ISNN 3030-3907

2026/4
VOLUME 5

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/4 VOLUME 5

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

NEFT SANOATI CHIQINDILARI ASOSIDA SORBENTLAR YARATISHNING ISTIQBOLLARI VA DOLZARB ILMIY MUAMMOLARI

Turdiyev J.Q.
Qarshi davlat texnika universiteti
Panjiyev U.R.
Qarshi xalqaro universiteti
Quyboqarov O.E.
Qarshi davlat texnika universiteti

Annotatsiya. Mazkur maqolada neft sanoati chiqindilari asosida sorbentlar yaratishning ilmiy istiqbollari va ushbu yo‘nalishdagi dolzarb muammolar tahlil qilindi. Neft shlami, sarflangan FCC/RFCC katalizatorlari va sarflangan gidrogenizatsiya katalizatorlari uglerodli, alumosilikatli hamda metall oksidli fazalarni saqlashi sababli sorbentlar va kompozit sorbentlar sintezi uchun istiqbolli ikkilamchi xomashyo sifatida baholandi. Piroliz, ko-piroliz, gidrotermal ishlov, yumshoq aktivatsiya va sirt modifikatsiyasi yordamida bunday chiqindilarni og‘ir metall ionlari, organik ifloslantiruvchilar va neftli oqava suvlarga nisbatan faol materiallarga aylantirish mumkinligi adabiyotlar asosida ko‘rsatildi. Xomashyo tarkibining o‘zgaruvchanligi, toksik komponentlar migratsiyasi, regeneratsiya, granulyatsiya, real oqava suvlarda selektivlik va texnologiyani masshtablash masalalari asosiy ilmiy muammolar sifatida ajratib ko‘rsatildi.

Kalit so‘zlar. neft sanoati chiqindilari, neft shlami, spent FCC katalizatori, spent hydrogenation catalyst, sorbent, kompozit sorbent, adsorbsiya, piroliz, aktivatsiya, regeneratsiya.

Аннотация. В статье проанализированы перспективы и актуальные научные проблемы создания сорбентов на основе отходов нефтяной промышленности. Показано, что нефтешламы, отработанные FCC/RFCC-катализаторы и отработанные гидрогенизационные катализаторы могут рассматриваться как вторичное сырье для получения адсорбентов благодаря наличию углеродистых, алюмосиликатных и оксидно-металлических фаз.

Abstract. This paper discusses the prospects and key scientific challenges of producing sorbents from petroleum industry wastes. Oily sludge, spent FCC/RFCC catalysts and spent hydrogenation catalysts are considered promising secondary resources for carbonaceous, aluminosilicate and composite sorbent design.

KIRISH.

Neft sanoatida qazib olish, tayyorlash, saqlash, tashish va qayta ishlash bosqichlarida katta miqdorda qattiq va yarim qattiq chiqindilar hosil bo‘ladi. Ular orasida neft shlami, rezervuar tubi cho‘kindilari, sarflangan fluid catalytic cracking

ISSN 3030-3907

(FCC) katalizatorlari, residue fluid catalytic cracking (RFCC) katalizatorlari va sarflangan gidrogenizatsiya katalizatorlari alohida o‘rin tutadi [1–5]. Ushbu chiqindilar tarkibida uglevodorodli qoldiqlar, alumosilikatli skelet, metall oksidlar va turli noorganik komponentlar uchrashi sababli ular faqat xavfli chiqindi emas, balki funksional materiallar olish uchun ikkilamchi xomashyo sifatida ham qaralmoqda.

So‘nggi yillarda circular economy va waste-to-resource konsepsiyalari doirasida chiqindilarni adsorbent hamda kompozit sorbentlarga aylantirishga qiziqish ortdi. Adsorbsiya usuli suv va ayrim gaz oqimlarini tozalashda nisbatan sodda, energiya sarfi past va maqsadli modifikatsiya qilinishi mumkin bo‘lgan texnologiya hisoblanadi. Sanoat chiqindilaridan tayyorlangan adsorbentlar esa sorbent tannarxini pasaytirish, chiqindilarni kamaytirish hamda tozalash samaradorligini oshirish imkonini beradi [1, 7].

