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

02.00.00-KIMYO FANLARI
journal.namdu.uz
CHEMICAL SCIENCES

UO‘K 661.632

MARKAZIY QIZILQUM FOSFAT CHIQINDILARI ASOSIDA SUYUQ VA SUSPENZIYALI O‘G‘ITLAR OLISH TEXNOLOGIYALARI

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
Baxirdinova Yoqutxon
Namangan davlat universiteti
1-kurs tayanch doktoranti
E-mail: baxirdinovayoqut@gmail.com, ORCID: 0009-0000-1929-2478

Annotatsiya: *Ushbu maqolada Markaziy Qizilqum fosforitlarini qazib olish va boyitish jarayonida hosil bo‘ladigan chiqindilar – minerallashgan massa, shlamli fosforit va changsimon fraksiyalarning kimyoviy tarkibi, texnologik xususiyatlari hamda ulardan suyuq va suspenziyali mineral o‘g‘itlar olish imkoniyatlari nazariy jihatdan tahlil qilingan. Suyuq (eritma holidagi) va suspenziyali o‘g‘itlarning tasnifi, afzallik va kamchiliklari yoritilib, fosfat chiqindilarini azot va fosfat kislotalari bilan parchalash, pulpani ammiak bilan neytrallash va suspenziyalarni bentonit gili yordamida barqarorlashtirish bo‘yicha ilmiy manbalardagi ma’lumotlar tizimlashtirilgan. Adabiyotda keltirilgan tarkiblar asosida kislotaning stexiometrik sarfi va uning karbonatlarga sarflanadigan ulushi hisoblab chiqilgan. Suyuq fazali qayta ishlash usullarining past navli, yuqori karbonatli xom ashyo uchun afzalligi asoslanib, suspenziyali o‘g‘it olishning printsipial texnologik sxemasi va kelgusi tadqiqotlar yo‘nalishlari taklif etilgan.*

Kalit so‘zlar: *fosfat chiqindilari, minerallashgan massa, shlamli fosforit, Markaziy Qizilqum, suyuq o‘g‘it, suspenziyali o‘g‘it, kislotali parchalash, bentonit, stabilizator.*

ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЖИДКИХ И СУСПЕНЗИРОВАННЫХ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ ФОСФАТНЫХ ОТХОДОВ ЦЕНТРАЛЬНЫХ КЫЗЫЛКУМОВ

Аннотация: *В статье теоретически проанализированы химический состав и технологические особенности отходов, образующихся при добыче и обогащении фосфоритов Центральных Кызылкумов, – минерализованной массы, шламового фосфорита и пылевидных фракций, а также возможности получения на их основе жидких и суспензированных минеральных удобрений. Рассмотрены классификация, преимущества и недостатки жидких (растворных) и суспензированных удобрений, систематизированы литературные данные по разложению фосфатных отходов азотной и фосфорной кислотами, аммонизации пульпы и стабилизации суспензий бентонитовой глиной. На основе приведённых в литературе составов рассчитаны стехиометрический расход кислоты и доля, приходящаяся на разложение карбонатов. Обосновано преимущество жидкофазных методов переработки для низкосортного высококарбонатного сырья, предложены принципиальная технологическая схема получения суспензированного удобрения и направления дальнейших исследований.*

Ключевые слова: *фосфатные отходы, минерализованная масса, шламовый фосфорит, Центральные Кызылкумы, жидкое удобрение, суспензированное удобрение, кислотное разложение, бентонит, стабилизатор.*

TECHNOLOGIES FOR OBTAINING LIQUID AND SUSPENSION FERTILIZERS BASED ON PHOSPHATE WASTE OF THE CENTRAL KYZYLKUM

Abstract: *The article provides a theoretical analysis of the chemical composition and technological properties of the waste generated during the mining and beneficiation of Central Kyzylkum phosphorites – mineralized mass, sludge phosphorite and dust fractions – and of the possibilities of producing liquid and suspension mineral fertilizers on their basis. The classification, advantages and disadvantages of liquid (solution) and suspension fertilizers are reviewed, and published data on the decomposition of phosphate waste with nitric and phosphoric acids, ammoniation of the pulp and stabilization of suspensions with bentonite clay are systematized. Based on the compositions reported in the literature, the stoichiometric acid consumption and the share spent on carbonate decomposition are calculated. The advantage of liquid-phase processing for low-grade, high-carbonate raw material is substantiated, and a conceptual process flow sheet for suspension fertilizer production and directions for further research are proposed.*

Keywords: *phosphate waste, mineralized mass, sludge phosphorite, Central Kyzylkum, liquid fertilizer, suspension fertilizer, acid decomposition, bentonite, stabilizer.*

1. KIRISH

Fosfor o‘simliklar uchun almashtirib bo‘lmaydigan makroelement bo‘lib, fosforli o‘g‘itlarga bo‘lgan jahon talabi aholi sonining o‘sishi va oziq-ovqat xavfsizligini ta’minlash zaruriyati bilan bog‘liq holda barqaror ortib bormoqda. Fosforit zaxiralari notekis taqsimlangan bo‘lib, ularning asosiy qismi bir necha davlat hududida to‘plangan, yuqori sifatli xom ashyo esa tobora kamayib bormoqda [1]. Shu sababli past navli mahalliy xom ashyo va uni qayta ishlash chiqindilaridan samarali foydalanish ko‘plab davlatlar, jumladan O‘zbekiston uchun strategik ahamiyat kasb etadi.

