ISNN 3030-3907

2026
MAY
ISSUE - 5
VOLUME - 7

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

MAY 2026
Issue - 5, VOLUME – 7

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.

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

KUL-SHLAK CHIQINDILARI ASOSIDAGI KATALIZATORLAR ISHTIROKIDA AKROLEIN VA PIRIDIN ASOSLARI SINTEZI

Umrzokov Abdulla Toshtemirovich
Navoiy davlat kon-texnologiya universiteti,Navoiy, O‘zbekiston
Mukhitdinov Boxodir Faxriddinovich
Navoiy davlat kon-texnologiya universiteti,Navoiy, O‘zbekiston
Vapoyev Xusniddin Mirzoyevich
Navoiy davlat kon-texnologiya universiteti,Navoiy, O‘zbekiston
E-mail: umrzokov1978@mail.ru

Annotatsiya. Ushbu maqolada Yangi Angren issiqlik elektr stansiyasi (IES) kul-shlak chiqindilari (KSH) asosida tayyorlangan modifikatsiyalangan kompozit katalizatorlar yordamida akrolein, asetonitril va piridin asoslari (α-, β-, γ-pikolinlar) sintezi natijalari taqdim etilgan. Tadqiqot Cr_2O_3, Fe_2O_3, ZnO va CdO faol fazalari bilan modifikatsiyalangan KSH zaminoshyosi asosida 12 ta tajriba seriyasini o‘z ichiga oldi. Akrolein sintezida KSH T-10 katalizatori 280°C da 62,99% unum ko‘rsatdi. Asetonitril sintezi uchun XTK-20 katalizatori (Cr_2O_3-20%; Fe_2O_3-5%; KSH-75%) 360°C da 91,87% maksimal unum berdi — bu Cr_2O_3 va Fe_2O_3 ning sinergetik ta’sirining sonli isbotidir. Pikolinlar sintezida KXAKSH-13 katalizatori (CdO-13%; Cr_2O_3-5%; KSH-82%) H_3PO_4 peptizatori bilan 420°C da α-pikolin unumini 45,68%, γ-pikolin unumini 25,50%, jami pikolinlar unumini 71,18% gacha ko‘tardi. Atsetilen, ammiak va metanol kondensatsiyasidan piridin sintezida KRXKSH-5 katalizatori 400°C da piridinning C_5H_5N unumini 30,45%, jami piridin asoslari unumini 65,97% qildi. Peptizatorlar samaradorlik tartibi H_3PO_4 > HCl > HNO_3 > CH_3COOH ekanligi tasdiqlandi. Tadqiqot natijalari mahalliy chiqindilar asosida samarali piridin asoslari katalizatorlari yaratish imkoniyatini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: kul-shlak chiqindilari, kompozit katalizator, akrolein, asetonitril, piridin, pikolinlar, kondensatsiya, fosfat kislotasi, KXAKSH-13, Yangi Angren IES.

Аннотация. В статье представлены результаты синтеза акролеина, ацетонитрила и пиридиновых оснований (α-, β-, γ-пиколинов) с использованием модифицированных композитных катализаторов на основе золошлаковых отходов (ЗШО) Ново-Ангренской ТЭС. Исследование включало 12 серий экспериментов с использованием носителя ЗШО, модифицированного активными фазами Cr_2O_3, Fe_2O_3, ZnO и CdO. При синтезе акролеина катализатор ЗШО Т-10 при 280°C показал выход 62,99%. При синтезе ацетонитрила катализатор XTK-20 (Cr_2O_3-20%; Fe_2O_3-5%; ЗШО-75%) обеспечил максимальный выход 91,87% при 360°C, что является численным подтверждением синергетического эффекта Cr_2O_3 и Fe_2O_3. При

ISSN 3030-3907

синтезе пиколинов катализатор KXAKSH-13 (CdO-13%; Cr_2O_3-5%; ЗШО-82%) с пептизатором H_3PO_4 обеспечил при 420°C выход α-пиколина 45,68%, γ-пиколина 25,50% и суммарный выход пиколинов 71,18%. При синтезе пиридина из ацетилена, аммиака и метанола катализатор KRXKSH-5 при 400°C показал выход C_5H_5N 30,45% и суммарный выход пиридиновых оснований 65,97%. Установлен порядок эффективности пептизаторов: H_3PO_4 > HCl > HNO_3 > CH_3COOH. Результаты исследования демонстрируют возможность создания эффективных катализаторов для синтеза пиридиновых оснований на основе местных отходов.

