

FTAMP 67.09.31

Н.К. Қожақұлов¹ – негізгі автор, ©
Б.Т. Қопжасаров², С.М. Моминова³,
С.Т. Дүйсенбаева⁴, Г.Т. Қопжасарова⁵



¹Докторант, ²Профессор, ³PhD, аға оқытушы, ⁴Техн.ғылым.канд., доцент,
⁵Аға оқытушы

ORCID

²<https://orcid.org/0000-0001-9163-2879> ³<https://orcid.org/0000-0001-5005-9826>
⁴<https://orcid.org/0009-0009-4031-370X> ⁵<https://orcid.org/0009-0008-6735-0458>



^{1,2,3,5}М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан зерттеу университеті,
Шымкент, Қазақстан



⁴Қазақ ұлттық Су шаруашылығы және ирригация университеті,
Тараз, Қазақстан

@

¹kknurjan77@mail.ru

<https://doi.org/10.55956/WCIL8851>

ГИПС ТҮТҚЫРЫНЫҢ БЕКУІ МЕН ҚАТУЫНА ОРТОФОСФОР ҚЫШҚЫЛЫНЫҢ ӘСЕРІ

Аңдатпа. Бұл мақалада ортофосфор қышқылының әртүрлі жағдайларда алынған тұтқырлардың бекуі мен қатайту процесіне әсер ету мүмкіндіктері қарастырылады. Әр түрлі концентрациядағы ортофосфор қышқылының гипс тұтқырының негізгі физика-механикалық қасиеттеріне әсері зерттелді. Жүргізілген зерттеулердің нәтижелері бойынша фосфор қышқылының ерітіндісінде кристалданатын кальций сульфаты жартылай гидратының гидратация жылдамдығы бақылау жартылай гидратының (судағы гидратация) гидратация жылдамдығынан әлдеқайда аз және ерітіндідегі қышқыл концентрациясына тәуелді екендігі анықталды. Бастапқы кезеңде жартылай гидраттың баяу ылғалдануы тән, бұл кристалдардың бетінде қаптамалардың пайда болу мүмкіндігін көрсетеді. Жүргізілген зерттеулер ортофосфор қышқылының сулы ерітінділерімен өңдеу кезінде жартылай сулы гипстің қайта кристалдануы ерітінді арқылы да, қатты фазада да жүреді, ал ерітіндіде жартылай гидраттың еруі және дигидрат кристалдарының түзілуі бір мезгілде жүреді деген қорытынды жасауға мүмкіндік береді.

Тірек сөздер: ортофосфор қышқылы, гипс, су, ерітінді, гидрат, концентрация, тұтқыр, орнату, катаю, кристалдар.



Қожақұлов, Н.К. Гипс тұтқырының бекуі мен қатуына ортофосфор қышқылының әсері [Мәтін] / Н.К. Қожақұлов, Б.Т. Қопжасаров, С.М. Моминова, С.Т. Дүйсенбаева, Г.Т. Қопжасарова //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2026. – №1(91). – Б.348-353. <https://doi.org/10.55956/WCIL8851>

Кіріспе. Суда кальций сульфатының кристалдануы тұрақты еру және басқа метастабильді форманың тұнуы немесе коллоидтық күй немесе коллоидтық түзілу арқылы, содан кейін кристалдана отырып жүруі мүмкін деген пікірлер бар. Сондай-ақ тікелей қатты фазада судағы кальций сульфатының басқа түрге ауысуы туралы деректер бар [1].

Ортофосфор қышқылының тұтқыр заттардың бекуі мен қатаюы процесіне әсері туралы әдебиетте жеткілікті ақпарат жоқ.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Зерттеу барысында стандартты дифференциалдық-термиялық талдау (ДТА) әдістері және рентгенофазалық талдау (РФА) әдістері жүргізілді, аккредиттелген зертханаларда сынақтар өткізілді. Гипс байланыстырғыштың негізгі физика-механикалық қасиеттеріне әртүрлі концентрациядағы портофосфор қышқылының әсерін зерттеу көрсеткендей, 20% қышқылмен өңдеген кезде гипс баяу қатайды: беку 5 сағаттан кейін басталады, соңы 6 сағаттан кейін. қышқыл концентрациясының 30%-ға дейін жоғарылауымен беку уақыты одан да ұзарады: басталуы 15 сағаттан кейін, соңы 20 сағаттан кейін. Ал 50% қышқылмен өңделген кезде гипс іс жүзінде бекімейді және қатпайды (1-кесте).