Respublikada fosforli o‘g‘itlar ishlab chiqarishning asosiy xom ashyo bazasi - Markaziy Qizilqum fosforit konlari hisoblanadi. Qizilqum fosforit kompleksi yiliga 716 ming tonna yuvilgan kuydirilgan fosfat konsentrati (taxminan 265 ming tonna P_2O_5) ishlab chiqaradi, respublika qishloq xo‘jaligining ehtiyoji esa yiliga 800 ming tonna P_2O_5 dan ortiqni tashkil etadi [2]. Ayni vaqtda boyitish jarayonida hosil bo‘ladigan va foydalanilmayotgan chiqindilar - minerallashgan massa (12–14% P_2O_5), shlamli fosforit (10–12% P_2O_5) va changsimon fraksiyalar (18–20% P_2O_5) bilan yiliga 134,77 ming tonnagacha P_2O_5 yo‘qotiladi [3]; boshqa baholashlarga ko‘ra bu ko‘rsatkich 100,94 ming tonnani tashkil etadi [4]. Bu chiqindilar ochiq omborlarda to‘planib, katta yer maydonlarini egallaydi va chang ko‘tarilishi orqali atrof-muhitga salbiy ta’sir ko‘rsatadi.

Mazkur chiqindilarning past P_2O_5 miqdori, yuqori karbonatliligi va mayda dispersligi ularni an’anaviy quruq (granulali) texnologiyalar bilan qayta ishlashni qiyinlashtiradi. Shu nuqtai nazardan suyuq va suspenziyali o‘g‘itlar alohida e’tiborga loyiq. Ular nasos yordamida oson tashiladi, dalada bir tekis taqsimlanadi, tomchilatib sug‘orish tizimlari (fertigatsiya) bilan uyg‘unlashadi, suspenziyali shakllar esa eritmalarga nisbatan yuqoriroq oziq moddalar konsentratsiyasini ta’minlaydi [5]. Suyuq o‘g‘itlar ishlab chiqarishda granulyatsiya va quritish bosqichlari bo‘lmaganligi sababli energiya sarfi va kapital xarajatlar kamayadi [6].

Ushbu maqolaning maqsadi - Markaziy Qizilqum fosfat chiqindilarining tarkibi va texnologik xususiyatlari, ular asosida suyuq va suspenziyali o‘g‘itlar olish usullari bo‘yicha ilmiy manbalardagi ma’lumotlarni tizimlashtirish, qiyosiy tahlil qilish va ushbu yo‘nalishdagi texnologik yechimlarning ilmiy asoslarini nazariy jihatdan baholashdan iborat.

2. MATERIALLAR VA USULLAR

Tadqiqot nazariy-analitik xarakterga ega bo‘lib, unda Markaziy Qizilqum fosforitlari va ularning chiqindilarini qayta ishlashga bag‘ishlangan ilmiy maqolalar, monografiyalar, patentlar va ma’lumotnoma nashrlari tahlil qilindi. Manbalardagi ma’lumotlarni tizimlashtirish, qiyosiy tahlil va stexiometrik hisoblash usullaridan foydalanildi.

2.1. Markaziy Qizilqum fosfat chiqindilarining tavsifi va texnologik xususiyatlari

Tabiiy fosfat xom ashyosining asosiy minerali - ftorapatit $Ca_5F(PO_4)_3$ bo‘lib, cho‘kindi kelib chiqishli fosforitlarda u karbonatlar (kalsit, dolomit), kvars, gil minerallari va organik moddalar bilan birga uchraydi [7]. Qizilqum fosforitlari kremniyli-karbonatli tipga mansub bo‘lib, ularni boyitish uchun maydalash, yuvish va kuydirish bosqichlarini o‘z ichiga olgan sxema qo‘llaniladi; olingan yuvilgan kuydirilgan konsentrat tarkibida taxminan 26% P_2O_5 bo‘ladi [8]. Boyitish jarayonida esa quyidagi asosiy chiqindilar hosil bo‘ladi:

– minerallashgan massa (balansdan tashqari ruda) - konda qazib olinadigan, lekin P_2O_5 miqdori past bo‘lgani uchun boyitishga yuborilmaydigan ruda [3];

– shlamli fosforit - yuvish bosqichida ajraladigan mayda dispersli loyqa fraksiya [4];

– changsimon fraksiyalar - quritish va kuydirish jarayonida chang tutish qurilmalarida yig‘iladigan mahsulot [3].

Adabiyotlarda keltirilgan ushbu chiqindilarning kimyoviy tarkibi 1-jadvalda umumlashtirilgan.

1-jadval.

