



ХҒТАР 31.17.15  
Ғылыми мақала

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-6771-2024-148-3-38-53>

## Фосфогипс және Қаратау фосфоритін механохимиялық активтеу арқылы тыңайтқыштық қасиеті бар өнім алу

Б.Д. Балгышева<sup>1\*</sup> , Г.А.Боранбаева<sup>2</sup> , Г.М. Баймаханова<sup>3</sup> ,

С.Б. Ерубай<sup>4</sup> , М.М. Ақтоты<sup>5</sup> , С.Қ. Ақторғын<sup>6</sup> 

<sup>1,4,5,6</sup> ал-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

<sup>2</sup> С.Д.Асфендияров атындағы Қазақ медициналық университеті, Алматы, Қазақстан

<sup>3</sup> Ө. Жәнібеков атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан

(E-mail: <sup>1</sup>beikut2013@mail.ru, <sup>2</sup>gulsaya.b@mail.ru, <sup>3</sup>baimahan-gukanai@mail.ru,  
<sup>4</sup>Sayazhan.erubay.18@gmail.com, <sup>5</sup>aktoty.manatbek2020@mail.ru,  
<sup>6</sup>aktorgynsauyr@gmail.com)

**Аңдатпа.** Қаратау бассейнінің фосфат кен орындарын ұзақ уақыт пайдалану  $P_2O_5$  құрамындағы бай кендердің қорларының сарқылуына алып келді. Сондықтан фосфориттердің құрамын реагенттер қатысында байыту әдістерін қолданып қажетті материалдар алу өзекті мәселе болып табылады.

Жұмыстың мақсаты - фосфогипс пен Қаратау фосфориті қоспасын қышқылдық тұз негізінде механохимиялық активтендіру көмегімен тыңайтқыштық қасиеті бар өнім алу.

Фосфат шикізатын механикалық белсендіріп қажетті өнім алудың ғылыми және практикалық маңызы зор. Сондықтан фосфогипс пен Қаратау фосфориті және қышқылдық тұз ( $Na_2SO_4$ ) қатысында механохимиялық активтеу арқылы тыңайтқыштық қасиеті бар өнімдер алу кезіндегі өзгеру заңдылықтарын зерттеудің маңызы зор өзекті мәселе болып табылады.

Фосфогипс пен Қаратау фосфориті қоспасы қышқылдық тұзбен әртүрлі шарлар өлшемдерімен және шар мен қоспаның (фосфогипс-Қаратау фосфориті-қышқылдық тұз) 10:1 массалық қатынастарында түрлендірілді.

Қышқылдық тұз ( $NaHSO_4$ ) және Қаратау фосфориті қатысында модификацияланған фосфогипстің фазалық құрамын анықтау және алынған өнімді идентификациялау үшін физика-химиялық, химиялық, талдау әдістері, сканерлеуші электронды микроскоп (СЭМ), энергодисперсті анализ (ЭДС) қолданылды.

Фосфогипс-Қаратау фосфориті- $NaHSO_4$  (3:6:1) жүйесінен механохимиялық активтеу (МХА) арқылы алынған тыңайтқыштық

\*автор-корреспондент

қасиеті бар өнім алуда планетарлы диірменде 20 минут өңдеу оңтайлы жағдай екені анықталды:  $P_2O_5$  жалпы=55%,  $P_2O_5$  лим.қышқ., =44%,  $P_2O_5$ цит.ер.,=82%.

Рентгенфазалық талдау бойынша реакция өнімі ретінде кремний диоксиді, натрий-кальций гидроксофосфатты карбонат, екі молекулалы суы бар кальций гидрофосфаты және үш молекулалы суы бар натрий-кальций сульфаты және екі молекулалы суы бар кальций гидрофосфат ( $CaPO_3(OH) \cdot 2H_2O$ ) тыңайтқышы түзілгені көрсетілді.

Энергия-дисперсиялық спектроскопиялық талдау нәтижесінде элементтік фосфордың мөлшері 4,97%, оттегінің мөлшері 46,87% екені анықталды. Яғни, қоршаған ортада алынған өнім біршама өзгерістерге ұшырайды.

**Түйін сөздер:** фосфогипс, фосфорит, қышқылдық тұздар, механохимиялық өңдеу, тыңайтқыш, планетарлы диірмен.

Түсті: 30.04.2024. Мақұлданды: 08.08.2024. Онлайн қолжетімді: 30.09.2024

## Кіріспе

Ресурстардың саны мен әртүрлілігі бойынша Қазақстанның минералдық-шикізат кешені әлемдегі жетекші орындардың бірін алады және Қазақстан экономикасын дамытуға инвестициялар тартудың маңызды бағыттарының бірі болып қала береді. Алайда, пайдалы қазбаларды өндіру және байыту қоршаған ортаға зиянды техногендік жүктемені арттыратын қалдықтардың үлкен көлемінің пайда болуымен қатар жүреді, оның ішінде оларды сақтауға бөлінген жер учаскелері де бар. Әдетте, бос және сыйымды жыныстардан тұратын бұл қалдықтар жойылмайды және құрылыс материалдары үшін аз мөлшерде ғана қайта өңделеді. Сондықтан оларды технологиялық және экологиялық тұрғыдан өнеркәсіптік қайта бөлуге тарту мәселесі маңызды өзекті міндет болып қала береді.

Мұндай қалдықтарды өңдеудің перспективалы бағыттарының бірі оларды микротыңайтқыштар өндіру үшін шикізат компоненті ретінде пайдалану болып табылады.

Көпжылдық қарқынды пайдалану жағдайында ауылшаруашылық жерлерінің топырағы әбден сарқылған және азоттың, фосфордың және калийдің негізгі қоректік компоненттерін ғана емес, сонымен қатар магний, марганец, бор, мырыш және басқа да микроэлементтерді өтеу арқылы өсімдіктерге қолжетімді түрде қоректік заттарды енгізуді және қоректік режимді оңтайландыруды қажет етеді. Оларды топыраққа күрделі немесе микротыңайтқыштар түрінде енгізу арқылы қол жеткізіледі. Бұл жағдайда қоректік заттардың жетіспеушілігін өтей алатын, бірақ жер жамылғысының айтарлықтай өзгеруіне әкелмейтін тыңайтқыштар қажет [1]. Бұл салада отандастармен бірге шет елдерде көптеген ғылыми жұмыстар жүргізілуде [2-26].

Қаратау бассейнінің фосфат кен орындарын ұзақ уақыт пайдалану  $P_2O_5$  құрамындағы бай кендердің қорларының сарқылуына алып келді. Фосфориттердің күрделі құрамы және фосфат минералдары мен негізгі жыныстардың жақын физика-химиялық қасиеттері белгілі байыту әдістерін қолдануға және қажетті сападағы концентраттарды алуға мүмкіндік бермейді. Бұл өз кезегінде дәстүрлі фосфор тыңайтқыштарының

сапасының төмендеуіне және қалдықтардың едәуір мөлшерінің пайда болуына әкеледі.

Бұл жағдайда реагентсіз өңдеу әдістері, атап айтқанда, фосфат шикізатын механикалық белсендіру белгілі бір ғылыми және практикалық қызығушылыққа ие болады. Бұл ретте механикалық-химиялық өңдеуді іске асырудың екі жолы бар. Бірінші жол немесе құрғақ әдіс – табиғи фосфориттердің реакциясыз механикалық активтенуі (МХА), фосфатты заттың топырақ ерітінділерінде оңай еритін өсімдіктер сіңіретін формаларға ауысуы [1; 22-24].

Екінші жол немесе дымқыл әдіс – сұйық күйдегі реагент қоспалары бар фосфат кенін механохимиялық өңдеу. Сонымен қатар, қатты заттардың механохимиялық активтенуі олардың құрылымының өзгеруімен, фазалық өзгерістермен және компоненттердің мүмкін болатын химиялық өзгерістерімен бірге жүретіндіктен, мүк өнімдерінде сіңімді фосфат формаларының ғана емес, сонымен қатар өсімдіктердің өсуіне және метаболизм процестеріне әсер ететін өсімдіктерге қол жетімді әртүрлі микроэлементтердің пайда болуын болжауға болады [19-21].

