

MODIFICATION OF SODIUM HUMATE WITH ALUMINUM DIHYDROPHOSPHATE DEPENDING ON TIME AND THE RATIO OF SOLID AND LIQUID PHASES

U.Zh. Dzhusipbekov, G.O. Nurgalieva, Z.K. Bayakhmetova*, A.K. Shakirova,
D. Duisenbai, U.B. Aksakalova, G.T. Dyussebayeva

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

*E-mail: zamirabkz@mail.ru

Abstract. *Introduction.* Due to their high chemical activity, humic compounds participate in various reactions. A large number of functional groups opens up wide possibilities for the humic compounds chemical modification. Most studies on the modification of humic substances are focused on studying the structure of humic substances, as well as on the factors influencing the completeness of the release of one humic substances fraction. The purpose of the work is to study the patterns of modification processes of sodium humate with aluminum dihydrogen phosphate, to determine the composition and properties of the resulting organomineral composite materials. *Methods.* Chemical analysis, infrared spectroscopy, X-ray analysis. *Results and discussion.* The composition and properties of organo-mineral composite materials obtained by conversion of sodium humate with aluminum dihydrogen phosphate have been determined. With an increase in the S:L ratio from 1:0.5 to 1:1.5, the yield of humic compounds increases from 15.62 to 21.92%, and the amount of phosphorus and nitrogen, on the contrary, the S:L=1:1.5 decreases, that is, the amount of phosphorus decreases from 37.51 to 32.19%, and the amount of nitrogen decreases from 1.78 to 1.11%. This is due to the improvement of diffusion conditions by reducing the medium viscosity and increasing the rate of primary components interaction. And the reduction in the amount of nitrogen occurs due to a decrease in ammonia consumption due to the humic substances neutralizing ability. *Conclusion.* It has been shown that the conversion of humic compounds with aluminum dihydrogen phosphate leads to a change in its composition and properties; the resulting products are enriched with phosphorus and nitrogen, and have good physicochemical and physicochemical properties. After the macromolecules of humic compounds modification with aluminum dihydrogen phosphate, the number of oxygen-containing functional groups increases as a result of which the ion-exchange, complexing, sorption, detoxification and growth-stimulating properties is observed.

Keywords: sodium humate, aluminum dihydrogen phosphate, chemical modification, organomineral composite material, carboxyl and phenolic groups, complexation

Dzhussipbekov Umirzak Zhumasilovich

*Doctor of Technical Sciences, Professor,
e-mail: jussipbekov@mail.ru*

Nurgalieva Gulzipa Oryntaevna

*Doctor of Chemical Sciences,
e-mail: N_gulzipa@mail.ru*

Bayakhmetova Zamira Kenesbekovna

*Candidate of Chemical Sciences,
e-mail: zamirabkz@mail.ru*

Citation: Dzhusipbekov U.Zh., Nurgalieva G.O., Bayakhmetova Z.K*, Shakirova A.K., Duisenbai D., Aksakalova U.B., Dyussebayeva G.T. Modification of sodium humate with aluminum dihydrophosphate depending on time and the ratio of solid and liquid phases.. *Chem. J. Kaz.*, 2024, 2(86), 74-83. (In Kaz.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2024-2.2710-1185.23>

<i>Shakirova Ainur Kuzyrbekovna</i>	<i>Candidate of Chemical Sciences, e-mail: Sh_ainura1029@mail.ru</i>
<i>Duisenbai Dulat</i>	<i>Junior researcher, e-mail: dulat_211@mail.ru</i>
<i>Aksakalova Ulzhan Bagzhanovna</i>	<i>Engineer, e-mail: ulzhan.9494@mail.ru</i>
<i>Dyussebayeva Gulnur Toktagazinovna</i>	<i>PPhD student, e-mail: g_gazinovna@mail.ru</i>

