

## INFLUENCE OF SOLID LIQUID STATES RATIOS ON THE COMPOSITION AND PROPERTIES OF HUMATE-CONTAINING ORGANO-MINERAL FERTILIZERS

U.Zh. Dzhusipbekov, G.O. Nurgaliyeva\*, Z.K. Bayakhmetova

A.B. Bekturov Institute of Chemical Sciences JSC, Almaty, the Republic of Kazakhstan

\*E-mail: [N\\_gulzipa@mail.ru](mailto:N_gulzipa@mail.ru)

**Abstract.** *Introduction.* Human economic activity leads to removal of nutrients from the soil along with the crop. Nutrients losses also occur because of natural processes (erosion, leaching, etc.). It is necessary to replenish the missing nutrients with the use of humate-containing organomineral fertilizers to preserve soil fertility and increase productivity. *The purpose* of this work is to study the processes of iron (III) phosphates interaction with potassium humate and to obtain humate-containing organomineral fertilizers. *Methodology.* Chemical analysis, infrared spectroscopy, X-ray phase analysis methods have been used. *Results and discussion.* The processes of obtaining humate-containing organomineral fertilizers by the interaction in the systems “iron dihydrogen phosphate - potassium humate”, “iron hydrogen phosphate - potassium humate” and “iron orthophosphate - potassium humate” have been studied. It has been determined that an increase in the S:L ratio from 1:3 to 1:6 leads to an increase in the content of the digestible forms of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> up to 44.70%, nitrogen up to 1.85% and the output of humic substances up to 79.23%. An analysis of the IRS data indicates the multicomponentness and complexity of the composition of humate-containing organomineral fertilizers samples. *Conclusion.* It has been shown that the absorption bands of humic compounds of various functional groups and various substitutions phosphates are superimposed, while the shape of the absorption bands distorted, and their maxima have shifted to the high- or low-frequency area. It has been found that, regardless the phosphate ionnature, an increase in the ratio of S:L leads to a decrease in the absolute content of total, water-soluble and assimilable forms of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Concurrently, the phosphate part almost completely converted into the assimilated form. It has been defined that adding of the potassium humate, makes all phosphorus, which is in the indigestible form in the iron phosphates, almost completely pass into a mobile and assimilable form. It has been revealed that the addition of potassium humate into the systems with iron phosphates of various degrees of substitution makes it possible to neutralize the residual acidity of the pulp, and the neutralization process proceeds without P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> retrogradation. The resulting products have good physical, mechanical and fertilizer properties.

**Key words:** iron dihydrophosphate, iron hydrophosphate, iron orthophosphate, potassium humate, humate-containing organomineral fertilizers

---

*Dzhusipbekov Umirzak*

*Doctor of Technical Sciences, Professor,*

*Zhumasilovich*

*E-mail: [jussipbekov@mail.ru](mailto:jussipbekov@mail.ru)*

---

*Nurgaliyeva Gulzipa Oryntayevna*

*Doctor of Chemical Sciences, E-mail: [N\\_gulzipa@mail.ru](mailto:N_gulzipa@mail.ru)*

---

*Bayakhmetova Zamira*

*Candidate of Chemical Sciences,*

*Kenesbekovna*

*E-mail: [zamirabkz@mail.ru](mailto:zamirabkz@mail.ru)*

---

**Citation:** Dzhusipbekov U.Zh., Nurgaliyeva G.O., Bayakhmetova Z.K. Influence of T:L ratios on the composition and properties of humate-containing organo-mineral fertilizers. *Chem. J. Kaz.*, 2023, 2(82), 99-108. (In Kaz.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2023-2.2710-1185.17>

**ҚҰРАМЫНДА ГУМАТЫ БАР ОРГАНОМИНЕРАЛДЫ ТЫҢАЙТҚЫШТАРДЫҢ ҚҰРАМЫ МЕН ҚАСИЕТТЕРІНЕ ҚАТТЫ СҮЙЫҚ КҮЙЛЕРІНІҢ ҚАТЫНАСЫНЫҢ ӘСЕРІ****Ө.Ж. Жүсіпбеков, Г.О. Нұрғалиева\*, З.К. Баяхметова***«Ә.Б. Бектұров атындағы химия ғылымдары институты» АҚ, Алматы, Қазақстан**\*E-mail: N\_gulzipa@mail.ru*