Mazkur maqolaning maqsadi neft sanoati chiqindilari asosida sorbentlar yaratishning ilmiy istiqbollarini ochib berish, ushbu yo‘nalishdagi asosiy ilmiy muammolarni tizimlashtirish va kelajak tadqiqotlari uchun ustuvor yo‘nalishlarni belgilashdan iborat.

MAVZUNING DOLZARBLIGI.

Mavzuning dolzarbligi birinchi navbatda ekologik xavfsizlik masalasi bilan belgilanadi. Neft shlamlari tarkibida og‘ir organik birikmalar, qatron-asfalt moddalar, suv va mineral zarrachalar bo‘ladi. Sarflangan gidrogenizatsiya katalizatorlarida esa Mo, V, Co, Ni va Al2O3 kabi komponentlar mavjud bo‘lib, ular noto‘g‘ri saqlansa yoki tashlansa ekologik tavakkalni oshiradi [5]. Shu bois bunday oqimlarni foydali sorbent materiallarga aylantirish chiqindini zararsizlantirishning zamonaviy shakli sifatida qaraladi.

Ikkinchi jihat iqtisodiylik bilan bog‘liq. Tayyor aktivlangan ko‘mir, maxsus ion-almashinuvchi smolalar yoki sanoat zeolitlari ko‘pincha yuqori tannarxga ega. Neft chiqindilari esa ishlab chiqarish tizimining o‘zida hosil bo‘ladigan xomashyo bo‘lib, qayta ishlashga yo‘naltirilsa import o‘rnini bosuvchi arzon sorbentlar olish mumkin [2, 3].

Uchinchi jihat ilmiy yangilik imkoniyatidir. Neft sanoati chiqindilarida uglerodli faza, alumosilikat skelet va metall faol markazlar bir vaqtning o‘zida uchrashi sababli ko‘p funksiyali gibrid materiallar yaratish uchun qulay platforma shakllanadi. Bunday tizimlar klassik bir fazali adsorbentlarga nisbatan kengroq funksional imkoniyatlarga ega bo‘lishi mumkin.

Neft shlami asosidagi sorbentlar

Neft shlami asosidagi sorbentlar bo‘yicha eng faol yo‘nalishlardan biri piroliz va ko-piroliz texnologiyalaridir. Ko-pirolizda neft shlami biomassa yoki

ISSN 3030-3907

boshqa uglerodli chiqindilar bilan birga termik qayta ishlanadi, natijada yuzasi rivojlangan, g‘ovak tuzilishga ega biochar tipidagi sorbentlar hosil bo‘ladi [4]. Adabiyotlarda neft koni oqava suvlari uchun bunday materiallarning sezilarli adsorbsion sig‘im ko‘rsatishi qayd etilgan.

Neft shlami asosidagi sorbentlarning ustunligi shundaki, ularda organik qoldiqlar karbonli karkas hosil qilishga xizmat qiladi. Biroq bunday xomashyo tarkibida PAHlar, og‘ir metallar va boshqa toksik aralashmalar bo‘lishi mumkinligi sababli detoksikatsiya va termik barqarorlashtirish rejimlarini to‘g‘ri tanlash ilmiy jihatdan muhimdir [2, 4].

Spent FCC/RFCC katalizatorlari asosidagi sorbentlar

Spent FCC va RFCC katalizatorlari alumosilikatli tabiatga ega bo‘lib, zeolitga o‘xshash ion-almashinuv va sirt komplekslanish xossalarini namoyon etishi mumkin. 2024-yilda RFCC chiqindisidan tayyorlangan adsorbent Cu(II) ionlari uchun 120 mg/g sig‘im ko‘rsatgani, shuningdek yuvish va gidrotermal ishlov bilan V hamda Ni kabi metallarni qisman chiqarib tashlash mumkinligi ko‘rsatildi [2].