НАТРИЙ ГУМАТЫНЫҢ АЛЮМИНИЙДІҢ ДИГИДРОФОСФАТЫМЕН УАҚЫТ ЖӘНЕ ҚАТТЫ МЕН СҮЙІК ФАЗАЛАРДЫҢ ҚАТЫНАСТАРЫНА БАЙЛАНЫСТЫ ТҮРЛЕНУІ

Ө.Ж. Жүсіпбеков, Г.О. Нұрғалиева, З.К. Баяхметова*, А.Қ. Шакирова,

Д. Дүйсенбай, У.Б. Ақсақалова, Г.Т. Дюсембаева

Ә.Б.Бектұров атындағы химия ғылымдары институты АҚ, Алматы, Қазақстан,

**E-mail: zamirabkz@mail.ru*

Түйіндемe. *Кіріспе.* Химиялық белсенділігі жоғары болғандықтан гуминді қосылыстар әртүрлі реакцияларға қатысады. Функционалдық топтардың көптігі гуминді қосылыстардың химиялық түрлендіруіне кең мүмкіндіктер ашады. Гуминді заттардың түрленуі бойынша зерттеулердің көпшілігі гуминді заттардың құрылымын зерттеуге, сонымен бірге гуминді заттардың бір фракциясының окшаулануының толықтығына әсер ететін факторларды зерттеуге бағытталған. *Жұмыстың мақсаты* натрий гуматының алюминий дигидрофосфатымен түрлендіру үдерісінің заңдылықтарын зерттеу, алынған органоминаралды композициялық материалдардың құрамы мен қасиеттерін анықтау. *Әдістер.* Химиялық талдау, инфрақызыл спектроскопия, рентгенфазалық талдау. *Нәтижелер мен талқылау.* Натрий гуматын алюминий дигидрофосфатымен түрлендіру арқылы алынған органоминаралды композициялық материалдардың құрамы мен қасиеттері анықталды. Қ:С қатынасын 1:0.5-тен 1:1.5-ке арттырғанда гуминді қосылыстар шығымы 15.62-ден 21.92%-ға артады, ал фосфор мен азоттың мөлшері керісінше Қ:С қатынасы Қ:С=1:1.5 кемиді, яғни, фосфор мөлшері 37.51-ден 32.19%-ға, ал азот мөлшері 1.78-ден 1.11%-ға кемиді. Бұл ортаның тұтқырлығының төмендегенінен диффузия жағдайының жақсаруына және бастапқы компоненттердің өзара әрекеттесу жылдамдығының артуына байланысты. Ал азот мөлшерінің төмендеуі гуминді заттардың бейтараптандыру қабілетіне байланысты ортаның қалдық қышқылдығын бейтараптауға кететін аммиак шығынының азаюынан болады. *Қорытынды.* Химиялық және физика-химиялық зерттеу әдістерін қолдана отырып, алынған органоминаралды композициялық материалдардың құрамы мен қасиеттері анықталды. Гуминді қосылыстарды алюминий дигидрофосфатымен түрлендіру оның құрамы мен қасиеттерінің өзгеруіне әкелетінін, алынған өнімдердің фосфор және азотпен байытылатынын, жақсы физика-химиялық және физика-механикалық қасиеттері бар екенін көрсетті. Гуминді қосылыстардың макромолекулаларын алюминий дигидрофосфатымен түрлендіруден кейін құрамында оттегі бар функционалдық топтардың санының артуы олардың ион алмасу, кешентүзу, сорбциялау, детоксикациялау және өсуді ынталандыру қасиеттерінің жоғарылағанын көрсетеді.

Түйін сөздер: натрий гуматы, алюминий дигидрофосфаты, химиялық түрлендіру, органоминаралды композициялық материал, карбоксилді және фенолды топтар, кешентүзу

<i>Жүсіпбеков Өмірзақ Жұмасілұлы</i>	<i>Техника ғылымдарының докторы, профессор</i>
<i>Нұрғалиева Гулзипа Орынтайқызы</i>	<i>Химия ғылымдарының докторы</i>
<i>Баяхметова Замира Кеңесбекқызы</i>	<i>Химия ғылымдарының кандидаты</i>
<i>Шакирова Айнұр Қызырбекқызы</i>	<i>Химия ғылымдарының кандидаты</i>
<i>Дүйсенбай Дулат</i>	<i>Кіші ғылыми қызметкер</i>
<i>Ақсақалова Ұлжан Бағжанқызы</i>	<i>Инженер</i>
<i>Дюсембаева Гүлнұр Тоқтаргазинқызы</i>	<i>PhD-студент</i>

1. Кіріспе

Гуминді қосылыстардың химиялық түрленуі макромолекуладағы функционалдық топтардың санын өзгертуге және жаңа топтарды енгізуге ықпал етеді, бұл олардың қасиеттерін жақсартуға және өзгертуге, қажетті функциялары бар гуминді заттарды алуға және оларды қолдану аясын кеңейтуге әкеледі [1, 2]. Гумин қышқылдары – полифункционалды жоғары молекулалық органикалық қосылыстар, химиялық белсенділігі жоғары, ауыл шаруашылығында, ветеринарияда, фармакологияда, экологиялық мақсаттарға және т.б. салаларда кеңінен қолданылады. Гуминді заттардың құрамында құрылымдық фрагменттері мен функционалдық топтары (фенолды, карбоксилді, гидроксилді, күкіртті, азотты және т.б.) болғандықтан химиялық түрлендіруге кең мүмкіндіктер ашылады [3]. Мысалы, авторлар [4] гумин қышқылдарын хлорангидритпен химиялық түрлендіру ауксиндік түрлендіргіштің фрагменттерін бастапқы гумин қышқылдарының құрылымына енгізуге мүмкіндік беретін тиімді әдіс екендігін көрсеткен. [5] зерттеу жұмысында гуминді заттар 3-аминопропилтриэтоксисиланмен әртүрлі массалық қатынаста түрлендірілген. Түрлендірілген гуматты топырақ кондиционері ретінде қолдануға болатыны анықталған. Авторлар [6] аскорбин қышқылымен түрлендірілген гуминді қосылыстардың антиоксиданттық белсенділігін және сұлы тұқымының өнуіне әсерін анықтаған. Ал [7] жұмыста фенолформальдегидті поликонденсация арқылы шымтезек гумин қышқылдарының химиялық түрленуі нәтижесінде әртүрлі мономерлері бар фенол-гуминді өнім алынған, функционалдық топтардың мөлшері артқаны айқындалған.

