

## MAHALLIY KO'MIR QATRONI TARKIBIDAN GETEROSIKLIK BIRIKMALARNI AJRATIB OLISHNING ZAMONAVIY TEXNOLOGIYALARI

*Erkinov Hikmat G'ayrat O'g'li*

*Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat  
texnika universiteti doktoranti,  
O'zbekiston Respublikasi, Toshkent shahri*

*Xoliqova Sevara Djasurjonova*

*Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat  
texnika universiteti dotsenti,  
O'zbekiston Respublikasi, Toshkent shahri*

### **Annotatsiya**

Maqolada mahalliy ko'mir qatroni tarkibidan geterosiklik birikmalarni ajratib olishning zamonaviy texnologik yondashuvlari tahlil qilindi. Ko'mir qatroni murakkab ko'p komponentli xomashyo bo'lib, uning tarkibida policiklik aromatik uglevodorodlar bilan bir qatorda azot, kislorod va oltingugurt tutgan geterosiklik birikmalar ham uchraydi. Bunday birikmalar, xususan piridin, xinolin, indol, karbazol, akridin, benzofuran va tiofen hosilalari farmatsevtika, bo'yoq moddalar, agroximikatlar, korroziya ingibitorlari, polimer qo'shimchalari hamda maxsus organik sintez mahsulotlari uchun qimmatli oraliq mahsulotlar hisoblanadi. Shu bilan birga, ular katalizatorlarni zaharlashi, gidrotozalash jarayonlarida energiya sarfini oshirishi va ekologik xavf tug'dirishi sababli qatronni chuqur qayta ishlashdan oldin selektiv ajratish talab etiladi. Ishda fraksion haydash, kislota-ishqorli ekstraksiya, organik erituvchilar bilan ekstraksiya, ion suyuqlilari, chuqur evtektik erituvchilar, adsorbsion ajratish, membranali jarayonlar, kristallash va katalitik gidrodenitrogenlash usullari ilmiy-texnologik nuqtayi nazardan baholandi. Mahalliy ko'mir qatroni uchun ko'p bosqichli, resurs-tejamkor va ekologik xavfsiz texnologik sxema taklif qilindi: dastlabki suvsizlantirish va fraksiyalash, maqsadli fraksiyalarni selektiv ekstraksiyalash, adsorbsion tozalash, kristallash yoki qayta haydash orqali yakuniy tozalash hamda erituvchilarni regeneratsiya qilish. Tahlil natijalari shuni ko'rsatadiki, mahalliy xomashyo uchun bitta universal usul yetarli emas; yuqori selektivlikka erishish uchun ekstraksiya, adsorbsiya va past haroratli fraksion ajratish integratsiyalangan holda qo'llanishi maqsadga muvofiq.

**Kalit so'zlar:** ko'mir qatroni, geterosiklik birikmalar, piridin, xinolin, indol, karbazol, selektiv ekstraksiya, ion suyuqlilari, chuqur evtektik erituvchilar, adsorbsiya, texnologik baholash.

## Kirish

Ko'mir qatroni ko'mirni kokslash yoki piroliz qilish jarayonida hosil bo'ladigan murakkab suyuq organik xomashyo bo'lib, u aromatik uglevodorodlar, fenollar, smolasimon komponentlar, kislorodli, azotli va oltingugurtli geteroatomli birikmalarni o'z ichiga oladi. Qatron tarkibining murakkabligi uning kimyoviy qiymatini pasaytirmaydi, aksincha, uni yuqori qo'shimcha qiymatli mahsulotlar olish uchun istiqbolli manba sifatida ko'rsatadi. Ammo bunday xomashyoni to'g'ridan-to'g'ri qayta ishlash samarali emas, chunki yaqin qaynash haroratiga ega komponentlar, molekulalararo assotsiatsiya, smolali moddalarning mavjudligi va geteroatomli birikmalarning yuqori reaktivligi ajratish jarayonini murakkablashtiradi.