Алынған нәтижелер деректерге сәйкес келеді [2]. Зерттеулер көрсеткендей, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (90%-дан астам) дигидратының жоғары құрамды болуына байланысты экстракциялық фосфор қышқылын өндіруден алынған кальций сульфаты ұзақ беку уақытымен және төмен соңғы беріктігімен сипатталады. Фосфор қышқылының ерітіндісінде кристалданатын кальций сульфаты жартылай гидратының гидратация жылдамдығы бақылау жартылай гидратының (судағы гидратация) гидратация жылдамдығынан әлдеқайда аз және ерітіндідегі қышқыл концентрациясына тәуелді екендігі анықталды. Бастапқы кезеңде жартылай гидраттың баяу ылғалдануы тән, бұл кристалдардың бетінде қабықшалардың пайда болу мүмкіндігін көрсетеді.

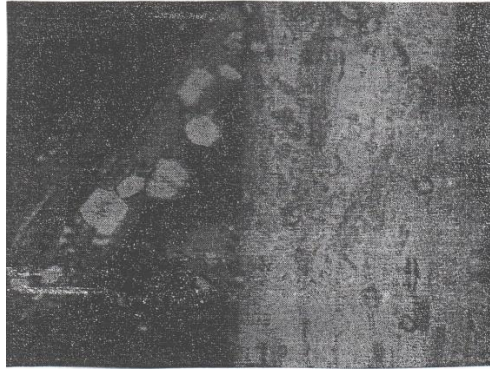
Кесте 1

H_3PO_4 концентрациясының гипс тұтқыр беріктігіне әсері

H_3PO_4 концен- трациясы, %	Р/Т, мл/г	Сутгард бойынша аққыштық, мм	Беку уақыты, сағ-мин		Беріктік шегі, МПа	
			басы	аяғы	Сығу кезінде	Іілу кезінде
0	0,59	180	0-5	0-18	7,6	3,7
20	0,60	178	5-09	6-25	0,15	0,1
30	0,52	176	15-01	20-00	Беріктік жоқ	
50	0,62	180	қатаю жоқ		Беріктік жоқ	

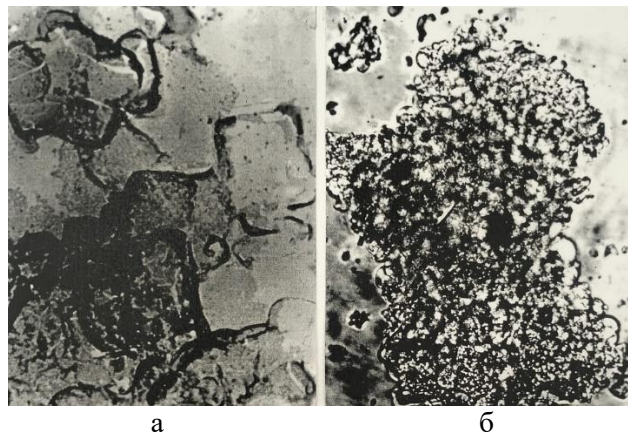
Қазіргі уақытта кальций сульфаты фосфор қышқылына айналатын түрлендірулердің әртүрлілігін түсіндіретін бірдей көзқарас жоқ. Өткен ғасырдың 30-шы жылдарының аяғы мен 50-ші жылдардың басында жарияланған А.П. Белопольский, А.А. Таперова, М.Н. Шульгиналардың классикалық зерттеулері фосфорқышқылды ерітінділердегі кальций сульфатының әртүрлі формаларының өзара өзгеруінің күрделілігін көрсетті. Кальций сульфатының полиморфты формаларының ерігіштігі туралы мәліметтерге сүйене отырып, бір реттік ауысу екі сатыда жүзеге асырылады деген қорытынды жасалды: алдымен метастабильді фазаға қатысты қаныққан ерітінді түзу үшін тұрақты фазаның еруі, содан кейін қаныққан ерітіндіден метастабильді фазаның кристалдануы жүреді [3].