Ключевые слова: золошлаковые отходы, композитный катализатор, акролеин, ацетонитрил, пиридин, пиколины, конденсация, фосфорная кислота, KXAKSH-13, Ново-Ангренская ТЭС.

Abstract. This article presents the results of the synthesis of acrolein, acetonitrile and pyridine bases (α-, β-, γ-picolines) using modified composite catalysts based on coal ash-slag waste (CASW) from the Novo-Angren Thermal Power Plant. The research included 12 series of experiments using CASW supports modified with Cr_2O_3, Fe_2O_3, ZnO and CdO active phases. In acrolein synthesis, the CASW T-10 catalyst at 280°C showed a yield of 62.99%. For acetonitrile synthesis, the XTK-20 catalyst (Cr_2O_3-20%; Fe_2O_3-5%; CASW-75%) provided the highest yield of 91.87% at 360°C, demonstrating numerical evidence of the synergistic effect of Cr_2O_3 and Fe_2O_3. For picoline synthesis, the KXAKSH-13 catalyst (CdO-13%; Cr_2O_3-5%; CASW-82%) with H_3PO_4 peptizator at 420°C provided an α-picoline yield of 45.68%, γ-picoline yield of 25.50% and total picoline yield of 71.18%. In the synthesis of pyridine from acetylene, ammonia and methanol, the KRXKSH-5 catalyst at 400°C produced a C_5H_5N yield of 30.45% and a total pyridine bases yield of 65.97%. The peptizator efficiency order H_3PO_4 > HCl > HNO_3 > CH_3COOH was confirmed. The findings demonstrate the possibility of creating effective pyridine base synthesis catalysts based on local waste resources.

Keywords: ash-slag waste, composite catalyst, acrolein, acetonitrile, pyridine, picolines, condensation, phosphoric acid, KXAKSH-13, Novo-Angren TPP.

KIRISH.

Akrolein (CH_2=CH–CHO), asetonitril (CH_3CN) va piridin asoslari (piridin C_5H_5N hamda α-, β-, γ-pikolinlar va metiletilpiridin) — sanoat ahamiyatiga ega muhim azot saqlovchi va karbonil-funksional birikmalar bo‘lib, ular vitamin (B6, PP), antibiotik, antiseptiklar, pestitsidlar, polimerlar (akril plastmassalar, poliakrilonitril) va dorivor moddalar ishlab chiqarishda strategik xom ashyo hisoblanadi [1, 2]. Akrolein sanoatda asosan propilen yoki glistserin asosida olinadi. Asetonitril atsetaldegid, ammiak va kislorod ishtirokidagi katalitik

ISSN 3030-3907

kondensatsiyadan, piridin asoslari esa atsetaldegid–ammiak yoki atsetilen–ammiak–metanol kondensatsiyasidan olinadi [2, 3].

Hozirgi vaqtda piridin asoslari sanoatida asosan xrom-, sink-, kadmiy-asosli aluminooksidli yoki silikat katalizatorlari qo‘llaniladi [3]. Lekin import katalizatorlarning yuqori narxi va mahalliy resurslar bazasini takomillashtirish zarurati O‘zbekistonda muqobil yondashuvlarni izlashni taqozo etadi. Bu o‘rinda Yangi Angren issiqlik elektr stansiyasi (IES) kul-shlak chiqindilari (KSH) — istiqbolli mahalliy resurs sifatida e’tirof etilmoqda [4]. Stansiyada har yili 130 ming tonnaga yaqin KSH hosil bo‘lib, hozirgi vaqtda kul omborlarida 12 mln tonnaga yaqin chiqindi to‘plangan [5]. Bu chiqindilar kremnezem-alyumina tarkibiga ega (SiO_2 36–42%, Al_2O_3 15–25%, Fe_2O_3 22–24%) va katalizator zaminoshyosi sifatida foydalanish uchun yetarli darajada termik barqaror va katta solishtirma yuzaga (1150–1280 sm^2/g) ega [4, 6].

Atsetaldegid–ammiak kondensatsiyasi orqali piridin asoslari hosil bo‘lishining umumiy mexanizmi quyidagicha tushuniladi: birinchi bosqichda atsetaldegid va ammiak o‘rtasida α,β-to‘yinmagan iminni hosil qiladigan kondensatsiya, ikkinchi bosqichda iminning siklizatsiyasi, uchinchi bosqichda esa dehydrogenizatsiya orqali aromatik piridin halqasi shakllanishi sodir bo‘ladi [3]. Katalizator yuzasidagi Lewis kislotali markazlar (Cr^{3+}, Cd^{2+}, Zn^{2+}) atsetaldegid karbonilini polyarizatsiya qilib elektrofilligini oshiradi, ammiakning protonlangan formalari (NH_4^+) bilan koordinatsion komplekslar hosil qiladi va dehydrogenizatsiya jarayonini boshqaradi [2].

