

ШЎРСУВ ДОЛОМИТЛАРИ АСОСИДА КАЛЬЦИЙ ВА МАГНИЙ ФОСФАТЛИ ЎЎИТЛАР ОЛИШ

Б.А.Мамуров, И.Т.Шамшиддинов, Г.Қ.Қодирова.
Наманга муҳандислик-қурилиш институти.

Ишда Шўрсув қони доломитларидан фойдаланган ҳолда кальций ва магний фосфатли ўғит олиш жараёни кўрсатилган. Фосфорли оддий ўғит олишининг мазкур усулини ўрганиш натижасида экстракцион фосфат кислотани доломит билан нейтраллаш орқали жараёнини жадаллаштириш ва охирги маҳсулот сифатини яхшилашга эришиш мумкинлиги аниқланган.

Калит сўзлар: фосфорит, фосфат кислота, экстракцион фосфат кислота, минерал ўғит, фосфорли ўғит, кальций карбонат, магний карбонат, доломит, монокальцийфосфат, дикальцийфосфат, преципитат, қўшалок суперфосфат.

В работе приведены процессы получения кальций и магнийфосфатных удобрений с использованием доломитов месторождений Шурсув. Изучением данного способа получения обычных фосфорных удобрений, установлено, что нейтрализация экстракционной фосфорной кислоты доломитом приводит интенсификацию процесса и улучшению качества конечного продукта.

Ключевые слова: фосфорит, фосфорная кислота, экстракционная фосфорная кислота, минеральные удобрения, фосфорные удобрения, карбонат кальция, карбонат магния, доломит, монокальцийфосфат, дикальцийфосфат, преципитат, двойной суперфосфат.

In this article the results the processes of obtaining calcium and magnesium phosphate fertilizers with using dolomite deposits of Shursu, have been given. The study of this method of obtaining ordinary phosphate fertilizers, found, that neutralization of extraction phosphoric acid by dolomite to carry out of intensification of the process and improving the quality of final product.

Key words: phosphate rock, phosphoric acid, phosphoric acid, mineralni fertilizers, phosphate fertilizers, calcium carbonate, magnesium carbonate, dolomite, monocalcium phosphate, dicalcium phosphate, precipitate, dual superphosphate.

Республикаимиз қишлоқ хўжалигида фосфорли ўғитлар сифатида асосан Марказий Қизилқум фосфоритларидан олинган аммофос, шунингдек оддий суперфосфат ишлатилади. Минерал ўғитлар ишлаб чиқариш саноатининг ривожланиб бориши нафақат маҳсулотлар турини кенгайтириб ва сифатини ошириб боришни, балки мавжуд хомашёлардан тежамкорлик билан фойдаланган ҳолда иқтисодий ва экологик самарадор янги технологик жараёнларни яратиш ва ишлаб чиқаришга татбиқ этишни назарда тутади.

Маълумки, аммофос таркибида кальций бўлмайди. Аммофосдан узок вақт мунтазам фойдаланиш натижасида тупроқ таркибидаги ҳаракатчан кальций ва магний йилдан-йилга камайиб боради. Бу эса ўсимлик ва тирик организмлардаги кальций ва магнийнинг етишмовчилигига олиб келади. Натижада тупроқ структураси ёмонлашади, ўсимликлар ҳосилдорлиги пасаяди, тирик организмларда кальций ва магний етишмаслиги билан боғлиқ бўлган касалликлар келиб чиқади.

Фосфорит рудалари таркибида фосфатли жинслардан ташқари Қизилқум фосфорит рудаларини ташкил этадиган асосий минералларга бирламчи минераллар

сифатида: кальцит – 30-50%, фторкарбонатапатит – 25-55%, гилли минераллар – 5-25% ҳамда иккиламчи минераллар сифатида: гипс, гётит, пирит, кварц киради [1].