Жоғарыда айтылғандарға байланысты, гуминді қосылыстарды химиялық түрлендіру үдерісінің тиімділігі және олардан алынатын өнімді алудың маңызы зор екендігі айқындалған, осыған орай бұл жұмыстың мақсаты натрий гуматын алюминий дигидрофосфатымен түрлендіру үдерісін зерттеу, физика-химиялық талдау әдістерімен олардың құрамы мен қасиеттерін анықтау.

2. Тәжірибелік бөлім

Тәжірибе жүргізу үшін бастапқы компоненттер ретінде келесі материалдар пайдаланылды: Ой-Қарағай кен орнының (Алматы облысы) қоңыр көмірінен алынған натрий гуматы, құрамы, (мас. %): бос гумин қышқылдарының шығымы (HA^{daf}) – 45.15; күлділігі (A^a) – 28.51; ылғалдылық (W^a) – 10.32, алюминийдің дигидрофосфаты, құрамы, (мас. %): P_2O_5 – 44.6; Al_2O_3 – 32.0.

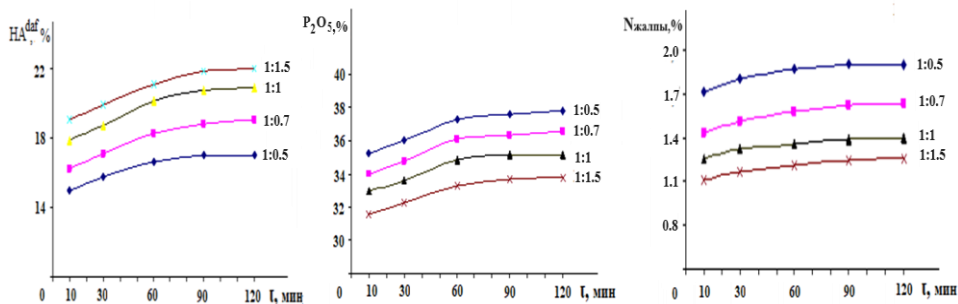
Натрий гуматын (концентрациясы 1.5%) түрлендіру қатты және сұйықтың (Қ:С) массалық қатынасында Қ:С=1:0.5÷1.5 термостатталған стаканда 20°C температурада 10-120 мин үздіксіз араластыру арқылы жүргізілді. Алынған өнімдердің құрамындағы гумин қышқылдарының (HA^{daf}) шығымы [8], жалпы P_2O_5 және азот мөлшерлері [9], карбоксил мен

фенолды гидроксил топтарының мөлшерлері [10], статикалық алмасу сыйымдылығы [11] анықталды.

Үлгілердің ИҚ-спектрін алу үшін 0.5-1.0 мг мөлшердегі зат өлшендісі алынып, оған калий бромидін (0.25 мг) қосып мұқият араластырылды және таблеткаға престелді. Үлгілердің спектрлері «ThermoElectron» ИҚ-Фурье-спектрометрінде (Nicolet 5700, АҚШ) 400-4000 см⁻¹ аймағында жазылды. ИҚ-спектрлердегі жұтылу жолақтарын талдау әдеби деректерге сәйкес жүзеге асырылды [12, 13]. Алынған өнімнің рентгенфазалық талдауы «DW-XRD-27» рентгенді дифрактометрінде жасалды. Онда Cu_{Kα} – шағылуы, 40МА ток және 40кВ кернеу пайдаланылды. Өнімнің идентификациясы эталондық рентгенограммаларымен және әдебиеттік мәліметтермен салыстыру арқылы жүргізілді [14, 15].