**Түйіндемe.** *Кіріспе.* Адамның шаруашылық әрекеті үдерісінде егінмен бірге топырақтан қоректік заттар жойылады, олардың жоғалуы табиғи үдерістердің де (эрозия, шайылу және т.б.) әсерінен болады. Топырақтың құнарлылығын сақтау және өсімдіктердің өнімділігін арттыру үшін құрамында гуматы бар органикалық тыңайтқыштарды қолдану арқылы жетіспейтін қоректік заттарды толықтыру қажет. *Жұмыстың мақсаты* – темір (III) фосфаттарының калий гуматымен әрекеттесу үдерістерін зерттеу және құрамында гуматы бар органикалық тыңайтқыштарды алу. *Әдістері.* Химиялық талдау, инфрақызыл спектроскопия, рентгендік фазалық талдау әдістері қолданылды. *Нәтижелер мен талқылау.* «Темір дигидрофосфаты – калий гуматы», «темір гидрофосфаты – калий гуматы» және «темір ортофосфаты – калий гуматы» жүйелеріндегі әрекеттесу арқылы құрамында гуматы бар органикалық тыңайтқыштарды алу үдерісі зерттелді. Қ:С қатынасының 1:3-тен 1:6-ға жоғарылатқанда  $P_2O_5$  сіңірімді түрлерінің мөлшері 44.70%-ға, азоттың 1.85%-ға және гуминдік заттардың шығымының 79.23%-ға дейін артатыны айқындалды. ИҚС мәліметтерін талдау құрамында гуматы бар органикалық тыңайтқыштардың үлгілерінің құрамының көпкомпоненттілігін және күрделілігін көрсетеді. Гуминді қосылыстардың әртүрлі функционалды топтарының және негізділігі әртүрлі фосфаттардың жұтылу жолақтары қабаттасатыны, содан жұтылу жолақтарының пішіні өзгеріп, олардың максимумдары жоғары немесе төмен жиілікті аймаққа ығысатыны анықталды. *Қорытынды.* Фосфат ионының табиғатына қарамастан, Қ:С қатынасының жоғарылауы  $P_2O_5$ -тің жалпы, суда еритін және сіңірімді түрлерінің абсолютті мәнінің төмендеуіне әкелетіні анықталды. Бұл жағдайда фосфат бөлігі толығымен дерлік сіңірімді түрге айналады. Калий гуматын енгізген кезде темір фосфаттарындағы сіңірілмейтін күйдегі барлық фосфор толығымен дерлік жылжымалы және сіңіргіштік түрге өтетіні көрсетілді. Негізділігі әртүрлі темір фосфаттары бар жүйелерге калий гуматын қосу қойыртпаның қалдық қышқылдығын бейтараптандыруға мүмкіндік беретіні, бейтараптандыру үдерісі  $P_2O_5$  ретроградациясынсыз жүретіні анықталды. Алынатын өнімдердің жақсы физика-механикалық және тыңайтқыштық қасиеттерге не екендігі анықталды.

**Түйінді сөздер:** темір дигидрофосфаты, темір гидрофосфаты, темір ортофосфаты, калий гуматы, құрамында гуматы бар органикалық тыңайтқыштар

<i>Жүсіпбеков Өмірзақ Жұмасыұлұлы</i>	<i>Техника ғылымдарының докторы, профессор</i>
<i>Нұрғалиева Гүлзипа Орынтайқызы</i>	<i>Химия ғылымдарының докторы</i>
<i>Баяхметова Замира Кеңесбекқызы</i>	<i>Химия ғылымдарының кандидаты</i>

**1. Кіріспе**

Қазіргі уақытта халық санының қарқынды өсуіне, су ресурстарының тапшылығы, топырақтың ластануы мен тұздануына байланысты халықты азық-түлікпен қамтамасыз ету үшін ауыл шаруашылығында құрамында гуматы бар органикалық тыңайтқыштарды қолдану қажет [1, 2]. Қазақстанда осындай тыңайтқыштарды алуға керекті шикізат бар: фосфориттер, өндіріс қалдықтары, құрамында өсімдіктің өсуі мен дамуына қажетті қоректік заттар (фосфор, калий, марганец, бор, гуминді қосылыстар және т.б.) бар қоңыр көмірлер.

Авторлар [3-5] органикалық тыңайтқыштарды фосфоритті азот және фосфор қышқылдарымен, сондай-ақ осы қышқылдардың қоспасымен

ыдырату үдерісіне құрамында гумин қосылыстары бар қарашірікті қосу арқылы алу әдістерін зерттеді. Бұл минералды қышқылдардың стехиометриядан төмен мөлшерін қолдануға мүмкіндік береді, яғни қышқыл реагенттің шығынын 50%-ға азайтады. Қарашіріктің құрамындағы гумин қышқылдары кальциймен әрекеттесуі нәтижесінде фосфордың цитратта және суда еритін түрлерінің түзілуіне сәйкес келетін  $\text{CaO/P}_2\text{O}_5$  қатынасын реттеуге болатындығын көрсетті. Ал [6, 7] жұмыстарда минералды тыңайтқыштар менгуминді қосылыстар әрекеттескенде кальций мен магнийдің гуматтары түзілетіндіктен топырақтағы фосфаттың фиксациясы азайып, фосфордың сіңірілуін арттыруға болатындығы анықталған. [8] жұмыста гуматтың әртүрлі суперфосфаттармен әрекеттесуі қарастырылып, түзілетін фосфат-металлгумат кешендері тыңайтқыштағы фосфордың тұрақты және өсімдіктерге сіңірімді түрдегі қосылыстары болып табылатындығы айқындалған.

Жалпы, ғылыми әдебиеттерге жасалған талдау органоминаралды тыңайтқыштар фосфатты шикізатты қышқылмен ыдырату кезінде немесе өндірісте шығарылатын минералды тыңайтқыштарға қарашірік, қоңыр көмір немесе гуматтарды қосу арқылы алынатындығын көрсетті. Алайда, бастапқы фосфатты шикізаттың құрамында кальцийдің, магнийдің, темірдің және алюминийдің мөлшерінің жоғары болуына байланысты қышқылдық реагенттер көп жұмсалады және фосфордың өсімдіктерге сіңірімді түрге өтуі қиын болады. Бұл технологиялық үдерістердің айтарлықтай күрделенуіне әкеледі және алынған өнімдерінің сапасына кері әсерін тигізеді. Осы мәселелерді гуминді қосылыстарды қолдану арқылы шешуге болады.