Yumshoq aktivatsiya asosida spent FCC katalizatoridan zeolit A tipidagi material olish bo‘yicha natijalar ham yuqori qiziqish uyg‘otmoqda. Mazkur yo‘nalish laboratoriyadan pilot bosqichga yaqinlashayotgani bilan ahamiyatlidir, chunki u chiqindi asosidagi sorbentlar amaliy joriy etilishi mumkinligini ko‘rsatadi [3].

Spent gidrogenizatsiya katalizatorlari va kompozit yondashuv

Spent hydrogenation catalystlar ko‘proq metall qayta tiklash manbai sifatida o‘rganilgan bo‘lsa-da, ularning oksidli-mineral skeleti sorbent tayyorlash uchun ham ahamiyatli bo‘lishi mumkin. Bunda asosiy talab — toksik elementlarni immobilizatsiya qilish va sirtning barqarorligini ta'minlashdir [5].

Adabiyotlar umumiy tahlili eng istiqbolli yo‘nalish sifatida kompozit sorbentlarni ko‘rsatadi. Karbonli charni alumosilikatli yoki inert mineral skelet bilan birlashtirish g‘ovaklik, ion almashinish, sirt funksional guruhlari va mexanik mustahkamlikni bitta tizimda uyg‘unlashtirish imkonini beradi [1, 6, 7].

Tadqiqot yondashuvi va baholash mezonlari

Neft sanoati chiqindilari asosida sorbent yaratishni ilmiy baholash bir necha ketma-ket bosqichlarni talab qiladi: xomashyoni tavsiflash, qayta ishlash rejimini tanlash, hosil bo‘lgan materialning strukturaviy va sirt xususiyatlarini aniqlash, model va real muhitlarda adsorbsion sinovlar o‘tkazish hamda regeneratsiya ko‘rsatkichlarini baholash.

Xomashyoni tavsiflashda namlik, kul miqdori, organik qoldiq ulushi, metall komponentlar va fazaviy tarkib aniqlanadi. Sorbent tayyor bo‘lgach, XRD, FTIR,

ISSN 3030-3907

SEM, BET, TG/DTA, zeta-potensial va element tahlili kabi usullar bilan uning sirt maydoni, g‘ovaklik, funksional guruhlari hamda barqarorligi baholanadi. Adsorbsion tadqiqotlarda esa sig‘im, kinetika, izoterma, selektivlik va qayta tiklanish samaradorligi asosiy mezon bo‘lib xizmat qiladi.



Rasm 1. Xomashyo turlari, qayta ishlash bosqichlari, sorbent sinflari va asosiy ilmiy muammolar o'rtasidagi bog'liqlik sxemasi

Rasm 1. Neft sanoati chiqindilari asosida sorbentlar yaratishning ilmiy-texnologik yo‘nalishlari

Rasm 1 da xomashyo manbalari, ularni qayta ishlash bosqichlari, hosil bo‘ladigan sorbent sinflari hamda ushbu yo‘nalishdagi asosiy ilmiy muammolar o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqlik sxematik tarzda ko‘rsatilgan. Mazkur sxema neft sanoati chiqindilaridan sorbent yaratish jarayonining kompleks tabiati va ko‘p bosqichli tadqiqot yondashuvini aks ettiradi.

Sorbentlar yaratishning ilmiy istiqbollari

1. Circular economy va waste-to-resource konsepsiyasi

Neft sanoati chiqindilaridan sorbent yaratishning eng katta istiqboli circular economy tamoyillariga mos kelishidadir. Bitta texnologik zanjirda hosil bo‘lgan chiqindi keyingi bosqichdagi suv yoki gaz tozalash jarayonida foydalaniladigan mahsulotga aylantiriladi. Bu yondashuv resurs tejamkorligini kuchaytiradi, chiqindilarni kamaytiradi va ekologik izni pasaytiradi [1, 7].