3. Нәтижелер және оларды талқылау

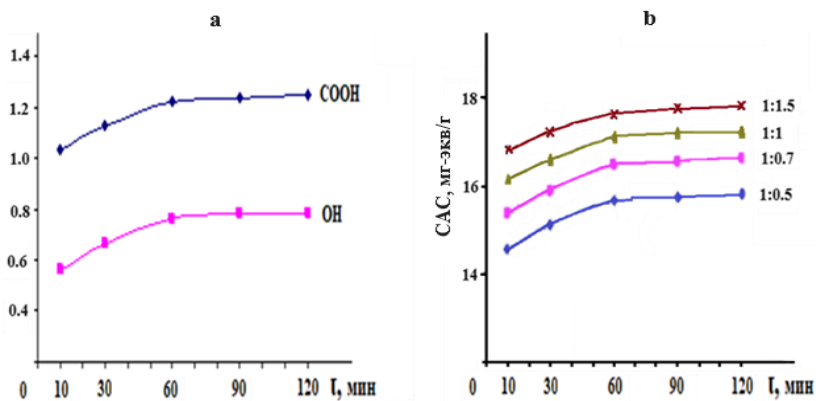
1-суретте көрсетілгендей тәжірибе барысында алынған нәтижелер уақытты 120 минутқа жоғарлатқанда гумин қышқылдарының шығымы 21.92%-ға, ал P₂O₅ – 37.51%-ға және N – 1.78%-ға артатындығы анықталды (К:С=1:1.5 қатынасында алынған нәтижелер). Бұл диффузия жағдайының жақсаруына және бастапқы компоненттердің өзара әрекеттесу жылдамдығының артуына байланысты. Ал К:С қатынасын 1:0.5-тен 1:1.5-ке арттырғанда НА^{daf} 15.62-ден 21.92%-ға артады, ал фосфор мөлшері 37.51-ден 32.19%-ға, азот – 1.78-ден 1,11%-ға кемиді (1-сурет). Жүйеге алюминий дигидрофосфатын енгізгенде азот мөлшерінің төмендеуі гуминді заттардың бейтараптандыру қабілетіне байланысты ортаның қалдық қышқылдығын бейтараптауға жұмсалатын аммиак шығынының азаюынан болады.



Сурет 1 – Гумин қышқылдарының шығымының, P₂O₅ және азот мөлшерлерінің уақыт пен К:С қатынасына байланысты өзгеруі.

Әртүрлі белсенді функционалдық топтардың болуына байланысты гумин қышқылдары гидрофильдік, фазааралық белсенділік, катионалмасу, кешен түзу, сорбциялау және басқа функциялар атқарады. Құрамында карбоксил және фенол топтары жоғары гуминді қосылыстар өнеркәсіптің әртүрлі салаларында, ауыл шаруашылығы және экологиялық мақсаттарға

қолданылатыны мәлім. Осыған байланысты алынған үлгілердегі карбоксил және фенолдық топтарының мөлшерлері анықталды [10]. 2a-суретте келтірілген функционалдық талдау деректері COOH және OH -топтарының мөлшерлері үдеріс жағдайларына тәуелділігін көрсетеді. Натрий гуматын $\text{Al}(\text{H}_2\text{PO}_4)_3$ түрлендіргенде уақытты 120 мин арттырғанда COOH -топтардың мөлшері 1,27 мг-экв/г, OH -фенолдық топтардың – 0,79 мг-экв/г жоғарлағандығы айқындалды (Қ:С=1:1.5 қатынасында алынған нәтижелер). Түрленуден кейін гуминді қосылыстардың макромолекулаларының құрамында оттегі бар функционалдық топтар санының артуы олардың ион алмасу, кешен түзу, сорбциялау, детоксикациялау және өсуді ынталандыру қасиеттерінің күшеюіне әсер етеді.

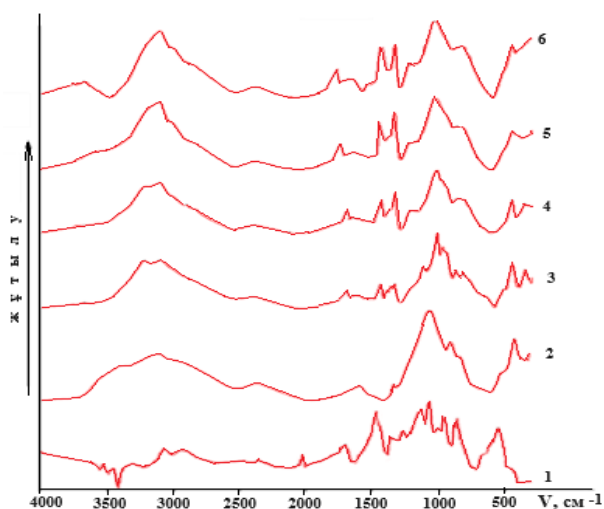


Сурет 2 – Функционалды топтар (а) және статикалық алмасу сыйымдылығының (б) уақыт пен Қ:С қатынасына байланысты өзгеруі

Жүргізілген зерттеулер барысында синтезделген өнімдерде статикалық алмасу сыйымдылығы 2b-суреттен көрініп тұрғандай, Қ:С қатынасын 1:0.5-тен 1:1.5 арттырғанда 15.21-ден 17.73 мг-экв/г жоғарылайтындығы анықталды.

