

INFLUENCE OF SODIUM HUMATE CONCENTRATIONS ON THE COMPOSITION AND PROPERTIES OF LIQUID ORGANOMINERAL FERTILIZERS

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

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

*E-mail: N_gulzipa@mail.ru

Abstract. *Introduction.* The use of liquid organomineral fertilizers (LOMF) based on chelates of microelements and humates leads not only to an increase in yield and product quality, but also to a decrease in economic costs. LOMF s have a complex effect on plants, activate various physiological processes, increase the plant defense mechanism to various stresses and phytopathogens, improve the structure and properties of the soil. *The aim of the work* is to study the patterns of the influence of sodium humate concentrations on the process of obtaining humate-, nitrogen- and molybdenum-containing LOMFs. *Methods.* The methods of chemical analysis, an atomic emission spectrometer with inductively coupled plasma, infrared spectroscopy and thermogravimetric analysis were used. *Results and discussion.* Based on chemical and physicochemical analyses, the effect of sodium humate concentrations on the composition and properties of the synthesized products was determined. The results demonstrated that increasing sodium humate concentrations from 0.1% to 1.0% led to a rise in the yield of humic acids (HA^{daf}) from 33.73% to 38.60%, nitrogen content from 4.21% to 5.27%, and molybdenum content from 0.22% to 0.30%, the amount of COOH - from 1.28 to 1.80 mg-eq/g and OH_{phen} groups –from 0.34 to 0.70 mg-eq/g. IR spectral analysis revealed that the interaction of sodium humate with ammonium heptamolybdate results in the formation of a complex compounds. The IR spectra of the LOMF samples exhibited distinct and well-defined absorption peaks at specific wavelengths, indicating an enrichment with carboxyl, phenolic, and carbonyl functional groups. *Conclusion.* Physicochemical investigations of the synthesized LOMFs confirmed that the interaction of sodium humate with ammonium heptamolybdate leads to the formation of organomineral chelate complexes incorporating molybdenum ions. The formation of these complex compounds, alongside increased concentrations of HA^{daf}, nitrogen, molybdenum, COOH, and OH_{phen} groups, enhances the biological activity and agrochemical efficacy of the fertilizers.

Keywords: liquid organomineral fertilizers, sodium humate, ammonium heptamolybdate tetrahydrate, nitrogen, molybdenum, complex compounds, biological activity

<i>Dzhussipbekov Umirzak Zhumasilovich</i>	<i>Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: jussipbekov@mail.ru</i>
<i>Nurgalieva Gulzipa Oryntaevna</i>	<i>Doctor of Chemical Sciences, e-mail: N_gulzipa@mail.ru</i>
<i>Bayakhmetova Zamira Kenesbekovna</i>	<i>Candidate of Chemical Sciences, e-mail: zamirabkz@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>

Citation: Dzhusipbekov U.Zh., Nurgalieva G.O., Bayakhmetova Z.K., Duisenbai D., Aksakalova U.B. Influence of sodium humate concentrations on the composition and properties of liquid organomineral fertilizers. *Chem. J. Kaz.*, **2025**, 2(90), 15-24. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2025-2.2710-1185.18>

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ГУМАТА НАТРИЯ НА СОСТАВ И СВОЙСТВА ЖИДКИХ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

У.Ж. Джусипбеков, Г.О. Нурғалиева*, З.К. Баяхметова, Дуйсенбай Д., Аксакалова У.Б.