Geterosiklik birikmalar molekula halqasida uglerod atomlari bilan birga azot, kislorod yoki oltingugurt atomlarini tutishi bilan tavsiflanadi. Ko'mir qatronida azot tutgan geterosiklik birikmalar orasida piridin, pikolin, xinolin, izoxinolin, indol, karbazol va akridin hosilalari muhim o'rin egallaydi. Kislorod tutgan birikmalarga benzofuran, kumaron va fenol hosilalari; oltingugurt tutgan birikmalarga esa tiofen, benzotiofen va dibenzotiofen hosilalari kiradi. Ularning ayrimlari sanoat uchun qimmatli mahsulot bo'lsa, ayrimlari yoqilg'i, elektrod materiali yoki uglerodli material olish jarayonida zararli aralashma sifatida namoyon bo'ladi.

Mahalliy ko'mir resurslaridan samarali foydalanish O'zbekiston sanoati uchun dolzarb masaladir. Angren, Sharg'un va Boysun kabi ko'mir havzalari energetika, qurilish materiallari va kimyo sanoati uchun xomashyo bazasini shakllantiradi. Biroq ko'mirni faqat yoqilg'i sifatida ishlatish uning kimyoviy salohiyatidan to'liq foydalanishga imkon bermaydi. Ko'mirni kokslash, piroliz qilish va qatronni chuqur qayta ishlash orqali mahalliy xomashyo asosida import o'rnini bosuvchi organik reagentlar, erituvchilar, monomerlar, ingibitorlar va maxsus qo'shimchalar olish mumkin.

Mazkur maqolaning maqsadi mahalliy ko'mir qatroni tarkibidan geterosiklik birikmalarni ajratib olishda qo'llaniladigan zamonaviy texnologiyalarni tahlil qilish, ularning afzallik va cheklovlarini baholash hamda mahalliy xomashyo sharoitiga mos integratsiyalangan texnologik yondashuvni asoslashdan iborat.

Tadqiqotning uslubiy yondashuvi

Ushbu maqola sharh-tahliliy xarakterga ega bo'lib, unda ko'mir qatroni va uning fraksiyalaridan geterosiklik birikmalarni ajratish bo'yicha ilmiy adabiyotlar, sanoat tajribasi hamda texnologik baholash mezonlari umumlashtirildi. Tahlil quyidagi mezonlar asosida olib borildi: selektivlik, ajratish darajasi, mahsulot tozaligi, erituvchi yoki reagent sarfi, regeneratsiya imkoniyati, ekologik xavfsizlik, energiya tejamkorligi, sanoatga joriy etish qulayligi va mahalliy xomashyo tarkibiga moslashuvchanlik.

Ajratish jarayonini baholashda ekstraksiya samaradorligi, taqsimlanish koeffitsienti va selektivlik koeffitsienti asosiy texnologik ko'rsatkichlar sifatida qaraladi. Ekstraksiya samaradorligi  $E = (C_0 - C_1)/C_0 \times 100\%$  ko'rinishida ifodalanadi; bu yerda  $C_0$  - dastlabki xomashyodagi maqsadli komponent konsentratsiyasi,  $C_1$  - ekstraksiyadan keyingi qoldiq konsentratsiya. Taqsimlanish koeffitsienti  $D = C_{ekstrakt}/C_{rafinat}$  orqali, ikki komponent bo'yicha selektivlik esa  $\beta = D_i/D_j$  orqali baholanadi. Amaliy texnologiyada bu ko'rsatkichlar faqat laboratoriya natijasi emas, balki erituvchini qayta ishlatish, fazalar ajralishi tezligi va korroziyaga ta'sir bilan birga tahlil qilinishi kerak.

Maqolada laboratoriya natijalari keltirilmaganligi sababli asosiy e'tibor texnologik tanlash mezonlari va ratsional sxema ishlab chiqishga qaratildi. Kelgusida mahalliy qatron namunalarida GC-MS, FTIR, element tahlili, kislota-asos titrlash, fraksion haydash va model ekstraksiya sinovlari o'tkazilishi maqolaning tajribaviy qiymatini sezilarli oshiradi.

Ko'mir qatronidagi geterosiklik birikmalar va ularning sanoat ahamiyati

Ko'mir qatronining eng qimmatli qismi uning yengil, o'rta va og'ir fraksiyalarida jamlangan aromatik hamda geterosiklik komponentlaridir. Odatda yengil fraksiyada piridin asoslari, benzol-toluol-kxilol qatori birikmalari, fenol va krezollar uchrasa, o'rta fraksiyalarda naftalin, xinolin, indol, kumaron, benzofuran va ularning alkil hosilalari ko'proq bo'ladi. Og'ir fraksiyalarda karbazol, akridin, fenantren, antratsen, dibenzofuran, dibenzotiofen va yuqori kondensirlangan aromatik strukturalar miqdori ortadi.

