil olefinlar hosil bo‘ladi. Metall modifikatsiyasi katalizatorning kislotalik xossalarini o‘zgartirib, olefin va parafin hosil bo‘lish reaksiyalariga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Mg modifikatsiyasi gidrid ko‘chishi reaksiyalarini kamaytirib, olefin selektivligini oshiradi. Zn modifikatsiyasi propilen hosil bo‘lishini kuchaytiradi, Cu modifikatsiyasi esa parafinlarning hosil bo‘lishiga nisbatan ko‘proq ta’sir

ISSN 3030-3907

ko‘rsatadi. Natijada metall modifikatsiyasi orqali MTO jarayonida olefin/parafin nisbatini samarali boshqarish mumkinligini ko‘rish mumkin.

ADABIYOTLAR

1. 1.Zhong, L., Yu, F., An, Y., Zhao, Y., Sun, Y., Li, Z., … Wang, H. (2016). Cobalt carbide nanoprisms for direct production of lower olefins from syngas. Nature, 538(7623), 84–87.

2. Torres Galvis, H. M., & de Jong, K. P. (2013). Catalysts for Production of Lower Olefins from Synthesis Gas: A Review. ACS Catalysis, 3(9), 2130–2149.

3. Torres Galvis, H. M., Bitter, J. H., Davidian, T., Ruitenbeek, M., Dugulan, A. I., & de Jong, K. P. (2012). Iron Particle Size Effects for Direct Production of Lower Olefins from Synthesis Gas. Journal of the American Chemical Society, 134(39), 16207–16215.

4. Tian P., Wei Y., Ye M., Liu Z. Methanol to Olefins (MTO): From Fundamentals to Commercialization // ACS Catalysis. — 2015. — Vol. 5, No. 3. — P. 1922–1938. — DOI: 10.1021/acscatal.5b00007.

5. Ye M., Tian P., Liu Z. DMTO: A Sustainable Methanol-to-Olefins Technology // **Engineering**. — 2021. — Vol. 7, Issue 1. — P. 17–21. — DOI: **10.1016/j.eng.2020.12.001**.

6. Oybek Kuybokarov, Muradulla Karshiyev, Ganisher Rakhimov, Research of the catalytic properties of a catalyst selected for the production of high-molecular weight liquid synthetic hydrocarbons from synthesis gas E3S Web Conf. III International Conference on Actual Problems of the Energy Complex: Mining, Production, Transmission, Processing and Environmental Protection (ICAPE2024) Volume 498, 2024.

7. F.D.Egamnazarova.,O.E.Quyboqarov.,U.R.Panjiyev, Sanoatda raqamli texnologiyalar(E) ISSN: 3030-3214 Volume 2, № 3 2024

8. Egamnazarova, F. D., Qo‘yboqarov, O. E., & Panjiyev, U. R. (2024). Fischer-tropsch sintezi orqali na –asosida boyitilgan fe-zn tarkib katalizatorlarda olefin ishlab chiqarish. "sanoatda raqamli texnologiyalar" ilmiy-texnik jurnali, 2(3). https://doi.org/10.5281/zenodo.13384812B.

9. W. Ngantsoue-Hoc., Y. Zhang, Robert J. O‘Brien,M. Luo, B. H. Davis, Applied Catalysis A: General 2002. P. 65-77.

10. X. Zhou., J. Ji., Di Wang., X. Duan., G. Qian., de Chen., X. Zhou. Chemical Communications 2015. 51 P. 263-269.

11. S. Wang. Improved Fischer–Tropsch synthesis for gasoline over Ru, Ni promoted Co/HZSM-5 catalysts, Fuel, Jg. 108, 2013. P. 597–603

ISSN 3030-3907