Markaziy Qizilqum fosfat chiqindilarining kimyoviy tarkibi (adabiyot ma’lumotlari)

Chiqindi turi	P_2O_5 umumiy, %	CaO, %	CO_2, %	Boshqa komponentlar, %	Manba
Minerallashgan massa-1	15,12	41,57	15,67	P_2O_5 o‘zl. (2% limon k-ta) - 2,56	[3]
Minerallashgan massa-2	14,60	43,99	14,11	SO_3 - 1,58; e.q. -10,82	[9]
Minerallashgan massa-3	14,33	43,02	14,70	MgO - 1,19; Fe_2O_3 -1,38; Al_2O_3 – 1,18	[10]

Chiqindi turi	P_2O_5 umumiy, %	CaO, %	CO_2, %	Boshqa komponentlar, %	Manba
Shlamli fosforit	11,57	41,08	20,91	F -1,52; Al_2O_3 - 1,84; Fe_2O_3 - 1,42	[4]

1-jadvaldan koʻrinib turibdiki, minerallashgan massa tarkibida 14-15% P_2O_5 boʻlib, u tarkibi boʻyicha boyitilmagan rudaga yaqin. Shlamli fosforitda esa P_2O_5 miqdori pastroq (11,57%), CO_2 miqdori esa ancha yuqori (20,91%). Barcha chiqindilar uchun umumiy xususiyat - kalsiy oksidi va karbonatlarning yuqori miqdori hamda oʻsimlik oʻzlashtira oladigan P_2O_5 ulushining juda pastligidir: minerallashgan massada 2% li limon kislotasida eruvchan P_2O_5 atigi 2,56% ni tashkil etadi [3]. Demak, bu chiqindilarni tuproqqa bevosita solish samarasiz boʻlib, ular albatta kimyoviy faollashtirishni talab qiladi.

Xom ashyoning texnologik sifatini baholashda kalsiy moduli (CaO/P_2O_5) va karbonat moduli (CO_2/P_2O_5) muhim koʻrsatkichlar hisoblanadi. Karbonatlarning yuqori miqdori kislota sarfini oshiradi, CO_2 ajralishi hisobiga pulpaning koʻpiklanishiga olib keladi va jarayonni boshqarishni murakkablashtiradi [11]. Shu bois past navli karbonatli xom ashyo uchun karbonatlarni oldindan chiqarib yuborish (kuydirish, klinkerlash) yoki ularning parchalanish mahsulotlarini tayyor oʻgʻit tarkibida foydali komponent sifatida saqlab qolish imkonini beradigan usullarni tanlash maqsadga muvofiqdir.

2.2. Suyuq va suspenziyali oʻgʻitlarning tasnifi va xususiyatlari

Suyuq (flyuid) mineral oʻgʻitlar ikki asosiy guruhga boʻlinadi: eritma holidagi (tiniq suyuq) oʻgʻitlar va suspenziyali oʻgʻitlar. Eritma holidagi oʻgʻitlarda barcha oziq moddalar suvda toʻliq erigan boʻladi; ularga karbamid-ammiakli selitra eritmalari (28–32% N) va ammoniy polifosfat asosidagi 10-34-0 markali oʻgʻitlar misol boʻladi. Bunday oʻgʻitlar muzlash haroratidan yuqori sharoitda uzoq saqlanadi, biroq ularda kaliy miqdori tuzlarning eruvchanligi bilan cheklanadi (amalda K_2O boʻyicha taxminan 9%) [5].

Suspenziyali oʻgʻitlarda oziq moddalarning bir qismi eritmada, qolgan qismi esa mayda kristallar shaklida suyuq fazada muallaq holatda boʻladi. Qattiq zarrachalarning choʻkishini oldini olish uchun tarkibga suspenziyalovchi agent - odatda gil minerallari (bentonit, attapulgit) qoʻshiladi [5, 12]. Suspenziyalar eritmalarga nisbatan yuqori konsentratsiyali va kaliyga boy tarkiblarni olish imkonini beradi, ularga suvda kam eriydigan komponentlar va mikroelementlarni kiritish mumkin [6]. Ularning asosiy kamchiligi - saqlash davomida qatlamlanishga moyillik va maxsus aralashtirish hamda purkash uskunalariga ehtiyojdir. Ikkala shakl va an’anaviy granulali oʻgʻitlarning qiyosiy tavsifi 2-jadvalda keltirilgan.

2-jadval.

Oʻgʻitlarning turli fizik shakllarining qiyosiy tavsifi

Koʻrsatkich	Eritma holidagi oʻgʻit	Suspenziyali oʻgʻit	Granulali oʻgʻit
Oziq moddalar holati	Toʻliq erigan	Qisman erigan, qisman muallaq	Qattiq
Oziq moddalar konsentratsiyasi	Eruvchanlik bilan cheklangan	Yuqori	Yuqori
Kaliy kiritish imkoniyati	Cheklangan (~9% K_2O)	Yuqori	Yuqori
Suvda kam eriydigan komponentlar	Kiritib boʻlmaydi	Kiritish mumkin	Kiritish mumkin
Saqlash barqarorligi	Yuqori	Stabilizator talab etadi	Yopishib qolishga moyil
Granulyatsiya va quritish	Talab etilmaydi	Talab etilmaydi	Talab etiladi
Fertigatsiyaga yaroqlilik	Toʻliq yaroqli	Cheklangan	Yaroqsiz

2.3. Fosfat chiqindilarini kislotali parchalash usullari

2.3.1. Azot kislotasi bilan parchalash

Azot kislotali usulning afzalligi shundaki, kislota bir vaqtning oʻzida ham parchalovchi reagent, ham azot manbai boʻlib xizmat qiladi. Ftorapatit va karbonatlarning azot kislotasi bilan oʻzaro ta’siri quyidagi tenglamalar bilan ifodalanadi [7]:

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

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

Kislota me'yori stexiometrik miqdordan past bo'lganda parchalanish mono- va dikaltsiy fosfatlar hosil bo'lishi bilan cheklanadi. Qizilqum fosforiti (17,55% P_2O_5; 43,68% CaO; 14,83% CO_2) misolida azot kislotasi me'yori stexiometriyaning 20, 40 va 60% ini tashkil etganda P_2O_5 ning o'zlashuvchan shaklga o'tishi mos ravishda 30-31, 51-52 va 75-77% ni tashkil etgani ko'rsatilgan [13]. Minerallashgan massani 45-55% li azot kislotasi bilan parchalab, so'ngra kaltsiy gidroksidi bilan pH 5,0-5,5 gacha neytrallash orqali tarkibida 24,01-24,99% umumiy va 19,71-20,02% o'zlashuvchan P_2O_5 bo'lgan pretsipitat olingan [9]. Shuningdek, minerallashgan massa, azot kislotasi va karbamid-ammiakli selitra (KAS) eritmasi asosida NP-o'g'itlar olish imkoniyati ham o'rganilgan [14], fosforit uni va boyitish chiqindilarini azot kislotali qayta ishlashning samarali texnologiyasi taklif etilgan [2].

Azot kislotali parchalashda hosil bo'ladigan kaltsiy nitrat granulali o'g'it ishlab chiqarishda gigroskopiklik tufayli muammo tug'diradi va uni ajratib olish (masalan, sovitib kristallash) talab etiladi [7]. Biroq suyuq va suspenziyali o'g'itlar uchun bu holat jiddiy to'siq emas: kaltsiy nitrat suvda yaxshi eriydi va o'zi ham azot-kaltsiyli o'g'it hisoblanadi. Bu esa suyuq fazali texnologiyaning yuqori karbonatli chiqindilar uchun muhim afzalligidir.

2.3.2. Fosfat kislotasi bilan parchalash

Fosfat kislotasi bilan parchalash natijasida suvda eruvchan monokaltsiy fosfat hosil bo'ladi:

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

Bu usulda mahsulotdagi P_2O_5 ning bir qismi kislotadan, bir qismi xom ashyodan o'tadi, natijada yuqori konsentratsiyali mahsulot olinadi. Minerallashgan massani (14,33% P_2O_5) konsentrlangan fosfat kislotasi (40,76% P_2O_5) bilan stexiometriyaning 450% miqdorida siklik usulda parchalab, ajratilgan monokaltsiy fosfatni ammiak bilan pH 4,0-5,0 gacha neytrallash orqali tarkibida 9,15-10,86% N va 55,98-56,71% umumiy P_2O_5 bo'lgan, P_2O_5 ning 79,22-83,51% i suvda eruvchan shaklda bo'lgan azot-fosforli o'g'it olingan [10]. Usulning cheklovchi omili – qimmat fosfat kislotasining katta sarfi hisoblanadi.

2.3.3. Pulpani neytrallash (ammonizatsiyalash)

Kislotali parchalashdan keyin olingan pulpa erkin kislotalilikni bartaraf etish va azot miqdorini oshirish maqsadida ammiak bilan neytrallanadi. Bunda fosfat kislotasi ammoniy fosfatlariga aylanadi:

$$H_3PO_4 + NH_3 \rightarrow NH_4H_2PO_4;\ NH_4H_2PO_4 + NH_3 \rightarrow (NH_4)_2HPO_4$$

Neytrallash darajasi (pH) mahsulotdagi fosfor shakllarini belgilaydi: pH ortishi bilan kaltsiy ishtirokida suvda kam eriydigan dikaltsiy fosfat va boshqa birikmalar cho'kmaga tushadi, bu esa eritma holidagi o'g'itlar uchun salbiy, suspenziyali o'g'itlar uchun esa maqbul holatdir, chunki cho'kma mayda qattiq faza sifatida mahsulot tarkibida qoladi. Ammofos pulpasi va ammiakli selitra asosida olingan suspenziyali NP-o'g'itlarda kristallanish harorati pH va oziq moddalar nisbatiga bog'liq holda +16 °C dan -20 °C gacha o'zgarishi, bu esa ularni bahor-kuz mavsumida qo'llash imkonini berishi aniqlangan [15].

2.4. Suspenziyali o'g'itlarni barqarorlashtirish

Suspenziyali o'g'itlarning asosiy texnologik muammosi – saqlash davomida qattiq zarrachalarning cho'kishi va tizimning qatlamlanishidir. Uni hal etishda eng keng tarqalgan stabilizatorlar gil minerallari hisoblanadi. Patent ma'lumotlariga ko'ra, gil odatda suspenziyali o'g'it massasining 1-4% ini tashkil etadi, natriyli bentonit (montmorillonit) iqtisodiy jihatdan eng samarali agent bo'lib, attapulgit esa bentonitga nisbatan taxminan ikki barobar ko'p miqdorda qo'llaniladi; oldindan bo'ktirilgan bentonit rezervuarlarda cho'kma hosil bo'lishi, quvur va forsunkalarning tiqilib qolishini oldini oladi [12].