Mazkur tadqiqotning maqsadi — Yangi Angren IES kul-shlak chiqindilari asosida tayyorlangan modifikatsiyalangan kompozit katalizatorlar yordamida akrolein, asetonitril va piridin asoslari sintezini sistemali o‘rganish, optimal katalizator tarkibi, peptizator turi va harorat sharoitlarini sonli aniqlashdan iborat. Tadqiqotda KSH-T (Fe_2O_3-asosli), KSH-F (Fe_2O_3 kamroq miqdorli), X-KSH (Cr_2O_3-asosli), T-KSH (Fe_2O_3-asosli), XT-KSH (Cr_2O_3+Fe_2O_3), R-KSH (ZnO-asosli), K-KSH (CdO-asosli), KXAKSH (CdO+Cr_2O_3) va KRXKSH (CdO+ZnO+Cr_2O_3) kabi kompozit tizimlarning samaradorligi taqqoslandi.

Tadqiqotda Yangi Angren IES kul omborlaridan olingan kul-shlak chiqindisi katalizator zaminoshyosi sifatida ishlatildi. KSH ning kimyoviy tarkibi rentgen-fluoressent tahlil natijasida quyidagicha aniqlandi (og‘irlik bo‘yicha %): SiO_2 — 38,4; Al_2O_3 — 19,6; Fe_2O_3 — 22,8; CaO — 3,2; MgO — 2,1; K_2O+Na_2O — 3,4; SO_3 — 1,1; yondirib bo‘lmagan ko‘mir qoldig‘i — 8,5 [4, 6]. Faol fazalar sifatida: Cr_2O_3 (≥99,5%), Fe_2O_3 (≥99,5%), ZnO (≥99,5%), CdO (≥99%) ishlatildi. Peptizatorlar: HNO_3 (65%), HCl (37%), H_3PO_4 (85%), CH_3COOH (≥99%), NH_4OH (25%).

ISSN 3030-3907

Sintez reagentlari: akrolein sintezi uchun propilen (≥99,5%) va kislorod (≥99,9%); asetonitril va piridin sintezi uchun atsetaldegid (≥99%), atsetilen (≥99,8%), ammiak (suvsiz, ≥99,9%), metanol (≥99,8%) ishlatildi.

KSH zaminoshyosi avval HCl yoki HNO_3 ning 10% li eritmasi bilan kislotali ishlov berildi (60°C da 4 soat), so‘ngra distillangan suv bilan neytral muhitgacha yuvildi va 105°C da quritildi. Ikkinchi bosqichda gidrotermik ishlov berish o‘tkazildi: KSH avtoklavda 200°C da 6 soat davomida 1,5 MPa bosim ostida saqlandi. Uchinchi bosqichda faol oksidlar bilan ho‘l impregnatsiyalash usulida modifikatsiyalash bajarildi: kerakli miqdordagi metall tuzlari ($Cr(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$, $Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$, $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$, $Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$) suvda eritilib, KSH ga qo‘shildi va aralashma 80°C da 2 soat davomida aralashtirildi. To‘rtinchi bosqichda peptizator (HNO_3, HCl, H_3PO_4 yoki CH_3COOH) qo‘shilib, plastik massa hosil qilindi. Massa granulalandi (Ø 3–5 mm), 105°C da 12 soat quritildi va 550°C da 4 soat davomida kalsinatsiya qilindi.

Katalizator namunalari quyidagi qisqartmalar bilan belgilandi: X-KSH (Cr_2O_3-KSH), T-KSH (Fe_2O_3-KSH), XT-KSH (Cr_2O_3+Fe_2O_3-KSH), R-KSH (ZnO-KSH), K-KSH (CdO-KSH), KXAKSH (CdO+Cr_2O_3-KSH), KRAKSH (CdO+ZnO-KSH), XRAKSH (Cr_2O_3+ZnO-KSH), KRXKSH (CdO+ZnO+Cr_2O_3-KSH). Raqam (5, 10, 13, 15, 20, 25) faol oksidlar yig‘indisining katalizator tarkibidagi nominal og‘irlik ulushiga (% da) mos keladi.