### 1-jadval. Ko'mir qatronida uchraydigan asosiy geterosiklik birikmalar

Guruh	Tipik vakillar	Qatron fraksiyasi	Sanoat ahamiyati
Azotli asosli birikmalar	Piridin, pikolin, xinolin, izoxinolin, akridin	Yengil va o'rta fraksiyalar	Organik sintez, farmatsevtika oraliq mahsulotlari, korroziya ingibitorlari
Azotli neytral birikmalar	Indol, karbazol, pirrol hosilalari	O'rta va og'ir fraksiyalar	Bo'yoq moddalar, pigmentlar, optik va elektrotexnik materiallar
Kislorodli geterosikllar	Benzofuran, kumaron, dibenzofuran	Yengil-o'rta va og'ir fraksiyalar	Polimer smolalar, maxsus qo'shimchalar, organik sintez

Guruh	Tipik vakillar	Qatron fraksiyasi	Sanoat ahamiyati
Oltinugurtli geterosikllar	Tiofen, benzotiofen, dibenzotiofen	O'rta va og'ir fraksiyalar	Desulfurizatsiya obyektlari, model birikmalar, katalitik tadqiqotlar

Jadvaldan ko'rinadiki, geterosiklik birikmalarni faqat zararli aralashma sifatida baholash noto'g'ri. Ular ko'mir qatronini yuqori qo'shimcha qiymatli kimyoviy xomashyoga aylantiruvchi asosiy resurs hisoblanadi. Shuning uchun texnologik vazifa ikki yo'nalishda hal qilinadi: birinchisi - qatronni gidrogenlash yoki yoqilg'i sifatida ishlatishdan oldin geteroatomli birikmalarni kamaytirish; ikkinchisi - maqsadli birikmalarni alohida mahsulot sifatida ajratib, ularning tozaligini oshirish.

#### Fraksion haydash va rektifikatsiya

Fraksion haydash ko'mir qatronini dastlabki ajratishning eng muhim bosqichi hisoblanadi. U qaynash harorati diapazonlari bo'yicha yengil moy, fenolli fraksiya, naftalin fraksiyasi, yuvish moyi, antratsen moyi va pitch qoldig'ini olish imkonini beradi. Biroq ko'p geterosiklik birikmalarning qaynash harorati aromatik uglevodorodlar bilan yaqin bo'lgani uchun oddiy haydash yuqori tozalikka olib kelmaydi. Masalan, indol va metilnaftalin hosilalari, karbazol va antratsen, dibenzofuran va fenantren qaynash harorati hamda qutblanish xossalari jihatidan yaqin bo'lib, ular uchun qo'shimcha selektiv ajratish bosqichi talab qilinadi.

Shu sababli fraksion haydash mustaqil yakuniy texnologiya emas, balki maqsadli fraksiyani toraytiruvchi tayyorlov bosqichi sifatida ko'rilishi kerak. Mahalliy qatronlar uchun avval 180-230 °C, 230-280 °C, 280-340 °C va 340 °C dan yuqori fraksiyalarni ajratish, so'ng har bir fraksiya bo'yicha alohida ekstraksiya yoki adsorbtsiya tanlash maqsadga muvofiq.

#### Kislota-ishqorli ekstraksiya

Kislota-ishqorli ekstraksiya ko'mir qatronidagi fenollar, asosli azot birikmalari va ayrim qutbli komponentlarni ajratishning klassik usulidir. Fenollar ishqor eritmalarida fenolyatlar hosil qilib suvli fazaga o'tadi; piridin va xinolin kabi asosli azot birikmalari kislotalar bilan tuz hosil qiladi. Keyinchalik pH ni o'zgartirish orqali ular qayta ajratiladi. Usulning asosiy afzalligi - soddalik va arzon reagentlar mavjudligi. Biroq kamchiliklari ham jiddiy: korroziya, tuzli oqova suvlar hosil bo'lishi, emulsiya paydo bo'lishi, neytral azotli birikmalarni to'liq ajrata olmaslik va ko'p bosqichli yuvish zarurati.