Bentonitning stabilizatsiyalovchi ta'siri uning tarkibidagi montmorillonitning qatlamli tuzilishi, suvda bo'kish va tiksotrop gel hosil qilish qobiliyati bilan izohlanadi: tinch holatda gel tuzilma qattiq zarrachalarni muallaq ushlab turadi, aralashtirilganda esa suyuqlanib, nasoslash va purkashga imkon beradi. O'zbekistonda Navbahor koni kabi sanoat ahamiyatiga ega bentonit konlari mavjud bo'lib, ularning gillari kamida 60-70% montmorillonitdan iborat [16]. Suspenziyali NP-o'g'itlarga 26% li bentonit suspenziyasidan 3% qo'shilganda 72 soatdan keyin tiniqlashish darajasi 50% dan past bo'lib, bu qishloq xo'jaligida qo'llash uchun maqbul deb baholangan [15]. Ammofos va kaltsiyli sanoat chiqindilari asosida suyuq va suspenziyali NP-, NPCa-, NPK- va NPKCa-o'g'itlar olish bo'yicha tadqiqotlarda barqaror asosiy suspenziya uchun $N:P_2O_5 = 0,33$ nisbati optimal deb topilgan [17]. Gil stabilizatorlari ba'zi gerbitsidlar bilan birga qo'llanganda ularni nofaollashtirishi mumkinligi sababli, bunday hollarda ksantan kabi organik quyultirgichlardan foydalaniladi [5].

Yuqorida ko'rib chiqilgan fosfat xom ashyosi va chiqindilarini suyuq fazada qayta ishlash usullari bo'yicha adabiyot ma'lumotlari 3-jadvalda umumlashtirilgan.

3-jadval.

Fosfat xom ashyosi va chiqindilarini suyuq fazada qayta ishlash usullarining qiyosiy tavsifi

Usul	Xom ashyo	Asosiy sharoitlar	Mahsulot ko‘rsatkichlari	Manba
Azot kislotali parchalash	Qizilqum fosforiti (17,55% P_2O_5)	HNO_3 me’yori stexiometriyaning 20-60%	P_2O_5 o‘zlashuvchan shaklga o‘tishi 30-77%	[13]
Azot kislotali parchalash va $Ca(OH)_2$ bilan neytrallash	Minerallashgan massa (14,60% P_2O_5)	45-55% li HNO_3; pH 5,0-5,5	Pretsipitat: 24,0-25,0% P_2O_5 umum., 19,7-20,0% P_2O_5 o‘zl.	[9]
Fosfat kislotali siklik parchalash va ammonizatsiya	Minerallashgan massa (14,33% P_2O_5)	H_3PO_4 (40,76% P_2O_5), me’yor 450%; pH 4,0-5,0	9,15-10,86% N; 55,98-56,71% P_2O_5; suvda eruvchan 79-84%	[10]
Suspenziyali NP-o‘g‘it	Ammofos pulpasi va ammiakli selitra	Stabilizator -3% bentonit suspenziyasi	12,54-19,21% N; 9,20-13,05% P_2O_5; kristallanish harorati +16…-20 °C	[15]
Suspenziyali NPCa-, NPK-o‘g‘itlar	Ammofos, kaltsiyli shlamlar	Azot kislotali neytrallash	Barqaror suspenziya uchun $N:P_2O_5 = 0,33$	[17]

3. NATIJALAR VA MUHOKAMA

Adabiyot ma’lumotlarining tahlili Markaziy Qizilqum fosfat chiqindilarining o‘g‘it olish uchun ikkilamchi xom ashyo sifatidagi imkoniyati va cheklovlarini miqdoriy baholash imkonini beradi. 1-jadvaldagi tarkiblar asosida kalsiy va karbonat modullari hamda azot kislotasining nazariy sarfi hisoblab chiqildi (4-jadval). Hisoblashda xom ashyodagi barcha CaO kaltsiy nitratga to‘liq o‘tadi (1 mol CaO ga 2 mol HNO_3) deb qabul qilindi, magniy va boshqa aralashmalarning kislota sarfi hisobga olinmadi.

4-jadval.

Fosfat chiqindilarining modullari va azot kislotasining nazariy sarfi (hisoblangan)

Chiqindi (manba)	CaO/P_2O_5	CO_2/P_2O_5	HNO_3 (100%) stexiometrik sarfi, kg/100 kg	Karbonatlarga sarflanadigan ulush, %
Minerallashgan massa-1	2,75	1,04	93,4	48,0
Minerallashgan massa-2	3,01	0,97	98,9	40,9
Minerallashgan massa-3	3,00	1,03	96,7	43,5
Shlamli fosforit	3,55	1,81	92,3	64,9

4-jadvaldan ko‘rinib turibdiki, minerallashgan massani to‘liq parchalash uchun sarflanadigan azot kislotasining 41–48% i, shlamli fosforitda esa qariyb 65% i fosfat mineraliga emas, balki karbonatlarni parchalashga sarflanadi. Bu natija chiqindilarni qayta ishlashda kislota sarfi asosiy iqtisodiy omil ekanligini tasdiqlaydi. Shu bilan birga, azot kislotasi ishlatilganda karbonatlarga sarflangan kislota yo‘qolmaydi: u kaltsiy nitrat shaklida mahsulotdagi azotga aylanadi. Sulfat kislotali usulda esa xuddi shu kislota qo‘shimcha fosfogips hosil bo‘lishiga olib keladi. Demak, yuqori karbonatli chiqindilar uchun azot kislotali yoki aralash (azot-fosfat kislotali) parchalash va mahsulotni suyuq yoki suspenziyali shaklda olish nazariy jihatdan eng maqbul yo‘nalish hisoblanadi.