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

*E-mail: N_gulzipa@mail.ru

Резюме. Применение жидких органоминеральных удобрений (ЖОМУ) на основе хелатов микроэлементов и гуматов приводит не только к повышению урожайности и качества продукции, но и к снижению экономических затрат. ЖОМУ оказывают комплексное воздействие на растения, активизируют различные физиологические процессы, повышают защитный механизм растений к различным стрессам и фитопатогенам, улучшают структуру и свойства почвы. *Цель работы* - изучение закономерностей влияния концентрации гумата натрия на процесс получения гумат-, азот- и молибденсодержащих ЖОМУ. *Методы.* Применяли методы химического анализа, атомно-эмиссионный спектрометр с индуктивно-связанной плазмой, инфракрасную спектроскопию и термогравиметрический анализ. *Результаты и обсуждение.* На основании результатов химического и физико-химического анализов установлено влияние концентраций гумата натрия на состав и свойства синтезируемых продуктов. Полученные результаты показали, что повышение концентраций гумата от 0.1 до 1.0% способствует увеличению выхода гуминовых кислот (HA^{daf}) от 33.73 до 38.60%, содержания N – от 4.21 до 5.27% и Mo – от 0.22 до 0.30%, количество COOH – от 1.28 до 1.80 мг-экв/г и $\text{OH}_{\text{фен.}}$ -групп – от 0.34 до 0.70 мг-экв/г. Анализ данных ИКС показал, что взаимодействие гумата натрия с гептамолибдатом аммония приводит к образованию комплексного соединения. ИК-спектры исследуемых образцов ЖОМУ характеризуются присутствием относительно четких и дискретных пиков при определенных длинах волн и обогащены карбоксильными, фенольными и карбонильными группами. *Заключение.* Физико-химические исследования синтезированных ЖОМУ показали, что в результате взаимодействия гумата натрия с гептамолибдатом аммония образуются органоминеральные хелатные комплексы гуминовых соединений с ионами молибдена. Образование комплексных соединений, а также увеличение HA^{daf} , N, Mo, COOH - и $\text{OH}_{\text{фен.}}$ -групп приводит к повышению их биологической активности и агрохимической ценности.

Ключевые слова: жидкие органоминеральные удобрения, гумат натрия, тетрагидрат гептамолибдата аммония, азот, молибден, комплексные соединения, биологическая активность

<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>Дуйсенбай Дулат</i>	<i>Младший научный сотрудник</i>
<i>Аксакалова Улжан Багжановна</i>	<i>Инженер</i>

1. Введение

Одним из наиболее эффективным способом увеличения продуктивности сельскохозяйственного производства и улучшение качества получаемой продукции, повышение плодородия почвы является применение жидких органоминеральных удобрений (ЖОМУ), содержащих биологически активных гуминовых веществ (ГВ), макро- и микроэлементов. Авторами [1] предложен способ получения ЖОМУ путем добавления к гуматному препарату экстракта из лузги гречихи и мелассы, растворов борной кислоты или молибденовокислого аммония и бактериальную культуру. Способ [2] основан на смешивании растворов минеральных веществ ($(\text{NH}_2)_2\text{CO}$, H_3BO_3 , $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$, H_3PO_4 , KNO_3 и их

смеси) и гуминового экстракта. В работе [3] удобрение получают путем введения в матрицу НРК мезо- и микроэлементов магния, серы, железа, цинка, меди, бора, марганца, трилона Б и гумата калия, полученного из бурого угля или леонардита. Запатентован способ получения жидкого удобрения [4], заключающийся в извлечении из бурого угля гумата калия и его модифицирования, в добавлении к раствору модифицированного гумата мочевины, сульфатов аммония, магния, железа, марганца, меди, цинка, хлорида кальция, молибдата аммония, ЭДТА и ПАВ. В работе [5] для получения жидкого удобрения использовали сульфаты меди и цинка, трилон Б, водный раствор аммиака и гумата натрия или гуминовую кислоту. Авторами [6, 7] исследованы процессы получения жидких удобрений из гумата калия, выделенного окисленного H_2O_2 и HNO_3 бурого угля в щелочной среде, аммиачной селитры, мочевины, сульфата аммония и очищенной аммонизированной экстракционной фосфорной кислоты. В способе [8] ЖОМУ получают путем смешивания раствора гумусосодержащего вещества с пшеничными отрубями, лимонной кислотой и ацетатом магния. В качестве гумусосодержащего вещества используют жидкое биоудобрение, полученное путем ферментации торфопометной смеси и добавлением гидроксида калия. В целом, анализ научно-технической литературы показывает, что существующие способы получения ЖОМУ осуществляются в «жестких» условиях, а сложность структуры ГВ приводит к получению противоречивых результатов.

