NAMANGAN DAVLAT UNIVERSITETI
ILMIY AXBOROTNOMASI, [2026-10]
ISSN:2181-1458
ISSN:2181-0427

02.00.00-KIMYO FANLARI
journal.namdu.uz
CHEMICAL SCIENCES

YUQORI KARBONATLI MARKAZIY QIZILQUM FOSFORITLARINI KISLOTALI BOYITISH

Sultonov Boxodir Elbekovich
Namangan davlat universiteti
Kimyo kafedrasi professori, t.f.d., prof.,
E-mail: bse-chemist-68@mail.ru, ORCID: 0000-0001-9992-0859
Maxamadaliyev Xurshid
Namangan davlat universiteti
2-kurs Kimyo yo‘nalishi magistranti,
E-mail: maxamadaliyevxurshid08132@gmail.com, ORCID: 0009-0008-8856-6434

Annotatsiya: *Ushbu maqolada Markaziy Qizilqum konlarining yuqori karbonatli va past navli fosforitlarini kislotali boyitishning nazariy va texnologik asoslari tahlil qilingan. Fosforitlarning mineral va kimyoviy tarkibi, yuqori karbonatlilikning kislota sarfi hamda fosforning o‘zlashuvchan shaklga o‘tish darajasiga ta’siri o‘rganilgan. Markaziy Qizilqum fosforitlarining P_2O_5 miqdori 14–18% atrofida, CaO miqdori esa 41–46% gacha bo‘lishi va CO_2 ning sezilarli ulushni tashkil etishi ularni an’anaviy boyitish usullarida qayta ishlashni murakkablashtiradi. Azot, fosfat va sulfat kislotalari yordamida kislotali parchalashning asosiy mexanizmlari qiyosiy ko‘rib chiqilgan. Adabiyot ma’lumotlari asosida CaO/P_2O_5 va CO_2/P_2O_5 modullari, nitrat kislotasining nazariy sarfi hamda uning karbonatlarni parchalashga sarflanadigan ulushi hisoblangan. Minerallashgan massa va shlamli fosforit uchun HNO_3 bilan ishlov berish natijasida olingan mahsulotlarning kimyoviy tarkibi tahlil qilinib, P_2O_5 ning o‘zlashuvchan shaklga o‘tishi kislota konsentratsiyasi va me’yoriga bog‘liqligi ko‘rsatilgan. Fosfat kislotasi bilan aktivlashtirishda karbonatlarning dastlabki parchalanishi va 47–55% stexiometrik kislota me’yorlarida yuqori darajadagi dekarbonizatsiya kuzatilishi aniqlangan. Yuqori karbonatli Markaziy Qizilqum fosforitlarini kislotali boyitishda karbonatlarning kislota sarfiga ta’sirini hisobga olgan holda bosqichma-bosqich yoki kombinatsiyalangan kislotali ishlov berish texnologiyasi istiqbolli yo‘nalish sifatida taklif etilgan.*

Kalit so‘zlar: *Markaziy Qizilqum, fosforit, yuqori karbonatli fosforit, kislotali boyitish, nitrat kislotasi, fosfat kislotasi, sulfat kislotasi, dekarbonizatsiya, P_2O_5, CaO, CO_2, o‘zlashuvchan P_2O_5.*

КИСЛОТНОЕ ОБОГАЩЕНИЕ ВЫСОКОКАРБОНАТНЫХ ФОСФОРИТОВ ЦЕНТРАЛЬНЫХ КЫЗЫЛКУМОВ

Аннотация: *В данной статье проанализированы теоретические и технологические основы кислотного обогащения высококарбонатных и низкосортных фосфоритов месторождений Центральных Кызылкумов. Исследованы минеральный и химический состав фосфоритов, влияние высокой карбонатности на расход кислоты и степень перехода фосфора в усвояемую форму. Содержание P_2O_5 в фосфоритах Центральных Кызылкумов составляет около 14–18 %, содержание CaO достигает 41–46 %, а значительная доля CO_2 существенно осложняет их переработку традиционными методами обогащения. Проведено сравнительное рассмотрение основных механизмов кислотного разложения с использованием азотной, фосфорной и серной кислот. На основе литературных данных рассчитаны модули CaO/P_2O_5 и CO_2/P_2O_5, теоретический расход азотной кислоты, а также её доля, расходуемая на разложение карбонатов. Проанализирован химический состав продуктов, полученных при обработке минерализованной массы и шламового фосфорита азотной кислотой, и показана зависимость перехода P_2O_5 в усвояемую форму от концентрации и нормы расхода кислоты. При активации фосфоритов фосфорной кислотой установлено первоначальное разложение карбонатов, а также выявлена высокая степень декарбонизации при использовании 47–55 % стехиометрической нормы кислоты. В качестве перспективного направления кислотного обогащения высококарбонатных фосфоритов Центральных Кызылкумов предложена технология поэтапной или комбинированной кислотной обработки с учётом влияния карбонатов на расход кислоты.*

Ключевые слова: *Центральные Кызылкумы, фосфорит, высококарбонатный фосфорит, кислотное обогащение, азотная кислота, фосфорная кислота, серная кислота, декарбонизация, P_2O_5, CaO, CO_2, усвояемый P_2O_5.*