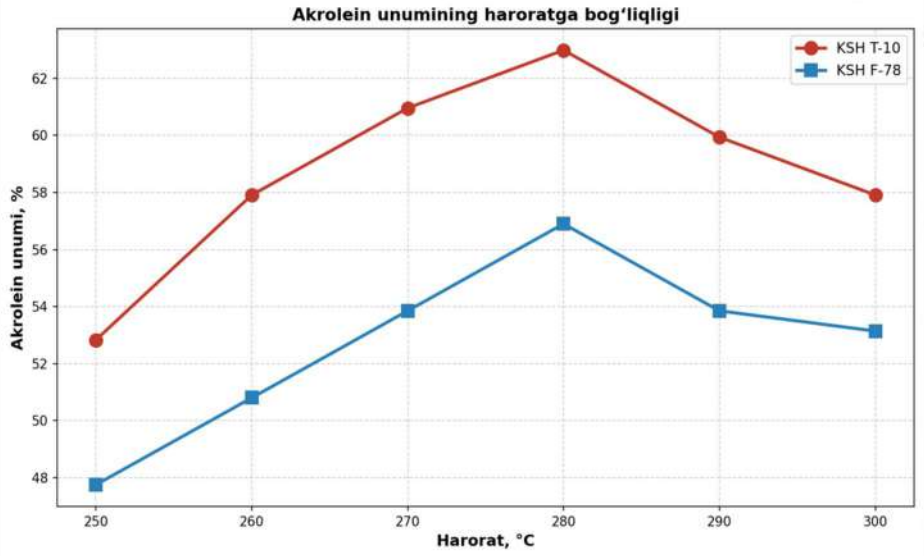
Akrolein, asetonitril va piridin asoslari sintezi gaz fazada qattiq qatlamli kvars-shisha reaktorlarda olib borildi (ichki diametr 12 mm, balandlik 250 mm, elektr isitgich bilan jihozlangan). Katalizator hajmi 5 ml; reagentlarning kontaktor vaqti 2–4 soniya. Reaksiya haroratlari: akrolein uchun 250–300°C; asetonitril uchun 300–400°C; piridin asoslari uchun 360–440°C oralig‘ida boshqarildi. Reagentlarning o‘zaro nisbatlari: piridin asoslari sintezi uchun $CH_3CHO:NH_3$ = 1:1,5; atsetilen+ammiak+metanol kondensatsiyasi uchun $C_2H_2:NH_3:CH_3OH$ = 1:2:1.

Mahsulotlar gaz xromatografiyasi (Chromatec Crystal-5000.2, FID detektor) va gaz xromatografiya-mass-spektrometriya (GC-MS, Agilent 7890-5975C) usullarida sifat va miqdoriy jihatdan tahlil qilindi. Har bir tajriba uchta marotaba takrorlandi va o‘rtacha qiymat keltirildi (standart og‘ish ±1,2%). Reaksiyalar muvozanat-stasionar holatga yetganidan so‘ng 5 daqiqalik intervallar bilan ketma-ket 3 ta nuqta olindi va o‘rtacha unum hisoblandi. Mahsulot unumi mol-foiz hisobida boshlang‘ich karbonil reagentga (atsetaldegid yoki propilen) nisbatan hisoblandi. Maqolada quyidagi qisqartmalar ishlatiladi: α-P — α-pikolin; β-P — β-pikolin; γ-P — γ-pikolin; ACN — asetonitril; MEP — metiletilpiridin; q.m. — qora moddalar (yon mahsulotlar).

NATIJALAR VA MUHOKAMALAR.