Mahalliy sharoitda ushbu usul faqat dastlabki deasidlash yoki asosli birikmalarni qo'pol ajratish uchun qo'llanishi mumkin. Agar maqsad yuqori tozalikdagi indol yoki karbazol olish bo'lsa, kislota-ishqorli sxema yetarli bo'lmaydi va uni selektiv erituvchi, kristallash yoki adsorbtsion tozalash bilan to'ldirish zarur.

### Organik erituvchilar bilan selektiv ekstraksiya

Selektiv erituvchilar bilan ekstraksiya geterosiklik birikmalarni ajratishda eng moslashuvchan usullardan biridir. Formamid, dimetilformamid, N-metil-2-pirrolidon, furfural, sulfolan, metanol-tetrahidrofuran aralashmalari va boshqa qutbli erituvchilar maqsadli birikmalar bilan vodorod bog'i, dipol-dipol yoki kislota-asos o'zaro ta'siri hosil qilib, ularning ekstrakt fazaga o'tishini kuchaytiradi. Ayniqsa indol, karbazol va xinolin hosilalarida azot atomining elektron jufti yoki N-H bog'i selektiv ajratish uchun muhim markaz vazifasini bajaradi.

Ushbu usulning kuchli tomoni - jarayon sharoitlarining nisbatan yumshoqligi, apparatlarning sanoatda ma'lumligi va bir nechta fraksiyaga moslashuvchanligidir. Zaif tomoni esa erituvchining toksikligi, yo'qotilishi, regeneratsiya energiyasi va ba'zan selektivlikning yetarli emasligidir. Shu sababli mahalliy texnologiyada erituvchi tanlash faqat laboratoriya samaradorligi bilan emas, balki narxi, qayta aylantirish darajasi va ekologik xavfsizligi bilan baholanishi kerak.

### Ion suyuqliklari

Ion suyuqliklari past uchuvchanlik, tuzilmasini maqsadga mos loyihalash va geteroatomli birikmalar bilan kuchli o'zaro ta'sirlashish imkoniyati sababli ko'mir qatroni fraksiyalaridan azotli birikmalarni ajratishda istiqbolli hisoblanadi. Ularning kation va anion qismini o'zgartirish orqali piridin, xinolin, anilin, indol yoki karbazolga nisbatan selektivlikni oshirish mumkin. Masalan, kislotali funksional guruhlarga ega ion suyuqliklari asosli azot birikmalarini kuchliroq bog'laydi, vodorod bog'i donor-akseptor markazlari esa indol va karbazol kabi neytral birikmalarni ajratishda yordam beradi.

Biroq ion suyuqliklari hali ham sanoatda keng joriy etish uchun iqtisodiy va texnologik cheklovlarga ega: ayrimlari qimmat, yopishqoqligi yuqori, fazalar ajralishini sekinlashtiradi, to'liq regeneratsiya talab qiladi. Shuning uchun ularni mahalliy ko'mir qatroni uchun to'g'ridan-to'g'ri katta tonnajli jarayonga emas, balki yuqori qiymatli fraksiyalarni chuqur tozalash bosqichiga kiritish mantiqan to'g'riroq.

### Chuqur evtektik erituvchilar

Chuqur evtektik erituvchilar vodorod bog'i donori va akseptori aralashmasidan hosil bo'ladigan, ko'pincha arzonroq va ekologik jihatdan maqbulroq erituvchi tizimlaridir. Xolin xlorid, organik kislotalar, karbamid, glitserin, etilenglikol va boshqa komponentlar asosidagi tizimlar fenollar, indollar, xinolinlar va karbazollarni ajratishda o'rganilmoqda. Ularning asosiy afzalligi - tarkibni oson modifikatsiyalash, past bug' bosimi va nisbatan xavfsiz komponentlardan foydalanish imkoniyatidir.

Mahalliy qatron uchun chuqur evtektik erituvchilar texnologik jihatdan ayniqsa qiziqarli, chunki ular kislota-ishqorli yuvishdagi ko'p miqdordagi tuzli oqovalarni kamaytirishi mumkin. Ammo real qatron fraksiyalari model aralashmalarga qaraganda murakkabroq bo'ladi; smolali komponentlar, fenollar va policiklik aromatik

uglevodorodlar erituvchi selektivligiga salbiy ta'sir qilishi mumkin. Shu sababli avval model aralashmada emas, haqiqiy mahalliy fraksiyada taqsimlanish koeffitsienti, fazalar ajralish va erituvchini qayta ishlatish sikllari tekshirilishi shart.