2. Mahalliy xomashyo asosida arzon sorbentlar olish

Mahalliy neft chiqindilaridan foydalanish logistika xarajatlarini qisqartiradi va sorbentlarni import qilishga bo‘lgan ehtiyojni kamaytiradi. RFCC chiqindisidan tayyorlangan adsorbent uchun berilgan iqtisodiy ko‘rsatkichlar ushbu yo‘nalish sanoat nuqtai nazaridan ham real ekanini ko‘rsatadi [2].

3. Funksional modifikatsiya orqali selektivlikni oshirish

Kimyoviy aktivatsiya, sirtga kislorodli yoki fosforli guruhlar kiritish, gidrotermal qayta tuzish va kompozitlash adsorbsion sig‘imni hamda maqsadli

ISSN 3030-3907

selektivlikni oshirishi mumkin. Bu, ayniqsa, og‘ir metall ionlari va organik mikrofloslantiruvchilarga nisbatan maqsadli sorbentlar yaratishda muhimdir [1, 6].

4. Emerging contaminants ga moslashtirilgan materiallar

Yangi avlod sorbentlar klassik Pb2+, Cu2+ yoki Cd2+ ionlaridan tashqari fenollar, bo‘yoqlar, farmatsevtik qoldiqlar va murakkab emulsiyalarni ham ajratishga mos bo‘lishi kerak. Neft chiqindilaridan tayyorlangan kompozit materiallar tarkibiy moslashuvchanligi sababli ushbu yo‘nalishda katta salohiyatga ega [7].

5. Kompozit va gibrid tizimlar

Karbonli charni alumosilikatli skelet bilan yoki metall faol markazlarni inert bog‘lovchi bilan birlashtirish natijasida ko‘p funksiyali sorbentlar yaratish mumkin. Bunday sorbentlar bir vaqtning o‘zida organik ifloslantiruvchilar, metall ionlari va neftli dispers tizimlarga nisbatan faol bo‘lishi mumkin.

1-Jadval.

Neft sanoati chiqindilari asosida sorbentlar yaratishning asosiy istiqbollari

Yo‘nalish	Ilmiy mazmuni	Amaliy ahamiyati
Circular economy	Chiqindini foydali adsorbentga aylantirish orqali ikki tomonlama ekologik samara hosil bo‘ladi.	Chiqindi oqimi kamayadi va tozalash materialining tannarxi pasayadi.
Mahalliy xomashyo	Hududiy neft chiqindilarining tarkibiy xususiyatlaridan foydalanib mos sorbent dizayni yaratiladi.	Import o‘rnini bosuvchi sorbentlar olish imkoniyati oshadi.
Funksional modifikatsiya	Sirt guruhlarini kiritish, aktivatsiya va kompozitlash orqali sig‘im va selektivlik boshqariladi.	Ma'lum ifloslantiruvchi uchun maqsadli material ishlab chiqiladi.
Kompozit sorbentlar	Karbonli va alumosilikatli fazalar bitta tizimda uyg‘unlashtiriladi.	Mexanik mustahkamlik va ko‘p funksiyalilik kuchayadi.

ISSN 3030-3907

Yo‘nalish	Ilmiy mazmuni	Amaliy ahamiyati
Emerging contaminants	Murakkab ko‘p komponentli oqava suvlarga mos sorbentlar yaratiladi.	Yangi ifloslantiruvchi sinflarini samarali tozalashga xizmat qiladi.

Dolzarb ilmiy muammolar

1. Xomashyo tarkibining o‘zgaruvchanligi

Neft sanoati chiqindilarining tarkibi bir xil emas. Neft shlami tarkibi qazib olish yoki qayta ishlash bosqichiga, suv va qum ulushiga, organik moddalarning tabiatiga qarab o‘zgaradi. Spent katalizatorlarda esa metall miqdori, kokslanish darajasi va tashuvchi faza turining farqi kuzatiladi. Shu sababli bir hududda ishlangan texnologiya boshqasida to‘liq takrorlanmasligi mumkin.