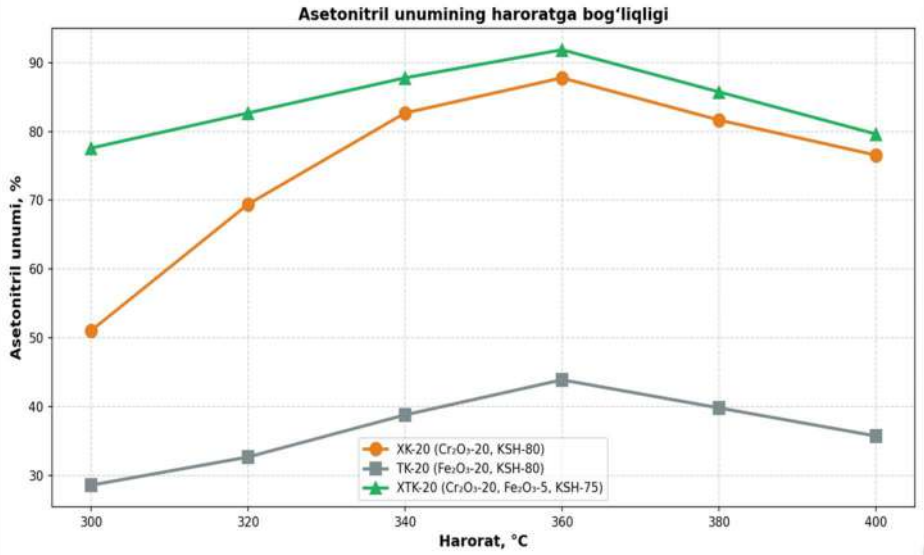
ISSN 3030-3907

KSH T-10 (yuqori temir oksidli) va KSH F-78 (kamroq temir oksidli) katalizatorlari bilan akrolein sintezi 250–300°C oralig‘ida o‘rganildi (1-jadval, 1-rasm). KSH T-10 da 280°C da maksimal akrolein unumi 62,99% qayd etildi, biroq harorat oshganida “boshqa moddalar” (yon mahsulotlar) ulushi monoton ortdi (250°C: 13,80% → 300°C: 28,58%).



1-rasm. Akrolein unumining haroratga bog‘liqligi (KSH T-10 va KSH F-78)

KSH T-10 katalizatori KSH F-78 dan har bir haroratda 6,09% ga yuqori unum berdi. Akroleinni 280°C dan oshirib qizdirilganda yon reaksiyalar (akril kislotasiga oksidlanish, polimerlanish) faollashadi va selektivlik pasayadi.

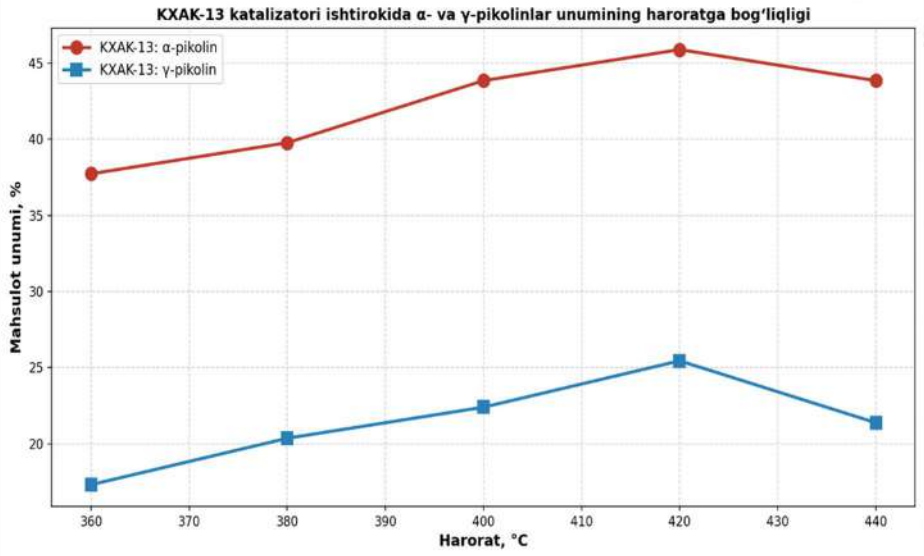


2-rasm. Asetonitril unumining haroratga bog‘liqligi

Asetonitril unumining haroratga bog‘liqligi XK-20 (Cr_2O_3-20%, KSH-80%), TK-20 (Fe_2O_3-20%, KSH-80%) va XTK-20 (Cr_2O_3-20%, Fe_2O_3-5%, KSH-75%) katalizatorlari uchun 300–400°C oralig‘ida o‘rganildi (2-rasm). Barcha uch katalizator uchun optimal harorat — 360°C bo‘lib, XTK-20 da 91,87% qayd etildi.

ISSN 3030-3907

KXAKSH-13 (CdO-13%, Cr_2O_3-5%, KSH-82%) ikkilamchi modifikatsiyali kompozit katalizator uchun peptizator tabiatining ta'siri taqqoslandi. H_3PO_4 peptizatori bilan jami pikolinlar unumi 71,18% (α-P 45,68% + γ-P 25,50%), q.m. esa 16,65% gacha pasaydi — bu butun pikolin sintezi tadqiqotidagi eng yuqori selektivlik darajasidir.