ИҚ-спектр талдауы (3-сурет) түрлендіру кезінде натрий гуматы мен алюминий дигидрофосфаты арасында химиялық әрекеттесу болатындығын көрсетті. Гуминді қосылыстардың әртүрлі функционалды топтары мен алюминий дигидрофосфатындағы топтардың жұтылу жолақтарының қабаттасуы байқалады [12, 13], бұл жұтылу жолақтарының пішіндерінің өзгеруіне және олардың максимумдарының жоғары немесе төмен жиіліктегі аймаққа ығысуына әкеледі. Мысалы, 1650-1600 және 1410-1300 cm^{-1} аймағындағы карбоксилат-иондарының ассиметриялық және симметриялық жұтылу жолақтары мен 1650-1640 және 1400-1390 cm^{-1} аймағындағы H_2PO_4^- -иондарының жұтылу жолақтарының қабаттасуы жолақтардың кеңеюі мен жоғары жиіліктегі аймаққа ауысуына әкеледі, 2930-2920 cm^{-1} аймағындағы әлсіз жұтылу жолақтары гуминді қосылыстардың молекуласындағы

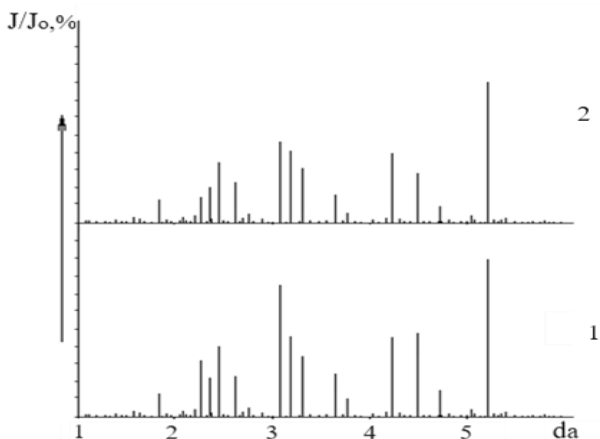
алифаттық фрагменттерде С-Н топтарының валенттік тербелістерінен туындайды және карбон қышқылдары мен дигидрофосфаттарға тән жұтылу жолақтары кеңейіп, 2430-2410 см^{-1} аймағына ауысады. 1100-1090, 1050-1000, 950-910 см^{-1} аймақтарында С-С, С-О, С-Н, О-Н-топтарының валенттік және деформациялық тербелістерінің жұтылу жолақтары мен 1130-1125, 980-975, 735-710, 625-620, 570-505, 490-415 см^{-1} аймақтарында фосфат-иондарының жұтылу жолақтарының қабаттасуы жолақтардың жылжуына, бірігуіне, кеңеюіне, яғни спектрдің өзгеруіне әсер етеді. Жұтылу жолақтарының қарқындылығының өзгеруі натрий гуматының алюминий дигидрофосфатымен әрекеттесуінен және уақыт пен К:С қатынасының әсерінен үлгілердің құрылымының өзгеретіндігін көрсетеді.



1 – натрий гуматы, 2 – алюминий дигидрофосфаты, әртүрлі уақытта алынған өнімдер, мин: 3 – 10, 4 – 60, 5 – 90, 6 – 120

Сурет 3 – Алынған өнімнің ИҚ-спектрлері

Рентгенфазалық зерттеу нәтижелері (4-сурет) алынған үлгілердегі дифракциялық максимумдар $d_a=5,35; 4,40; 3,43; 3,16; 2,63; 2,53; 2,48\text{\AA}$ натрийдің дигидрофосфатына сәйкес екендігін көрсетті [14, 15]. Рентгенфазалық талдау нәтижелері дифракциялық максимумдардың қарқындылығын төмендететін рентгенаморфты алюминий гуматының түзілетіндігін көрсетеді, бұл ИҚ-спектрлік талдау нәтижелерін растайды.