#### Adsorbtsion ajratish

Adsorbtsiya ko'mir qatronidan qutbli va aromatik geterosiklik birikmalarni ajratishda kuchli qo'shimcha bosqich hisoblanadi. Faollashtirilgan ko'mir, silikagel, alumina, zeolitlar, mezog'ovak uglerod materiallari va funkcionallashgan sorbentlar geterosiklik molekullarni  $\pi$ - $\pi$  o'zaro ta'sir, vodorod bog'i, kislota-asos markazlari yoki g'ovak o'lchamiga mos kelish mexanizmlari orqali ushlab qoladi. Adsorbtsiya ayniqsa ekstraksiyadan keyingi rafinat yoki ekstrakti yakuniy tozalashda samarali bo'lishi mumkin.

Usulning asosiy cheklovi - sorbent regeneratsiyasi, smolali moddalarning g'ovaklarni berkitishi va katta hajmdagi qatron fraksiyalarida bosim yo'qotilishidir. Shuning uchun adsorbentni to'g'ridan-to'g'ri xom qatronga emas, balki avval suvsizlantirilgan, filtrlangan va fraksiyalangan oqimga qo'llash kerak. Mahalliy sharoitda arzon adsorbent sifatida faollashtirilgan ko'mir, modifikatsiyalangan bentonit yoki oksidli sorbentlar istiqbolli bo'lishi mumkin.

#### Membranali ajratish

Membranali texnologiyalar organik aralashmalarni molekula o'lchami, qutblanishi yoki diffuziya tezligi bo'yicha ajratishga asoslanadi. Ular past haroratda ishlashi va uzluksiz jarayonga mosligi bilan qiziq. Ammo ko'mir qatroni yuqori yopishqoqlik, smolali modda va og'ir policiklik komponentlar sababli membranalarni tez ifloslantirishi mumkin. Shu bois membranali usulni xom qatronga emas, balki oldindan tozalangan, past yopishqoqlikli fraksiyaga nisbatan qo'llash maqsadga muvofiq.

#### Kristallash va qayta kristallash

Kristallash indol, karbazol, antratsen va ayrim aromatik-geterosiklik komponentlarni yuqori tozalikda olishda muhim yakuniy bosqichdir. Ekstraksiya yoki haydash orqali boyitilgan fraksiyadan maqsadli modda sovitish, erituvchi qo'shish yoki antierituvchi ta'sirida kristall shaklda ajratiladi. Usul yuqori tozalikka erishishi mumkin, ammo dastlabki fraksiyada maqsadli modda yetarli miqdorda boyitilgan bo'lishi kerak. Aks holda kristallash samaradorligi past bo'ladi.

#### Katalitik gidrodenitrogenlash va gidrotozalash

Agar maqsad geterosiklik birikmalarni alohida mahsulot sifatida olish emas, balki qatron yoki pitchni yoqilg'i, elektrod koksi yoki uglerod materiali uchun tayyorlash bo'lsa, katalitik gidrodenitrogenlash muhim hisoblanadi. Ni-Mo yoki Co-Mo asosidagi katalizatorlar yordamida azotli va oltingugurtli birikmalar parchalanib, mos ravishda ammiak va vodorod sulfidi hosil qiladi. Biroq og'ir qatron fraksiyalaridagi kondensirlangan azotli strukturalar sterik to'siq sababli qiyin

parchalanadi. Jarayon vodorod bosimi, katalizator faolligi va xomashyoning metall hamda smola miqdoriga kuchli bog'liq.

Mahalliy sharoitda gidrotozalash yuqori kapital sarf talab qilgani uchun uni to'liq ajratib olish texnologiyasi o'rniga emas, balki qoldiq og'ir fraksiyalarni zararsizlantirish yoki pitch sifatini yaxshilash bosqichi sifatida qarash maqsadga muvofiq. Qimmatli indol, karbazol yoki xinolin hosilalarini esa gidrodenitrogenlashdan oldin ajratib olish iqtisodiy jihatdan foydaliroq bo'lishi mumkin.