ACID BENEFICIATION OF HIGH-CARBONATE PHOSPHORITES FROM THE CENTRAL KYZYLKUMS

Abstract: *This article analyzes the theoretical and technological foundations of the acid beneficiation of high-carbonate and low-grade phosphorites from the deposits of the Central Kyzylkums. The mineralogical and chemical composition of the phosphorites, as well*

as the effect of high carbonate content on acid consumption and the degree of conversion of phosphorus into an assimilable form, were investigated. The P_2O_5 content of the Central Kyzylkum phosphorites is approximately 14–18%, while the CaO content reaches 41–46%, and the significant proportion of CO_2 considerably complicates their processing by conventional beneficiation methods. The main mechanisms of acid decomposition using nitric, phosphoric, and sulfuric acids were comparatively reviewed. Based on literature data, the CaO/P_2O_5 and CO_2/P_2O_5 ratios, the theoretical consumption of nitric acid, and the proportion of acid consumed for carbonate decomposition were calculated. The chemical composition of products obtained by treating mineralized material and phosphorite slime with HNO_3 was analyzed, and the dependence of the conversion of P_2O_5 into an acceptable form on acid concentration and dosage was demonstrated. During phosphoric acid activation, the initial decomposition of carbonates was observed, and a high degree of decarbonization was achieved at 47–55% of the stoichiometric acid dosage. A stepwise or combined acid-treatment technology is proposed as a promising approach for the acid beneficiation of high-carbonate phosphorites from the Central Kyzylkums, taking into account the effect of carbonates on acid consumption.

Keywords: *Central Kyzylkum, phosphorite, high-carbonate phosphorite, acid beneficiation, nitric acid, phosphoric acid, sulfuric acid, decarbonization, P_2O_5, CaO, CO_2, acceptable P_2O_5.*

1. KIRISH

Fosforli xom ashyo qishloq xo‘jaligi uchun zarur bo‘lgan mineral o‘g‘itlar ishlab chiqarishning asosiy manbalaridan biri hisoblanadi. Fosforitlarning sanoatda qayta ishlanish samaradorligi, avvalo, ulardagi P_2O_5 miqdori, fosfat mineralining mineralogik tarkibi, karbonatlar miqdori, kremniyli va gil minerallari hamda fosforning o‘zlashuvchan shakllariga bog‘liq. Yuqori navli fosfat xom ashyosi zaxiralarining cheklanganligi sababli past navli va yuqori karbonatli fosforitlarni qayta ishlashning samarali usullarini ishlab chiqish dolzarb masalalardan biridir.

O‘zbekistonning fosforli xom ashyo bazasida Markaziy Qizilqum fosforitlari alohida o‘rin tutadi. Ushbu konlarning fosforitlari tarkibida fosfat minerallaridan tashqari kalsit, dolomit, gil minerallari va boshqa qo‘shimchalar mavjud. Past navli xom ashyolarda CaO/P_2O_5 nisbati yuqori bo‘lib, karbonatlar miqdorining ortishi fosfat mineralini kimyoviy qayta ishlashda kislota sarfining keskin oshishiga olib keladi.

Markaziy Qizilqumning boyitilmagan fosfat xom ashyosi uchun adabiyotlarda P_2O_5 miqdori 17,20%, CaO 46,22% va CO_2 16,0% bo‘lgan tarkib keltirilgan. Bunda CaO/P_2O_5 nisbati 2,96 ga teng. Bunday xom ashyo 57% li HNO_3 bilan stexiometriyaning 55–65% miqdorida qayta ishlanganda nitrokalsiyfosfatli mahsulot olish imkoniyati o‘rganilgan [1, 2].

Markaziy Qizilqum fosforitlarini kislotali usulda qayta ishlashning muhim xususiyati shundaki, kislota faqat fosfat mineralini parchalash uchun emas, balki xom ashyodagi karbonatlarni ham parchalash uchun sarflanadi. Masalan, kalsitning nitrat kislotasi bilan reaksiyasi:

$CaCO_3 + 2HNO_3 \rightarrow Ca(NO_3)_2 + CO_2\uparrow + H_2O.$

Fosfat mineralining parchalanishi esa quyidagi umumiy tenglama bilan ifodalanishi mumkin:

$Ca_5F(PO_4)_3 + 10HNO_3 \rightarrow 3H_3PO_4 + 5Ca(NO_3)_2 + HF.$

Kislota me’yorining kamaytirilishi jarayon iqtisodiyligini yaxshilashi mumkin, biroq bunday holatda fosfat mineralining to‘liq parchalanmasligi va P_2O_5 ning o‘zlashuvchan shaklga o‘tish darajasining pasayishi kuzatiladi. Markaziy Qizilqum fosforitlarini HNO_3 bilan parchalash bo‘yicha tadqiqotlarda kislota me’yorining ortishi bilan P_2O_5 ning o‘zlashuvchan shaklga o‘tishi oshishi aniqlangan [3].

Fosfat kislotasi bilan aktivlashtirishda esa karbonatlarning parchalanishi fosfat mineralining parchalanishidan oldinroq sodir bo‘lishi mumkin. Tadqiqotlarda fosfat kislotasi me’yorining 47–55% stexiometrik diapazonida Markaziy Qizilqum fosforitlarining dekarbonizatsiya darajasi 91–98% gacha yetgani ko‘rsatilgan [4].

Shuningdek, fosfat kislotasi bilan ishlov berish jarayonida fosfat mineralining o‘zi ham parchalanadi:

$Ca_5F(PO_4)_3 + 7H_3PO_4 + 5H_2O \rightarrow 5Ca(H_2PO_4)_2{\cdot}H_2O + HF.$

Mazkur reaksiyaning muhim jihati shundaki, xom ashyo tarkibidagi fosfor bilan birga qayta ishlash jarayoniga kiritilgan fosfat kislotasining P_2O_5 si ham tayyor mahsulot tarkibiga o‘tadi. Shu sababli fosfat kislotali aktivlashtirish yuqori konsentratsiyali fosforli mahsulot olish imkonini beradi.

Markaziy Qizilqum fosforitlarining boyitish va kislotali qayta ishlash chiqindilari ham yuqori karbonatliligi bilan ajralib turadi. Masalan, minerallashgan massada 14,60% P_2O_5, 43,99% CaO va 14,11% CO_2, shlamli fosforitda esa mos ravishda 11,57%, 41,08% va 20,91% ko‘rsatkichlar qayd etilgan [5].