Өртүрлі Қ:С қатынасында алынған өнімдер: 1 – 1:0.5, 2 – 1:1.5

Сурет 4 – Алынған үлгілердің штрихдиаграммасы

4. Қорытынды

Сонымен, зерттеу барысында алынған мәліметтерді талдау натрий гуматын алюминий дигидрофосфатымен түрлендіру арқылы жаңа өнім алуға болатындығын көрсетті. Химиялық және физика-химиялық зерттеу әдістерін қолдана отырып, алынған өнімдердің

құрамы мен қасиеттері анықталды. Түрлендіру үдерісінің уақыт пен Қ:С қатынасына тәуелділігі зерттеліп, осы факторлардың әсерінен синтезделген органоминаралды композициялық материалдардың құрамындағы гумин қышқылдарының шығымы 21.92%, P_2O_5 мөлшері 37.51% және N – 1.78% жететіндігі айқындалды. Алынған органоминаралды композициялық материалдардың фосфор және азотпен байытылатыны, ал құрамында оттегі бар функционалдық топтардың мөлшерінің артуы сорбциялық, протекторлық, тыңайтқыштық және т.б. қасиеттерін күшейтетіндігі анықталды.

Қаржыландыру: Зерттеу жұмысы Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Ғылым комитеті жүзеге асырып жатқан 2023-2024 жылдарға арналған ғылыми зерттеулерді мақсатты қаржыландыру бағдарламасы бойынша BR18574042 қаржыландырылды.

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

МОДИФИКАЦИЯ ГУМАТА НАТРИЯ ДИГИДРОФОСФАТОМ АЛЮМИНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВРЕМЕНИ И СООТНОШЕНИЯ ТВЕРДОЙ И ЖИДКОЙ ФАЗ

У.Ж. Джусипбеков, Г.О. Нурғалиева, З.К. Баяхметова*, А.К. Шакирова, Д. Дүйсенбай, У.Б. Аксакалова, Г.Т. Дюсембаева

АО «Институт химических наук имени А.Б. Бектурова», Алматы, Казахстан

*E-mail: zamirabkz@mail.ru

Резюме. *Введение.* Благодаря высокой химической активности гуминовые соединения участвуют в различных реакциях. Большое количество функциональных групп открывает широкие возможности химической модификации гуминовых соединений. Большинство исследований по модификации гуминовых веществ сосредоточено на изучении строения гуминовых веществ, а также на факторах, влияющих на полноту выделения отдельной фракции гуминовых веществ. *Цель работы* – изучить закономерности процессов модифицирования гумата натрия с дигидрофосфатом алюминия, определить состав и свойства полученных органоминеральных композиционных материалов. *Методы.* Химический анализ, инфракрасная спектроскопия, рентгенофазовый анализ. *Результаты и обсуждение.* Определены состав и свойства органоминеральных композиционных материалов, полученных модификацией гумата натрия с дигидрофосфатом алюминия. Установлено, что при увеличении соотношения Т:Ж от 1:0.5 до 1:1.5 выход гуминовых соединений увеличивается от 15.62 до 21.92%, а при соотношении Т:Ж=1:1.5 количество фосфора и азота уменьшается соответственно от 37.51 до 32.19% и от 1.78 до 1.11%. Это связано с улучшением условий диффузии за счет снижения вязкости среды и увеличения скорости взаимодействия исходных компонентов. Уменьшение количества азота происходит из-за снижения расхода аммиака, необходимого для нейтрализации остаточной кислотности среды за счет нейтрализующей способности гуминовых веществ. *Заключение.* Химическими и физико-химическими методами исследования установлены состав и свойства, полученных органоминеральных композиционных материалов. Выявлено, что модификация гуминовых соединений дигидрофосфатом алюминия приводит к изменению его состава и свойств, полученные продукты обогащаются фосфором и азотом, имеют хорошие физико-химические и физико-механические свойства. После модификации макромолекул гуминовых соединений с дигидрофосфатом алюминия увеличивается количество кислородсодержащих функциональных групп, вследствие чего наблюдается усиление их ионообменных, комплексообразующих, сорбционных, детоксикационных и ростостимулирующих свойств.

Ключевые слова: гумат натрия, дигидрофосфат алюминия, химическая модификация, органоминеральный композиционный материал, карбоксильные и фенольные группы, комплексообразование

<i>Джусипбеков Умирзак Жумасилович</i>	<i>Доктор технических наук, профессор</i>
<i>Нурғалиева Гулзипа Орынтаевна</i>	<i>Доктор химических наук</i>
<i>Баяхметова Замира Кенесбековна</i>	<i>Кандидат химических наук</i>
<i>Шакирова АйнуրҚызырбековна</i>	<i>Кандидат химических наук</i>
<i>Дүйсенбай Дулат</i>	<i>Младший научный сотрудник</i>
<i>Аксакалова Улжан Багжановна</i>	<i>Инженер</i>
<i>Дюсембаева Гульнур Токтаргазиновна</i>	<i>PhD-студент</i>