Осы айтылғандарға байланысты, фосфогипс пен Қаратау фосфориті және қышқылдық тұз ( $\text{NaSO}_4$ ) қатысында механохимиялық активтеу арқылы тыңайтқыштық қасиеті бар өнімдер алу кезіндегі өзгеру заңдылықтарын зерттеу өзекті мәселе болып табылады.

Жұмыстың мақсаты - Фосфогипс пен Қаратау фосфориті қоспасын қышқылдық тұз негізінде механохимиялық активтендіру көмегімен тыңайтқыштық қасиеті бар өнім алу.

### Материалдар мен әдістер

Жұмыстың зерттеу нысаны ретінде Тараз қаласындағы “Қазфосфат” ЖШС-нан алынған фосфогипс, Қаратау фосфориті және модификатор ретінде анализ үшін таза (а.ү.т.) маркалы натрий гидросульфаты ( $\text{NaHSO}_4$ ) пайдаланылды.

Фосфогипс пен Қаратау фосфоритінің химиялық құрамы мен минералогиялық құрамы 1,2-кестелерде келтірілді.

Фосфогипсте ұсақ кристалдар түрінде кем дегенде 80% гипс ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  немесе  $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ ) және оның пайдалы компоненттері болып табылатын суда еритін фосфор оксидінің ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) 1-2% бар.

### Кесте 1. «Қазфосфат» ЖШС-нан алынып қолданылған фосфогипстің химиялық құрамы (%)

Химиялық құрамы	CaO	MgO	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{SiO}_2$	$\text{H}_2\text{O}$
Мөлшері, масс. %	29	40	5	2	1	3	20

Ескерту: деректер негізінде құрастырылған [1, 24]

## Кесте 2. Қолданылған Қаратау фосфоритінің химиялық және минералогиялық құрамы (%)

Қаратау фосфоритінің химиялық құрамы, %						
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaO	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	F	ылғал
24,7	37,6	0,58	2,06	0,3	2,38	0,1
Pb	Cd	As	K	Na	CO <sub>2</sub>	
0,001	жоқ	0,0012	0,91	0,45	4,38	
Қаратау фосфоритінің минералогиялық құрамы, %						
12% кварц, 77,3% фторапатит, 2% доломит, 3% кальцит, 2% биотит						

Ескерту: деректер негізінде құрастырылған [1, 24]

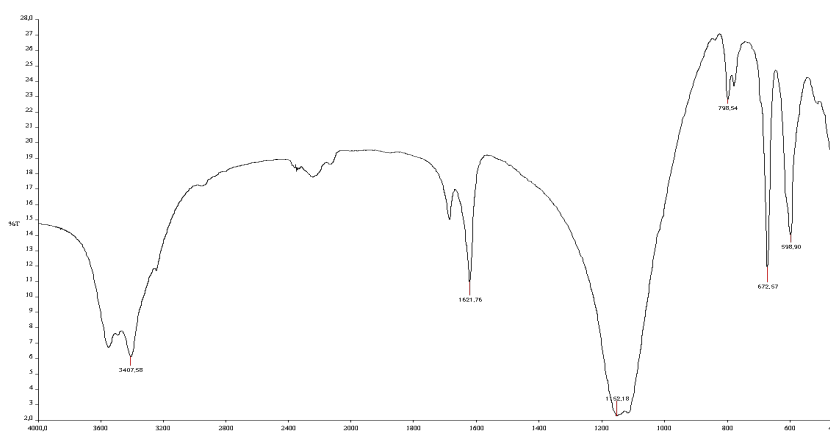
Фосфогипс, Қаратау фосфориті және натрий гидросульфатының (NaHSO<sub>4</sub>) механохимиялық активтенуі планетарлы шарлы диірмен SQM-1L маркалы қондырғысында жүргізілді. Шар массасының өңделетін материал массасына қатынасы: 10:1. Минутына айналым саны: 380 айн/мин, шар материалы болаттан жасалған. Планетарлы шарлы диірмен SQM-1L маркалы қондырғысында бірнеше нанометрге дейінгі бөлшектер мөлшері бар ұнтақтарды алуға болады.

Қышқылдық тұз (NaHSO<sub>4</sub>) Қаратау фосфориті қатысында модификацияланған фосфогипстің фазалық құрамын анықтау және алынған өнімді идентификациялау үшін рентгенфазалық талдау (РФА), сканерлеуші электронды микроскоп (СЭМ), энергодисперсті талдау (ЭДС) әдістері қолданылды. Химиялық талдау әдебиетте [21] белгілі әдіспен іс жүзіне асырылды.

Рентген-фазалық талдау “MiniFlex 600” қондырғысында жүргізілді. СЭМ әдісі Япония елінде жасалған “Jeol JSM-6490 LA” маркалы қондырғысында жүргізілді.

### Нәтижелер мен талқылау

Бастапқы жай фосфогипс ИҚ спектроскопиясы Spectron-M80 қондырғысында KBr таблеткасымен 450-4000 см<sup>-1</sup> аралығында жасалды (Сурет 1). Үлгілердің идентификациясы әдебиеттердегі деректермен 3-кестеде салыстырылды.



Сурет 1. Бастапқы фосфогипстің ИҚ спектрі

Ескерту: деректер негізінде құрастырылған [27]

## Кесте 3. Үлгілердің идентификациясы әдебиеттердегі деректермен және ИҚ спектроскопиясынан шыққан фосфогипстің салыстырмалы мәндері

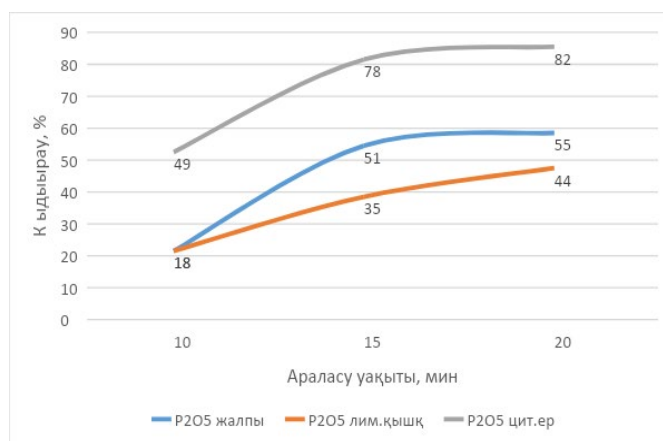
Тербеліс жиіліктері	$\nu$ , см <sup>-1</sup>	Жұтылу жолақтары
Әдеби мәндер [27]	Тәжірибелік мәндер	
3415	3407,58	$\nu(\text{OH})(\text{H}_2\text{O})$
1630	1621,76	$\nu(\text{POH})$
1130-1190	1152,18	$\nu_{\text{as}}(\text{PO}_2)$
700-900	798,54	$\gamma(\text{POH})$
510-670	672,57	$\delta_{\text{as}}(\text{PO}_4)$
510-670	598,90	$\delta_{\text{as}}(\text{PO}_4)$

Ескерту: деректер негізінде құрастырылған [27]

Тараз қаласындағы “Қазфосфат” ЖШС-нан алынған фосфогипсте 3407,58 см<sup>-1</sup> болатын тербеліс жиіліктері құрамында судың бар екенін көрсетеді. 1621,76; 1152,18; 798,54; 672,57; 598,90 см<sup>-1</sup> тербеліс жиіліктері фосфат иондарының тербеліс жиіліктеріне сәйкес.

Зерттеу барысында фосфогипс-Қаратау фосфориті-қышқылдық тұз ( $\text{NaHSO}_4$ ) 3:6:1 қатынаста болатын қоспа үлгісі өлшеніп алынды. Диірменнің барабанына қоспа үлгілері мен болат шарлардың массалық қатынастары, сәйкесінше 1:10 болатындай өлшеніп салынды ( $m_{\text{қоспа}}=10$  г,  $m_{\text{шар}}=100$  г). Қоспа үлгілері 10, 15, 20 минут уақыт аралығында механохимиялық активтеу жүргізілді.

Механохимиялық активтеуден кейін алынған үлгілерге химиялық (Сурет 2 Кесте 4) талдау жүргізілді.