Жұмыстың мақсаты темір (III) фосфаттарының калий гуматымен әрекеттесу үдерістерін зерттеу және құрамында гуматы бар органоминаралды тыңайтқыштарды алу.

## 2. Тәжірибелік бөлім

Тәжірибе жасау үшін бастапқы компоненттер ретінде Ойқарағай (Алматы обл.) кен орнының қоңыр көмірінен калий гидроксидімен экстракциялау арқылы алынған калий гуматы, құрамы (мас. %):  $\text{Na}^{\text{daf}}$  – 80.35;  $\text{A}^{\text{a}}$  – 18.80;  $\text{W}^{\text{a}}$  – 13.35, темірдің дигидрофосфаты, құрамы (мас. %):  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 61.38;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 23.05, гидрофосфаты, құрамы (мас. %):  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 53.25;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 40.0 және ортофосфаты, құрамы (мас. %):  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 47.02;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 52.98 қолданылды.

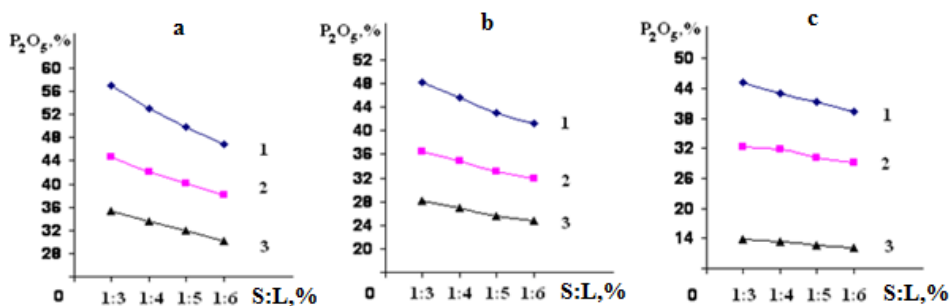
Темірдің дигидро-, гидро- және ортофосфаттарының калий гуматымен әрекеттесу үдерісіне К:С қатынасының әсері зерттелді, тәжірибе  $60^\circ\text{C}$  температурада 60 мин жүргізіліп, қойыртпаның қалған қышқылдығы 5% аммиактың сулы ерітіндісімен рН 3.5-4.0 дейін бейтарапталды. Одан кейін алынған қойыртпа  $75-80^\circ\text{C}$  температурада салмағы бірқалыпты болғанға дейін кептірілді. Алынған өнімнің құрамындағы  $\text{P}_2\text{O}_5$ -тің жалпы, суда еритін

және сіңірімді түрлерінің, азоттың мөлшерлері [9] және гумин қышқылдарының шығымы  $\text{NA}^{\text{daf}}$  [10] химиялық әдістермен анықталды.

Үлгілердің ИҚ-спектроскопиялық зерттеуі ИҚ-Фурье-спектрометрінде (Nicolet 5700, АҚШ)  $4000\text{--}400\text{ см}^{-1}$  толқындар диапазонында жүргізіліп, ИҚ-спектрлердегі жұтылу жолақтарын талдау әдеби деректерге сәйкес жүзеге асырылды [11-13]. Үлгілердің ИҚ-спектрлерін алу үшін 0.5-1.0 мг мөлшердегі зат өлшендісіне калий бромидін (0.25 мг) қосып мұқият араластырылды және таблеткаға престелді. Алынған үлгілердің фазалық құрамы «ДРОН-3» дифрактометрінде ( $\text{MoK}_\alpha$ - шағылуы) анықталды, ток күші –20мА және кернеуі – 25 кВ. Үлгілердің рентгенограммаларының идентификациясы эталондық рентгенограммалармен және әдебиеттік мәліметтермен салыстыру арқылы жүргізілді [14].

### 3. Нәтижелер және талқылау

«Темір дигидрофосфаты – калий гуматы», «темір гидрофосфаты – калий гуматы» және «темір ортофосфаты – калий гуматы» жүйелеріндегі әрекеттесу үдерісіне Қ:С қатынасының әсерін зерттеу кезінде алынған нәтижелер 1-суретте көрсетілген.