Республикамиз ҳудудида саноат ишлаб чиқариш технологик талабларига жавоб берадиган кальций ва магний карбонатларидан ташкил топган: кальцит, оҳактош, доломит ва бошқа маҳаллий норуца минерал хомашёлар кўп миқдорда учрайди [1]. Республикамиз давлат балансига олинган 24 та оҳактош ва доломитлашган оҳактош конлари (шунингдек 4 та бошқа турдаги карбонат хомашёлари конлари) бўлиб, уларнинг захираси 1017,8 млн тоннани ташкил қилади, саноат категориялари бўйича оҳак олиш учун атиги 294 минг тонна оҳактош ишлатилади. Республикамиздаги кўпчилиқ конлардаги бўр ва оҳактош доломитлашган хомашё тарзида учрайди. Бундан ташқари, сув тозалаш иншоотларида катта миқдорда таркибида кальций ва магний карбонатлари бўлган чиқиндилар ҳосил бўлади ва уларни комплекс қайта ишлаш йўлга қўйилмаган. Кальций ва магний карбонатли хомашёлар ва чиқиндиларни технологик нуқтаи назардан комплекс ўрганиш ҳамда улардан саноат миқёсида сифатли маҳсулотлар – ўсимликлар томонидан осон ўзлаштириладиган кальций (шунингдек магний) фосфатли ўғитлар ишлаб чиқаришда фойдаланишни йўлга қўйиш муҳим аҳамият касб этади. Шу кунга қадар катта захираларга эга бўлган маҳаллий бўр, оҳактош ва доломит каби карбонатли хомашёлардан саноат миқёсида фосфорли ўғитлар ишлаб чиқаришни йўлга қўйиш орқали юқори иқтисодий самарадорликка эришиш мумкинлиги ўрганилмаган. Кальций ва магний карбонатли хомашёларни технологик нуқтаи назардан комплекс ўрганиш ҳамда улардан кальций ва магний фосфатли ўғитлар олиш жараёнини ўрганиш муҳим аҳамиятга эгадир.

Ишлаб чиқариладиган фосфорли ўғитлар ҳажмини ошириш ва таннархини пасайтириш (аммофосга нисбатан), маҳсулот бирлигига нисбатан қимматбаҳо хомашё – фосфорит сарфини (қўшалок суперфосфатга нисбатан) камайитириш мақсадида Марказий Қизилқум фосфорит термоконцентратидан олинган экстракцион фосфат кислотани (ЭФК) доломит хомашёси билан нейтраллаш йўли билан таркибида ўзлашадиган кальций ва магний фосфатлари бўлган фосфорли ўғитлар олиш жараёни ўрганилди.

Бунинг учун таркибида, оғ.% ҳисобида: $P_2O_5 = 17,23$, $CaO = 0,32$, $MgO = 0,66$, $Fe_2O_3 = 0,30$, $Al_2O_3 = 0,41$, $F = 1,18$ ва бошқалар бўлган ЭФК ҳамда таркибида, оғ.% ҳисобида: $CaO = 32,36$, $MgO = 18,68$, $R_2O_3 = 0,53$, $CO_2 = 45,76$ ва бошқалар бўлган доломит хомашёсидан фойдаланилди.

Маҳаллий кальций ва магний карбонатли хомашёлар (бўр, оҳактош, сув тозалаш иншооти чиқиндиси) ва уларнинг куйдириш ($100\div1050^{\circ}C$ ҳарорат интервалида) маҳсулотлари билан ЭФКни нейтраллаш ва бунда ҳосил бўладиган барқарор кўпикланиш жараёнлари батафсил ўрганилган [2, 3]. Нейтраллаш жараёнида куйдирилмаган кальций ва магний карбонатли чиқиндидан фойдаланилганда барқарор кўпик ҳосил бўлиши, барқарор кўпикнинг сўниши учун маълум вақт (50 минутдан 150 минутгача) сарфланиши ҳамда бунинг натижасида ишлаб чиқариш жадаллигини пасайтириши, $700\div850^{\circ}C$ ҳарорат интервалида куйдирилган кальций ва магний карбонатли хомашёлардан фойдаланилганда эса барқарор кўпикнинг сўниши учун атиги 5-10 минут вақт сарфланиши аниқланган.