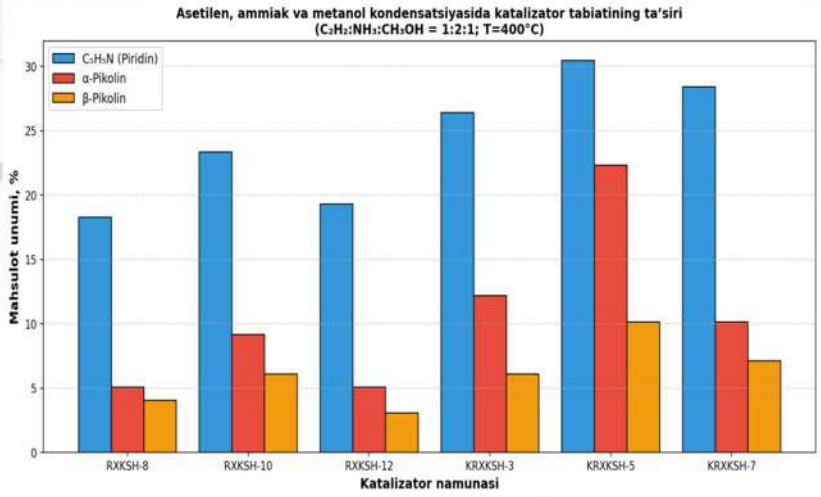
3-rasm. KXAK-13 katalizatori ishtirokida α- va γ-pikolinlar unumining haroratga bog'liqligi

Pikolinlar unumining haroratga bog'liqligi KXAK-13 katalizatori uchun 360–440°C oralig'ida o'rganildi va 420°C optimal harorat sifatida aniqlandi: α-P 45,90%, γ-P 25,45%, q.m. 28,65% (3-rasm).

To'rtta turli difaol kompozit katalizator (KXAKSH-13, KRAKSH-13, XRAKSH-13) ning samaradorligi 420°C da taqqoslandi (6-jadval). KXAKSH-13 (CdO+Cr_2O_3) — Σ maqsadli mahsulotlar 83,22% (α-P 45,68%, γ-P 25,38%, ACN 4,06%, MEP 8,10%) bilan eng yuqori natijani ko'rsatdi.

Atsetilen, ammiak va metanolning bug' fazadagi katalitik kondensatsiyasi (C_2H_2:NH_3:CH_3OH = 1:2:1, T=400°C) RXKSH va KRXKSH guruhlari uchun o'rganildi (7-jadval, 4-rasm). KRXKSH-5 (CdO-5%, ZnO-10%, Cr_2O_3-3%, KSH-82%) katalizatori eng yuqori natijani berdi: piridin C_5H_5N — 30,45%, α-P — 22,33%, β-P — 10,15%, γ-P — 3,04%, jami maqsadli mahsulotlar — 65,97%, q.m. — 34,03%.

ISSN 3030-3907



4-rasm. Atsetilen, ammiak va metanol kondensatsiyasida katalizator tabiatining ta'siri

Olingan natijalar piridin asoslari sintezida katalizator tarkibining muhim rolini ko‘rsatdi. XTK-20 katalizatorining (Cr_2O_3-20%, Fe_2O_3-5%, KSH-75%) asetonitril sintezida 91,87% unum berishi — sinergetik ta’sirining yorqin namunasi: faqat Cr_2O_3 bilan (X-KSH-20) 87,38%, faqat Fe_2O_3 bilan (T-KSH-20) 43,69%, lekin ularning kompozitsiyasi — 91,98%. Cr_2O_3 Lewis kislotasi sifatida atsetaldegidning karbonilini polyarizatsiya qilib dehydrogenizatsiyani ta’minlaydi, Fe_2O_3 esa redoks-faol komponent (Fe^{3+}/Fe^{2+} juftligi) bo‘lib, elektron tashish jarayoniga ko‘mak beradi [2, 3]. Bu ikki oksidning birgalikdagi ishlashi tanho ravishda erishib bo‘lmaydigan natijalarga olib keladi.

Pikolinlar sintezi uchun KXAKSH-13 katalizatorining (CdO-13%, Cr_2O_3-5%, KSH-82%) yuqori samaradorligi (Σ pikolinlar 71,18%) CdO va Cr_2O_3 ning sinergetik ta’siri tufayli yuzaga keladi: CdO yumshoq Lewis kislotasi sifatida ammiakni koordinatsiyalaydi (NH_3 bilan barqaror Cd–NH_3 kompleksi), Cr^{3+} esa atsetaldegidning karbonil guruhini polyarizatsiya qiladi va dehydrogenizatsiyani jadallashtiradi. Birgalikda ular siklik kondensatsiyani aniq yo‘naltirib piridin halqasining hosil bo‘lishini ta’minlaydi [3]. CdO miqdori bo‘yicha ham vulkan-shaklidagi bog‘liqlik kuzatildi: 9% — α-P 33,50%, 11% — 38,57%, 13% — 41,62% (maksimum), 15% — 37,56% (pasayadi). Bu CdO ning 13% miqdorida KSH yuzasidagi Lewis kislotali Cd^{2+} markazlarining optimal dispersiyasiga erishilishi bilan izohlanadi.