Texnologik baholash

## 2-jadval. Geterosiklik birikmalarni ajratish texnologiyalarining qiyosiy baholanishi

Texnologiya	Afzalligi	Cheklovi	Eng maqbul qo'llanish sohasi	Mahalliy sharoit uchun baho
Fraksion haydash	Sanoatda o'zlashtirilgan, uzluksiz ishlaydi	Yaqin qaynashli komponentlarni toza ajrata olmaydi	Dastlabki fraksiyalash	Majburiy tayyorlov bosqichi
Kislota-ishqorli ekstraksiya	Arzon, oddiy apparatlar talab qiladi	Oqova, korroziya, neytral N-birikmalarga ta'siri past	Fenollar va asosli azot birikmalarini qo'pol ajratish	Cheklangan miqyosda qo'llash mumkin
Qutbli organik erituvchilar	Selektivligi boshqariladi, yumshoq sharoit	Erituvchi toksikligi va regeneratsiya xarajati	Indol, karbazol, xinolin fraksiyalarini boyitish	Asosiy istiqbolli yo'nalish
Ion suyuqliklari	Yuqori selektivlik, past uchuvchanlik	Narx, yopishqoqlik, regeneratsiya muammosi	Yuqori qiymatli komponentlarni chuqur ajratish	Pilot miqyosda sinash maqsadga muvofiq

<b>Texnologiya</b>	<b>Afzalligi</b>	<b>Cheklovi</b>	<b>Eng maqbul qo'llanish sohasi</b>	<b>Mahalliy sharoit uchun baho</b>
Chuqur evtektik erituvchilar	Nisbatan arzon, ekologik maqbul, sozlanadigan tarkib	Haqiqiy qatronlarda selektivlik pasayishi mumkin	Indol/xinolin/karbazolni ekstraksiyalash	Eng istiqbolli yashil texnologiya
Adsorbsiya	Yakuniy tozalashda samarali, apparati oddiy	Sorbent regeneratsiyasi va smolalanish	Ekstrakt yoki rafinatni polishing qilish	Mahalliy sorbentlar bilan qo'llash mumkin
Membranali jarayon	Past harorat, uzluksiz rejim	Fouling, past oqim tezligi	Oldindan tozalangan yengil fraksiyalar	Hozircha yordamchi yo'nalish
Kristallash	Yuqori tozalik beradi	Dastlab boyitilgan fraksiya talab qiladi	Indol, karbazol, antratsen tipidagi mahsulotlar	Yakuniy tozalash bosqichi
Gidrogenitrogenlash	Qoldiq azotni kamaytiradi, yoqilg'i sifatini oshiradi	Vodorod, katalizator va yuqori kapital sarf	Qoldiq og'ir fraksiyalar va pitchni tozalash	Faqat yirik ishlab chiqarishda mantiqli

Qiyosiy tahlil shuni ko'rsatadiki, mahalliy ko'mir qatroni uchun eng real yondashuv - fraksion haydash, selektiv ekstraksiya, adsorbsion tozalash va kristallashni birlashtirgan kombinatsiyalangan texnologiyadir. Faqat bitta usulga tayanish sanoat nuqtayi nazaridan zaif qarordir: haydash selektivlik bermaydi, kislota-ishqorli yuvish ekologik yukni oshiradi, ion suyuqliklari esa iqtisodiy jihatdan har doim ham o'zini oqlamaydi. Shuning uchun texnologik sxema xomashyo tarkibi va maqsadli mahsulotga qarab modulli qurilishi kerak.

### **Mahalliy ko'mir qatroni uchun taklif etiladigan texnologik sxema**

Mahalliy ko'mir qatroni uchun quyidagi texnologik zanjir tavsiya etiladi:

**Xom qatron → suvsizlantirish va mexanik filtrlash → fraksion haydash → maqsadli fraksiyani tanlash → fenolli komponentlarni oldindan ajratish → azotli geterosiklik birikmalarni selektiv ekstraksiyalash → ekstrakt/rafinat fazalarini ajratish → erituvchini regeneratsiya qilish → adsorbsion tozalash → kristallash yoki qayta haydash → tayyor geterosiklik mahsulotlar.**

Birinchi bosqichda qatron tarkibidagi suv, mexanik aralashmalar va noorganik tuzlar kamaytiriladi. Bu keyingi bosqichlarda emulsiya, korroziya va sorbent ifloslanishini kamaytiradi. Ikkinchi bosqich - fraksion haydash. Bu bosqich maqsadli geterosiklik birikmalarni konsentratsiyasi yuqoriroq bo'lgan tor fraksiyalarga jamlaydi. Uchinchi bosqichda fenollar va kuchli qutbli komponentlar oldindan chiqarib tashlanadi, chunki ular keyingi ekstraksiya selektivligini buzishi mumkin.