ЭФКни доломит хомашёси билан нейтраллаш бошқа карбонатли хомашёларга нисбатан фарқланади. Нейтраллаш жараёнида доломит хомашёси ишлатилганда барқарор кўпикланиш деярли содир бўлмайди. Бу эса нейтралланиш жадаллигини ошириш имкониятини яратади.

ЭФК ва 1% миқдорида аммоний нитрат қўшилган ЭФК доломит хомашёси билан нейтралланди, ҳосил қилинган суспензия бўғлатилди ва қурилди. Қўшилган

аммоний нитрат нейтраллаш жараёнида ҳосил бўладиган суспензиялардаги кальций ва магний фосфатларининг эрувчанлигини яхшилашга хизмат қилади. 17,23% P_2O_5 концентрацияли ЭФКни доломит хомашёси билан нейтраллаш жараёнидаги кислота меъёри монокальцийфосфат, мономагнийфосфат, темир ва алюминий фосфатлари ҳосил бўлишига мувофиқ келадиган стехиометрик миқдорга нисбатан 100% ни ташкил этди. Нейтраллаш жараёни $60^{\circ}C$ ҳароратда 30 минут давом этди. Ҳосил қилинган суспензиялар $95\div 100^{\circ}C$ ҳарорат интервалида қуритилди.

ЭФКни доломит хомашёси билан нейтраллаш йўли билан кальций ва магний фосфатли ўғитлар олиш технологик кўрсаткичлари ҳамда оралиқ ва олинган маҳсулотлар кимёвий таркиби 1-жадвалда келтирилган.

ЭФКни доломит хомашёси билан нейтраллашда ҳосил қилинган суспензия ҳамда уни қуритилишидан олинган маҳсулотнинг кимёвий таркиби ва жараённинг технологик кўрсаткичлари

1-жадвал

Кўрсаткичлар	Суспензия		Қуритилган маҳсулот	
Бошланғич ЭФК ва уни NH_4NO_3 билан фаоллаштириш	—	NH_4NO_3 иштирокида	—	NH_4NO_3 иштирокида
P_2O_5 (умумий), %	16,15	15,99	49,21	49,57
P_2O_5 (ўзлашадиган), %	15,92	15,77	48,60	49,03
P_2O_5 (сувда эрийдиган), %	15,09	14,96	45,94	46,51
CaO (умумий), %	4,04	4,02	12,31	12,46
MgO (умумий), %	2,78	2,76	8,46	8,56
R_2O_3 (умумий), %	1,11	1,10	3,39	3,41
SO_3 (умумий), %	1,17	1,16	3,57	3,60
F, %	1,07	1,06	2,70	2,55
N (умумий), %	-	0,32	-	1,01
H_2O , %	69,16	69,58	5,96	5,68
$(P_2O_{5\text{ўзл.}}:P_2O_{5\text{умум.}}) \times 100$, %	98,58	98,62	98,76	98,91
$(P_2O_{5\text{с.э.}}:P_2O_{5\text{умум.}}) \times 100$, %	93,44	93,56	93,35	93,83

17,23% P_2O_5 концентрацияли ЭФКни доломит хомашёси билан кислота меъёри 100% ни ташкил этган ҳолда нейтралланганда $(P_2O_{5\text{ўзл.}}:P_2O_{5\text{умум.}}) \times 100$ нисбат 98,58%, $(P_2O_{5\text{с.э.}}:P_2O_{5\text{умум.}}) \times 100$ нисбат эса 93,44% ни ташкил этади. Бошланғич ЭФКга унинг массасига нисбатан 1% миқдорида аммоний нитрат қўшиш ҳамда доломит хомашёси билан нейтраллаш орқали суспензиядаги компонентларнинг эрувчанлигини қисман оширишга эришилади.