Adabiyotdagi natijalar (3-jadval) shuni ko‘rsatadiki, stexiometriyadan past kislota me’yorlarida P_2O_5 ning o‘zlashuvchan shaklga o‘tish darajasi keskin kamayadi [13], ya’ni kislota sarfini tejash imkoniyati cheklangan. Kislota sarfini kamaytirishning nazariy yo‘llari sifatida: (a) karbonatlarning bir qismini oldindan termik yoki kimyoviy usulda chiqarish [11]; (b) parchalashni ikki bosqichda – avval suyultirilgan kislota bilan karbonatlarni, so‘ngra fosfat mineralini parchalash; (v) mahsulot tarkibida qisman parchalangan, limon kislotasida eruvchan shakldagi fosforni saqlab qolish ko‘rsatilishi mumkin. Oxirgi yo‘nalish aynan suspenziyali o‘g‘itlar uchun xosdir, chunki ularda qattiq faza mahsulotdan ajratilmaydi.

Suspenziyali shaklning yana bir muhim afzalligi - chiqindisizlikdir. 1-jadvalga koʻra minerallashgan massa tarkibida taxminan 11% kislotada erimaydigan qoldiq mavjud [9]. Eritma holidagi oʻgʻit olishda bu qoldiq filtrlash orqali ajratilib, yangi qattiq chiqindi hosil qiladi, suspenziyali oʻgʻitda esa u mayda disperslik holatida mahsulot tarkibida qoladi va bentonit bilan birga suspenziya tuzilmasini shakllantirishda ishtirok etadi. Bunday yondashuvda chiqindilarning mayda dispersligi kamchilik emas, balki afzallikka aylanadi: u reaksiya sirtini oshiradi va suspenziyadagi zarrachalarning choʻkish tezligini kamaytiradi.

Tahlil natijalari asosida fosfat chiqindilaridan suspenziyali oʻgʻit olishning quyidagi printsipial texnologik sxemasini taklif etish mumkin:

– chiqindini tayyorlash - maydalash va zarur hollarda mayda fraksiyalarni ajratish;

– kislotali parchalash - azot kislotasi yoki azot va fosfat kislotalari aralashmasi bilan, koʻpik hosil boʻlishini nazorat qilgan holda bosqichma-bosqich kislota qoʻshish;

– pulpani ammiak bilan neytrallash - kerakli fosfor shakllari va pH qiymatini ta’minlash;

– kaliy komponenti (KCl yoki K_2SO_4) va zarur hollarda mikroelementlarni kiritish;

– oldindan boʻktirilgan bentonit gilini 1-4% miqdorda qoʻshish va gomogenlashtirish [12];

– tayyor mahsulotni saqlash va tashish davomida davriy aralashtirib turish.

Mazkur texnologiyani amalga oshirishda bir qator muammolar hal etilishi lozim. Birinchidan, CO_2 ning jadal ajralishi pulpaning koʻpiklanishiga sabab boʻladi, bu reaktor hajmini va kislota qoʻshish tezligini toʻgʻri tanlashni talab etadi. Ikkinchidan, azot kislotali parchalashda azot oksidlari va ftorli gazlar ajralishi mumkinligi sababli gaz tozalash tizimi zarur. Uchinchidan, kaltsiy nitrat va boshqa tuzlarning yuqori miqdori past haroratda kristallanishga olib kelishi mumkin, shuning uchun mahsulotning kristallanish harorati nazorat qilinishi kerak [15]. Toʻrtinchidan, yuqori karbonatli chiqindilardan olingan suspenziyalarning uzoq muddatli barqarorligi, reologik xususiyatlari va agrokimyoviy samaradorligi, ayniqsa Oʻzbekistonning karbonatli boʻz tuproqlari sharoitida, hozirgacha yetarlicha tizimli oʻrganilmagan.

Resurs salohiyatini nazariy baholash shuni koʻrsatadiki, chiqindilar bilan yiliga yoʻqotilayotgan 134,77 ming tonna P_2O_5 ning [3] hatto yarmi oʻgʻitga aylantirilganda ham bu taxminan 67 ming tonna P_2O_5 ni, ya’ni respublikaning yillik ehtiyojining [2] qariyb 8% ini tashkil etadi. Bu esa fosfat chiqindilaridan suyuq va suspenziyali oʻgʻitlar olish texnologiyalarini ishlab chiqish ham iqtisodiy, ham ekologik jihatdan dolzarb ekanligini koʻrsatadi.

4. XULOSA

1. Markaziy Qizilqum fosforitlarini boyitish chiqindilari - minerallashgan massa (14-15% P_2O_5) va shlamli fosforit (11-12% P_2O_5) - yiliga 100-135 ming tonna P_2O_5 ni oʻz ichiga olgan, hozircha foydalanilmayotgan ikkilamchi xom ashyo hisoblanadi; ularning asosiy texnologik kamchiligi - yuqori kalsiy (CaO/P_2O_5 = 2,75-3,55) va karbonat modullari hamda oʻzlashuvchan fosforning juda past miqdoridir.

2. Stexiometrik hisoblar azot kislotasining 41-65% i karbonatlarni parchalashga sarflanishini koʻrsatdi. Azot kislotali usulda bu kislota kaltsiy nitrat shaklida mahsulotdagi azotga aylanadi, shu sababli yuqori karbonatli chiqindilar uchun azot yoki azot-fosfat kislotali parchalash va mahsulotni suyuq fazada olish eng maqbul yoʻnalish hisoblanadi.