В связи с вышеизложенным, целью данной работы является изучение закономерностей влияния концентрации гумата натрия на процесс получения гумат-, азот- и молибденсодержащих ЖОМУ.

2. Экспериментальная часть

Для выполнения экспериментов использовали гумат натрия, полученный из бурого угля Ой-Карагайского месторождения (Алматинской обл.) щелочной экстракцией гидроксидом натрия, который имеет следующий состав (мас.%): выход свободных гуминовых кислот (HA^{daf}) – 46.15; зольность аналитической пробы (A^a) – 32.11; аналитическая влага (W^a) – 8.12 и тетрагидрат гептамолибдата аммония с содержанием в мас.%: Мо – 54.30 и N – 6.70, марки «ч.д.а.».

Опыты проводили при соотношении Т:Ж=0.5:100, температуре 40 °С в течение 60 мин, концентрацию гумата натрия варьировали от 0.1 до 1.0%. В синтезированных образцах ЖОМУ химическим анализом определяли выход HA^{daf} [9], содержания N [10], количество $COOH$ - и $OH_{фен.}$ -групп [11, 12]. Содержание Мо определяли с использованием атомно-эмиссионного спектрометра с индуктивно-связанной плазмой «ICAP PRO XP Duo» («Thermo Fisher Scientific», США). ИК-спектры синтезированных ЖОМУ снимали на ИК-Фурье-спектрометре «Thermo Electron» (фирма Nicolet 5700, США) в таблетках с KBr в области спектра 4000-400 cm^{-1} . Интерпретация спектров осуществляли согласно [13, 14]. Термогравиметрические

измерения проводили на анализаторе SKZ1053 («SKZ Industrial Co., Limited», Китай) в воздушной среде в диапазоне температур от комнатной до 1350°C, скорость нагрева 1-80°C/мин [15, 16].

3. Результаты и их обсуждение

Полученные результаты показали, что при взаимодействии гумата натрия с гептамолибдатом аммония рост концентрации гумата от 0.1 до 1.0% способствует повышению выхода HA^{daf} , содержания N и Mo (рисунок 1). Например, при температуре 40°C и соотношении Т:Ж=0.5:100 через 60 мин HA^{daf} увеличивается от 33.73 до 38.60%, содержания N – от 4.21 до 5.27% и Mo – от 0.22 до 0.30%. Установлено, что рост концентрации более 0.5% не приводит к существенному изменению характеристик получаемых продуктов.

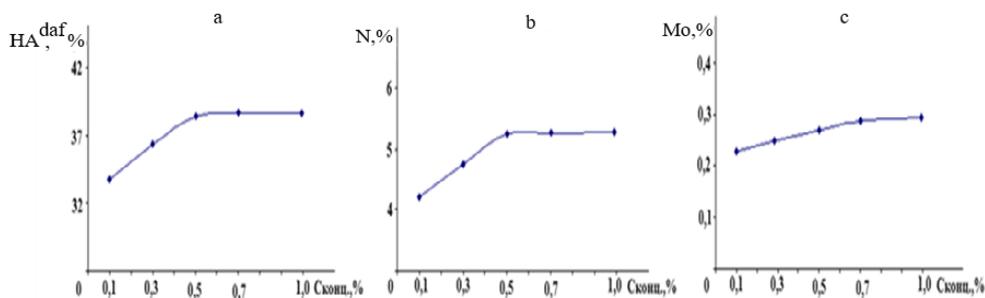


Рисунок 1 – Зависимость выхода гуминовых кислот (а), содержания азота (б) и молибдена (с) от концентрации гумата натрия

COOH и $\text{OH}_{\text{фен.}}$ -группы ГВ являются ключевыми функциональными группами, от содержания которых зависит биологическая активность ЖОМУ [17, 18]. Выявлено, что повышение концентрации гумата приводит к увеличению количества COOH- и $\text{OH}_{\text{фен.}}$ -групп соответственно до 1.80 и 0.70 мг-экв/г (рисунок 2).