Бунинг натижасида $(P_2O_{5\text{ўзл.}}:P_2O_{5\text{умум.}}) \times 100$ нисбат 98,76%, $(P_2O_{5\text{с.э.}}:P_2O_{5\text{умум.}}) \times 100$ нисбат эса 93,56% га етиши кузатилади. ЭФК ва аммоний нитрат қўшилган ЭФКни доломит хомашёси билан нейтраллаш натижасида таркибида мос равишда, оғ. % ҳисобида: $P_2O_{5\text{умум.}}$ = 16,15 ва 15,99; $P_2O_{5\text{ўзл.}}$ = 15,92 ва 15,77; $P_2O_{5\text{с.э.}}$ = 15,09 ва 14,96; CaO = 4,04 ва 4,02; MgO = 2,78 ва 2,76; R_2O_3 = 1,11 ва 1,10; SO_3 = 1,17 ва 1,16; F = 1,07 ва 1,06; N = 0 ва 0,32; H_2O = 69,16 ва 69,58 бўлган суспензиялар олинди.

Ҳосил қилинган суспензиялар таркибида 35-40% сув қолгунча буғлатилди ҳамда $95\div 100^{\circ}C$ ҳарорат интервалида қуритилди. Натижада табибида кальций ва магний фосфатлари бўлган фосфорли ўғитлар олинди. Қуритиш ҳарорати $100^{\circ}C$ дан юқори

бўлганда маҳсулот таркибидаги монокальцийфосфат ва мономагнийфосфатнинг дегидратацияси ҳисобига P_2O_5 нинг ўзлашадиган ва сувда эрийдиган шакллари камаяди ва маҳсулот сифати пасаяди. Қуритиш ҳарорати $95^{\circ}C$ дан паст бўлганда маҳсулотни қуритиш жадаллиги пасаяди.

ЭФК ва аммоний нитратли ЭФКни доломит хомашё билан нейтраллаш, ҳосил қилинган суспензияларни буғлатиш ҳамда уларни $95-100^{\circ}C$ ҳарорат интервалида қуритиш натижасида таркибида мос равишда, оғ. % ҳисобида: $P_2O_{5\text{умум.}} = 49,21$ ва $49,57$; $P_2O_{5\text{ўзл.}} = 48,60$ ва $49,03$; $P_2O_{5\text{с.э.}} = 45,94$ ва $46,51$; $CaO = 12,31$ ва $12,46$; $MgO = 8,46$ ва $8,56$; $R_2O_3 = 3,39$ ва $3,41$; $SO_3 = 3,57$ ва $3,60$; $F = 2,70$ ва $2,55$; $N = 0$ ва $1,01$; $H_2O = 5,96$ ва $5,68$ бўлган кальций ва магний фосфатли ўғитлар олинди. Ҳосил қилинган маҳсулотлардаги $(P_2O_{5\text{ўзл.}}:P_2O_{5\text{умум.}}) \times 100$ нисбат $98,76$ ва $98,91\%$, $(P_2O_{5\text{с.э.}}:P_2O_{5\text{умум.}}) \times 100$ нисбат эса $93,35$ ва $93,83\%$ ни ташкил этиши кузатилади. Бу эса олинган кальций ва магний фосфатли ўғитларнинг сифат таркиби бўйича қўшалок суперфосфат туридаги ўғитлар учун белгиланган талабларга тўла жавоб беришини кўрсатади.