**Сурет 2. Фосфогипс-Қаратау фосфориті-қышқылдық тұз ( $\text{NaHSO}_4$ ) 3:6:1 қатынасы жүйесінің ыдырау коэффициентінің графигі (4-кесте)**

Ескерту: деректер негізінде құрастырылған (4-кесте)

Фосфогипс-Қаратау фосфориті-қышқылдық тұз ( $\text{NaHSO}_4$ ) 3:6:1 қатынасындағы тыңайтқыштық қасиеті бар өнім алудың қолайлы жағдайлары анықталды (20 минут).

**Кесте 4. Фосфогипс:Қаратау фосфориті:қышқылдық тұз (NaHSO<sub>4</sub>) 3:6:1 қатынасы жүйесінен МХА арқылы алынған өнімдердің химиялық сипаттамалары**

Жүйе	Массалық үлестері	Араласу уақыты, мин	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> жалпы, %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> лим.қышқ., %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> цит.ер., %
Фосфогипс:Қаратау фосфориті:қышқылдық тұз (NaHSO <sub>4</sub> )	3:6:1	10	18	18	49
		15	51	35	78
		20	55	44	82

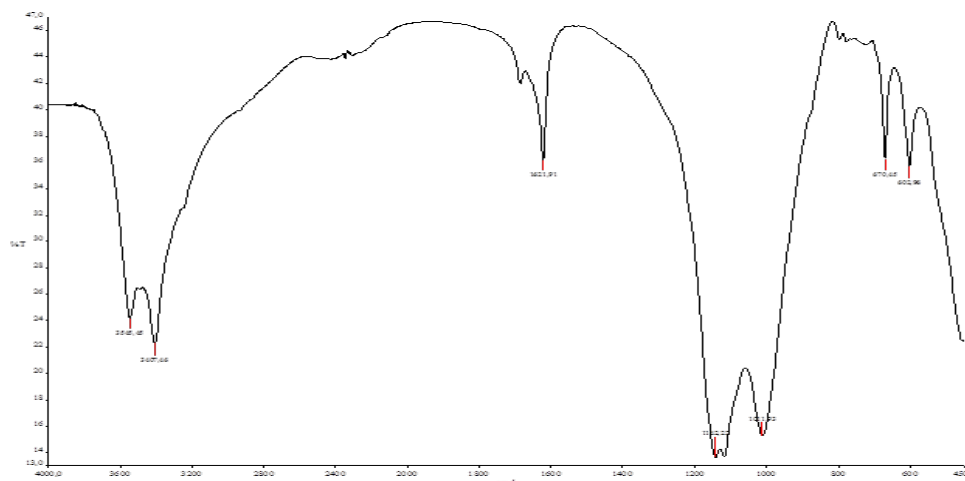
Ескерту: деректер негізінде құрастырылған [24]

Фосфогипс-Қаратау фосфориті-қышқылдық тұз (NaHSO<sub>4</sub>) 3:6:1 қатынасы жүйесіндегі P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ыдырау мөлшері P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>жалпы=55%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>лим.қышқ.,=44%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>цит.ер.,=82% (20 мин.) (Сурет 2).

**Кесте 5. МХА өнделген фосфогипс-Қаратау фосфориті-қышқылдық тұз (NaHSO<sub>4</sub>) (3:6:1) (20 мин) жүйесінің ИҚ спектрінің жұтылу жолақтары**

Тербеліс жиіліктері	ν, см <sup>-1</sup>	Жұтылу жолақтары
Әдеби мәндер [27; 29]	Тәжірибелік мәндер	
3415	3507,07-3207,65	ν(OH)(H <sub>2</sub> O)
1630	1621,21	δ(POH)
1130-1190	1161,22	ν <sub>s</sub> (SiO-O-Si)
1030-1090	1011,92	ν <sub>s</sub> (PO <sub>2</sub> )
510-670	670,45	δ <sub>as</sub> (PO <sub>4</sub> )
510-670	602,96	δ <sub>as</sub> (PO <sub>4</sub> )

Ескерту: деректер негізінде құрастырылған [27, 29]

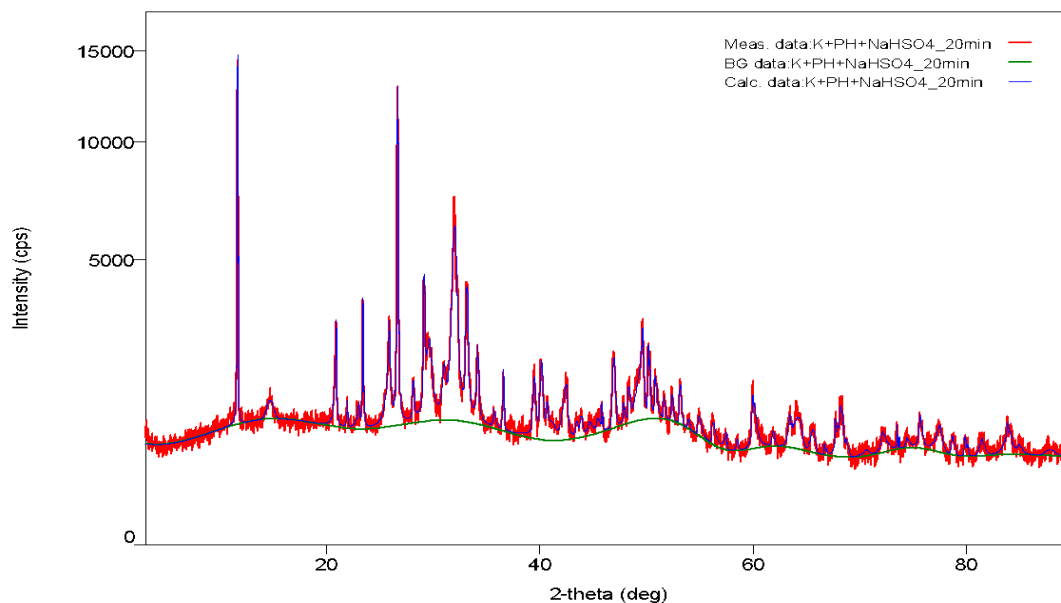


**Сурет 3. МХА өнделген фосфогипс-Қаратау фосфориті-қышқылдық тұз (NaHSO<sub>4</sub>) (3:6:1) (20 мин) жүйесінің ИҚ спектрі**

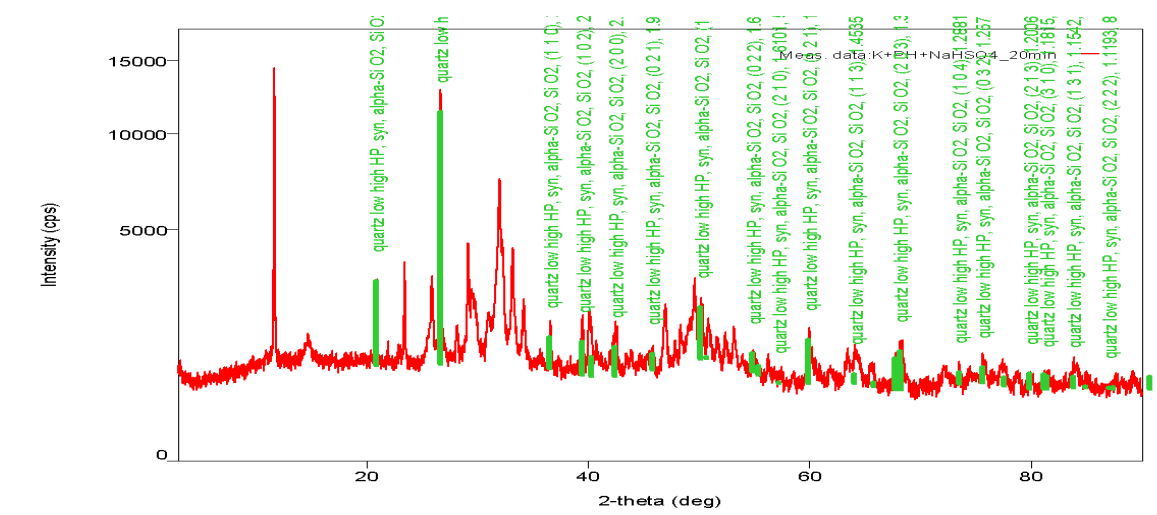
Ескерту: деректер негізінде құрастырылған [27]

ИҚ спектрлерінен коспа құрамындағы судың мөлшері бастапқы фосфогипске (1-сурет) қарағанда азайғанын байқауға болады. Су және фосфат иондарының жолақтарынан басқа кремний иондарының жолақтары көрінеді (Кесте 5, Сурет 3).