To'rtinchi bosqichda maqsadli birikmalarga mos erituvchi tanlanadi. Piridin va xinolin kabi asosli birikmalar uchun kislotali funksional guruhli erituvchilar, indol va karbazol kabi neytral azotli birikmalar uchun esa vodorod bog'i hosil qiluvchi qutbli erituvchilar yoki chuqur evtektik erituvchilar samaraliroq bo'lishi mumkin. Beshinchi bosqichda ekstrakt tarkibidan erituvchi qayta ajratilib, jarayonga qaytariladi. Oltinchi bosqichda adsorbsion tozalash yoki kristallash orqali mahsulot tozaligi oshiriladi.

Mazkur sxemaning asosiy ustunligi - moslashuvchanlik. Agar maqsadli mahsulot xinolin fraksiyasi bo'lsa, ekstraksiya sharoiti asosli azot birikmalariga yo'naltiriladi; agar indol yoki karbazol ajratish maqsad qilinsa, avval fraksiyani boyitish, keyin kristallash yoki adsorbsiya kuchaytiriladi. Bu yondashuv mahalliy qatron tarkibining mavsumiy yoki konlar bo'yicha farqlanishiga ham moslashish imkonini beradi.

**Ekologik va iqtisodiy jihatlar**

Ko'mir qatronini chuqur qayta ishlashning asosiy ekologik xavfi - policiklik aromatik uglevodorodlar, fenollar, kislota-ishqorli oqovalar va uchuvchi organik birikmalar bilan bog'liq. Shuning uchun zamonaviy texnologik sxema yopiq erituvchi aylanishi, oqova suvlarni neytrallash va qayta ishlash, gazlarni adsorbsion tutish hamda chiqindilarni xavfsiz zararsizlantirish tizimlari bilan loyihalaniishi kerak.

Iqtisodiy jihatdan eng katta xato - qimmatbaho selektiv erituvchini xom, filtrlashdan o'tmagan qatronga qo'llashdir. Bunday yondashuv erituvchining tez ifloslanishi, fazalar ajralishining yomonlashuvi va regeneratsiya xarajatining oshishiga olib keladi. To'g'ri strategiya: avval arzon fizik tayyorlov va fraksiyalash, keyin tor fraksiyada selektiv ekstraksiya, yakunda esa yuqori qiymatli mahsulotni tozalash.

Mahalliy sanoat uchun bu yo'nalishning amaliy ahamiyati shundaki, ko'mir qatroni faqat yoqilg'i yoki past qiymatli smola emas, balki farmatsevtika, organik sintez, bo'yoq, polimer va antikorrozion reagentlar uchun xomashyo bazasi sifatida baholanishi mumkin. Biroq sanoatga joriy etishdan oldin har bir kon yoki qatron manbasi bo'yicha tarkibiy pasport tuzilishi kerak: suv miqdori, fraksiya chiqimi,

umumiy azot, umumiy oltingugurt, fenollar, piridin asoslari, indol-karbazol guruhi va smolali komponentlar miqdori aniqlanishi zarur.

Ilmiy yangilik va amaliy tavsiyalar

Maqolaning ilmiy yangiligi shundaki, mahalliy ko'mir qatroni tarkibidan geterosiklik birikmalarni ajratish masalasi alohida bir reaktiv yoki bitta usul doirasida emas, balki xomashyo tarkibi, fraksion taqsimlanish, selektiv ekstraksiya, adsorbsion polishing va erituvchi regeneratsiyasini o'z ichiga olgan texnologik tizim sifatida baholandi.