1 –  $\text{P}_2\text{O}_5$  жалпы, 2 –  $\text{P}_2\text{O}_5$  сіңіріп, 3 –  $\text{P}_2\text{O}_5$  суда ер., жүйе: а – «темір дигидрофосфаты – калий гуматы»; б – «темір гидрофосфаты – калий гуматы»; с – «темір ортофосфаты – калий гуматы»

Сурет 1 –  $\text{P}_2\text{O}_5$ -тің әртүрлі түрлері мәндерінің Қ:С қатынасына байланысты өзгеруі

Қ:С қатынасын 1:3-тен 1:6-ға дейін жоғарылатқанда фосфат ионының табиғатына қарамастан  $\text{P}_2\text{O}_5$ -тің жалпы, суда еритін және сіңірімді түрлерінің абсолютті мәндерінің төмендейтіндігі анықталды. Мысалы, 2.5% калий гуматының ерітіндісі темір дигидрофосфатымен әрекеттескенде жалпы  $\text{P}_2\text{O}_5$ -тің мөлшері 56.94-тен 46.91%-ға дейін, сіңірімді  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 44.70-тен 38.13%-ға дейін және суда еритін  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 35.37-тен 30.14%-ға төмендейді (1а-сурет, 1-3 қисықтар), темір гидрофосфатымен, сәйкесінше – 48.15-тен 41.27%-ға дейін, 36.58-ден 31.83%-ға дейін және 28.13-тен 24.79%-ға дейін (1б-сурет, 1-3 қисық сызықтар), ал темір ортофосфатымен, сәйкесінше

45.09-дан 39.42%-ға дейін, 32.37-ден 29.21%-ға және 13.85-тен 13.54%-ға дейін (1в-сурет, 1-3 қисық сызықтар) төмендейді. Алайда катион алмасу реакцияларының нәтижесінде темір гуматтары және калийдің дигидро- және гидрофосфаттары түзілетіндіктен суда ерігіштік коэффициенті 34.34-64.18%-ға, ал сіңірімділік коэффициенті 74.09-81.28%-ға дейін артады.

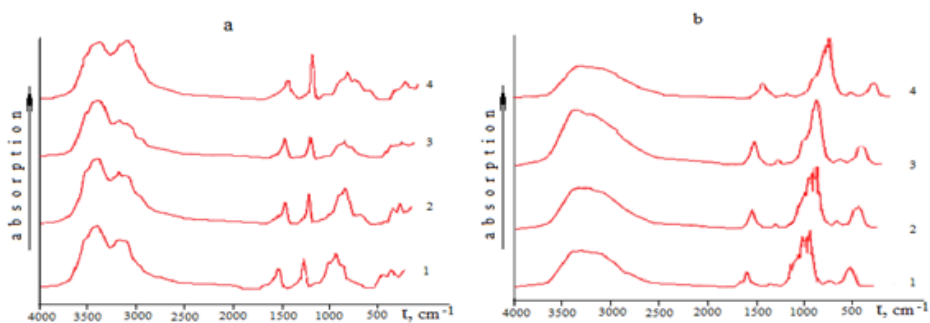
Тәжірибе нәтижелері Қ:С қатынасының 1:3-тен 1:6-ға дейін артқанда гумин қышқылдарының шығымы артып, азот мөлшерінің төмендейтіндігін көрсетті (кесте). Мысалы, калий гуматы темір дигидрофосфатымен әрекеттескенде гуминді қосылыстардың мөлшері ( $HA^{daf}$ ) 78.89%-ға дейін, темір гидрофосфатымен – 79.23%-ға дейін және темір ортофосфатымен – 78.50%-ға дейін артады. Ал азот мөлшері сәйкесінше 1.32 және 0.71%-ға дейін төмендейді, (кесте 1). Бұл ортаның қышқылдығын бейтараптандыруға жұмсалатын аммиак шығынының төмендеуіне әкелетін гуминді заттардың бейтараптандыру қабілетіне байланысты. Ал темір ортофосфаты бар жүйедегі ортаның қалдық қышқылдығы калий гуматымен бейтарапталады анықталды. Сондай-ақ, аммиак, бор және басқа да бейтараптандырғыш заттарды қолданудан айырмашылығы, калий гуматын пайдаланғанда бейтараптандыру үдерісі  $P_2O_5$  ретроградациясыз жүреді. Алынған өнімдер жақсы физикалық-механикалық қасиеттерге ие, сонымен қатар азотпен және физиологиялық белсенді гуминді қосылыстармен байытылған.

**Кесте 1**– Қ:С қатынасының гумин қышқылдарының шығымына және азот мөлшеріне әсері

Қ:С қатынасы	$HA^{daf}$ , мас. %	$N_{ж.}$ , мас. %
«темір дигидрофосфаты – калий гуматы»		
1:3	75.30	1.85
1:4	76.62	1.70
1:5	78.16	1.56
1:6	78.89	1.32
«темір гидрофосфаты – калий гуматы»		
1:3	76.91	1.32
1:4	77.34	1.01
1:5	78.31	0.95
1:6	79.23	0.71
«темір ортофосфаты – калий гуматы»		
1:3	75.69	-
1:4	76.43	-
1:5	77.79	-
1:6	78.50	-

Үлгілердің ИҚ-спектрлерін талдау (2-сурет) әртүрлі Қ:С қатынасында алынған өнімдер гуминді қосылыстарға тән сіңіру жолақтарымен сипатталатынын көрсетеді [8-10]: 3460-3450, 3370-3350 және 3230-3220  $cm^{-1}$  аймағындағы жұтылу жолақтары молекулааралық сутектік байланысқан ОН-топтарының және NH-топтарының валенттік ауытқулары, 1630-1620