Шундай қилиб, ЭФКни маҳаллий доломит хомашёси билан нейтраллаш орқали таркибида монокальцийфосфат ва мономагнийфосфат бўлган фосфорли ўғитлар олишда нейтраллаш жараёнини жадаллаштиришга эришилади ҳамда ҳосил қилинадиган маҳсулот сифати яхшиланади. Фосфоритлардан қўшалок суперфосфат туридаги ўғитлар ишлаб чиқаришнинг амалдаги усуллариغا нисбатан қимматбаҳо фосфорит хомашёси $15-20\%$ га тежалади, аммофос ишлаб чиқаришга солиштирилганда эса аммиак хомашёси тўла тежалади ҳамда маҳсулот ҳажмини $4-5\%$ га оширишга эришилади.

Қишлоқ хўжалигининг фосфорли ўғитларга бўлган талабининг ортиши ва фосфатли хомашёларни фосфорли ўғитларга қайта ишлаш натижасида улар захирасининг йилдан-йилга камайиб бориши фосфатли хомашёлар билан бир қаторда бошқа турдаги хомашёларни ҳам фосфорли ўғитлар ишлаб чиқаришга қамраб олиш ҳозирги пайтнинг долзарб вазифаларидан бири ҳисобланади.

Бундан ташқари, ишлаб чиқарилаётган фосфорли ўғитлар таркибида кўп миқдорда (4% гача) фтор бўлади. Бу эса ўғитларнинг экологик самарадорлигига салбий таъсир кўрсатади. Шу муносабат билан олинаётган ЭФКни фтордан тозалаш бўйича бир қатор тадқиқотлар ўтказилган. ЭФКни фтордан тозалаш уч хил усул билан амалга оширилади [4, 5]: кислотани буғлатиш йўли билан фторсизлантириш; кислотадаги фтор бирикмаларини сувда эримайдиган бирикмаларга айлантириш ва бу бирикмаларни ЭФКдан ажратиб олиш; кислотадаги фтор бирикмаларини органик реагентлар ёрдамида ажратиб олиш. ЭФКни бу усуллар билан тозалаш қўшимча реагентлар ва ҳажмдор жихозларни ҳамда катта миқдордаги капитал харажатларни талаб этади.

ЭФКни тозалашнинг самарали усулларида бирида кислотани олиш жараёнининг ўзидаёқ фторсизлантириш таклиф этилган [6, 7]. Бунда ЭФК нафақат фтордан, балки сульфатлардан ҳам тозаланади. Натижада фтор ва сульфатлардан тозаланган ЭФК асосида таркибида 52% дан кам бўлмаган P_2O_5 ва 1% дан ортиқ бўлмаган F тутган олий навли аммофос олинган.

Таркибида кальций ва магний фосфатлари бўлган юқори навли фторсизланган фосфорли ўғитлар олиш мақсадида ЭФКни табиий кальций ва магний карбонатлари (доломит ва оҳактош) билан икки босқичли нейтраллаш жараёни ўрганилди. Нейтраллашнинг биринчи босқичи фосфат кислотани экстракциялаш жараёнида экстракцион бўтқадаги фтор миқдорига CaO ҳисобида 100% , SO_3 миқдорига $100-120\%$ стехиометрик меъёрида $CaCO_3$ билан амалга оширилди. Нейтраллашнинг иккинчи босқичи тозаланган ЭФКни монокальций ва мономагнийфосфатгача нейтраллашга мувофиқ келадиган $CaCO_3$ нинг стехиометрик меъёрида ($pH=2,8-3,5$) амалга оширилди.

Ҳосил қилинган бўтқа таркибида 30-35% H_2O гача буғлатилди ва 100-105 $^{\circ}C$ ҳароратда қуритилди.

Бунинг учун таркибида, оғ. % ҳисобида: $P_2O_5 = 17,23$; $CaO = 0,32$; $MgO = 0,66$; $Fe_2O_3 = 0,36$; $Al_2O_3 = 0,81$; $F = 1,18$; $SO_3 = 1,21$; $Cl = 0,022$ бўлган ЭФК ҳамда $CaO = 32,36$; $MgO = 18,68$; $CO_2 = 45,76$; $R_2O_3 = 0,53$; $H_2O = 1,0$, эримайдиган қолдиқ = 1,34 бўлган доломит хомашёлари ишлатилди.