ГВ наиболее эффективны в условиях водного и солевого стресса, а также хелатирует микроэлементы почвы и совместно транспортирует их в растения [17]. Растения в основном поглощают N в форме неорганического аммония и нитрата, а также N в форме аминокислот. Способность ГВ стабилизировать аммоний улучшает доступность азота в растениях и почве [19]. Установлено, что Mo в условиях засухи способствует активизации процессов поступления азота в растения и его эффективному перераспределению между органами, а также повышает зимостойкость и засухоустойчивость растений [20]. Из вышеизложенного следует, что рост содержания указанных параметров способствует повышению эффективности полученных ЖОМУ и усилению их биологической активности.

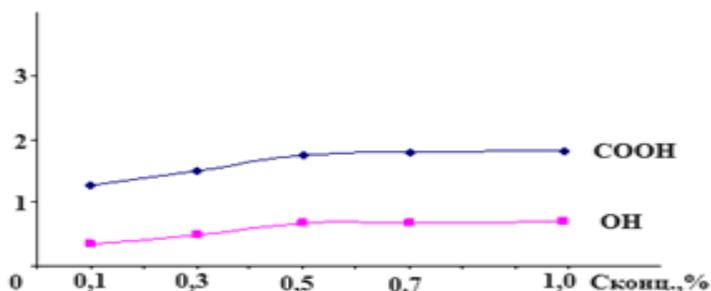
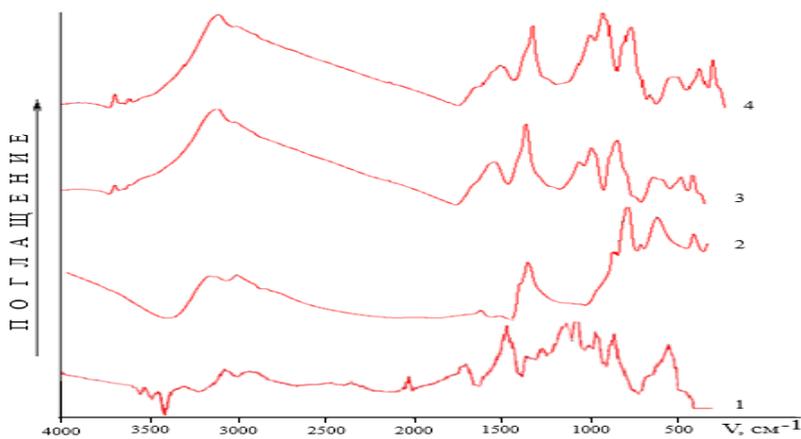


Рисунок 2 – Влияние концентрации гумата натрия на количество функциональных групп