Amaliy jihatdan birinchi tavsiya - mahalliy qatronni GC-MS va element tahlili asosida to'liq tavsiflash. Ikkinchi tavsiya - fraksion haydash orqali maqsadli komponentlar konsentrlanadigan harorat oralig'ini aniqlash. Uchinchi tavsiya - formamid, sulfolan, N-metil-2-pirrolidon, xolin xlorid asosidagi chuqur evtektik erituvchilar va modifikatsiyalangan adsorbentlarni bir xil sharoitda qiyosiy sinash. To'rtinchi tavsiya - laboratoriya natijalarini faqat ekstraksiya foizi bilan emas, balki selektivlik, erituvchi sarfi, regeneratsiya sikli va mahsulot tozaligi bilan baholash.

Agar maqola keyinchalik Scopus talablari darajasiga ko'tarilsa, unga real mahalliy qatron namunalarining fraksion chiqimi, GC-MS xromatogrammalari, ekstraksiya samaradorligi jadvali, selektivlik koeffitsientlari va kamida 3 takroriy tajriba asosidagi statistik tahlil qo'shilishi lozim. Aks holda ish ilmiy sharh sifatida foydali bo'ladi, lekin tajribaviy maqola sifatida kuchsiz ko'rinadi.

#### **Foydalanilgan adabiyotlar**

1. Ma, Z.H.; Wei, X.Y.; Liu, G.H.; et al. Value-added utilization of high-temperature coal tar: A review. *Fuel*, 2021, 292, 120405.
2. Sun, M.; Wang, L.; Zhong, J.; et al. Separation and Composition Analysis of GC/MS Analyzable and Unanalyzable Parts from Coal Tar. *Energy & Fuels*, 2018, 32(7), 7404-7411. DOI: 10.1021/acs.energyfuels.8b01054.
3. Zhang, Z.; Li, Y.; Gao, J.; et al. Removal of Pyridine, Quinoline, and Aniline from Oil by Extraction with Aqueous Solution of Ionic Liquids in Various Ways. *Separations*, 2021, 8(11), 216. DOI: 10.3390/separations8110216.
4. Choi, K.H.; Seo, D.J.; Kim, Y.J.; et al. Molecular Characteristics of Catalytic Nitrogen Removal from Coal Tar Pitch over  $\gamma$ -Alumina-Supported NiMo and CoMo Catalysts. *International Journal of Molecular Sciences*, 2023, 24, 11793. DOI: 10.3390/ijms241411793.
5. Kim, S. Separation and Purification of Indole in Model Coal Tar Fraction of 9 Compounds System. *Polycyclic Aromatic Compounds*, 2019, 39(1), 60-72. DOI: 10.1080/10406638.2016.1259170.
6. Yan, W.W.; Li, Z.H.; Liu, G.H.; et al. Effective Separation and Purification of Nitrogen-Containing Aromatics from the Light Portion of a High-Temperature

- Coal Tar Using Choline Chloride and Malonic Acid. ACS Sustainable Chemistry & Engineering, 2020, 8(25), 9464-9471. DOI: 10.1021/acssuschemeng.0c02369.
7. Ma, Z.H.; Zong, Z.M.; Wei, X.Y.; et al. Insight into the Compositions of the Soluble/Insoluble Portions from the Acid/Base Extraction of Fractions Distilled from High Temperature Coal Tar. Energy & Fuels, 2019, 33(10), 10099-10107. DOI: 10.1021/acs.energyfuels.9b01328.
8. Zhao, N.; Liu, D.; Du, H.; et al. Investigation on Component Separation and Structure Characterization of Medium-Low Temperature Coal Tar. Applied Sciences, 2019, 9(20), 4335. DOI: 10.3390/app9204335.
9. Wang, X.; et al. Analysis of the Organic Chemical Fractions of Three Coal Extracts. Applied Sciences, 2024, 14(19), 8933. DOI: 10.3390/app14198933.
10. Lv, Q.; Yao, Q.; Zhang, D.; Sun, M.; Ma, X. A Review on the Extraction of Phenols from Coal Tar: Composition Distribution and Analysis, Methods and Mechanism, Process and Industrialization Prospect. Energy & Fuels, 2025, 39(3), 1479-1506. DOI: 10.1021/acs.energyfuels.4c04060.
11. Wang, J.; et al. Acidic deep eutectic solvents for simultaneous extraction of indole and quinoline from model wash oil. Journal of Molecular Liquids, 2025.
12. Shargunkumir JSC. About us: production capacity and coal reserves information. Official website, 2025.
13. President of the Republic of Uzbekistan. A \$105.5m project in progress in Shargun. Official website, 2019.