ЭФКни доломит хомашёси билан нейтраллаш технологик кўрсаткичлари ҳамда олинган оралик ва тайёр маҳсулотларнинг кимёвий таркиби 2-жадвалда келтирилган.

ЭФКни доломит хомашёси билан нейтраллаш технологик кўрсаткичлари ҳамда олинган оралик ва тайёр маҳсулотларнинг кимёвий таркиби

2-жадвал

Т/р	Кўрсаткичлар	Кимёвий таркиби, %			
		Суперфосфат бўтқаси		Қуритилган кальций-магний фосфатли ўғит	
1.	Нейтраллашнинг 1- ва 2-босқичида CaO бўйича $CaCO_3$ нинг стехиометрик меъёри, %:				
	1-босқичда F бўйича	100	120	100	120
	1-босқичда SO_3 бўйича	100	100	100	100
	2-босқичда ЭФК нейтраллаш учун	100	100	100	100
2.	P_2O_5 умумий	16,47	16,77	50,08	51,99
3.	P_2O_5 ўзлашадиган	15,72	16,40	47,75	50,83
4.	P_2O_5 сувда эрийдиган	14,78	15,32	44,86	47,43
5.	CaO умумий	4,36	4,18	13,25	12,96
6.	MgO умумий	2,84	2,85	8,64	8,84
7.	SO_3 умумий	0,36	0,24	1,02	0,74
8.	F умумий	0,32	0,23	0,98	0,70
9.	H_2O	68,04	68,71	2,81	2,95
10.	$(P_2O_{5\text{ўзл.}}:P_2O_{5\text{умум.}}) \times 100, \%$	95,45	97,79	95,35	97,77
11.	$(P_2O_{5\text{с.э.}}:P_2O_{5\text{умум.}}) \times 100, \%$	89,74	91,35	89,58	91,22

ЭФК олиш босқичида CaO бўйича фторга нисбатан 100% ва сульфатларга нисбатан 100% стехиометрик меъёрадаги доломит хомашёси билан фтор ва сульфатлар чўктирилганда, маҳсулот ЭФКдаги SO_3 миқдори 0,39% гача, F миқдори эса 0,35% гача камаяди. CaO бўйича фторга нисбатан доломит хомашёси стехиометрик меъёри 120% гача оширилганда маҳсулот ЭФК даги SO_3 миқдори 0,26% гача, F миқдори эса 0,24% гача камаяди. Доломит хомашёси миқдорининг янада оширилиши натижасида фтор ва сульфатларнинг янада камайиши кузатилмайди. Экстракцион бўтқа филтрлангандан сўнг, таркибида оғ. % ҳисобида: $P_2O_5 = 17,38$; $CaO = 1,09$; $MgO = 1,07$; $SO_3 = 0,26$; $F = 0,24$ бўлган тозаланган маҳсулот ЭФК ҳосил бўлади. Экстракцион бўтқа филтрлангандан сўнг, таркибида оғ. % ҳисобида: $P_2O_5 = 17,38$; $CaO = 1,19$; $MgO = 0,77$; $SO_3 = 0,26$; $F = 0,23$ бўлган тозаланган маҳсулот ЭФК ҳосил бўлади.

Фтор ва сульфатлардан тозаланган ЭФК монокальций ва мономагнийфосфатлари ҳосил бўлишига 100% стехиометрик меъёрадаги доломит хомашёси билан нейтралланганда ҳосил бўладиган бўтқа таркибидаги SO_3 миқдори 0,24% ни, F миқдори эса 0,23% ни ташкил қилади (2-жадвал). Бўтқани буғлатиш ва