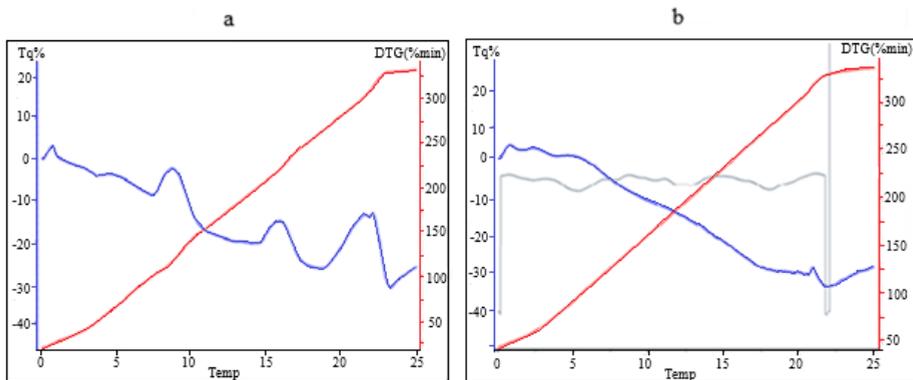
При идентификации ИК-спектров образцов ЖОМУ (рисунок 3) использовали значения максимумов характеристических полос поглощения важнейших атомных группировок и функциональных групп [13, 14]. На ИК-спектрах образцов ЖОМУ обнаружены полосы поглощения ν колебаний OH-групп в области 3685-3680 и 3190-3185 см^{-1} , ν_{as} колебаний COO^- -групп – при 1620-1615 см^{-1} , ν_s колебаний COO^- - и δ колебаний NH_4^+ -групп – при 1405-1403 см^{-1} , ν колебаний $-\text{C}-\text{H}-$, $-\text{C}=\text{O}-$ и $-\text{C}-\text{O}-$ связей спиртов, циклических и алифатических эфиров и δ колебаний OH-групп – при 1320-1310 и 1220-1210 см^{-1} . Полосы в области 890-485 см^{-1} подтверждают образование связи $\text{Me}-\text{O}$ в хелатных комплексах гуматов с молибденом. ИК-спектры исследуемых образцов имеют характерный облик и предоставляют определенные сведения о природе структурных фрагментов и природе связей, интенсивность поглощения которых увеличивается с ростом концентрации гумата натрия, а также наблюдается взаимное влияния отдельных полос поглощения, вплоть до их слияния, уширения и т.д. Анализ ИК-спектров также показывает, что образцы ЖОМУ значительной степени обогащены карбоксильными, фенольными и карбонильными группами (альдегиды, кетоны, карбоновые кислоты, эфиры).

Термоокислительные свойства ЖОМУ исследовано методом термогравиметрии (рисунок 3). Кривые ТГ/ДТГ исследуемых образцов характеризовались эндотермическим пиком в интервале температур 120-127 $^{\circ}\text{C}$, обусловленный дегидратационными процессами, т.е. обезвоживанием образцов, а также начальной деструкцией гумата [15, 16], при этом вода может присутствовать в свободной форме или химически связанной с пористыми ГВ, пик при 160-175 $^{\circ}\text{C}$ связан с потерей массы вследствие удаления кристаллизационной воды. Существенный температурный диапазон трансформации органического вещества относится к диапазону 250-270 $^{\circ}\text{C}$ и связан с деградацией менее термически стабильных структур, обычно характеризующихся менее конденсированной структурой. Потеря массы в этом температурном диапазоне объясняется такими изменениями, как деградация алифатических структур и декарбоксилирование COOH -групп.



1 – гумат натрия, 2 – тетрагидрат гептамолибдата аммония, продукты, полученные при концентрации гумата натрия, %: 3 – 0.1, 4 – 1.0

Рисунок 3 – ИК-спектры исходных компонентов и синтезированных образцов ЖОМУ



продукты, полученные при разных концентрациях гумата натрия, %: а – 0.5; б – 1.0

Рисунок 3 – Термограммы синтезированных образцов ЖОМУ

4. Заключение

В ходе проведенных исследований установлена возможность получения жидких органоминеральных удобрений путем взаимодействия гептамолибдата аммония с гуматом натрия в «мягких» условиях. С применением методов химического и физико-химического анализа исследованы состав и свойства синтезированных продуктов, выявлены концентрационные границы проведения процесса. Полученные экспериментальные данные показали зависимость состава и свойства ЖОМУ от концентрации гумата натрия. Показано, что рост концентрации гумата натрия от 0.1 до 1.0% приводит к увеличению выхода HA^{daf} до 38.60%, содержания N – до 5.27% и Mo – до 0.30%, количества COOH-групп