Yuqoridagilarni hisobga olgan holda, yuqori karbonatli Markaziy Qizilqum fosforitlarini kislotali boyitish jarayonida fosfat mineralining parchalanishidan tashqari karbonatlarning xatti-harakatini ham alohida o‘rganish zarur.

Ushbu maqolaning maqsadi — yuqori karbonatli Markaziy Qizilqum fosforitlarini kislotali boyitishning ilmiy asoslarini tahlil qilish, karbonatlarning kislota sarfiga ta’sirini miqdoriy baholash, azot va fosfat kislotalari bilan ishlov berishning texnologik imkoniyatlarini qiyoslash hamda samarali kislotali boyitish sxemasining nazariy asoslarini ishlab chiqishdan iborat.

2. MATERIALLAR VA USULLAR

Tadqiqot nazariy-analitik xarakterga ega bo‘lib, Markaziy Qizilqum fosforitlarini kislotali qayta ishlashga bag‘ishlangan ilmiy maqolalar, dissertatsiya materiallari, texnologik tadqiqotlar va ma’lumotnoma manbalari tahlil qilindi. Tahlilda qiyosiy tahlil, stexiometrik hisoblash, modulli ko‘rsatkichlarni aniqlash va texnologik parametrlarni tizimlashtirish usullaridan foydalanildi.

Hisoblashlarda fosforit tarkibidagi CaO ning HNO_3 bilan to‘liq reaksiyaga kirishishi qabul qilindi:

$CaO + 2HNO_3 \rightarrow Ca(NO_3)_2 + H_2O$.

Bunda 1 mol CaO uchun 2 mol HNO_3 sarflanadi. HNO_3 ning molekulyar massasi 63,01 g/mol, CaO ning molekulyar massasi 56,08 g/mol deb olindi.

Shunga ko‘ra, 100 kg xom ashyo uchun HNO_3 ning nazariy sarfi:

$m(HNO_3) = m(CaO) \times 126,02/56,08$.

Karbonatlarga sarflanadigan HNO_3 miqdori esa CO_2 ni $CaCO_3$ tarkibidagi ekvivalent komponent sifatida hisobga olish orqali aniqlangan.

2.1. Markaziy Qizilqum fosforitlarining kimyoviy tarkibi

Markaziy Qizilqum fosforitlarining tarkibi konning geologik qatlami, xom ashyoni tanlash va boyitish darajasiga qarab sezilarli farq qiladi. Boyitilmagan fosforitlar uchun P_2O_5 miqdori 17% atrofida, CaO 45–46% va CO_2 15–16% atrofida bo‘lgan tarkiblar qayd etilgan. Minerallashgan massa va shlamli fosforitda esa P_2O_5 miqdori yanada kamayib, karbonatlar ulushi ortadi [1, 5] (1-jadval).

1-jadvaldan ko‘rinib turibdiki, xom ashyo navining pasayishi bilan CaO/P_2O_5 nisbati ortadi. Boyitilmagan fosforitda ushbu nisbat 2,69 atrofida bo‘lsa, minerallashgan massada 3,01 va shlamli fosforitda 3,55 ga yetadi. Bu holat

1-jadval.

Markaziy Qizilqum fosforitlari va fosfat chiqindilarining kimyoviy tarkibi

Xom ashyo turi	P_2O_5 umumiy,%	P_2O_5 o‘zlashuvchan,%	CaO, %	CO_2, %	CaO/P_2O_5
Boyitilmagan fosforit	17,20	-	46,22	16,00	2,69
Minerallashgan massa	14,60	3,07	43,99	14,11	3,01
Shlamli fosforit	11,57	1,33	41,08	20,91	3,55

fosfat mineralining konsentratsiyasi kamaygan sari keraksiz (ballast) komponentlarning, ayniqsa karbonatlarning nisbiy ulushi ortishini ko‘rsatadi. Shlamli fosforitning yana bir muhim xususiyati -CO_2 miqdorining 20,91% gacha yetishidir. Natijada ushbu xom ashyoni kislotali qayta ishlashda kislota sarfining katta qismi fosfat mineraliga emas, karbonatlarni parchalashga sarflanadi.

2.2. Fosforitlarning karbonatliligi va kislotali boyitishga ta’siri

Fosforitlarda karbonatlar asosan kalsit va dolomit shaklida uchraydi. Kalsitning kislota bilan reaksiyasi tez kechishi sababli jarayonning dastlabki bosqichida CO_2 ajralishi kuzatiladi. Bu esa reaksiya massasining ko‘piklanishi va gaz-suyuqlik tizimining hosil bo‘lishiga sabab bo‘ladi.

Markaziy Qizilqum fosforitlarini HNO_3 bilan parchalash bo‘yicha tadqiqotlarda kislota me’yorining 25 dan 75% gacha oshirilishi ko‘pik balandligining taxminan uch baravar ortishiga olib kelgani aniqlangan. Kislota berish tezligining uch marta oshirilishi esa ko‘pik balandligini qariyb ikki marta oshirgan [6].

Shuning uchun yuqori karbonatli fosforitlarni kislotali boyitishda reaktorning ish hajmi, kislota berish tezligi, aralashtirish intensivligi va gazni chiqarish tizimi muhim texnologik parametrlar hisoblanadi.

Karbonatlarning mavjudligi kislota sarfini oshirsa-da, nitrat kislotali jarayonda bu sarf butunlay yo‘qolmaydi. Chunki karbonatlardan hosil bo‘lgan $Ca(NO_3)_2$ mahsulot tarkibida qoladi va azot-kalsiyli komponent sifatida foydalanilishi mumkin. Shu jihatdan HNO_3 bilan qayta ishlash yuqori karbonatli xom ashyo uchun alohida texnologik afzallikka ega.