3. Suspenziyali oʻgʻitlar kaltsiy nitrat, erimaydigan qoldiq va mayda dispers qattiq fazani mahsulot tarkibida saqlab qolish imkonini beradi, bu esa texnologiyani chiqindisiz qiladi; suspenziya barqarorligini ta’minlashda mahalliy bentonit gili 1-4% miqdorda samarali stabilizator boʻla oladi.

4. Fosfat chiqindilaridan suspenziyali oʻgʻit olishning printsipial texnologik sxemasi taklif etildi. Kelgusi tadqiqotlarning asosiy yoʻnalishlari - parchalash va neytrallashning optimal rejimlarini tajribada aniqlash, suspenziyalarning reologik xossalari va saqlash barqarorligini oʻrganish hamda olingan oʻgʻitlarning agrokimyoviy samaradorligini karbonatli tuproqlar sharoitida baholashdan iborat.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. USGS. Mineral Commodity Summaries 2025: Phosphate Rock. -U.S. Geological Survey, 2025. - URL: https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2025/mcs2025-phosphate.pdf

2. Зулярова Н.Ш., Бобокулова О.С., Усманов И.И. Эффективная технология азотнокислотной переработки фосфоритной муки и техногенных отходов обогащения фосфоритов Центральных Кызылкумов // Current Approaches and New Research in Modern Sciences. - 2023. - Vol. 2, № 7. - С. 54–59. - URL: https://zenodo.org/records/8198871

3. Намазов Ш.С., Сейтназаров А.Р., Беглов Б.М., Бадалова О.А., Курбанов Ж.Х. Химическая активация минерализованной массы с помощью растворов аммонийных солей // Universum: технические науки. - 2018. - № 9(54). - URL: https://7universum.com/ru/tech/archive/item/6342

4. Темиров У.Ш., Ганиев П., Намазов Ш.С., Усанбаев Н.Х. Особенности компостирования навоза крупного рогатого скота и фосфоритного шлама с добавкой фосфогипса // Universum: химия и биология. - 2018. - № 8(50). - URL: https://7universum.com/ru/nature/archive/item/6202

5. Oldham L., Bryant C. Fluid Fertilizers: Publication P1466. - Mississippi State University Extension Service, 2023. - URL: https://extension.msstate.edu/publications/fluid-fertilizers

6. Fertilizer Manual / UNIDO, IFDC. - Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1998. - 615 p.

7. Позин М.Е. Технология минеральных удобрений. - Л.: Химия, 1989. - 336 с.

8. Намазов Ш.С., Садыков Б.С., Волынскова Н.В., Сейтназаров А.Р., Исаев Р.Д., Беглов Б.М. Экстракционная фосфорная кислота из мытого обожженного фосконцентрата Центральных Кызылкумов, содержащего 26% P_2O_5 // Химическая промышленность. - 2014. - Т. 91, № 5. - С. 225-236.

9. Намазов Ш.С., Султонов Б.Э., Сапаров А.А. Азотнокислотное получение преципитата на основе минерализованной массы из фосфоритов Центральных Кызылкумов // Universum: технические науки. - 2018. - № 11(56). - URL: https://7universum.com/ru/tech/archive/item/6629

10. Намазов Ш.С., Алимов У.К., Нумонов Б.О., Холмуродов Ж.Э. Азотно-фосфорные удобрения на основе фосфорнокислого разложения забалансовой фосфоритной руды циклическим методом // Universum: технические науки. - 2019. - № 11(68). - URL: https://7universum.com/ru/tech/archive/item/8166

11. Нодиров А.А., Султонов Б.Э., Абдуллажанов О.А., Холматов Д.С. Марказий Қизилқум фосфоритларидан экстракцион фосфат кислота олишнинг клинкер усули // НамДУ илмий ахборотномаси. - 2021. - № 7. - Б. 69–75.

12. Buscall R., McGowan I.J. Suspension fertilizers: пат. US 5002601 A / Imperial Chemical Industries. - Опубл. 26.03.1991.

13. 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). - URL: https://7universum.com/ru/tech/archive/item/9139

14. M.M.Sobirov, D.M.Tavakkalova, B.E.Sultonov, A.A.Nishonov. Fosfat xom ashyosini kislotali boyitish chiqindisidan suyuq azotli o‘g‘itlar olish Kompozitsion materiallar. Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali, №3/2024. 247-250 b.

15. Ganieva N.M., Namazov Sh.S., Seytnazarov A.R., Alimov U.K., Nomozov Sh.Yu. Composition suspended liquid complex fertilizer based on Kyzylkum ammophose pulp and ammonium nitrate // Universum: технические науки. - 2021. - № 2(83). - URL: https://7universum.com/en/tech/archive/item/11276

16. Содикова Ш.А., Махкамова Д.Н., Усмонова З.Т. Бентонитовая глина, её физико-химическая характеристика и применение в народном хозяйстве // Universum: технические науки. - 2019. - № 6(63). - URL: https://7universum.com/ru/tech/archive/item/7515

17. Икрамов М., Назирова Р., Мирсалимова С., Таджиев С. Новые виды суспендированных удобрений на основе местного сырья: монография. - UKRLOGOS Group, 2020. - 122 с. - DOI: 10.36074/ik-na-mi-ta.monograph

References

1. USGS. Mineral Commodity Summaries 2025: Phosphate Rock. U.S. Geological Survey, 2025. Available at: https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2025/mcs2025-phosphate.pdf

2. Zulyarova N.Sh., Bobokulova O.S., Usmanov I.I. Effektivnaya tekhnologiya azotnokislotnoy pererabotki fosforitnoy muki i tekhnogennykh otkhodov obogashcheniya fosforitov Tsentral’nykh Kyzylkumov [Effective technology of nitric acid processing of phosphorite flour and technogenic waste of Central Kyzylkum phosphorite beneficiation]. Current Approaches and New Research in Modern Sciences, 2023, vol. 2, no. 7, pp. 54-59. (in Russian).