– до 1.80 мг-экв/г и $\text{OH}_{\text{фен.}}$ -групп – до 0.70 мг-экв/г. На основании физико-химических исследований установлено, что при взаимодействии гумата натрия с гептамолибдатом аммония образуются термически устойчивые хелатные комплексные соединения. При этом повышение содержания NA^{daf} , N, Mo, COOH - и $\text{OH}_{\text{фен.}}$ -групп усиливают удобриительные, стимулирующие, антистрессовые и др. свойства получаемых продуктов, а также приводит к увеличению биодоступности макро- и микроэлементов из ЖОМУ. Это позволяет использовать ЖОМУ в растениеводстве и для рекультивации нарушенных почв.

Финансирование: Работа выполнена по программе целевого финансирования научных исследований на 2023–2025 гг., осуществляемого Комитетом науки МНВО РК, по программе BR21882220.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов между авторами, требующего раскрытия в данной статье.

СҰЙЫҚ ОРГАНОМИНЕРАЛДЫ ТЫҢАЙТҚЫШТАРДЫҢ ҚҰРАМЫ ЖӘНЕ ҚАСИЕТТЕРІНЕ НАТРИЙ ГУМАТЫ КОНЦЕНТРАЦИЯСЫНЫҢ ӘСЕРІ

Ө.Ж. Жүсіпбеков, Г.О. Нұрғалиева, З.К. Баяхметова, Д. Дүйсенбай, Ұ.Б. Ақсақалова*

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

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

Түйіндеме. Микроэлементтер мен гуматтардың хелаттары негізінде сұйық органоминералды тыңайтқыштарды (СОМТ) қолдану тек өнімнің сапасы мен өнімділігінің артуына ғана емес, сондай-ақ экономикалық шығындардың төмендеуіне әкеледі. СОМТ өсімдіктерге кешенді әсер етеді, әртүрлі физиологиялық үдерістерді белсендіреді, өсімдіктің әртүрлі күйзелістер мен фитопатогендерден қорғаныс механизмін арттырады, топырақтың құрылымы мен қасиеттерін жақсартады. *Жұмыстың мақсаты* – құрамында гумат-, азот- және молибден бар СОМТ алу үдерісіне натрий гуматы концентрациясының әсер ету заңдылықтарын зерттеу болып табылады. *Әдістер.* Химиялық талдау, индуктивті байланысқан плазмалық атомдық эмиссиялық спектрометр, инфрақызыл спектроскопия және термогравиметриялық талдау әдістері қолданылды. *Нәтижелер мен талқылау.* Химиялық және физика-химиялық талдаулардың нәтижелері бойынша натрий гуматының концентрациясының синтезделген өнімдердің құрамы мен қасиеттеріне әсері анықталды. Алынған нәтижелер гумат концентрациясын 0.1-ден 1.0%-ға дейін арттырғанда гумин қышқылдарының (NA^{daf}) шығымының 33.73-тен 38.60%-ға дейін, N мөлшерін 4.21-ден 5.27%-ға дейін және Mo – 0.22-ден 0.30%-ға дейін, COOH 1.28-ден 1.80 мг-экв/г дейін және $\text{OH}_{\text{фен.}}$ -топтарының – 0.34-тен 0.70 мг-экв/г дейін арттыратындығы анықталды. ИҚС мәліметтерін талдау натрий гуматының аммоний гептамолибдатымен әрекеттесуі кешенді қосылыстардың түзілуіне әкелетінін көрсетті. Зерттелген СОМТ-дың үлгілерінің ИҚ-спектрлері белгілі бір толқын ұзындықтарында салыстырмалы түрде айқын және дискретті шыңдардың болуымен сипатталады және карбоксил, фенол және карбонил топтарымен байытылған. *Қорытынды.* Синтезделген ЖОМУ-дың физика-химиялық зерттеулері натрий гуматының аммоний гептамолибдатымен әрекеттесуі нәтижесінде молибден иондарымен гуминді қосылыстардың органоминералдық хелаттық кешендері түзілетінін көрсетті. Кешенді қосылыстардың түзілуі, сонымен қатар NA^{daf} , N, Mo, COOH - және $\text{OH}_{\text{фен.}}$ -топтарының көбеюі олардың биологиялық белсенділігі мен агрохимиялық құндылығының жоғарылауына әкеледі.