Экстракциялық фосфор қышқылындағы кальций сульфаты дигидратының фазалық өзгерістері мен қайта кристалдануын бақылай отырып, дигидратты жартылай гидратқа өтуі екі жолмен жүретіні атап өтілді. 1-суретте кристалдық тордан суды кетіру нәтижесінде кальций сульфаты дигидратының бұзылуының бастапқы кезеңі көрсетілген. Сонымен қатар, β -формада жартылай гидрат пайда болады.



Сурет 1. Қатты фазада жартылай гидратқа айналатын кальций сульфаты дигидраты кристалдарының микрофотографиясы, $\times 240$ ұлғайту

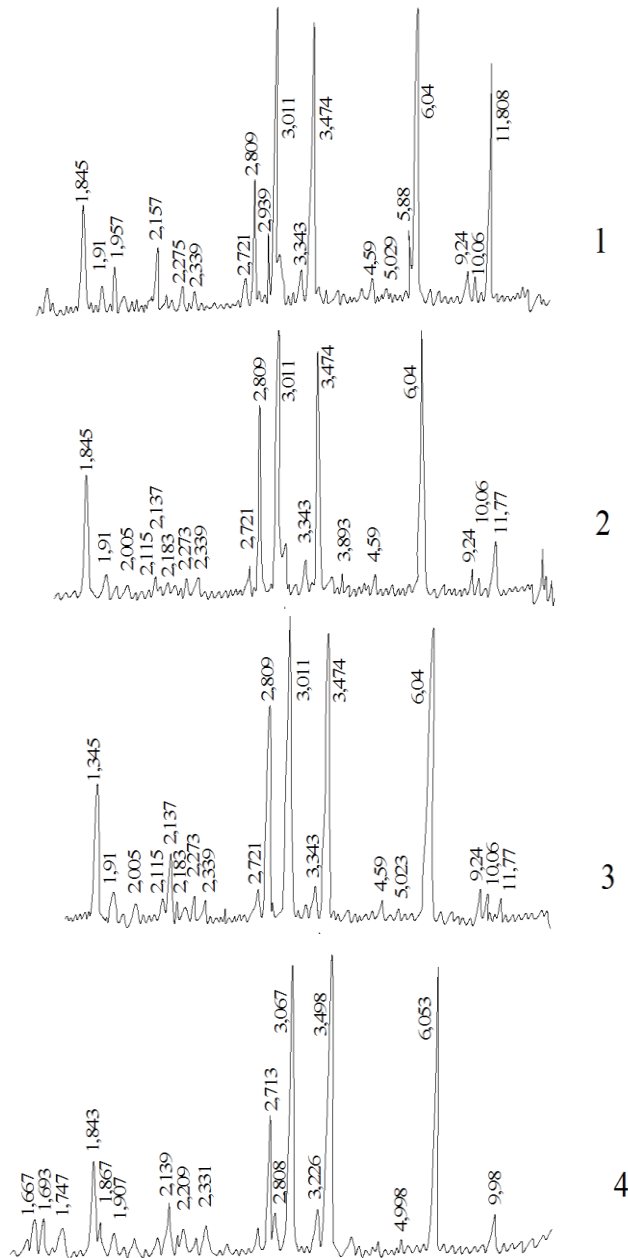
Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Жүргізілген зерттеу нәтижелеріне сәйкес, 3 сағат ішінде кальций сульфатының жартылай гидрат кристалдары бастапқы пішінін сақтайды, бірақ 5-8 сағат гидратацияда болашақ дигидрат кристалдарының түзілуі байқалады. 4-суретте 20% ортофосфор қышқылындағы 5-жартылай гидрат кристалдарының ыдырауының бастапқы кезеңі көрсетілген. Жартылай гидрат кристалдарының бір бөлігі толығымен ерігенше бүтін болып көрінеді. Жаңа кристалдардың еруі мен өскін түзілу процестері бір уақытта жүреді, ал микрофотографияда ыдырайтын жартылай гидраттың (сурет 4а) және дигидрат кристалдарына толы жартылай гидраттың (4-сурет) кристалдары көрінеді. Қайта кристалдану процесіне шамамен 15 сағат жұмсалады. Қос сулы гипс кристалдарының пайда болуы 10-15 сағат қатаюдан кейін байқалады