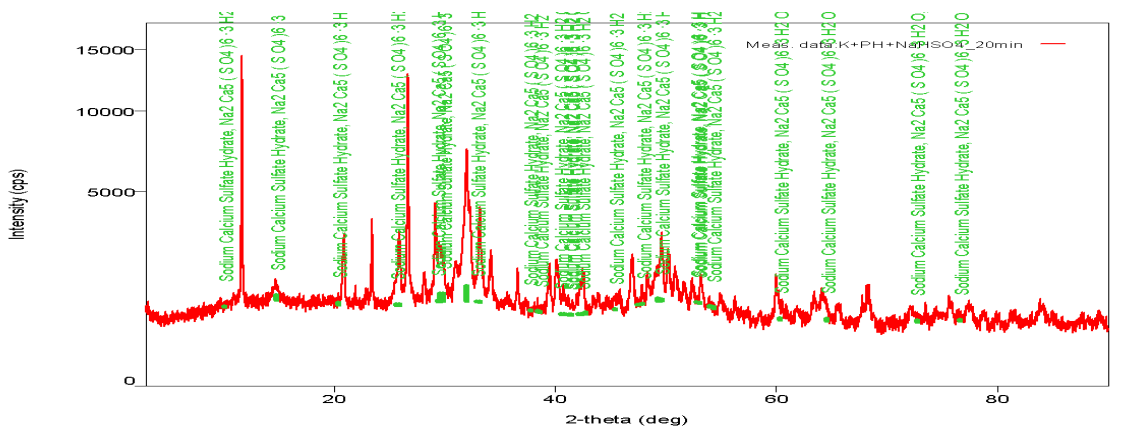
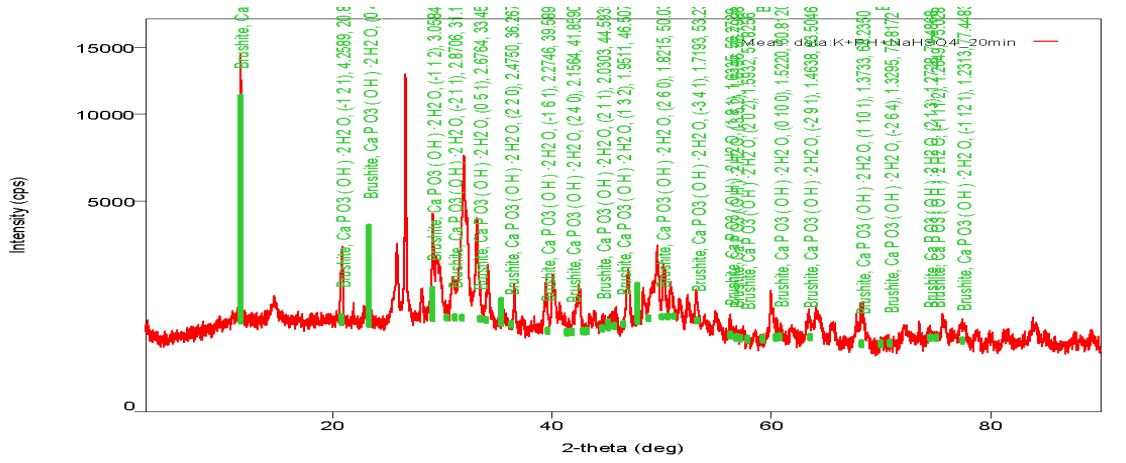
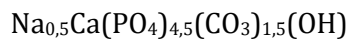
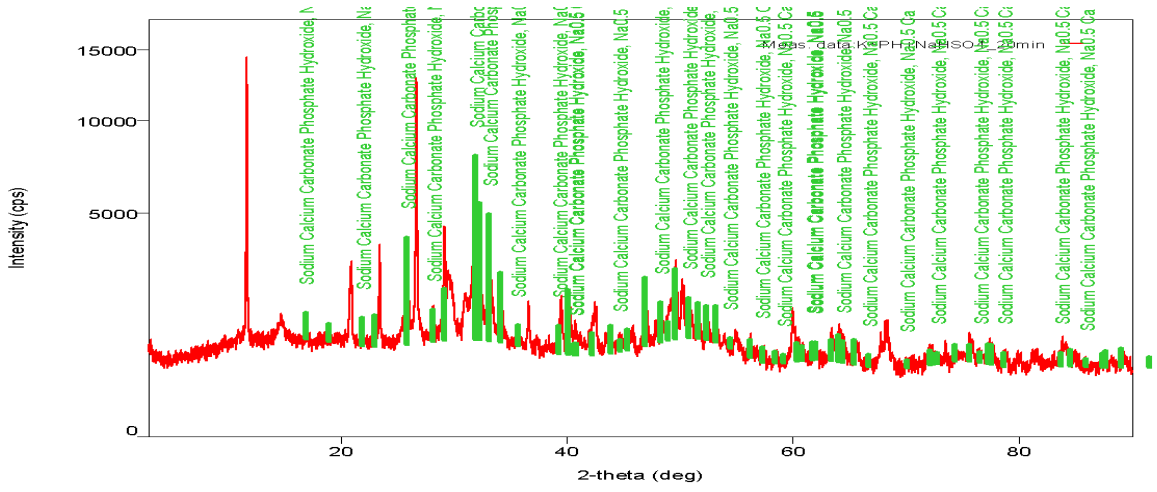
“MiniFlex 600” қондырғысында жүргізілген РФА-талдау нәтижесі бойынша фосфогипс:Қаратау фосфориті:қышқылдық тұз ( $\text{NaHSO}_4$ ) 3:6:1 қатынасы жүйесінде механохимиялық активтеуден кейін  $\text{SiO}_2$  кремний диоксиді,  $\text{Na}_{0,5}\text{Ca}(\text{PO}_4)_{4,5}(\text{CO}_3)_{1,5}(\text{OH})$ -натрий-кальций гидроксофосфатты карбонат,  $\text{CaPO}_3(\text{OH})\cdot 2\text{H}_2\text{O}$  - екі молекулалы суы бар кальций гидроксофосфаты,  $\text{Na}_2\text{Ca}_5(\text{SO}_4)_6\cdot 3\text{H}_2\text{O}$  - үш молекулалы суы бар натрий-кальций сульфаты түзілетіні белгілі болды 4;5-суреттер [28].



Сурет 4. Фосфогипс: Қаратау фосфориті: қышқылдық тұз ( $\text{NaHSO}_4$ ) (3:6:1) жүйесінің МХА-дан кейінгі рентгендік дифракциясы



$\text{SiO}_2$



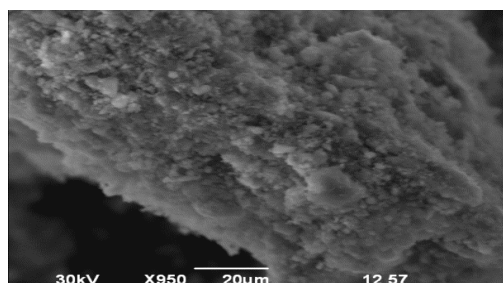
Сурет 5. Фосфогипс:Қаратау фосфориті:қышқылдық тұз ( $\text{NaHSO}_4$ ) (3:6:1) жүйесінен МХА-дан кейінгі түзілген өнімдердің рентгендік дифракциясы (20 мин)

Ескерту: деректер негізінде құрастырылған [28]

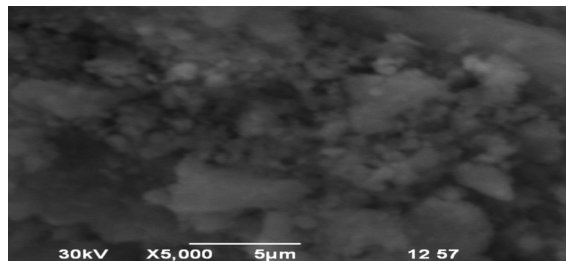


Өнім құрамында кремний және фосфоры бар жаңа қосылыстардың және екі молекулалы суы бар кальций гидрофосфат ( $\text{CaPO}_3(\text{OH}) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) тыңайтқыштық қасиеті бар өнім түзіледі.