Түйінді сөздер: сұйық органоминералды тыңайтқыштар, натрий гуматы, аммоний гептамолибдатының тетрагидраты, азот, молибден, кешенді қосылыстар, биологиялық белсенділік

Жүсібеков Өмірзақ Жұмәсілұлы	<i>Техника ғылымдарының докторы, профессор</i>
Нұрғалиева Гулзипа Орынтайқызы	<i>Химия ғылымдарының докторы</i>
Баяхметова Замира Кеңесбекқызы	<i>Химия ғылымдарының кандидаты</i>
Дүйсенбай Дулат	<i>Кіші ғылыми қызметкер</i>
Ақсақалова Ұлжан Бағжанқызы	<i>Инженер</i>

Список литературы

1. Патент RU 2820870. Состав и способ получения жидкого органоминерального удобрения. Сафин Р.И., Вафин И.Х., Медведев Н.А., **2024**. <https://patents.google.com/patent/RU2820870C1/ru>
2. Патент RU 2792354. Способ получения органоминерального комплексного удобрения. Бричков А.С., **2023**. <https://patents.google.com/patent/ru2792354c1/ru>
3. Патент Румыния 129938. Комплексное удобрение с гуминовыми веществами и способ применения. Сырбу К.Е., Чоряну Т.М., Думитр М., **2014**. <https://patents.google.com/patent/ro129938a0/ro>
4. Патент Китай 109438091. Способ получения многоэлементного хелатного удобрения на основе гуминовых кислот. Чжэнхань Ч., Хаоэ Ч., **2019**. <https://patents.google.com/patent/CN109438091A/zh>
5. Сосновская Н.Е., Кушнерова С.А., Коврик И.И. Жидкие микроэлементный удобрения, содержащие гуминовые вещества торфа, медь и цинк. *Сборник научных трудов международной экологической конференции, посвященной году науки технологий*. Краснодар, **2021**, 53-56. https://www.elibrary.ru/download/elibrary_45938321_93851449.pdf
6. Ганиев П.Х., Уралова М.З. Получение сложных NPK и NPKS гуматов на основе окисленного бурого угля, карбамида, нитрата аммония, сульфата аммония и очищенной экстракционной фосфорной кислоты. *Multidiscip. Sci. J.*, **2024**, Vol.5 (5). 125-135. https://t.me/ares_uz
7. Ганиев П.Х., Тажиева Г.Р., Намазов Ш.С., Беглов Б.М., Усанбаев Н.Х. Получение жидких удобрений и стимуляторов роста растений на основе бурого угля ангреноского месторождения, карбамида, нитрата и сульфата аммония. *Сборник трудов конференции «International scientific review of the problems and prospects of modern science and education»*. Boston, **2019**, 13-16. <https://scientific-conference.com>
8. Патент RU 2767995 Способ получения жидкого удобрения. Рабинович Г.Ю., Тихомирова Д.В., **2022**. https://yandex.ru/patents/doc/RU2767995C1_20220322
9. ГОСТ 9517-1994. *Топливо твердое. Методы определения выхода гуминовых кислот*. Минск, Изд-во стандартов, **1996**, 8 с. <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/ad0/4294820847.pdf>
10. 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-kontrol-e-proizvodstva-sernoy-kisloty-i-fosfornyh-udobreniy_6d1ed0c3e71.html
11. Орлов Д.С., Гришина Л.А. *Практикум по химии гумуса*. Москва, МГУ, **1981**, 271 с. https://www.studmed.ru/orlov-d-s-grishina-l-a-praktikum-po-himii-gumusa_8caa68f7d7c.html
12. Сигтга С., Ханна Дж. Г. *Количественный органический анализ по функциональным группам*. Москва, Химия, **1983**, 673 с. <https://thelibrary.net/31870-kolichestvennyj-organicheskij-analiz-po-funkcionalnym-grupparam.html>
13. Сильверштейн Р., Вебстер Ф., Кимл Д. *Спектрометрическая идентификация органических соединений*. Москва, Бином, **2014**, 557 с. file:///C:/Users/Cabinet139/Downloads/TheLib.net_book_b913550c8632d27f57a7baf8c25c3c48.pdf
14. Накамото К. *ИК-спектры и спектры КР неорганических и координационных соединений*: Пер. с англ. Москва, Мир, **1991**, 536 с. <http://www.ncm.unn.ru/files/2021/01/Nakamoto-IR-spektry-i-spektry-KR-nerganicheskikh-i-koordinatsionnyh-soedinenij.pdf>
15. Sîrbu С., Cîroianu Т., Rotaru Р. About the humic acids and thermal behaviour of some humic acids. *Physica AUC*, **2010**, No.20, 120-126. https://cis01.central.ucv.ro/pauc/vol/2010_20_part1/2010_part1_120_126.pdf
16. Rotaru А., Nicolaescu I., Rotaru Р., Neaga С. Thermal characterization of humic acids and other components of raw coal. *J. Therm Anal Calorim.*, **2008**, No. 92(1), 297-300. DOI: 10.1007/s10973-007-8816-y.