2. Toksik elementlarning immobilizatsiyasi

Sludge va spent katalizatorlar tarkibidagi V, Ni, Mo, Co, As yoki boshqa toksik elementlar sorbent tarkibida barqaror holatda ushlanib turishi shart. Aks holda ikkilamchi ifloslanish xavfi yuzaga keladi. Shu sababli piroliz, yuvish, neytrallash va qotirish bosqichlarining optimal rejimlari ilmiy asosda tanlanishi lozim.

3. Regeneratsiya va xizmat muddati

Ko‘plab maqolalarda boshlang‘ich sig‘im ko‘rsatiladi, biroq qayta tiklash sikllari, har bir sikldagi yo‘qotish, sirtning yemirilishi va uzoq muddatli barqarorlik yetarlicha chuqur o‘rganilmagan. Regeneratsiya samaradorligi past bo‘lsa, chiqindidan sorbent olishning ekologik va iqtisodiy foydasi kamayadi.

4. Granulyatsiya va mexanik mustahkamlik

Laboratoriya darajasida olingan kukun holidagi adsorbentlar sanoat adsorberlarida bevosita ishlatishga mos emas. Granula yoki pellet shakliga keltirish, changlanishni kamaytirish va qatlamli ishlashdagi mustahkamlikni oshirish dolzarb texnologik vazifadir.

5. Real oqava suvlarda selektivlik

Aksariyat natijalar model eritmalarda olingan. Real neft sanoati oqava suvlarida esa neft emulsiyalari, sirt faol moddalar, tuzlar, metall ionlari va organik mikroifloslantiruvchilar birga uchraydi. Bunday murakkab tizimlarda sorbentning haqiqiy selektivligi va raqobatbardosh adsorbsiya xatti-harakatlari alohida o‘rganilishi zarur.

6. Texnologiyani masshtablash

ISSN 3030-3907

Laboratoriya natijalarini pilot va sanoat miqyosiga o‘tkazishda energiya sarfi, reagent sarfi, chiqindi suv hosil bo‘lishi, xavfsizlik va iqtisodiy samaradorlik ko‘rsatkichlari o‘zgaradi. Demak, techno-economic assessment va life cycle assessment kabi yondashuvlar bilan birga ishlash talab etiladi.

2-Jadval.

Neft sanoati chiqindilari asosida sorbentlar yaratishdagi asosiy ilmiy muammolar va yechim yo‘nalishlari

Muammo	Mazmuni	Tadqiqot yo‘nalishi
Xomashyo o‘zgaruvchanligi	Tarkib, namlik va faol komponentlar farqlanadi.	Standart tasniflash va oldindan tavsiflash protokollarini ishlab chiqish.
Toksiklik	Metall va toksik organiklar migratsiyasi xavfi saqlanadi.	Detoksikatsiya va immobilizatsiya mexanizmlarini chuqur o‘rganish.
Regeneratsiya	Qayta foydalanish sikllarida faollik pasayishi mumkin.	Samarali regeneratsiya reagentlari va yumshoq termik rejimlarni tanlash.
Shakl berish	Kukun sorbentlar sanoat uchun noqulay.	Granulyatsiya, pelletlash va bog‘lovchi tizimlarni optimallashtirish.
Real muhitda ishlash	Model natija real oqava suvga mos kelmasligi mumkin.	Ko‘p komponentli tizimlarda dinamik kolonka sinovlari o‘tkazish.
Masshtablash	Energiya va reagent sarfi ortishi mumkin.	Texnik-iqtisodiy va ekologik baholashni tajriba bilan bog‘lash.

MUHOKAMA. Adabiyotlar tahlili neft sanoati chiqindilaridan sorbent yaratish ikki tomonlama samaraga ega ekanini ko‘rsatadi: bir tomondan xavfli yoki muammoli chiqindi oqimi kamayadi, ikkinchi tomondan suv va ayrim gaz muhitlarini tozalash uchun yangi funksional material olinadi. Biroq bu yo‘nalishda adsorbsion sig‘im ko‘rsatkichining o‘zi yetarli mezon emas. Xavfsizlik,

ISSN 3030-3907

regeneratsiya, uzoq muddatli barqarorlik, mexanik mustahkamlik va sanoatga joriy etish imkoniyati ham teng darajada muhimdir.