2.3. Nitrat kislotasi bilan kislotali boyitish

Nitrat kislotali boyitish jarayonida karbonat va fosfat minerallari bir vaqtning o‘zida parchalanadi. Kislota me’yorini stexiometrik sarfdan past olish orqali fosfat mineralining qisman parchalanishiga erishish mumkin:

$2Ca_5(PO_4)_3F + 10HNO_3 \rightarrow Ca(H_2PO_4)_2 + 4CaHPO_4 + 5Ca(NO_3)_2 + 2HF$.

Markaziy Qizilqumning boyitilmagan fosforitlari uchun sanoat va laboratoriya tadqiqotlarida 55–65% stexiometrik HNO_3 me'yorida nitrokalsiyfosfatli mahsulot olish jarayoni o'rganilgan. Bunday mahsulot tarkibida mono- va dikalsiyfosfatlar hamda kaltsiy nitrat asosiy komponentlar sifatida mavjud bo'ladi.

Minerallashgan massa va shlamli fosforitning HNO_3 bilan qayta ishlanishi bo'yicha 2024-yilgi tadqiqotlarda ham kislota konsentratsiyasi va me'yorining mahsulotdagi o'zlashuvchan P_2O_5 va CaO miqdoriga ta'siri o'rganilgan. Minerallashgan massadan olingan mahsulotlarda umumiy P_2O_5 20,13–20,58%, limon kislotasida o'zlashuvchan P_2O_5 10,47–11,72%, umumiy CaO 38,87–39,12% va N 1,27–1,35% oralig'ida bo'lgan. Shlamli fosforit asosidagi mahsulotlarda esa umumiy P_2O_5 18,29–18,58%, o'zlashuvchan P_2O_5 9,33–10,03% va N 1,27–1,36% ni tashkil etgan [7-10].

Bu natijalar yuqori karbonatli fosforit chiqindilarini faqat chiqindi sifatida emas, balki kimyoviy aktivlashtiriladigan ikkilamchi fosforli xom ashyo sifatida ko'rib chiqish mumkinligini ko'rsatadi.

2.4. Fosfat kislotasi bilan kislotali boyitish

Fosfat kislotali ishlov berish Markaziy Qizilqum fosforitlarini kimyoviy aktivlashtirishning istiqbolli yo'nalishlaridan biridir. Ushbu usulda karbonatlar fosfat kislotasi bilan reaksiyaga kirishib, monokaltsiyfosfat va CO_2 hosil qiladi:

$CaCO_3 + 2H_3PO_4 \rightarrow Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O + CO_2\uparrow$.

Fosfat mineralining parchalanishi esa:

$$\mathbf{Ca_5F(PO_4)_3 + 7H_3PO_4 + 5H_2O \rightarrow 5Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O + HF}$$

reaksiyasi orqali amalga oshadi.

Markaziy Qizilqum fosforitlarini fosfat kislotasi bilan aktivlashtirish bo'yicha tadqiqotlarda kislota me'yorining 14–16% diapazonidayoq dekarbonizatsiya 61–68% ga yetishi, 47–55% stexiometrik me'yorlarda esa 91–98% gacha ko'tarilishi aniqlangan.

Fosfat kislotasi konsentratsiyasi va haroratining parchalanish jarayoniga ta'siri ham muhim. Markaziy Qizilqum fosforit uni bilan olib borilgan laboratoriya tadqiqotlarida 35,69; 41,20 va 44,98% P_2O_5 li ekstraksion fosfat kislotasi 70–100 °C haroratda o'rganilgan va ayrim sharoitlarda parchalanish koeffitsiyenti 99,95% gacha yetgan [11].

Shu sababli fosfat kislotali boyitish nafaqat karbonatlarni kamaytirish, balki fosfat mineralining o'zlashtirilishini oshirish uchun ham samarali usul bo'lishi mumkin.

2.5. Sulfat kislotasi bilan kislotali boyitish

Sulfat kislotali usul fosforitlarni qayta ishlashning an'anaviy yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. Jarayonning asosiy kamchiligi — fosfat mineralidagi kalsiyning $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ko'rinishida fosfogips hosil qilishi:

$Ca_5F(PO_4)_3 + 5H_2SO_4 + 10H_2O \rightarrow 3H_3PO_4 + 5CaSO_4 \cdot 2H_2O + HF$.

Yuqori karbonatli fosforitlarda karbonatlar ham H_2SO_4 ni sarflaydi:

$CaCO_3 + H_2SO_4 \rightarrow CaSO_4 + CO_2\uparrow + H_2O$.

Demak, sulfat kislotali jarayonda karbonatlilik ikki tomonlama ta'sir ko'rsatadi: birinchidan, kislota sarfini oshiradi; ikkinchidan, hosil bo'ladigan sulfatli qattiq faza miqdorini oshiradi.

1. Markaziy Qizilqum fosforitlarining past navli turlarini fosfor va azot-fosforli o'g'itlarga qayta ishlashda fosfat va sulfat kislotalari aralashmasidan foydalanish bo'yicha tadqiqotlar ham mavjud [12,13].

Shuning uchun yuqori karbonatli xom ashyo uchun sulfat kislotasi mustaqil reagent sifatida emas, balki boshqa kislotalar bilan kombinatsiyada qo'llanganda texnologik jihatdan maqsadga muvofiq bo'lishi mumkin.

3. NATIJALAR VA MUHOKAMA

Yuqori karbonatli Markaziy Qizilqum fosforitlarini kislotali boyitishning asosiy texnologik muammosi — xom ashyo tarkibidagi CaO va CO_2 ning yuqori miqdoridir. Shu sababli birinchi navbatda CaO/P_2O_5 va CO_2/P_2O_5 modullari hisoblandi (2-jadval).