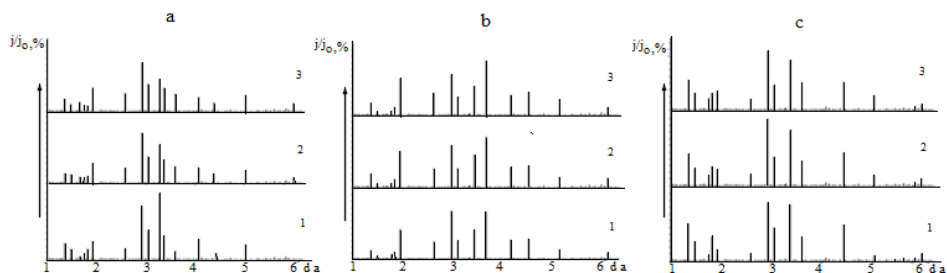
және  $1400-1390\text{ см}^{-1}$  – карбоксил топтарының ассиметриялық және симметриялық тербелістері,  $1280-1260\text{ см}^{-1}$ – фенолдық ОН-топтардың деформациялық, ароматты карбон қышқылдары мен күрделі эфирлердің С-О-топтарының тербелістері, ал  $1050-1000\text{ см}^{-1}$ – біріншілік спирттер мен эфирлердің С-О-топтарының валенттік ауытқулары. Бұл сіңіру жолақтарының қарқындылығы Қ:С қатынасы жоғарылаған сайын арта түсетіні анықталды.  $1630-1600$ ,  $1020-1000$  және  $550-520\text{ см}^{-1}$  аймағында темір гуматтары мен фосфат-иондарының сіңіру жолақтары қабаттасып, олардың ығысуына және қосылуына ықпал етеді.  $980-960$ ,  $790-780$ ,  $670-660$  және  $580-520\text{ см}^{-1}$  аймағындағы жұтылу жолақтары темір гуматының кешендерінде Me-O байланысының түзілуін растайды. Сондай-ақ, ИҚ-спектр талдаулары гуминді қосылыстардың әртүрлі функционалды топтарының және негізділігі әртүрлі фосфаттардың жұтылу жолақтары қабаттасатынын, бұл олардың пішінінің өзгеріп, олардың максимумдары жоғары немесе төмен жиіліктегі аймаққа ығысатынын көрсетті.



Әртүрлі Қ:С қатынасында алынған өнімдер: 1 – 1:3, 2 – 1:4, 3 – 1:5, 4 – 1:6, жүйе: а – «темір дигидрофосфаты – калий гуматы»; б – «темір ортофосфаты – калий гуматы»

**Сурет 2** – Алынған органоинералды тыңайтқыштардың үлгілерінің ИҚ-спектрлері

РФА нәтижелері (3-сурет) алынған үлгілерде калий дигидро- және гидрофосфаттарының болуын растайды [11]. Рентгенограммадағы  $d_{\alpha}=5.07$ ;  $3.69$ ;  $2.55$ ;  $1.93$ ;  $1.70\text{Å}$  аймағындағы дифракциялық максимумдар калий дигидрофосфатына, ал  $d_{\alpha}=6.31$ ;  $4.26$ ;  $3.45$ ;  $3.01$ ;  $2.96$ ;  $1.84$ ;  $1.52$ ;  $1.45\text{Å}$  аймағындағы дифракциялық сызықтар калий гидрофосфатына сәйкес келеді. ИҚ-спектрлерінде анықталған темір гуматы аморфтылығына байланысты рентгенограммаларда тіркелмейді.



Әртүрлі К:С қатынасында алынған өнімдер: 1 – 1:3, 2 – 1:4, 3 – 1:6, жүйе: а – «темір дигидрофосфаты – калий гуматы»; б – «темір гидрофосфаты – калий гуматы»; с – «темір ортофосфаты – калий гуматы»

Сурет 3 – Алынған үлгілердің штрих-диаграммалары

#### 4. Қорытынды

Сонымен, жүргізілген зерттеулер К:С қатынасының зерттелген диапазонында «темір дигидро/гидро/ортофосфаты – калий гуматы» жүйелеріне гуминді қосылыстарды енгізу нәтижесінде темір фосфаттарының құрамындағы фосфордың сіңірілмейтін түрлері толығымен дерлік сіңірімді түрге өтетіндігін көрсетті. Нәтижесінде суда ерігіштік коэффициенті 64.18%, сіңірімділік коэффициенті 81.28%, жалпы азоттың мөлшері 1.85% және гумин қышқылдарының шығымы 79.23%-ға дейін болатын құрамында гуматы бар органоминаралды тыңайтқыштар алынды. Жүйеге калий гуматын қосу  $P_2O_5$ -тің ретроградация үрдісін тежейтіндігі және бос қышқылдықты бейтараптандыруға жұмсалатын аммиактың мөлшерін төмендететіндігі, ал «темір ортофосфаты – калий гуматы» жүйесі үшін әртүрлі бейтараптандырғыш реагенттерді қолданудың қажеті болмайтындығы анықталды. Химиялық және физика-химиялық талдау әдістерінің нәтижелері темірдің дигидро-, гидро- және ортофосфаттары калий гуматымен әрекеттескенде калийдің дигидро- және гидрофосфаттары және темір гуматы түзілетіндігі анықталды.