Kelajakdagi eng muhim vazifa — maqsadli ifloslantiruvchi uchun maqsadli material dizaynini yaratishdir. Og‘ir metall ionlari uchun ion-almashinuv markazlari boy alumosilikat-kompozitlar, organik mikroifloslantiruvchilar uchun esa karbonli va gidrofob sirtli tizimlar ko‘proq samarali bo‘lishi mumkin. Shu sababli kompozitlash, sirt modifikatsiyasi va strukturani boshqarish ushbu yo‘nalishning tayanch ilmiy konsepsiyasiga aylanmoqda.

Bundan tashqari, kelajakda neft sanoati chiqindilaridan olingan sorbentlar bo‘yicha normativ baholash mezonlari, xavfsizlik protokollari va sinov standartlarini shakllantirish ham zarur bo‘ladi. Bunday standartlar bo‘lmasa, laboratoriyada olingan ijobiy natijalarni sanoat amaliyotiga o‘tkazish qiyinlashadi.

XULOSA.

Xulosa qilib aytganda, neft sanoati chiqindilari asosida sorbentlar yaratish zamonaviy ekologik materialshunoslik va resurs tejamkor texnologiyalar kesishgan nuqtadagi istiqbolli ilmiy yo‘nalish hisoblanadi.

Neft shlami karbonli sorbentlar uchun, spent FCC/RFCC katalizatorlari alumosilikatli va zeolit-simon sorbentlar uchun, spent gidrogenizatsiya katalizatorlari esa maxsus kompozit tizimlar uchun qiymatli prekursor bo‘lib xizmat qilishi mumkin.

Shu bilan birga, xomashyo tarkibining beqarorligi, toksik elementlarning migratsiyasi, regeneratsiya, granulyatsiya, real oqava suvlarda selektivlik va texnologiyani masshtablash kabi masalalar ushbu sohada hal qilinishi lozim bo‘lgan asosiy ilmiy muammolardir.

Kelajakda ushbu yo‘nalishning eng samarali modeli detoksikatsiya qilingan chiqindilar asosida ko‘p funksiyali, regeneratsiyalanadigan va sanoatda ishlatishga mos kompozit sorbentlar yaratish bilan bog‘liq bo‘ladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Liu G., Li Y., Hou J., Wang Y., Lin D. A review on the industrial waste based adsorbents for the removal of pollutants from water: Modification methods and adsorption study // Resources, Environment and Sustainability. 2025. Vol. 19. Art. 100183.

2. Chen Y.-C., Yang W.-X., Yang J.-Y. va boshq. Recycling of a spent residue-fluid-catalytic cracking catalyst into an adsorbent for the removal of copper(II) ions from wastewater // Journal of Environmental Chemical Engineering. 2024. Vol. 12. Art. 114566.

3. Wang B. va boshq. Mild activation of spent fluid catalytic cracking (FCC) catalysts for the pilot synthesis of zeolite A with commercial quality and excellent

ISSN 3030-3907

Co2+ removal ability // Chemical Engineering Journal. 2024. Vol. 490. Art. 151733.
4. Chen S., Zhang L., Shen Z., Sun Y.-K. Co-pyrolysis of oily sludge and wheat straw to prepare oilfield produced water biochar adsorbent // Desalination and Water Treatment. 2025. Vol. 323. Art. 101344.
5. Zhao L. va boshq. Recovery technology of spent hydrogenation catalysts: A review // Science of the Total Environment. 2024. Vol. 953. Art. 176127.
6. Cui Z. va boshq. A critical review of sludge-based adsorbents: Application, recovery, regeneration, sustainable management, and feasibility assessment // Bioresource Technology. 2025/2026.
7. Rangappa H.S. va boshq. Industrial waste-based adsorbents as a new trend for removal of water-borne emerging contaminants // Environmental Pollution. 2024. Vol. 343. Art. 123140.

ISSN 3030-3907