қуритиш натижасида, таркибида оғ. % ҳисобида: $P_2O_{5\text{умум.}} = 51,99$; $P_2O_{5\text{ўзл.}} = 50,83$; $P_2O_{5\text{с.э.}} = 47,43$; $CaO = 12,96$; $MgO = 8,84$; $SO_3 = 0,74$; $F = 0,70$; $H_2O = 2,95$ бўлган кальций ва магний фосфатли ўғит олинди. Бунда $(P_2O_{5\text{ўзл.}}:P_2O_{5\text{умум.}}) \times 100$ нисбат 97,77%, $(P_2O_{5\text{с.э.}}:P_2O_{5\text{умум.}}) \times 100$ нисбат эса 91,22% ни ташкил қилади. Олинган ўғит сифат таркиби жихатдан олий навли экологик самарадор кўшалок суперфосфат туридаги ўғитлар қаторига киради.

Хулоса. Шундай қилиб, фосфат кислотани экстракциялаш жараёнида ЭФКни доломит ва оҳактош хомашёлари билан фтор ва сульфатлардан тозалаш, тозаланган кислотани филтрлаш йўли билан ажратиб олиш ва уни иккинчи босқичда доломит ва оҳактош хомашёлари билан нейтраллаш орқали таркибида кальций ва магнийфосфатлари бўлган юқори навли экологик самарадор концентрланган фосфорли ўғитлар олиш мумкин. Олий ва биринчи навдаги 1 тоннаси кўшалок суперфосфат ўғити нархлари орасидаги фарқ 124000 сўм эканини эътиборга олинса, кўшимча харажатлар талаб этилмаган ҳолда 100 минг тонна кальций ва магний фосфатли ўғит ҳисобидан 12,4 млрд. сўм иқтисодий самара олишга эришилади.

Фойдаланилган адабийотлар рўйхати

1. Геология и полезные ископаемые Республики Узбекистан / Т.Н.Долимов, Т.Ш.Шаякубов и др.: Редкол.: Т.Ш.Шаякубов (гл. ред.) и др. – Т.: Университет, 1998. – 724 с.
2. И.Т.Шамшидинов, З.Н.Мамаджанов, Г.Қ.Ғанибоева. Экстракцион фосфат кислотни нейтраллашда кўпикланиш жараёнига бўрсимон хомашёларни дастлабки термик қайта ишлашнинг таъсирини ўрганиш // ФарПИ илмий-техника журнали. – Фарғона: ФарПИ. – 2016. – № 4. – Б. 175-178.
3. I.T.Shamshidinov. Ekstraksion fosfat kislotani kalsiy karbonatli xomashyolar bilan neytrallash asosida fosforli o'g'itlar olish // Noorganik moddalar va mineral o'g'itlar texnologiyasi: Darslik. – T.: «Iqtisod-moliya» nashriyoti, 2014. – B. 248-251.
4. С.П.Кочетков, Н.Н.Смирнов, А.П.Ильин. Концентрирование и очистка экстракционной фосфорной кислоты. – Иваново: ГОУВПО Иван. гос. хим.-технол. ун-т, 2007. – 304 с.
5. Патент № IAP 05054 UZ. МКИ СО5 В3/00, СО5 В11/00. Способ получения кормового преципитата. / Х.Ч. Мирзакулов, И.И. Усманов, Б.Б. Садыков, Н.В. Волынскова, Г.Э.Меликулова, Ш.И.Умаров, Опубл. 31.07.2015. Бюл. № 7.
6. И.Т.Шамшидинов. Разработка усовершенствованной технологии производства экстракционной фосфорной кислоты и получения концентрированных фосфорсодержащих удобрений из фосфоритов Каратау и Центральных Кызылкумов. Дис. на соискание ученой степени докт. техн. наук (DSc). – Ташкент. – 2017. – 193 с.
7. И.Т.Шамшидинов, Н.Р.Кан, И.И.Усманов, Х.Ч.Мирзакулов. Исследование процесса обесфторивания экстракционной фосфорной кислоты из фосфоритов Центральных Кызылкумов // Узбекский химический журнал. – Ташкент, 2017. – № 2. – С. 47-54.