Әдебиеттер тізімі

1 Платонов В.В., Елисеев Д.Н., Трейтак Р.З., Швыкин А.Ю., Хадарцев А.А., Хрупачев А.Г. Оксиметилирование гуминовых веществ как способ повышения их детоксицирующих и протекторных свойств. *Вестн. новых мед. технологий.* **2011**, Т. 28, № 4, 35-37. <http://tkptis.tula.su/docs/teachers/tretyak/005>

2 Zherebtsov S.I., Malysenko N.V., Bryukhovetskaya L.V., Lyrshchikov S.Yu., Nikitin A.P., Ismagilov Z.R. Influence of Chemical Modification on the Structure, Composition, and Properties of Lignite Humic Acids. *Coke and Chemistry.* **2018**. V. 61, No. 10. P. 396-400. link.springer.com/article/10.3103/

3 Савельева А.В., Иванов А. А., Юдина Н. В., Ломовский О. И., Дугаржав Д.Ж., Влияние условий механоактивации бурых углей на состав и сорбционные свойства выделенных из них гуминовых кислот. *Журн. прикл. хим.* **2013**, 86, №4, 592-597. [https:// catalog. belstu. by/catalog/ articles/doc/96240/info?ysclid=lv55z3l2ol564968057](https://catalog.belstu.by/catalog/articles/doc/96240/info?ysclid=lv55z3l2ol564968057)

4 Швыкин А.Ю., Чилачава К.Б., Бойкова О.И., Переломов Л.И., Атрощенко Ю.М. Химическая модификация гуминовых кислот торфа природными и синтетическими регуляторами

роста растений и биологическая активность полученных препаратов. *Агрохимия*. **2017**, № 6. 45-51. DOI:10.7868/S0002188117060059

5 Kulikova N.A., Volikov A.B., Filippova O.I., Kholodov V.A., Yaroslavtseva N.V., Farkhodov Y.R., Yudina A.V., Roznyatovsky V.A., Grishin Y.K., Zhilkibayev O.T., Perminova I.V. Modified humic substances as soil conditioners: laboratory and field trials. *Agronomy*. **2021**, 11, 1-32. <https://doi.org/10.3390/agronomy11010150>

6 Газалиев А.М., Кабиева С.К., Федорченко В.И., Базаркулова Г.А. Получение модифицированных витамином С гуминовых соединений и исследование их растительных свойств. *Молодой ученый*. **2016**, №5 (109), 161-166. URL: <https://moluch.ru/archive/109/26553/>

7 Герцен М.М., Дмитриева Е.Д., Яничкина О.С., Иванов С.В., Направленная химическая модификация гуминовых кислот торфов по новолачному типу. *Вестн. ТвГУ. Серия: Химия* (4), **2019**, 156-164. <https://core.ac.uk/download/pdf/323176398.pdf>

8 ГОСТ 9517-1994. *Топливо твердое. Методы определения выхода гуминовых кислот*. Минск: Изд-во стандартов, **1996**, 8 с. <https://internet-law.ru/gosts/gost/9603/>

9 Кельман Ф.Н., Бруцкус Е.Б., Ошеревич 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-kontrolle-proizvodstva-sernoy-kisloty-i-fosfornyh-udobreniy_6d1ed0c3e71.html

10 Орлов Д.С., Гришина Л.А. *Практикум по химии гумуса*. М.: МГУ, **1981**, 271 с. <https://ru.z-library.se/book/2721524/756f49/>

11 ГОСТ 20255.1-89. *Иониты. Методы определения обменной емкости*. Москва, ИПК Изд-во стандартов, **2002**, 5 с. <https://gostrf.com/normadata/1/4294833/4294833087.pdf>

12 Сильверстейн Р., Вебстер Ф., Кимл Д. *Спектрометрическая идентификация органических соединений*. М.: Бином, **2014**, 557 с. <https://djvu.online/file/iQXHx0Cw08c?ysclid=lvahxkods999232646>

13 Шахс И.А., Файзуллина Е.М. *Инфракрасные спектры ископаемого органического вещества*. М.: Недра, **1974**, 131 с. <https://ru.z-library.se/book/3048898/f5c511>

14 Кузнецова Г.А. *Качественный рентгенофазовый анализ. Методические указания*. Иркутск: ИГУ, **2005**, 28 с. https://vk.com/wall-70921366_45800?ysclid=lvaiakndevm672597709

15 Феклячев В.Г. *Диагностические константы минералов*. М.: Недра, **1989**, 479 с. <https://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-diagnosticheskie-konstanty-mineralov-spravochnik.pdf>