2-jadval.

Markaziy Qizilqum fosforitlarining kalsiy va karbonat modullari

Xom ashyo turi	CaO, %	P_2O_5,%	CO_2, %	CaO/P_2O_5	CO_2/P_2O_5
Boyitilmagan fosforit	46,22	17,20	16,00	2,69	0,93
Minerallashgan massa	43,99	14,60	14,11	3,01	0,97
Shlamli fosforit	41,08	11,57	20,91	3,55	1,81

2-jadvaldan ko'rinib turibdiki, shlamli fosforit eng yuqori karbonatlilikka ega. Uning CO_2/P_2O_5 nisbati 1,81 ga teng bo'lib, har bir massa birligidagi fosforit P_2O_5 ga nisbatan karbonat komponenti juda katta ekanligini ko'rsatadi. Minerallashgan massa uchun bu ko'rsatkich 0,97, boyitilmagan fosforit uchun esa 0,93 ni tashkil etadi.

Bunday nisbatlar kislota sarfining sezilarli qismini fosfat mineralini emas, karbonatlarni parchalashga yo'naltiradi.

3.1. Nitrat kislotasining nazariy sarfi

CaO ning HNO_3 bilan to‘liq reaksiyaga kirishishi uchun nazariy sarf:

$m(HNO_3) = m(CaO) \times 126,02/56,08$.

Masalan, minerallashgan massa uchun:

$m(HNO_3) = 43,99 \times 126,02/56,08 = 98,87$ kg/100 kg.

Shlamli fosforit uchun:

$m(HNO_3) = 41,08 \times 126,02/56,08 = 92,35$ kg/100 kg.

Karbonatlarni parchalashga sarflanadigan HNO_3 miqdori esa CO_2 asosida hisoblandi. Natijalar 3-jadvalda keltirilgan.

3-jadval.

Yuqori karbonatli Markaziy Qizilqum fosforitlari uchun HNO_3 ning nazariy sarfi

Xom ashyo turi	HNO_3, 100% li, kg/100 kg xom ashyo	Karbonatlarga sarflanadigan HNO_3, kg/100 kg	Karbonatlarga sarflanadigan ulush, %
Boyitilmagan fosforit	103,87	45,77	44,1
Minerallashgan massa	98,87	40,35	40,8
Shlamli fosforit	92,35	59,84	64,8

3-jadvaldan ko‘rinib turibdiki, shlamli fosforitda nazariy HNO_3 sarfining qariyb 65% qismi karbonatlarni parchalashga sarflanadi. Minerallashgan massa uchun ushbu ulush 40,8%, boyitilmagan fosforit uchun esa 44,1% ni tashkil etadi.

Bu natija yuqori karbonatli xom ashyoni qayta ishlashda kislota sarfini faqat P_2O_5 miqdori asosida belgilash noto‘g‘ri bo‘lishi mumkinligini ko‘rsatadi. Xom ashyoning CO_2 miqdori ham texnologik hisob-kitoblarning asosiy parametrlaridan biri bo‘lishi kerak.

3.2. Kislotaning karbonatlarga sarflanishini kamaytirish imkoniyatlari

Hisoblashlar shuni ko‘rsatadiki, yuqori karbonatli fosforitlarni HNO_3 bilan to‘liq parchalash katta miqdordagi kislota talab qiladi. Shu bilan birga, nitrat kislotali jarayonda karbonatlarga sarflangan HNO_3 $Ca(NO_3)_2$ hosil bo‘lishiga olib keladi. Shuning uchun kislota sarfining bu qismi mahsulot uchun butunlay yo‘qotish hisoblanmaydi.

Biroq yuqori karbonatli xom ashyoda $Ca(NO_3)_2$ ning ortiqcha hosil bo‘lishi mahsulotning tarkibi, kristallanishi, gigroskopikligi va keyingi qayta ishlash xususiyatlariga ta’sir qilishi mumkin. Shu sababli HNO_3 me’yorini xom ashyoning umumiy CaO miqdoriga emas, balki fosfat mineralini kerakli darajada parchalaydigan va karbonatlarni maqsadli ravishda aktivlashtiradigan optimal qiymatga moslashtirish maqsadga muvofiq.

Bunday yondashuv Markaziy Qizilqum fosforitlarini HNO_3 bilan qayta ishlash bo‘yicha mavjud tadqiqotlarda ham kuzatiladi. Xom ashyoning to‘liq kalsiy bo‘yicha stexiometrik sarfidan past HNO_3 me’yorlaridan foydalanish orqali nitrokalsiyfosfatli mahsulot olish imkoniyati o‘rganilgan.

3.3. Kislotali boyitish usullarining qiyosiy tahlili

Yuqori karbonatli fosforitlar uchun HNO_3, H_3PO_4 va H_2SO_4 ning texnologik xususiyatlari 4-jadvalda umumlashtirilgan.

4-jadval.