**Қаржыландыру.** Зерттеу жұмысы Қазақстан Республикасы білім және ғылым Министрлігі ғылым Комитеті бағдарламалық нысаналы қаржыланыру ЖТН BR10965255 «Табиғи шикізат пен өндірістік қалдықтарға негізделген инновациялық көпфункционалды материалдар» бағдарламасы бойынша орындалды.

**Мүдделер қақтығысы:** Авторлар осы мақалада келтірілген деректерде авторлар арасында мүдделер қақтығысының жоқтығын мәлімдейді.

#### ВЛИЯНИЕ СООТНОШЕНИЙ ТВЁРДОГО НА ЖИДКОГО СОСТОЯНИЕ НА СОСТАВ И СВОЙСТВА ГУМАТСОДЕРЖАЩИХ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

У.Ж. Джусипбеков, Г.О. Нурғалиева\*, З.К. Баяхметова

<sup>1</sup>АО «Институт химических наук имени А.Б. Бектурова», Алматы, Казахстан

\*E-mail: N\_gulzipa@mail.ru

**Резюме. Введение.** В процессе хозяйственной деятельности человека вместе с урожаем из почвы выносятся питательные вещества, их потери также происходят в результате протекания естественных процессов (эрозия, вымывание и др.). Для сохранения плодородия почв и повышения урожайности необходимо восполнить недостающие питательные элементы с применением гуматсодержащих органоминеральных удобрений. *Цель работы* - изучение процессов взаимодействия фосфатов железа (III) с гуматом калия и получение гуматсодержащих органоминеральных удобрений. *Методы.* Применяли методы химического анализа, инфракрасную спектроскопию, рентгенофазовый анализ. *Результаты и обсуждение.* Исследованы процессы получения гуматсодержащих органоминеральных удобрений путем взаимодействия в системах «дигидрофосфат железа – гумат калия», «гидрофосфат железа – гумат калия» и «ортофосфат железа –гумат калия». Установлено, что повышение соотношений Т:Ж от 1:3 до 1:6 приводит к росту содержания усвояемых форм  $P_2O_5$  до 44.70%, азота до 1.85% и выхода гуминовых веществ до 79.23%. Анализ данных ИКС свидетельствует о многокомпонентности и сложности состава образцов гуматсодержащих органоминеральных удобрений. Показано, что происходит наложение полос поглощения различных функциональных групп гуминовых соединений и фосфатов различной замещенности, при этом наблюдается искажение формы полос поглощения и смещение их максимумов в высоко- или низкочастотную область. *Заключение.* Выявлено, что независимо от природы фосфатного-иона повышение соотношений Т:Ж приводит к снижению абсолютного содержания общего, водно растворимых и усвояемых форм  $P_2O_5$ . При этом фосфатная часть практически полностью переходит в усвояемую форму. Показано, что при введении гумат калия, весь фосфор, находящийся в фосфатах железа в неусвояемой форме, практически полностью переходит в подвижную и усвояемую форму. Выявлено, что добавление гумата калия в системы с фосфатами железа разной степени замещенности позволяет нейтрализовать остаточную кислотность пульпы, процесс нейтрализации протекает без ретроградации  $P_2O_5$ . Получаемые продукты обладают хорошими физико-механическими и удобрительными свойствами.

**Ключевые слова:** дигидрофосфат железа, гидрофосфат железа, ортофосфат железа, гумат калия, гуматсодержащие органоминеральные удобрения

---

*Джусипбеков Умирзак Жумасилович* доктор технических наук, профессор

---

*Нурғалиева Гулзина Орынтаевна* доктор химических наук

---

*Баяхметова Замира Кенесбековна* кандидат химических наук

---

## Әдебиеттер тізімі

1. Будаева А.Д., Антропова И.Г., Алексеева Е.Н., Хомоксонова Д.П. Получение органоминеральных удобрений из отходов угледобычи и минерального сырья. *Международ. научно-иссл. ж.*, **2017**, №12 (66), Ч.3, 85-88. DOI: [10.23670/IRJ.2017.66.113](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_32368226_52075936.pdf), [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_32368226\\_52075936.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_32368226_52075936.pdf)
2. Бондаренко А.М., Качанова Л.С., Челбин С.М., Головкин А.Н. Исследование процесса производства гуминовых органоминеральных удобрений в системе экономической безопасности страны. *Дальневост. аграрный вест.*, **2022**, 1(61), 95-103. DOI: <https://org/10.24412/1999-6837-2022-1-95-103> [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_48220197\\_72239968.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_48220197_72239968.pdf)
3. Панова К.И., Правдин Н.Н. Особенности процесса совместной переработки фосфатного сырья и гумусосодержащих веществ в удобрения. *Изв. С.-Петербург. гос. технол. ин-та.*, **2012**, №15(41), 43-46. <http://science.spb.ru/content-iti/15-41-2012>
4. Кирьянов А.О., Правдин Н.Н. Особенности процесса кислотного разложения Вятско-Камского фосфорита при введении торфа или промышленного гумата. *Изв. С.-Петербург. гос. технол. ин-та.*, **2014**, №26(52), 31-33. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22625299>
5. Панова К.И., Правдин Н.Н., Кирьянов А.О. Исследование процесса разложения фосфатного сырья в присутствии торфа с использованием фосфорной кислоты. *Изв. С.-Петербург. гос. технол. ин-та.*, **2020**, №55(81), 10-15. DOI: <https://org/10.36807/1998-9849-2020-55-81-10-15>, <http://science.spb.ru/files/IzvetiyaTI/2020/55/publication.pdf>
6. Ero J., Urrutia O., Baigorri R., Fuentes M., Zamarreño A.M., Garcia-Mina J.M. Incorporation of humic-derived active molecules into compound NPK granulated fertilizers: main technical difficulties