Фосфогипс пен Қаратау фосфоритінің қышқылдық тұзбен ( $\text{NaHSO}_4$ ) 20 минутта механохимиялық активтелген үлгісіне электронды-микроскопиялық талдау жасалынды.



950 есе үлкейтілген

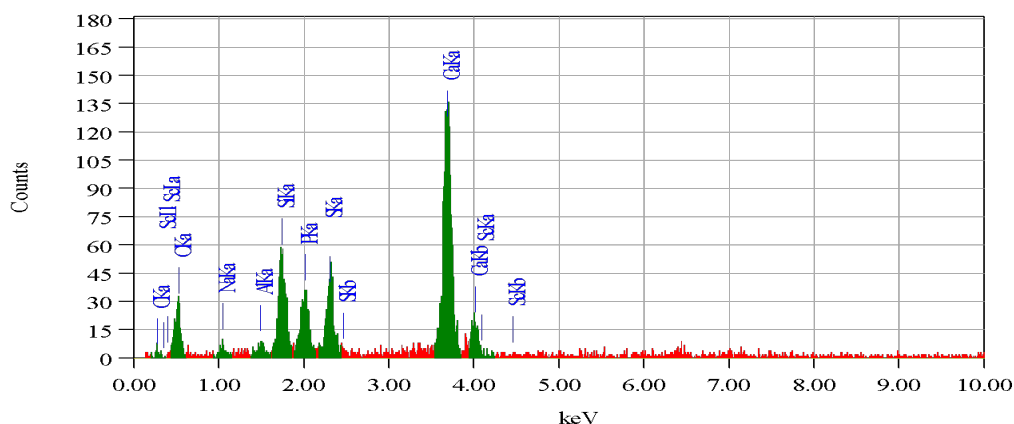


5000 есе үлкейтілген

**Сурет 6. Механоактивтелген фосфогипс-Қаратау фосфориті- $\text{NaHSO}_4$  (3:6:1) жүйесінің (20 мин) түсірілген микросуреттері**

Электронды микроскопиялық зерттеулер нәтижелері арқылы фосфогипс-Қаратау фосфориті- $\text{NaHSO}_4$  (3:6:1) жүйесінің пішіні мен ішкі құрылысын айқын көруге болады. Зерттеу нәтижесінен фосфогипс пен Қаратау фосфориті қышқылдық тұзда бір-бірінде еріп, әртүрлі пішінді ұсақ ақ кварц болатыны анықталды, яғни МХА нәтижесінде орын алған қатты фазалық процестер есебінен бастапқы үлгінің құрылымдық өзгерістері анық байқалады. Бөлшектердің өлшемдері шамамен 0,5 мкм-ден 10 мкм аралығында таралған (Сурет 6).

Фосфогипс, Қаратау фосфориті мен қышқыл тұздың механоактивтелген зерттелген үлгілері энерго-дисперсті спектроскопиялық талдау нәтижелері бойынша элементтік құрамы анықталды (Сурет 7, Кесте 6).



**Сурет 7. Механоактивтелген фосфогипс: Қаратау фосфориті:  $\text{NaHSO}_4$  3:6:1 жүйесінің (20 мин) МХА-дан кейін түзілетін элемент шыңдары**

Ескерту: деректер негізінде құрастырылған [28]

**Кесте 6. Фосфогипс, Қаратау фосфориті және қышқыл тұздың механоактивтелген үлгісінің энерго-дисперсті спектроскопиялық талдау арқылы анықталған элементтік құрамы**

№	Элементтер	Мөлшері, %
1	C	9,86
2	O	46,87
3	Na	1,81
4	Al	0,99
5	Si	7,48
6	P	4,97
7	S	5,90
8	Ca	22,11

Энерго-дисперсті спектроскопиялық талдау нәтижесінде элементтік фосфордың мөлшері 4,97%, оттектің мөлшері 46,87% екендігі анықталды. Яғни қоршаған ортада алынған өнім біршама өзгерістерге ұшырайды.

### Қорытынды

1. Фосфогипс-Қаратау фосфориті- $\text{NaHSO}_4$  (3:6:1) жүйесінен МХА арқылы алынған тыңайтқыштық қасиеті бар өнім алуда планетарлы диірменде 20 минут өңдеу оңтайлы жағдай екені анықталды:  $\text{P}_2\text{O}_5$  жалпы=55%,  $\text{P}_2\text{O}_5$  лим.қышқ., =44%,  $\text{P}_2\text{O}_5$ цит.ер.,=82%.

2. Фосфогипс-Қаратау фосфориті- $\text{NaHSO}_4$  (3:6:1) жүйесі 20 минуттық МХА-дан кейін рентгенфазалық талдау бойынша реакция өнімі ретінде кремний диоксиді, натрий-кальций гидроксофосфатты карбонат, екі молекулалы суы бар кальций гидрофосфаты және үш молекулалы суы бар натрий-кальций сульфаты түзілетіндігі анықталды. Түзілген өнімнен құрамында екі молекулалы суы бар кальций гидрофосфат ( $\text{CaPO}_3(\text{OH}) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) тыңайтқышы түзілгені анықталды.

**Алғыс айту:** әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті жанындағы физика химиялық талдау әдістері орталығында талдау жүргізуге мүмкіншілік бергені үшін алғыс айтамыз.

**Мүдделер қақтығысы жоқ.**

**Авторлардың қосқан үлесі:** Балғышева Б.Д. – ғылыми жетекші, ғылыми және эксперименттік топтың нәтижелерін талқылады. Боранбаева Г.А. – ізденуші, XRF, IR, термогравиметриялық талдау SDN Q-600, спектрофотометр SF-56, ВЕТ, радиометриялық, атомдық абсорбция әдістерін қолдану арқылы механохимиялық белсендірілген фосфаттардың физика-химиялық сипаттамаларын зерттеді. Баймаханова Г.М. – ізденуші, бейорганикалық материалдарды синтездеу және механикохимиялық технология саласындағы ғылыми және патенттік әдебиеттерге талдау жүргізді. Ерубай С. – ізденуші, эксперименттік жұмыстар жүргізді. Манатбек А. - ізденуші, элементтерге химиялық анализдер жасады. Сәуір А.Қ. – ізденуші, элементтерге химиялық анализдер жасады.

### Әдебиеттер тізімі

1. Куанышева Г.С., Далабаева Н.С., Балғышева Б.Д. Механохимическое воздействие на состав казахстанских фосфоритов в присутствии гидросульфатов и дигидрофосфатов // Известия НАН РК. Серия химическая. - 2005. - № 5. - С. 74-80.