3. Namazov Sh.S., Seytnazarov A.R., Beglov B.M., Badalova O.A., Kurbanov Zh.Kh. Khimicheskaya aktivatsiya mineralizovannoy massy s pomoshch’yu rastvorov ammoniynykh soley [Chemical activation of mineralized mass by means of ammonium salt solutions]. Universum: tekhnicheskie nauki, 2018, no. 9(54). (in Russian).

4. Temirov U.Sh., Ganiev P., Namazov Sh.S., Usanbaev N.Kh. Osobennosti kompostirovaniya navoza krupnogo rogatogo skota i fosforitnogo shlama s dobavkoy fosfogipsa [Features of composting cattle manure and phosphorite sludge with phosphogypsum additive]. Universum: khimiya i biologiya, 2018, no. 8(50). (in Russian).

5. Oldham L., Bryant C. Fluid Fertilizers. Publication P1466. Mississippi State University Extension Service, 2023. (in English).

6. UNIDO, IFDC. Fertilizer Manual. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 1998. 615 p. (in English).

7. Pozin M.E. Tekhnologiya mineral’nykh udobreniy [Technology of mineral fertilizers]. Leningrad, Khimiya, 1989. 336 p. (in Russian).

8. Namazov Sh.S., Sadykov B.S., Volynskova N.V., Seytnazarov A.R., Isaev R.D., Beglov B.M. Ekstraktsionnaya fosfornaya kislota iz mytogo obozhzhennogo foskontsentrata Tsentral'nykh Kyzylkumov, soderzhashchego 26% P_2O_5 [Extraction phosphoric acid from washed calcined phosphate concentrate of Central Kyzylkum containing 26% P_2O_5]. Khimicheskaya promyshlennost', 2014, vol. 91, no. 5, pp. 225–236. (in Russian).

9. Namazov Sh.S., Sultonov B.E., Saparov A.A. Azotnokislotnoe poluchenie pretsipitata na osnove mineralizovannoy massy iz fosforitov Tsentral'nykh Kyzylkumov [Nitric acid production of precipitate based on mineralized mass from Central Kyzylkum phosphorites]. Universum: tekhnicheskie nauki, 2018, no. 11(56). (in Russian).

10. Namazov Sh.S., Alimov U.K., Numonov B.O., Kholmurodov Zh.E. Azotno-fosfornye udobreniya na osnove fosfornokislogo razlozheniya zabalansovoy fosforitnoy rudy tsiklicheskim metodom [Nitrogen-phosphorus fertilizers based on phosphoric acid decomposition of off-balance phosphorite ore by a cyclic method]. Universum: tekhnicheskie nauki, 2019, no. 11(68). (in Russian).

11. Nodirov A.A., Sultonov B.E., Abdullajanov O.A., Xolmatov D.S. Markaziy Qizilqum fosforitlaridan ekstraksion fosfat kislota olishning klinker usuli [Clinker method of obtaining extraction phosphoric acid from Central Kyzylkum phosphorites]. NamDU ilmiy axborotnomasi, 2021, no. 7, pp. 69-75. (in Uzbek).

12. Buscall R., McGowan I.J. Suspension fertilizers. Patent US 5002601 A, Imperial Chemical Industries, 1991. (in English).

13. 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). (in Russian).

14. M.M.Sobirov, D.M.Tavakkalova, B.E.Sultonov, A.A.Nishonov Fosfat xomashyosini kislotali boyitish chiqindisidan suyuq azotli o'g'itlar olish Kompozitsion materiallar Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali №3/2024. 247-250 b.

15. (in Uzbek).

15. Ganieva N.M., Namazov Sh.S., Seytnazarov A.R., Alimov U.K., Nomozov Sh.Yu. Composition suspended liquid complex fertilizer based on Kyzylkum ammophose pulp and ammonium nitrate. Universum: tekhnicheskie nauki, 2021, no. 2(83). (in English).

16. Sodikova Sh.A., Makhkamova D.N., Usmonova Z.T. Bentonitovaya glina, eyo fiziko-khimicheskaya kharakteristika i primenenie v narodnom khozyaystve [Bentonite clay, its physicochemical characteristics and application in the national economy]. Universum: tekhnicheskie nauki, 2019, no. 6(63). (in Russian).

17. Ikramov M., Nazirova R., Mirsalimova S., Tadzhiev S. Novye vidy suspendirovannykh udobreniy na osnove mestnogo syr'ya [New types of suspension fertilizers based on local raw materials]. Monograph. UKRLOGOS Group, 2020. 122 p. DOI: 10.36074/ik-na-mi-ta.monograph (in Russian).