Сурет 2. Кристалдардың микрофотографиясы: а – β -жартылай гидратының еруі; б – CaSO_4 дигидратының массалық кристалдануы

Әр түрлі концентрациядағы ортофосфор қышқылымен сулы ерітінділермен өңделген, сондай-ақ суда гидратталған гипс тұтқыр сынамаларының рентгенограммалары 3-суретте көрсетілген. Суда гидратталған бақылау гипсінің рентгенограммасында негізінен екі сулы гипске жататын ең жоғары сызықтарға ие – 6,04; 3,47; 3,07; 1,84 А. Қышқылымен өңделген гипс тұтқыр рентгенограммаларында жартылай сулы гипске жататын сызықтар қалады – 3,47; 3,01; 2,809; 2,72; 2,13 А. Сонымен

қатар, қышқылдың концентрациясы неғұрлым жоғары болса, гидратталмаған жартылай сулы гипстің ең жоғары сызықтарының қарқындылығы соғұрлым жоғары болады.



Сурет 3. H_3PO_4 өңделген гипс рентгенограммасы: 1 – гипс + 50% H_3PO_4 ; 2 – гипс + 30 % H_3PO_4 ; 3 – гипс + 20 % H_3PO_4 ; 4 – гипс + су

Жүргізілген зерттеулер ортофосфор қышқылының сулы ерітінділерімен өңдеу кезінде жартылай сулы гипстің қайта кристалдануы ерітінді арқылы да, қатты фазада да жүреді, ал ерітіндіде жартылай гидраттың еруі және дигидрат кристалдарының түзілуі бір мезгілде жүреді деген қорытынды жасауға мүмкіндік береді. Алайда, қышқыл ерітіндісіндегі қайта кристалдану

процесі айтарлықтай баяулайды, бұл ортофосфор қышқылының қатысуымен кальций сульфаты жартылай гидратының тұтқыр қасиеттерінің төмендеуінің себебі кристалдардың бетінде түзілетін дигидраттың ерімейтін қабықтары, сондай-ақ кристалдардың ішкі құрылымының өзгеруі, мүмкін, кристалдық торға қоспа элементтерінің енгізілуіне байланысты деген тұжырымды жанама түрде растайды.

Қорытынды. Осылайша, зерттеулер көрсеткендей, ортофосфор қышқылының ерітінділерінде жартылай сулы гипс баяу қатайтатын тұтқыр болады, ал қышқылдың жоғары концентрациясы 50% немесе одан да көп болғанда бекімейді немесе қатаймайды.

Ең жақсы физикалық-механикалық қасиеттері бар өнімдерді өндіруді қамтамасыз ететін ұялы бетонның ең жақсы құрылымы бір уақытта жүретін екі процестің – газдың пайда болуының, пластикалық беріктіктің (бекудің) жоғарылауының үйлестіруімен қол жеткізіледі [4]. Бұл процестерді үйлестіру үшін әдетте әртүрлі химиялық қоспалар қолданылады.

Әдебиеттер тізімі

1. Горчаков, Г.И. Технология вяжущих материалов [Текст] / Г.И. Горчаков. – М.: Высшая школа, 1990.
2. Коломиец, В.П. Вяжущие материалы [Текст]: учеб. пособие / В.П. Коломиец, И.А. Лабутина. – М.: АСВ, 2012.
3. Ким, А.В. Модификация гипсовых вяжущих химическими добавками [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / А.В. Ким. – М.: МГСУ, 2013.
4. Елсунцов, Д.С. Физико-химические процессы твердения гипсовых систем с кислотными добавками [Текст] / Д.С. Елсунцов. – М.: МГСУ, 2017.