2. Adewuyi A., Oderinde R.A. Chemically modified vermiculite clay: A means to remove emerging contaminant from polluted water system in developing nation // Polymer Bulletin. - 2019. - Vol. 76. Iss. 10. - P. 4967–4989. <http://dx.doi.org/10.1007/s00289-018-2643-0>
3. Hua M., Zhang S., Pan B., Zhang W., Lv L., Zhang Q. Heavy metal removal from water/wastewater by nanosized metal oxides: A review // Journal of Hazardous Materials. - 2012. - Vol. 211-212. - P. 317–331. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2011.10.016>
4. Fan T., Ma T., Wang M., Wang S., Wang X., Lu A. Study on phosphorus release from medium- and low-grade phosphate ore powders by mechanical activation and low molecular weight organic acid activation // Physicochemical Problems of Mineral Processing. - 2024. - № 60(1). - 183275 <https://doi.org/10.37190/ppmp/183275>
5. Minjigmaa A., Oyun-Erdene G., Zolzaya Ts., Davaabal B., Amgalan J., Temuujin J. Phosphorus fertilizer prepared from natural Burenkhaan phosphorite (Mongolia) by a mechanical activation // Geosystem Engineering. - 2016. - Vol. 19, № 3. - P. 119–124. <https://doi.org/10.1080/12269328.2015.1137501>
6. Breijaert T.C., Daniel G., Hedlund D., Svedlindh P., Kessler V.G., Granberg H., Håkansson K., Seisenbaeva G.A. Self-Assembly of ferria – nanocellulose composite fibres // Carbohydrate Polymers. - 2022. - Vol. 291. – P. 119560. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2022.119560>
7. De-qing Z., Wang H., Technology and mechanism of mechanical activation enhancing acid leaching dephosphorization of high phosphorus rough iron ore concentrate // Journal of Central South University (Science and Technology). - 2017. - № 48 (3). – P. 553-561.
8. Zander E., Bresien J., Zhivonitko V.V., Fessler J., Villinger A., Michalik D., Schulz A. Rational Design of Persistent Phosphorus-Centered Singlet Tetradicals and Their Use in Small-Molecule Activation // Journal of the American Chemical Society. - 2023. - Vol. 145, № 26. - P. 14484–14497. <https://doi.org/10.1021/jacs.3c03928>
9. Zhu D., Wang H., Pan J., Yang C. Influence of Mechanical Activation on Acid Leaching Dephosphorization of High-phosphorus Iron Ore Concentrates // Journal of Iron and Steel Research International. - 2016. - Vol. 23, № 7. - P. 661–668. [https://doi.org/10.1016/S1006-706X\(16\)30103-0](https://doi.org/10.1016/S1006-706X(16)30103-0)
10. Kravchenko P., Kulikova O., Volgareva E., Kostylev A., Leschenko M. Prospects for research of phosphogypsum as a material for construction // Proceedings of Petersburg Transport University. - 2024. - Vol. 21, № 1. - P. 7–21. <https://doi.org/10.20295/1815-588X-2024-01-7-21>
11. Gong X., Liu J., Sun Z., Li F. Effects of Phosphogypsum and Calcined Phosphogypsum Content on the Basic Physical and Mechanical Properties of Portland Cement Mortar // Journal of Testing and Evaluation. - 2020. - Vol. 48, № 5. - P. 3539–3549. <https://doi.org/10.1520/JTE20180380>
12. Novytskyi Y., Topylko N., Composite Materials Based on Phosphogypsum for Constructive Layers of Road Pavement // Chemistry & Chemical Technology. - 2024. - № 2. -18 p.
13. Medennikov O.A., Egorova M.A., Shabelskaya N.P., Rajabov A., Sulima S.I., Sulima E.V., Khliyan Z.D., Monastyrskiy D.I. Studying the Process of Phosphogypsum Recycling into a Calcium Sulphide-Based Luminophor // Nanomaterials. - 2024. - Vol. 14, № 11. - P. 904. <https://doi.org/10.3390/nano14110904>
14. Jin Y., Yang D., Wu Y., Zhou F., Yu J., Chi R., Xiao C. Preparation of Biofertilizer with Phosphogypsum and Straw: Microbial Community Changes and Plant Growth Effects // Journal of Soil Science and Plant Nutrition. - 2024. - Vol. 24, № 2. - P. 3873–3888. <https://doi.org/10.1007/s42729-024-01806-w>
15. Elbagory M., Shaker E.M., El-Nahrawy S., Omara A.E.-D., Khalifa T.H. The Concurrent Application of Phosphogypsum and Modified Biochar as Soil Amendments Influence Sandy Soil Quality and Wheat Productivity // Plants. - 2024. - Vol. 13, № 11. - P. 1492. <https://doi.org/10.3390/plants13111492>
16. Qi J., Zhu H., Zhou P., Wang X., Wang Z., Yang S., Yang D., Li B. Application of phosphogypsum in soilization: a review // International Journal of Environmental Science and Technology. - 2023. - Vol. 20, № 9. - P. 10449–10464. <https://doi.org/10.1007/s13762-023-04783-2>
17. Medennikov O.A., Egorova M.A., Shabelskaya N.P., Rajabov A., Sulima S.I., Sulima E.V., Khliyan Z.D., Monastyrskiy D.I. Studying the Process of Phosphogypsum Recycling into a Calcium Sulphide-Based Luminophor // Nanomaterials. - 2024. - Vol. 14, № 11. - P. 904. <https://doi.org/10.3390/nano14110904>

18. Onopriienko D., Makarova T. The influence of phosphogypsum on the salt composition of salinated soil // Міжвідомчий тематичний науковий збірник Меліорація і водне господарство. - 2023. - № 1. - P. 102-113.
19. Балгышева Б.Д. Закономерности физико-химических превращений фосфоритов Каратау и Чилися в процессе механохимического стимулирования и получение соединений с удобрительными и сорбционными свойствами: автореф. - Алматы, 2010. - 44 с.
20. Чайкина М.В. Механохимия природных и синтетических апатитов. - Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. - 223 с.
21. Программа по развитию агропромышленного комплекса в Республике Казахстан на 2013 - 2020 годы «Агробизнес – 2020».
22. Тургумбаева Х.Х., Т.И.Бейсекова, Лапшина И.З., Тургумбаева Р.Х. и др. Системный анализ утилизации отходов фосфорной промышленности на примере ТОО «Казфосфат» // Журнал «Промышленность Казахстана».- 2003. - No4.- С. 107-111.
23. Блисковский В.З. Вещественный состав и обогатимость фосфоритовых руд. - М.: Недра, 1983. - 200 с.
24. Қуанышева Г.С., Балгышева Б.Д., Далабаева Н.С. Фосфор тыңайтқыштары мен фосфаттар химиясы практикумы. - Алматы: Қазақ Университеті, 2010. - 90 б.
25. Balgysheva B.D., Massalimov I.A., Urakayev F.Kh., Baltabayeva D.G. Study of the composition and properties of vermiculite treated under mechanochemical activation in the presence of acid phosphate ( $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$ ) // Chemical Journal of Kazakhstan. - 2020. - No. 3(71). - P. 196-207. <https://chemjournal.kz/index.php/journal/article/view/113/95>
26. Beikut Balgysheva, Ismail Massalimov, Farit Urakaev, Larissa Sassykova, Nurbubi Zhakirova, Gulsaya Boranbayeva, Nazgul Dalabayeva, Symbat Azatkyzy. Modified vermiculite of the mugodzhary deposit and its sorption properties // Journal of Chemical Technology and Metallurgy. - 2022. - 57, 3. - P. 533-544.
27. Накамото К. Инфракрасные спектры неорганических и координационных соединений. - М.: Мир, 1965. - 435 с.
28. Недома А. Расшифровка рентгенограмм порошков. - Металлургия, 1975. - 230 с.
29. Тананаев И.В. Атлас инфракрасных спектров фосфатов: конденсированные фосфаты. - Москва: Наука, 1985.

**Б.Д. Балгышева<sup>1</sup>, Г.А. Боранбаева<sup>2</sup>, Г.М. Баймаханова<sup>3</sup>, С.Б. Ерубай<sup>4</sup>, М.М. Актоты<sup>5</sup>, С.К. Акторғын<sup>6</sup>**

<sup>1,4,5,6</sup> Казахский национальный университет имени Аль-Фараби, Алматы, Казахстан

<sup>2</sup> Казахский медицинский университет имени С.Д. Асфендиярова, Алматы, Казахстан

<sup>3</sup> Южно-Казахстанский университет имени У.Жанибекова, Шымкент, Казахстан

### **Получение продукции с удобрительными свойствами путем механохимической активации фосфогипса и каратауского фосфорита**

**Аннотация.** Длительное использование фосфоритных месторождений бассейна Каратау привело к истощению запасов богатых руд, содержащих  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Поэтому получение необходимых материалов методами обогащения состава фосфоритов в присутствии реагентов является актуальной проблемой.

Цель работы – получение продукта с удобрительными свойствами путем механохимической активации смеси фосфогипса и фосфорита Каратау на основе кислой соли.

Получение требуемого продукта путем механической активации фосфатного сырья имеет большое научное и практическое значение. Поэтому очень важно изучить закономерности изменений при получении продуктов с удобрительными свойствами путем механохимической активации в присутствии фосфогипса и фосфорита Каратау и кислой соли ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ).

Смесь фосфогипса и фосфорита Каратау модифицировали кислой солью с разными размерами шариков и массовым соотношением шарика и смеси 10:1 (фосфогипс-фосфорит Каратау-кислая соль).

Для определения фазового состава модифицированного фосфогипса в присутствии кислотной соли ( $\text{NaHSO}_4$ ) Каратауского фосфорита и идентификации полученного продукта использовались методы рентгенофазного анализа (РФА), сканирующего электронного микроскопа (СЭМ), энергодисперсного анализа (ЭДС).

Установлено, что оптимальными условиями для получения продукта с удобрительными свойствами, полученного механохимической активацией (МХА) из системы Фосфогипс-Каратау Фосфорит- $\text{NaHSO}_4$  (3:6:1), является 20-минутная обработка на планетарной мельнице:  $\text{P}_2\text{O}_5$  общее=55%,  $\text{P}_2\text{O}_5$  лим.кисл. =44%,  $\text{P}_2\text{O}_5$ цит.раст.,=82%.