and potential solutions. *Chem. Biol. Technol. Agric.*, **2016**, No.3(18), 1-15. DOI: <https://org/10.1186/s40538-016-0071>, [https://www.researchgate.net/publication/303796968\\_Incorporation\\_of\\_humic-derived\\_active\\_molecules\\_into\\_compound\\_NPK\\_granulated\\_fertilizers\\_Main\\_technical\\_difficulties\\_and\\_potential\\_solutions](https://www.researchgate.net/publication/303796968_Incorporation_of_humic-derived_active_molecules_into_compound_NPK_granulated_fertilizers_Main_technical_difficulties_and_potential_solutions)

7. Urrutia O., Erro J., Guardado I., Francisco S.S., Mandado M., Baigorri R., Yvin J.C., Garcia-Mina J.M. Physico-chemical characterization of humic-metal-phosphate complexes and their potential application to the manufacture of new types of phosphatebased fertilizers. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, **2013**, No.177(2), 1-9. DOI: <https://org/10.1002/jpln.201200651>, <https://www.researchgate.net/publication/259539614>

8. Baigorri R, Urrutia O, Erro J, Mandado M, Perez-Juste I, Garcia-Mina J.M. Structural characterization of anion calcium-humate complexes in phosphate-based fertilizers. *ChemSusChem*, **2013**, No.6(7), 1245–1251. <https://doi.org/10.1002/cssc.201300024>

9. Кельман Ф.Н., Бруцкус Е.Б., Ошерович Р.Х. *Методы анализа при контроле производства серной кислоты и фосфорных удобрений*. Москва, Наука, **1963**, 360 с. [https://www.studmed.ru/kelman-f-n-bruckus-e-b-osherovich-r-h-metody-analiza-pri-kontrolе-proizvodstva-sernoy-kisloty-i-fosfornyh-udobreniy\\_6d1ed0c3e7\\_1.html](https://www.studmed.ru/kelman-f-n-bruckus-e-b-osherovich-r-h-metody-analiza-pri-kontrolе-proizvodstva-sernoy-kisloty-i-fosfornyh-udobreniy_6d1ed0c3e7_1.html)

10. ГОСТ 9517–76 (СТ СЭВ 4787-84). *Углубурные и каменные. Методы определения выхода гуминовых кислот*. Москва, Госстандарт СССР, **1987**, 5 с. <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/ad0/4294820847.pdf>

11. Орлов Д.С., Гришина Л.А. *Практикум токсимизумуса*. Москва, МГУ, **1981**, 271 с. [https://www.studmed.ru/orlov-d-s-grishina-l-a-praktikum-po-himii-gumusa\\_8caa68f7d7c.html](https://www.studmed.ru/orlov-d-s-grishina-l-a-praktikum-po-himii-gumusa_8caa68f7d7c.html)

12. Тарасевич Б.Н. *ИК-спектры основных классов органических соединений*. Москва, МГУ, **2012**, 55 с. [http://www.chem.msu.su/rus/teaching/tarasevich/Tarasevich\\_IR\\_tables\\_29-02-2012.pdf](http://www.chem.msu.su/rus/teaching/tarasevich/Tarasevich_IR_tables_29-02-2012.pdf)

13. Накамото К. *ИК-спектры спектры КР неорганических и координационных соединений*: Пер. с англ. Москва, Мир, **1991**, 536 с. <http://www.ncm.unn.ru/files/2021/01/Nakamoto-ИК-спектры-i-спектры-KR-nerganicheskikh-i-koordinatsionnyh-soedineniy.pdf>

14. Кузнецова Г.А. *Качественный рентгенофазовый анализ. Методические указания*. Иркутск, ИГУ, **2005**, 28 с. <http://window.edu.ru/resource/172/30172>

## References

1. Budayeva A.D., Antropova I.G., Alekseyeva E.N., Homoksonova D.P. Polučenie organomineral'nyh udobreni jizothodovugledobyči i mineral'nogosyr'ã. *Meždunar. naučno-issl. ž.*, **2017**, No.12 (66), 3, 85-88. (In Russ.). DOI: 10.23670/IRJ.2017.66.113, [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_32368226\\_52075936.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_32368226_52075936.pdf)

2. Bondapenko A.M., Kačanova L.S., Čelbin S.M., Golovko A.N. Iccledovanie pprocessa ppoizvodctvagyminovyx organomineral'nyx ydobrenij v cicteme èkonomičeskoj bezopacnoctitpany. *Dal'nevost.agrapnyjvect.*, **2022**, No.1(61), 95-103. (In Russ.). DOI: <https://org/10.24412/1999-6837-2022-1-95-103>, [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_48220197\\_72239968.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_48220197_72239968.pdf)