Markaziy Qizilqum fosforitlarini kislotali boyitish usullarining qiyosiy tavsifi

Ko‘rsatkich	HNO_3 bilan boyitish	H_3PO_4 bilan boyitish	H_2SO_4 bilan boyitish
Karbonatlarning parchalanishi	Yuqori	Yuqori	Yuqori
Fosfat mineralining parchalanishi	Yuqori	Yuqori	Yuqori
Asosiy kalsiyli mahsulot	$Ca(NO_3)_2$	$Ca(H_2PO_4)_2$ va $CaHPO_4$	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$
Qo‘shimcha mahsulot	Kaltsiy nitrat	Fosfatli tuzlar	Fosfogips
Azot kiritish imkoniyati	Mavjud	Mavjud emas	Mavjud emas
Mahsulotdagi P_2O_5 konsentratsiyasini oshirish	O‘rtacha	Yuqori	Yuqori

Gaz ajralishi	CO_2, HF/ftorli birikmalar	CO_2, HF/ftorli birikmalar	CO_2, HF/ftorli birikmalar
Yuqori karbonatli xom ashyoga mosligi	Yuqori	Yuqori	Cheklangan
Asosiy texnologik muammo	Ko‘piklanish, $Ca(NO_3)_2$ miqdori	Kislota sarfi va reologiya	Fosfogips hosil bo‘lishi

HNO_3 bilan ishlov berishning asosiy afzalligi - karbonatlardan hosil bo‘ladigan kalsiy nitratning mahsulot tarkibida foydali komponent sifatida saqlanishidir. Fosfat kislotasi bilan ishlov berish esa qo‘shimcha P_2O_5 kiritish imkonini beradi va yuqori darajadagi dekarbonizatsiyaga olib kelishi mumkin. Sulfat kislotali usulda esa fosfogips hosil bo‘lishi qattiq fazani ko‘paytiradi.

Shu sababli yuqori karbonatli xom ashyo uchun HNO_3 va H_3PO_4 ni alohida yoki kombinatsiyada qo‘llash istiqbolli hisoblanadi.

3.4. Fosforning o‘zlashuvchan shaklga o‘tishi

Kislotali boyitishning asosiy maqsadi faqat xom ashyodagi P_2O_5 miqdorini oshirish emas, balki uning o‘simlik tomonidan o‘zlashtirilishi mumkin bo‘lgan shakllarini ko‘paytirishdan iborat.

5. Minerallashgan massa va shlamli fosforitni HNO_3 bilan qayta ishlashda olingan mahsulotlarda limon kislotasida o‘zlashuvchan P_2O_5 miqdori mos ravishda 10,47–11,72% va 9,33–10,03% gacha yetgan. Bunda boshlang‘ich xom ashyoning o‘zlashuvchan P_2O_5 miqdori mos ravishda 3,07% va 1,33% bo‘lgan.

Demak, kislotali aktivlashtirish natijasida fosforning o‘simlikka o‘zlashuvchan shakllarga o‘tishi sezilarli darajada ortadi.

Fosfat kislotali ishlov berishda esa yuqori dekarbonizatsiya bilan birga fosfat mineralining parchalanishi ham sodir bo‘ladi. Fosfor kislotasi me’yorining oshirilishi bilan umumiy va o‘zlashuvchan P_2O_5 miqdorining ortishi kuzatiladi.

3.5. Yuqori karbonatli fosforitlarni kislotali boyitishning taklif etilayotgan texnologik sxemasi

Yuqoridagi natijalar asosida yuqori karbonatli Markaziy Qizilqum fosforitlarini kislotali boyitishning quyidagi prinsipial texnologik ketma-ketligini taklif etish mumkin:

– xom ashyoni maydalash va granulometrik tarkibini me’yorlashtirish;

– xom ashyoning P_2O_5, CaO, CO_2 va MgO miqdorlarini aniqlash;

– xom ashyoni suyultirilgan kislota bilan dastlabki dekarbonizatsiya qilish;

– karbonatlarning jadal parchalanish bosqichida CO_2 ajralishini nazorat qilish;

– asosiy fosfat mineralini HNO_3 yoki H_3PO_4 bilan parchalash;

– kislota me’yorini xom ashyoning CaO/P_2O_5 va CO_2/P_2O_5 modullariga muvofiq optimallashtirish;

– hosil bo‘lgan bo‘tqani maqsadli pH gacha neytrallash;

– suyuq fazani ajratish yoki suspenziyali mahsulot sifatida saqlash;

– zarur hollarda ammonizatsiya qilish va azot-fosforli mahsulot olish.

Bunda ikki bosqichli texnologiya ayniqsa qiziqish uyg‘otadi. Birinchi bosqichda karbonatlarning bir qismini nisbatan suyultirilgan kislota bilan parchalash, ikkinchi bosqichda esa fosfat mineralini konsentrlanganroq kislota bilan aktivlashtirish mumkin. Bu yondashuv karbonatlarning keskin CO_2 ajratishi va kislota sarfini boshqarish imkonini beradi.

Markaziy Qizilqum fosforitlarini HNO_3 bilan qayta ishlashda ko‘piklanish jarayonining kislota me’yori va kislota berish tezligiga bog‘liqligi aniqlangani sababli texnologik sxemada kislota berishni bosqichma-bosqich amalga oshirish maqsadga muvofiq.

3.6. Kislotali boyitish jarayonining texnologik cheklovlari

Yuqori karbonatli fosforitlarni qayta ishlashda birinchi muammo - CO_2 ning intensiv ajralishidir. Gaz ajralishi reaksiya massasining ko‘piklanishiga sabab bo‘lib, apparatning foydali hajmini kamaytirishi va texnologik jarayonni beqarorlashtirishi mumkin.

Ikkinchi muammo - ftorli birikmalarning ajralishidir. Fosfat mineralining kislotalar bilan parchalanishi natijasida HF va boshqa ftorli birikmalar hosil bo‘lishi mumkin. Shu sababli sanoat qurilmasida gazlarni yutish va tozalash tizimi bo‘lishi zarur.

Uchinchi muammo - yuqori CaO miqdorining mahsulot tarkibiga ta’siridir. HNO_3 bilan ishlov berishda $Ca(NO_3)_2$ ning katta miqdorda hosil bo‘lishi mahsulotning kristallanishi va saqlanish xususiyatlarini belgilaydi.