Рентгенофазный анализ показал, что в качестве продукта реакции образовались диоксид кремния, гидроксофосфатный карбонат натрия-кальция, гидрофосфат кальция с двухмолекулярной водой и сульфат натрия-кальция с трехмолекулярной водой и гидрофосфат кальция ( $\text{CaPO}_3(\text{OH})\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) удобрение с двухмолекулярной водой.

Фосфогипс-Каратауский Фосфорит - система  $\text{NaHSO}_4$  (3:6:1) за счет твердофазных процессов, происходящих в результате 20-минутного МХА, результаты сканирующего электронно-микроскопического анализа ясно показывают структурные изменения исходного образца. Размеры частиц варьируются от 0,5 мкм до 10 мкм.

В результате энергодисперсного спектроскопического анализа установлено, что содержание элементарного фосфора составляет 4,97%, кислорода-46,87%. То есть продукт, полученный в окружающей среде, претерпевает некоторые изменения.

**Ключевые слова:** фосфогипс, фосфорит, кислотные соли, механохимическая обработка, удобрение, планетарная мельница.

**B.D. Balgysheva<sup>1</sup>, G.A. Boranbaeva<sup>2</sup>, G.M. Baimakhanov<sup>3</sup>, S.B. Erubay<sup>4</sup>, M.M. Aktoty<sup>5</sup>, S.K. Aktorgyn<sup>6</sup>**

<sup>1,4,5,6</sup> Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup> Kazakh Medical University named after S.D. Asfendiyarov, Almaty, Kazakhstan

<sup>3</sup> South Kazakhstan University named after U. Zhanibekov, Shymkent, Kazakhstan

### **Production of products with fertilizing properties by mechanochemical activation of phosphogypsum and Karatau phosphorite**

**Abstract.** The long-term use of phosphorous deposits in the Karatau basin has led to depletion of reserves of rich ores containing  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Therefore, obtaining the necessary materials by methods of enriching the composition of phosphorites in the presence of reagents is an urgent problem.

The aim of the work is to obtain a product with fertilizing properties by mechanochemical activation of a mixture of phosphogypsum and phosphorite Karatau based on acid salt.

Obtaining the required product by mechanical activation of phosphate raw materials is of great scientific and practical importance. Therefore, it is very important to study the patterns of changes in the production of products with fertilizing properties by mechanochemical activation in the presence of phosphogypsum and phosphorite Karatau and acid salt ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ).

A mixture of phosphogypsum and Karatau phosphorite was modified with acid salt with different ball sizes and a 10:1 mass ratio of the ball and mixture (phosphogypsum-phosphorite Karatau-acid salt).

To determine the phase composition of modified phosphogypsum in the presence of an acid salt ( $\text{NaHSO}_4$ ) of Karatau phosphorite and identify the resulting product, methods of X-ray phase analysis (XRF), scanning electron microscope (SEM), and energy dispersive analysis (EMF) were used.

It was found that the optimal conditions for obtaining a product with fertilizing properties obtained by mechanochemical activation (МХА) from the Phosphogypsum-Karatau Phosphorite- $\text{NaHSO}_4$  (3:6:1) system are 20-minute processing in a planetary mill:  $\text{P}_2\text{O}_5$ total=55%,  $\text{P}_2\text{O}_5$  lem. acid=44%,  $\text{P}_2\text{O}_5$  cite. sol.,=82%.

X-ray phase analysis showed that silicon dioxide, sodium-calcium hydroxophosphate carbonate, calcium hydrophosphate with bicolecular water and sodium-calcium sulfate with tricolecular water and calcium hydrophosphate ( $\text{CaPO}_3(\text{OH})\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) fertilizer with bicolecular water were formed as the reaction product.



Phosphogypsum-Karatau Phosphorite -  $\text{NaHSO}_4$  system (3:6:1) due to solid-phase processes occurring as a result of 20-minute MOSS, the results of scanning electron microscopic analysis clearly show structural changes in the initial sample. The particle sizes range from 0.5 microns to 10 microns.

As a result of energy-dispersed spectroscopic analysis, it was found that the content of elemental phosphorus is 4.97%, oxygen is 46.87%. That is, the product obtained in the environment undergoes some changes.

**Keywords:** phosphogypsum, phosphorite, acid salts, mechanochemical treatment, fertilizer, planetary mill

## References

1. Kuanysheva G.S., Dalabaeva N.S., Balgysheva B.D. Mehanohimicheskoe vozdejstvie na sostav kazhastanskikh fosforitov v prisutstvii gidrosul'fatov i digidrofosfatov [Mechanochemical effect on the composition of Kazakhstani phosphorites in the presence of hydrosulfates and dihydrophosphates] // Izvestija NAN RK. Serija himicheskaja. – 2005. - 5. – P. 74-80 [in Russian]
2. Adewuyi A., Oderinde R.A. Chemically modified vermiculite clay: A means to remove emerging contaminant from polluted water system in developing nation // Polymer Bulletin. - 2019. - Vol. 76. Iss. 10. - P. 4967–4989. <http://dx.doi.org/10.1007/s00289-018-2643-0>
3. Hua M., Zhang S., Pan B., Zhang W., Lv L., Zhang Q. Heavy metal removal from water/wastewater by nanosized metal oxides: A review // Journal of Hazardous Materials. - 2012. - Vol. 211-212. - P. 317–331. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2011.10.016>
4. Fan T., Ma T., Wang M., Wang S., Wang X., Lu A. Study on phosphorus release from medium- and low-grade phosphate ore powders by mechanical activation and low molecular weight organic acid activation // Physicochemical Problems of Mineral Processing. - 2024. - № 60(1). – 183275 <https://doi.org/10.37190/ppmp/183275>
5. Minjigmaa A., Oyun-Erdene G., Zolzaya Ts., Davaabal B., Amgalan J., Temuujin J. Phosphorus fertilizer prepared from natural Burenkhaan phosphorite (Mongolia) by a mechanical activation // Geosystem Engineering. - 2016. - Vol. 19, № 3. - P. 119–124. <https://doi.org/10.1080/12269328.2015.1137501>
6. Breijaert T.C., Daniel G., Hedlund D., Svedlindh P., Kessler V.G., Granberg H., Håkansson K., Seisenbaeva G.A. Self-Assembly of ferria – nanocellulose composite fibres // Carbohydrate Polymers. – 2022. - Vol. 291. – P. 119560. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2022.119560>
7. De-qing Z., Wang H., Technology and mechanism of mechanical activation enhancing acid leaching dephosphorization of high phosphorus rough iron ore concentrate // Journal of Central South University (Science and Technology). - 2017. - № 48 (3). – P. 553-561
8. Zander E., Bresien J., Zhivonitko V.V., Fessler J., Villinger A., Michalik D., Schulz A. Rational Design of Persistent Phosphorus-Centered Singlet Tetraradicals and Their Use in Small-Molecule Activation // Journal of the American Chemical Society. - 2023. - Vol. 145, № 26. - P. 14484–14497. <https://doi.org/10.1021/jacs.3c03928>
9. Zhu D., Wang H., Pan J., Yang C. Influence of Mechanical Activation on Acid Leaching Dephosphorization of High-phosphorus Iron Ore Concentrates // Journal of Iron and Steel Research International. - 2016. - Vol. 23, № 7. - P. 661–668. [https://doi.org/10.1016/S1006-706X\(16\)30103-0](https://doi.org/10.1016/S1006-706X(16)30103-0)
10. Kravchenko P., Kulikova O., Volgareva E., Kostylev A., Leschenko M. Prospects for research of phosphogypsum as a material for construction // Proceedings of Petersburg Transport University. - 2024. - Vol. 21, № 1. - P. 7–21. <https://doi.org/10.20295/1815-588X-2024-01-7-21>
11. Gong X., Liu J., Sun Z., Li F. Effects of Phosphogypsum and Calcined Phosphogypsum Content on the Basic Physical and Mechanical Properties of Portland Cement Mortar // Journal of Testing and Evaluation. - 2020. - Vol. 48, № 5. - P. 3539–3549. <https://doi.org/10.1520/JTE20180380>
12. Novytskyi Y., Topylko N., Composite Materials Based on Phosphogypsum for Constructive Layers of Road Pavement // Chemistry & Chemical Technology. - 2024. - № 2. -18 p.
13. Medennikov O.A., Egorova M.A., Shabelskaya N.P., Rajabov A., Sulima S.I., Sulima E.V., Khliyan Z.D., Monastyrskiy D.I. Studying the Process of Phosphogypsum Recycling into a Calcium Sulphide-Based