Peptizator tabiatining ta’sirini taqqoslash shuni ko‘rsatdiki, piridin asoslari sintezida samaradorlik tartibi: H_3PO_4 > HCl > HNO_3 > CH_3COOH. H_3PO_4 bilan jami pikolinlar unumi 71,18% bo‘lsa, CH_3COOH bilan atigi 42,69% — farq deyarli 1,67 marta. H_3PO_4 ning ustunligi shundaki, fosfat anioni (PO_4^{3-}) KSH yuzasidagi metall ionlari (Cd^{2+}, Cr^{3+}) bilan barqaror koordinatsion komplekslar hosil qiladi va ularni dispers holatda saqlaydi. Bundan tashqari, fosfor saqlovchi

ISSN 3030-3907

katalizatorlar dehydratsiyalanish, dehydrogenizatsiya va kondensatsiya reaksiyalari uchun selektiv ekanligi ma'lum [2, 3]. Sirka kislotasining zaif natijasi esa uning kuchsiz peptizator xossalari va zaminoshyo zarralarini bir tekis dispersiyada saqlay olmasligi bilan izohlanadi. Atsetilen+ammiak+metanol kondensatsiyasida KRXKSH-5 ning samaradorligi (Σ piridin asoslari 65,97%) uch komponentli sinergiyaning natijasidir: CdO ammiak bilan koordinatsiya kompleksini hosil qiladi (NH_3 aktivatori), ZnO atsetilenni aktivatsiya qiladi (atsetilenli markazlarni faollashtirish), Cr_2O_3 esa metanol dehidratatsiyasini ta'minlaydi va karbonil-funksional oraliq mahsulotlarni shakllantiradi. CdO miqdori bo'yicha optimum 5% (KRXKSH-5: 30,45%); 3% bo'lganda yetishmaydi (KRXKSH-3: 26,39%), 7% bo'lganda esa qo'shimcha CdO yuzaviy joylashishni bloklaydi (KRXKSH-7: 28,42%). Olingan natijalarni xalqaro miqyosda chop etilgan adabiyotlar bilan taqqoslash shuni ko'rsatadiki, KSH-asosli kompozit katalizatorlarning asetonitril sintezidagi 91,87% va pikolinlar sintezidagi 71,18% unumi an'anaviy sanoat katalizatorlari (Al_2O_3-asosli xrom-, sink-, kadmiy katalizatorlari) bilan bir qatorda yoki undan yuqori ko'rsatkichlarga teng [2, 3]. Bu KSH asosli kompozit katalizatorlarning sanoatda piridin asoslari ishlab chiqarish uchun yetarlicha samaradorlikka ega ekanligini isbotlaydi.

Tadqiqotning amaliy ahamiyati — ekologik xavfli kul-shlak chiqindilarini sanoat ahamiyatiga ega katalizatorga aylantirish texnologiyasini taklif qilishdir. Yangi Angren IES kul omborlarida 12 mln tonnaga yaqin to'plangan KSH dan har 1 tonnasidan taxminan 0,5 tonna kompozit katalizator olish mumkin [5]. Tadqiqotning cheklovi — laboratoriya sharoitidagi tajribalar; sanoat reaktorlariga ko'chirishda hajmga bog'liq omillar (issiqlik tarqalishi, kontaktor vaqti, katalizator zichligi, aerodinamik sharoit) qo'shimcha tadqiqlar talab qiladi.

XULOSA.