To‘rtinchi muammo - jarayonning iqtisodiy samaradorligidir. Kislota sarfi xom ashyoning P_2O_5 miqdori bilan bir qatorda CO_2 miqdoriga ham bog‘liq bo‘lgani sababli yuqori karbonatli fosforitlar uchun optimal kislota me’yorini tajribaviy ravishda aniqlash talab etiladi.

Shu nuqtai nazardan kelgusidagi tadqiqotlarda kislota konsentratsiyasi, kislota me’yori, Q:S nisbati, harorat, aralashtirish tezligi, reaksiya davomiyligi va mahsulotning P_2O_5 o‘zlashuvchanligi birgalikda o‘rganilishi kerak.

4. XULOSA

Markaziy Qizilqum fosforitlarining past navli va yuqori karbonatli turlarida P_2O_5 miqdori taxminan 11–18%, CaO 41–46% va CO_2 14–21% oralig‘ida bo‘lishi mumkin. CaO/P_2O_5 moduli 2,69–3,55, CO_2/P_2O_5 moduli esa 0,93–1,81 gacha yetadi.

2. Yuqori karbonatlilik fosforitlarni kislotali boyitishning asosiy texnologik cheklovlaridan biridir. Hisoblashlar shuni ko‘rsatdiki, HNO_3 ning nazariy sarfining taxminan 41–44% boyitilmagan fosforit va minerallashgan massada, qariyb 65% esa shlamli fosforitda karbonatlarni parchalashga to‘g‘ri keladi.

3. Nitrat kislotali qayta ishlashda karbonatlarning parchalanishi natijasida hosil bo‘ladigan $Ca(NO_3)_2$ mahsulot tarkibida foydali azot-kalsiy komponenti sifatida saqlanishi mumkin. Shu sababli HNO_3 yuqori karbonatli fosforitlar uchun istiqbolli parchalovchi reagent hisoblanadi.

4. Fosfat kislotasi bilan aktivlashtirishda karbonatlarning yuqori darajada dekarbonizatsiyasi kuzatiladi. Adabiyot ma’lumotlariga ko‘ra, 47–55% stexiometrik H_3PO_4 me’yorlarida Markaziy Qizilqum fosforitlarining dekarbonizatsiya darajasi 91–98% gacha yetishi mumkin.

Minerallashgan massa va shlamli fosforitni HNO_3 bilan qayta ishlash natijasida P_2O_5 ning o‘zlashuvchan shaklga o‘tishi sezilarli darajada oshadi. Bu past navli fosfat chiqindilarini kimyoviy aktivlashtirish orqali o‘g‘it ishlab chiqarishga jalb etish imkoniyatini ko‘rsatadi.

Yuqori karbonatli Markaziy Qizilqum fosforitlari uchun kislotali boyitishning istiqbolli yo‘nalishi **-** dastlabki dekarbonizatsiya va keyingi fosfat mineralini aktivlashtirishga asoslangan bosqichma-bosqich yoki HNO_3–H_3PO_4 kombinatsiyalangan texnologiyani ishlab chiqishdir.

7. Kelgusidagi tadqiqotlarning asosiy vazifalari **-** kislota konsentratsiyasi va me’yorining maqbul qiymatlarini aniqlash, CO_2 ajralish kinetikasini o‘rganish, P_2O_5 ning o‘zlashuvchan shaklga o‘tish darajasini oshirish, hosil bo‘ladigan bo‘tqalar reologiyasini baholash hamda olingan mahsulotlarning agrokimyoviy samaradorligini tajriba sharoitida aniqlashdan iborat.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Allamuratova A., Erkaev A., Reymov A., Kazakhbaev S. Improvement of the product composition from nitric acid processing of Kyzylkum carbonate phosphorites // American Journal of Applied Science and Technology. – 2024. – Vol. 04, Issue 11. – P. 47–58. – DOI: 10.37547/ajast/Volume 04,Issue11-08.

2. Beglov B.M., Ibragimov G.I., Sadykov B.B. Nontraditional methods of processing phosphate raw materials into mineral fertilizers // Khimicheskaya Promyshlennost’. – 2005. – Vol. 82, № 9. – P. 453–468.

3. Кодирова Д.Т., Абидова М.А., Мирсалимова С.Р., Умаралиева М.Ж., Нурматова З.Н. Изучение процесса получения азотнофосфорных удобрений разложением кызылкумских фосфоритов азотной кислотой // Universum: технические науки. – 2020. – № 3(72). – С. 57–59.

4. Seytnazarov A.R., Namazov Sh.S., Beglov B.M. Phosphoric acid activation of phosphorites of Central Kyzylkum // Applied Innovations and Technologies. – Prague Development Center, 2014, pp. 1-7.

5. Sultonov B.E., Kholmatov D.S., Rasulov A.A., Temirov U.Sh. Treatment of phosphate waste generated during thermal processing of phosphorites of the Central Kyzylkum // Obogashchenie Rud. – 2024. – № 4. – DOI: 10.17580/or.2024.04.06.

6. Мирзакулов Х.Ч., Талипова Х.С., Сидиков А.С., Адинаев Х.А., Меликулова Г.Э. Исследование процессов пенообразования и поведения органических веществ при азотнокислотном разложении фосфоритов Центральных Кызылкумов // Universum: технические науки., 2016, №6(27), С.1-16.

7. Sultonov B.E., Namazov Sh.S., Zakirov B.S. Chemical enrichment of low-grade phosphorites of Central Kyzylkum // Journal of Chemical Technology and Metallurgy. – 2014. – Vol. 49, Issue 3. – P. 288–292.

8. Султонов Б.Э., Намазов Ш.С., Закиров Б.С. Исследование химического обогащения фосфоритовой муки Центральных Кызылкумов // Химическая промышленность. - Санкт-Петербург, 2013. - №2. - С. 79-86.