- Luminophor // Nanomaterials. - 2024. - Vol. 14, № 11. - P. 904.  
<https://doi.org/10.3390/nano14110904>
14. Jin Y., Yang D., Wu Y., Zhou F., Yu J., Chi R., Xiao C. Preparation of Biofertilizer with Phosphogypsum and Straw: Microbial Community Changes and Plant Growth Effects // Journal of Soil Science and Plant Nutrition. - 2024. - Vol. 24, № 2. - P. 3873–3888. <https://doi.org/10.1007/s42729-024-01806-w>
15. Elbagory M., Shaker E.M., El-Nahrawy S., Omara A.E.-D., Khalifa T.H. The Concurrent Application of Phosphogypsum and Modified Biochar as Soil Amendments Influence Sandy Soil Quality and Wheat Productivity // Plants. - 2024. - Vol. 13, № 11. - P. 1492. <https://doi.org/10.3390/plants13111492>
16. Qi J., Zhu H., Zhou P., Wang X., Wang Z., Yang S., Yang D., Li B. Application of phosphogypsum in soilization: a review // International Journal of Environmental Science and Technology. - 2023. - Vol. 20, № 9. - P. 10449–10464. <https://doi.org/10.1007/s13762-023-04783-2>
17. Medennikov O.A., Egorova M.A., Shabelskaya N.P., Rajabov A., Sulima S.I., Sulima E.V., Khliyan Z.D., Monastyrskiy D.I. Studying the Process of Phosphogypsum Recycling into a Calcium Sulphide-Based Luminophor // Nanomaterials. - 2024. - Vol. 14, №11. - P. 904. <https://doi.org/10.3390/nano14110904>
18. Onopriienko D., Makarova T. The influence of phosphogypsum on the salt composition of salinated soil // Міжвідомчий тематичний науковий збірник Меліорація і водне господарство. - 2023. - № 1. – P. 102-113.
19. Balgysheva B.D. Zakonomernosti fiziko-himicheskikh prevrashhenij fosforitov Karatau i Chilisaja v processe mehanohimicheskogo stimulirovaniya i poluchenie soedinenij s udobritel'nymi i sorbcionnymi svojstvami [Regularities of physico-chemical transformations of Karatau and Chilisai phosphorites in the process of mechanochemical stimulation and production of compounds with fertilizing and sorption properties] abstract. (Almaty, 2010. 44 p.) [in Russian]
20. Chaikina M.V. Mehanohimija prirodnyh i sinteticheskikh apatitov [Mechanochemistry of natural and synthetic apatites]. (Novosibirsk: Publishing House of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2002, 223 p.) [in Russian]
21. Programma po razvitiju agropromyshlennogo kompleksa v Respublike Kazahstan na 2013 - 2020 gody «Agrobiznes – 2020» [The program for the development of the agro-industrial complex in the Republic of Kazakhstan for 2013-2020 "Agribusiness 2020"] [in Russian]
22. Turgumbaeva H.H., T.I.Beisekova, Lapshina I.Z., Turgumbaeva R.H., etc. Sistemnyĭ analiz utilizacii othodov fosfornoj promyshlennosti na primere TOO «Kazfosfat» [Systematic analysis of waste disposal of the phosphorus industry on the example of Kazphosphate LLP] // Journal "Industry of Kazakhstan". - 2003. – No 4.- P. 107-111. [in Russian]
23. Bliskovsky V.3. Veshhestvennyj sostav i obogatimost' fosforitovyh rud [Material composition and enrichment of phosphorite ores] (M.: Nedra, 1983, 200 p.) [in Russian]
24. Kuanysheva G.S., Balgysheva B.D., Dalabaeva N.S. Fosfor tuñajtkyshtary men fosfattar himijasy praktikumy [Phosphorus fertilizers and phosphates chemistry workshop] (Almaty: Kazakh University, 2010, 90 p.) [in Kazakh]
25. Balgysheva B.D., Massalimov I.A., Urakayev F.Kh., Baltabayeva D.G. Study of the composition and properties of vermiculite treated under mechanochemical activation in the presence of acid phosphate ( $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$ ) // Chemical Journal of Kazakhstan. - 2020. - No. 3(71). - P. 196–207. <https://chemjournal.kz/index.php/journal/article/view/113/95>
26. Beikut Balgysheva, Ismail Massalimov, Farit Urakaev, Larissa Sassykova, Nurbubi Zhakirova, Gulsaya Boranbayeva, Nazgul Dalabayeva, Symbat Azatkyzy. Modified vermiculite of the mugodzhary deposit and its sorption properties // Journal of Chemical Technology and Metallurgy. - 2022. – 57, 3. – P. 533-544.
27. Nakamoto K. Infekrasnye spektry neorganicheskikh i koordinacionnyh soedinenij [Infrared spectra of inorganic and coordination compounds] (M.: Mir, 1965, 435 p.) [in Russian]
28. Nedoma A. Rasshifrovka rentgenogramm poroshkov [Decoding of radiographs of powders]. (Metallurgy, 1975, 230 p.) [in Russian]
29. Tananaev I.V. Atlas infekrasnyh spektrov fosfatov: kondensirovannye fosfaty [Atlas of infrared spectra of phosphates: condensed phosphates] (Moscow: Nauka, 1985, 135p.) [in Russian]

**Авторлар туралы мәлімет:**

**Балғышева Бейқұт Даутбекқызы** – ғылыми жетекші, химия ғылымдарының докторы, жалпы және бейорганикалық химия кафедрасының доценті, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, әл-Фараби даңғылы 71, 050040, Алматы, Қазақстан.

**Боранбаева Гүлсая Алдабергенқызы** – ізденуші, жаратылыстану ғылымдарының магистрі, биология пәнінің оқытушысы, С.Д. Асфендияров атындағы Қазақ ұлттық медицина университеті, Төле би 94, 050012, Алматы, Қазақстан.

**Баймаханова Гүлжан Мусабековна** – ізденуші, химия ғылымдарының кандидаты, доцент, Ө. Жәнібеков атындағы Оңтүстік Қазақстан педагогикалық университеті, А.Байтұрсынов 13, 160012, Шымкент, Қазақстан

**Саяжан Ерубай** – ізденуші, магистрант, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, әл-Фараби даңғылы 71, 050040, Алматы, Қазақстан.

**Ақтоты Манатбек** – ізденуші, магистрант, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, әл-Фараби даңғылы 71, 050040, Алматы, Қазақстан.

**Сәуір Ақторғын Құрманбекқызы** – ізденуші, магистрант, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, әл-Фараби даңғылы 71, 050040, Алматы, Қазақстан.

**Balgysheva Beikut Dautbekkyzy** - scientific supervisor, Doctor of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of General and Inorganic Chemistry, Al-Farabi Kazakh National University, Al-Farabi 71, 050040, Almaty, Kazakhstan

**Boranbayeva Gulsaya Aldabergenkyzy** – Performer, Senior Researcher, Master of Natural Sciences, Biology Teacher, Kazakh National Medical University named after S.D. Asfendiyarov, Tole bi 94, 050012, Almaty, Kazakhstan

**Baymakhanova Gulzhan Musabekovna** - Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, South Kazakhstan Pedagogical University named after U.Zhanibekov, A.Baitursynova 13, 160012, Shymkent, Kazakhstan

**Sayazhan Erubay** – researcher, master’s student, Al-Farabi Kazakh National University, 71 Al-Farabi Ave., 050040, Almaty, Kazakhstan

**Aktoty Manatbek** - researcher, master's student, Al-Farabi Kazakh National University, 71 Al-Farabi Ave., 050040, Almaty, Kazakhstan

**Sauir Aktorgyn Kurmanbekkyzy** - researcher, master's student, Al-Farabi Kazakh National University, 71 Al-Farabi Ave., 050040, Almaty, Kazakhstan



**Copyright:** © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)