Материал редакцияға 01.12.25 түсті, 24.02.26 қабылданды.

**Н.К. Қожақұлов¹, Б.Т. Қопжасаров¹, С.М. Моминова¹,
С.Т. Дүйсенбаева², Г.Т. Қопжасарова¹**

¹Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахста

²Казахский национальный университет водного хозяйства и мелиорации,
Тараз, Казахстан

ВЛИЯНИЕ ОРТОФOSФОРНОЙ КИСЛОТЫ НА СХВАТЫВАНИЕ И ТВЕРДЕНИЕ ГИПСОВОГО ВЯЖУЩЕГО

Аннотация. В данной статье рассмотрены возможности влияния ортофосфорной кислоты на процесс схватывания и твердения вяжущих полученных результатов в различных условиях. Изучены влияния ортофосфорной кислоты различной концентрации на основные физико-механические свойства гипсового вяжущего. По результатам проведенных исследований, было установлено, что скорость гидратации полугидрата сульфата кальция, кристаллизующегося в растворе фосфорной кислоты, намного меньше скорости гидратации контрольного полугидрата (гидратация в воде) и зависит от концентрации кислоты в растворе. Характерна замедленная гидратация полугидрата в начальный период, что указывает на возможность образования пленок на поверхности кристаллов. Проведенные исследования позволяют сделать вывод о том, что перекристаллизация полуводного гипса при обработке водными растворами ортофосфорной кислоты протекает как через раствор, так и в твердой фазе, причем в растворе одновременно происходит растворение полугидрата и образование кристаллов дигидрата.

Ключевые слова: ортофосфорная кислота, гипс, вода, раствор, гидрат, концентрация, вяжущее, схватывание, твердение, кристаллы.

**N. Kozhakulov¹, B. Kopzhasarov¹, S. Mominova¹,
S. Duisenbayeva², G. Kopzhasarova¹**

¹*M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan*

²*Kazakh National University of Water Management and Irrigation,
Taraz, Kazakhstan*

THE EFFECT OF ORTHOPHOSPHORIC ACID ON THE SETTING AND HARDENING OF GYPSUM BINDER

Abstract. This article discusses the possibilities of the influence of orthophosphoric acid on the setting and hardening of binders of the obtained results under various conditions. The effects of orthophosphoric acid of various concentrations on the basic physical and mechanical properties of gypsum binder have been studied. According to the results of the studies, it was found that the hydration rate of calcium sulfate semihydrate crystallizing in phosphoric acid solution is much lower than the hydration rate of the control semihydrate (hydration in water) and depends on the concentration of acid in the solution. Delayed hydration of the semihydrate in the initial period is characteristic, which indicates the possibility of film formation on the crystal surface. The conducted studies allow us to conclude that the recrystallization of semi-aqueous gypsum during treatment with aqueous solutions of orthophosphoric acid proceeds both through the solution and in the solid phase, with the solution simultaneously dissolving the semihydrate and forming dihydrate crystals.

Keywords: orthophosphoric acid, gypsum, water, solution, hydrate, concentration, binder, setting, hardening, crystals.

References

1. Gorchakov G.I. *Tekhnologiya vyazhushchikh materialov [Technology of Binding Materials]*. – M.: Vysshaya shkola, 1990. [in Russian].
2. Kolomiets V.P., Labutina I.A. *Vyazhushchie materialy [Binding Materials]: Textbook–Moscow: ASV, 2012.* [in Russian].
3. Kim A.V. *Modifikatsiya gipsovykh vyazhushchikh khimicheskimi dobavkami [Modification of Gypsum Binders with Chemical Additives]: Dissertation ... Candidate of Technical Sciences.* – Moscow: MGSU, 2013. [in Russian].
4. Elsuntsov D.S. *Fiziko-khimicheskie protsessy tverdeniya gipsovykh sistem s kislotnymi dobavkami [Physico-Chemical Processes of Gypsum Systems Hardening with Acid Additives]*. – Moscow: MGSU, 2017. [in Russian].