Yangi Angren IES kul-shlak chiqindilari (KSH) akrolein, asetonitril va piridin asoslari sintezi uchun samarali katalizator zaminostyasi ekanligi tasdiqlandi. Akrolein sintezida optimal katalizator — KSH T-10 bo'lib, 280°C da unum 62,99% ga erishildi; asetonitril sintezida XTK-20 (Cr_2O_3-20%; Fe_2O_3-5%; KSH-75%) 360°C da 91,87% unum ko'rsatdi, bu esa Cr_2O_3 va Fe_2O_3 ning sinergetik ta'sirini (faqat Cr_2O_3 bilan 87,38%, faqat Fe_2O_3 bilan 43,69%) sonli isbotladi. Pikolinlar sintezida eng samarali katalizator — KXAKSH-13 (CdO-13%; Cr_2O_3-5%; KSH-82%) bo'lib, H_3PO_4 peptizatori bilan 420°C da α-pikolin 45,68%, γ-pikolin 25,50%, jami pikolinlar 71,18% va q.m. atigi 16,65% ni tashkil qildi. Peptizatorlarning samaradorlik tartibi H_3PO_4 > HCl > HNO_3 > CH_3COOH ekanligi aniqlandi; H_3PO_4 va CH_3COOH o'rtasidagi farq 1,67 marta (71,18% va 42,69%) bo'lib, bu fosfat anionining KSH yuzasidagi metall ionlari bilan barqaror komplekslar hosil qilishi bilan izohlanadi. Atsetilen, ammiak va metanolning bug'

ISSN 3030-3907

fazadagi kondensatsiyasidan piridin asoslarini olish uchun eng samarali katalizator — KRXKSH-5 (CdO-5%; ZnO-10%; Cr_2O_3-3%; KSH-82%) bo‘lib, 400°C da piridin (C_5H_5N) unumi 30,45%, jami maqsadli mahsulotlar 65,97% qayd etildi, bunda CdO (ammiak koordinatori), ZnO (atsetilen aktivatori) va Cr_2O_3 (metanol dehidratatori) ning sinergetik ta’siri to‘liq namoyon bo‘ldi. Tadqiqot natijalari KSH chiqindilarini sanoat ahamiyatiga ega katalizator zaminostyasiga aylantirish va piridin asoslari sintezini mahalliy resurslar bazasida tashkil etish imkoniyatini sonli isbotladi.

ADABIYOTLAR

1. Юкельсон И.И. Технология основного органического синтеза. — М.: Химия, 1968. — 848 с.
2. Цветков Ю.В. Пиридиновые основания: химия и технология. — М.: Химия, 1988. — 360 с.
3. Колпакова Н.А. Кобальт-, никель- и медьсодержащие катализаторы органического синтеза // Известия Томского политехнического университета. — 2008. — Т. 313, №3. — С. 12–18.
4. Хошимханова М.А., Шарипов Х.Т., Камалов Т.О., Хамдамов Д.Х., Хўжақулов А.М. Исследование элементарной и вещественный сотав золошлаков ТЭС Ангрена // Oriental Renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences. — 2022. — Vol. 2, Issue 11. — P. 671–679.
5. Шарипов Х.Т., Хошимхонова М.А., Камолов Т.О., Бозоров А.Н., Джабаров Б.Т. Актуальности переработки золошлаковых отходов Наво-Ангренской ТЭС // Международная научно-техническая конференция, 16–17 сентября 2021 г. — С. 161–162.
6. Шарипов Х.Т., Камолов Т.О., Туресебеков А.Х., Хамидова Г.С., Борбат В.Ф. Элементный и минералогический состав неорганических компонентов Ангренских углей и золошлаковых отходов. — Чебоксары, 2011. — С. 39–42.
7. Хошимханова М.А., Бозоров А.Н. Анализ химического состава и технологического процесса переработки золошлаковых отходов ТЭЦ // Труды Кольского научного центра РАН. Химия и материаловедение. — 2021. — №2. — С. 268–273.
9. Кизильштейн Л.Я., Дубов Н.В., Шпицглуз А.Л. и др. Компоненты зол и шлаков ТЭС. — М.: Энергоатомиздат, 1993. — 176 с.
10. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Неорганическое вещество углей. — Екатеринбург: УрО РАН, 2002. — 422 с.
11. Sharipov H., Khoshimkhanova M., Kamolov T., Bozorov A., Kiyamova D. Technogenic waste from enterprises of the thermoelectric power stations and

ISSN 3030-3907

metallurgical industries // Journal of Optoelectronics Laser. — ISSN: 1005-0086. — P. 742–749.

12. Камолов Т.О., Ахмедова Ф.С., Абдуллаев О.Х., Хошимханова М.А. Золшлаковые отходы ТЭС — нетрадиционное техногенное сырьё // Международная Узбекско-Белорусская научно-техническая конференция. — 2020. — С. 190–191.

13. Пантелеев В.Г., Ларина Э.А., Мелентьев В.А. и др. Состав и свойства золы и шлака ТЭС: Справочное пособие / Под ред. В.А. Мелентьева. — Л.: Энергоатомиздат, 1985. — 288 с.