References

1. Platonov V.V., Eliseev D.N., Treytyak R.Z., Shvykin A.Yu., Khadartsev A.A., Khrupachev A.G. Oхymethylation of humic substances as a way to increase their detoxifying and protective properties. *Vestn. New honey technologies*. **2011**, Т. 28, No. 4, 35-37. (In Russ.). <http://tkptis.tula.su/docs/teachers/treytyak/005->

2. Zherebtsov S.I., Malyshenko N.V., Bryukhovetskaya L.V., Lyrshchikov S.Yu., Nikitin A.P., Ismagilov Z.R. Influence of Chemical Modification on the Structure, Composition, and Properties of Lignite Humic Acids. *Coke and Chemistry*. **2018**. V. 61, No. 10. P. 396-400. link.springer.com/article/10.3103/

3. Savelyeva A.V., Ivanov A.A., Yudina N.V., Lomovsky O.I., Dugarzhav D.Zh., Influence of conditions of mechanical activation of brown coals on the composition and sorption properties of humic acids isolated from them. *Journal adj. chem*. **2013**, 86. No. 4, 592-597. (In Russ.). <https://catalog.belstu.by/catalog/articles/doc/96240/info?ysclid=lv55z3l2ol564968057>

4. Shvykin A.Yu., Chilachava K.B., Boykova O.I., Perelomov L.I., Atroshchenko Yu.M. Chemical modification of peat humic acids with natural and synthetic plant growth regulators and the biological activity of the resulting preparations. *Agrochemistry*. **2017**, No. 6. 45-51. (In Russ.). DOI:10.7868/S0002188117060059

5. Kulikova N.A., Volikov A.B., Filippova O.I., Kholodov V.A., Yaroslavtseva N.V., Farkhodov Y.R., Yudina A.V., Roznyatovsky V.A., Grishin Y.K., Zhilkibayev O.T., Perminova I.V. Modified humic substances as soil conditioners: laboratory and field trials. *Agronomy*. **2021**, 11, P. 1-32. <https://doi.org/10.3390/agronomy11010150>

6. Gazaliev A.M., Kabieva S.K., Fedorchenko V.I., Bazarkulova G.A. Preparation of vitamin C-modified humic compounds and study of their plant properties. *Young scientist*. **2016**, No. 5 (109), 161-166. (In Russ.). URL: <https://moluch.ru/archive/109/26553/>

- 7 Herzen M.M., Dmitrieva E.D., Yanichkina O.S., Ivanov S.V., Directed chemical modification of humic acids of peats according to the novolac type. *Vestn. TvSU. Series: Chemistry*. **2019**, 4, 156-164. (In Russ.). <https://core.ac.uk/download/pdf/323176398.pdf>
8. GOST 9517-1994. *Solid fuel. Methods for determining the yield of humic acids*. Minsk: Publishing house of standards, **1996**, 8 p. (In Russ.). <https://internet-law.ru/gosts/gost/9603/>
9. Kel'man F.N., Bruckus E.B., Ošerovič R.H. *Metody analiza pri kontrole proizvodstva sernoj kisloty i fosfornyh udobrenij*. Moskva, Nauka, **1963**, 360 s. (In Russ.). https://www.studmed.ru/kelman-f-n-bruckus-e-b-osherovich-r-h-metody-analiza-pri-kontrole-proizvodstva-sernoy-kisloty-i-fosfornyh-udobreniy_6d1ed0c3e71.html
10. Orlov D.S., Grishina L.A. *Workshop on the chemistry of humus*. M.: MGU, 1981, 271 p. (In Russ.). <https://ru.z-library.se/book/2721524/756f49/>
11. GOST 20255.1-89. *Ionites. Methods for determining exchange capacity*. Moscow, IPK Standards Publishing House, **2002**, 5 p. (In Russ.). <https://gostrf.com/normadata/1/4294833/4294833087.pdf>
12. Silverstein R., Webster F., Kiml D. *Spectrometric identification of organic compounds*. M.: Binom, **2014**, 557 p. (In Russ.). <https://djvu.online/file/iQXHkxo0Cw08c?ysclid=lvahxkods999232646>
13. Shaks I.A., Fayzullina E.M. *Infrared spectra of fossil organic matter*. M.: Nedra, **1974**, 131 p. (In Russ.). <https://ru.z-library.se/book/3048898/f5c511>
14. Kuznetsova G.A. *Qualitative X-ray phase analysis. Methodical instructions*. Irkutsk: IGU, **2005**, 28 p. (In Russ.). https://vk.com/wall-70921366_45800?ysclid=lvaiikndevm672597709
15. Feklichev V.G. *Diagnostic constants of minerals*. M.: Nedra, **1989**, 479 p. (In Russ.). <https://www.geokniga.org/bookfilesgeokniga-diagnosticheskie-konstanty-mineralov-spravochnik.pdf>