3. Panova K.I., Pravdin N.N. Peculiarities of common treatment process of phosphorous raw materials and humus containing compounds into fertilizers. *Izv. S.-Peterburg. gos. tekhno. in-ta.*, **2012**, No.15(41), 43-46. (In Russ.). <http://science.spb.ru/content-iti/15-41-2012>

4. Kir'janov A.O., Pravdin N.N. Osobennosti processa kislotnogo razlozhenija Vjatsko-Kamskogo fosforita privvedenii torfa ilipromy shlennogo gumata. *Izv. S.-Peterburg. gos. tehnol. in-ta.*, **2014**, No.26(52), 31-33. (In Russ.). <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22625299>

5. Panova K.I., Pravdin N.N., Kir'janov A.O. Issledovanie processa razlozheniã fosfatnogo syr'ã v prisutstvii orfa s ispol'zovaniem fosfornoj kisloty. *Izv. S.-Peterburg. gos. tehnol. in-ta.*, **2020**, No.55(81), 10-15. (In Russ.). DOI: <https://org/10.36807/1998-9849-2020-55-81-10-15>, <http://science.spb.ru/files/IzvetiyaTI/2020/55/publication.pdf>

6. Ero J., Urrutia O., Baigorri R., Fuentes M., Zamarreño A.M., Garcia-Mina J.M. Incorporation of humic-derived active molecules into compound NPK granulated fertilizers: main technical difficulties and potential solutions. *Chem. Biol. Technol. Agric.*, **2016**, No.3(18), 1-15. DOI: <https://org/10.1186/s40538-016-0071-7>, [https://www.researchgate.net/publication/303796968\\_Incorporation\\_of\\_humic-derived\\_active\\_molecules\\_into\\_compound\\_NPK\\_granulated\\_fertilizers\\_Main\\_technical\\_difficulties\\_and\\_potential\\_solutions](https://www.researchgate.net/publication/303796968_Incorporation_of_humic-derived_active_molecules_into_compound_NPK_granulated_fertilizers_Main_technical_difficulties_and_potential_solutions)

7. Urrutia O., Erro J., Guardado I., Francisco S.S., Mandado M., Baigorri R., Yvin J.C., Garcia-Mina J.M. Physico-chemical characterization of humic-metal-phosphate complexes and their potential application to the manufacture of new types of phosphatebased fertilizers. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, **2013**, No. 177(2), 1-9. DOI: 10.1002/jpln.201200651, <https://www.researchgate.net/publication/259539614>
8. Baigorri R, Urrutia O, Erro J, Mandado M, Perez-Juste I, Garcia-Mina J.M. Structural characterization of anion calcium-humate complexes in phosphate-based fertilizers. *ChemSusChem*, **2013**, No.6(7), 1245–1251. <https://doi.org/10.1002/cssc.201300024>
9. Kel'man F.N., Bruckus E.B., Ošerovič R.H. *Metody analiza pri kontrole proizvodstva sernojkislotyi fosforn yudobrenij*. Moskva, Nauka, **1963**, 360 s. [https://www.studmed.ru/kelman-f-n-bruckus-e-b-osherovich-r-h-metody-analiza-pri-kontrol-proizvodstva-sernoy-kisloty-i-fosfornyh-udobreniy\\_6d1ed0c3e7\\_1.html](https://www.studmed.ru/kelman-f-n-bruckus-e-b-osherovich-r-h-metody-analiza-pri-kontrol-proizvodstva-sernoy-kisloty-i-fosfornyh-udobreniy_6d1ed0c3e7_1.html)
10. GOST 9517 – 76 (ST SÈV 4787-84). *Ugliburyei kamennye. Metody opredeleniâ vyhoda guminovyh kislot*. Moskva, Gosstandart SSSR, **1987**, 5 p. <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/ad0/4294820847.pdf>
11. Orlov D.S., Grišina L.A. *Praktikum po himii gumusa*. Moskva, MGU, **1981**, 271 p. [https://www.studmed.ru/orlov-d-s-grishina-l-a-praktikum-po-himii-gumusa\\_8caa68f7d7c.html](https://www.studmed.ru/orlov-d-s-grishina-l-a-praktikum-po-himii-gumusa_8caa68f7d7c.html)
12. Tarasevič B.N. *IK-spektry osnovnyh klassov organičeskikh soedinenij*. Moskva, MGU, **2012**, 55 p. [http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/tarasevich/Tarasevich\\_IR\\_tables\\_29-02-2012.pdf](http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/tarasevich/Tarasevich_IR_tables_29-02-2012.pdf)
13. Nakamoto K. *IK-spektryi spektry KR neorganičeskikh I koordinacionnyh soedinenij*: Per. s angl. Moskva, Mir, **1991**, 536 p. <http://www.ncm.unn.ru/files/2021/01/Nakamoto-ik-spektry-i-spektry-KR-nerganicheskikh-i-koordinatsionnyh-soedinenij.pdf>
14. Kuznecova G.A. *Kačestvennyj rentgenofazovyj analiz. Metodičeskie ukazaniâ*. Irkutsk, IGU, **2005**, 28 p. <http://window.edu.ru/resource/172/30172>