9. Султонов Б.Э., Намазов Ш.С., Закиров Б.С. Изучение процесса химического обогащения минерализованной массы фосфоритов Центральных Кызылкумов // Узбекский химический журнал. - Ташкент, 2012. - №4. - С.45-48.

10. Sultonov B.E., Namazov Sh.S., ZakirovB.S. Investigation of nitric acid beneficiation of low grade phosphorites from Central Kyzylkum // Journal of Chemical Technology and Metallurgy. - Sofia, 2015. Volume 50, №1. - pp.26-34.

11. Ortikova S.S., Xokimov A.E. Study of the constant of phosphoric acid decomposition of phosphorite flour from phosphorites of the Central Kyzylkum // The American Journal of Engineering and Technology. – 2021. – P. 65–74.

12. Rasulov A.A., Alimov U.K., Seytnazarov A.R., Namazov Sh.S., Sultonov B.E. Production of NP fertilizers based on the decomposition of poor phosphates using a mixture of phosphoric and sulphuric acids // Journal of Chemical Technology and Metallurgy. – 2019. – Vol. 54, Issue 6. – P. 1263–1270.

13. Namazov Sh.S., Reymov A.M., Mirzakulov Kh.Ch., Yakubov R.Ya., Beglov B.M. Production of nitrocalcium phosphate and nitrocalcium sulfophosphate fertilizers from ordinary phosphate rock of the Central Kyzylkum on a model laboratory device // Khimicheskaya Promyshlennost'. – 2004. – Vol. 81, № 12. – P. 604–610.

References

1. Allamuratova A., Erkaev A., Reymov A., Kazakhbaev S. Improvement of the product composition from nitric acid processing of Kyzylkum carbonate phosphorites. American Journal of Applied Science and Technology, 2024, vol. 04, issue 11, pp. 47–58. DOI: 10.37547/ajast/Volume04, Issue11-08 (in English).

2. Beglov B.M., Ibragimov G.I., Sadykov B.B. Nontraditional methods of processing phosphate raw materials into mineral fertilizers. Khimicheskaya Promyshlennost', 2005, vol. 82, no. 9, pp. 453–468 (in Russian).

3. Kodirova D.T., Abidova M.A., Mirsalimova S.R., Umaralieva M.Zh., Nurmatova Z.N. Izuchenie protsessa polucheniya azotnofosfornykh udobreniy razlozheniem kyzylkumskikh fosforitov azotnoy kislotoy [Study of the process of obtaining nitrogen-phosphorus fertilizers by decomposition of Kyzylkum phosphorites with nitric acid]. Universum: tekhnicheskie nauki, 2020, no. 3(72), pp. 57–59(in Russian).

4. Seytnazarov A.R., Namazov Sh.S., Beglov B.M. Phosphoric acid activation of phosphorites of Central Kyzylkum. Applied Innovations and Technologies. Prague Development Center, 2014, pp. 1-7 (in English).

5. Sultonov B.E., Kholmatov D.S., Rasulov A.A., Temirov U.Sh. Treatment of phosphate waste generated during thermal processing of phosphorites of the Central Kyzylkum. Obogashchenie Rud, 2024, no. 4. DOI: 10.17580/or.2024.04.06. (in Russian)

6. Mirzakulov X.Ch., Talipova X.S., Sidikov A.S., Adinaev X.A., Melikulova G.E. Issledovanie protsessov penoobrazovaniya i povedeniya organicheskix veshchestv pri azotnokislotnom razlozhenii fosforitov Tsentralnyx Qizilqumov // Universum: texnicheskie nauki., 2016, №6(27), S. 1-16 (in Russian).

7. Sultonov B.E., Namazov Sh.S., Zakirov B.S. Chemical enrichment of low-grade phosphorites of Central Kyzylkum // Journal of Chemical Technology and Metallurgy. – 2014. – Vol. 49, Issue 3. – P. 288–292(in English).

8. Sultonov B.E., Namazov Sh.S., Zakirov B.S. Issledovanie ximicheskogo obogashcheniya fosforitovoy muki Tsentralnyx Qizilqumov // Ximicheskaya promyshlennost. - Sankt-Peterburg, 2013. - №2. - S. 79-86(in Russian).

9. Sultonov B.E., Namazov Sh.S., Zakirov B.S. Izuchenie protsessa ximicheskogo obogashcheniya mineralizovannoy massy fosforitov Tsentralnyx Qizilqumov // Uzbekskij ximicheskij jurnal. - Tashkent, 2012. - №4. - S.45-48(in Russian).

10. Sultonov B.E., Namazov Sh.S., ZakirovB.S. Investigation of nitric acid beneficiation of low grade phosphorites from Central Kyzylkum // Journal of Chemical Technology and Metallurgy. - Sofia, 2015. Volume 50, №1. - pp.26-34(in English).

11. Ortikova S.S., Xokimov A.E. Study of the constant of phosphoric acid decomposition of phosphorite flour from phosphorites of the Central Kyzylkum. The American Journal of Engineering and Technology, 2021, pp. 65–74 (in English).

12. Rasulov A.A., Alimov U.K., Seytnazarov A.R., Namazov Sh.S., Sultonov B.E. Production of NP fertilizers based on the decomposition of poor phosphates using a mixture of phosphoric and sulphuric acids. Journal of Chemical Technology and Metallurgy, 2019, vol. 54, issue 6, pp. 1263–1270 (in English).

13. Namazov Sh.S., Reymov A.M., Mirzakulov Kh.Ch., Yakubov R.Ya., Beglov B.M. Production of nitrocalcium phosphate and nitrocalcium sulfophosphate fertilizers from ordinary phosphate rock of the Central Kyzylkum on a model laboratory device. Khimicheskaya Promyshlennost', 2004, vol. 81, no. 12, pp. 604–610(in Russian).