17. De Melo B.A.G., Motta F.L., Santana M.H.A. Humic acids: Structural properties and multiple functionalities for novel technological developments. *Mater. Sci. Eng.*, **2016**, No. 62, 967-974. DOI: 10.1016/j.msec.2015.12.001

18. Nardi S., Schiavon M., Francioso O. Chemical structure and biological activity of humic substances define their role as plant growth promoters. *Molecules*, **2021**, No. 26(8), 2256-2276. DOI: 10.3390/molecules26082256

19. Laskosky J.D., Mante A.A., Zvomuya F., Amarakoon I., Leskiw L. A bioassay of long-term stockpiled salvaged soil amended with biochar, peat, and humalite. *Agrosyst. Geosci. Environ.* **2020**. No. 3. 1-11. DOI: 10.1002/agg2.20068

20. Серегина И.И., Ниловская Н.Т. Регулирование урожайности яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) при выращивании в условиях дефицита влаги в почве путем применения молибдена в зависимости от уровня азотного питания. *Агрохимия*, **2021**, №4, 70-78. DOI: 10.31857/S0002188121040141

References

1. Patent RU 2820870. Sostav i sposob poluchenija zhidkogo organomineral'nogo udobrenija. Safin R.I., Vafin I.H., Medvedev N.A., **2024**. (In Russ.). <https://patents.google.com/patent/RU2820870C1/ru>

2. Patent RU 2792354. Sposob poluchenija organomineral'nogo kompleksnogo udobrenija. Brichkov A.S., **2023**. (In Russ.) <https://patents.google.com/patent/RU2792354C1/ru>

3. Patent Rumynija 129938. Kompleksnoe udobrenie s guminovymi veshhestvami i sposob primeneniya. Syrbu K.E., Chorojanu T.M., Dumitr M. **2014**. (In Russ.). <https://patents.google.com/patent/RO129938A0/ro>

4. Patent Kitaj 109438091. Sposob poluchenija mnogoelementnogo helatnogo udobrenija na osnove guminovyh kislot. Chzhjenhan' Ch., Haeo Ch., **2019**. (In Russ.). <https://patents.google.com/patent/CN109438091A/zh>

5. Sosnovskaja N.E., Kushnerova S.A., Kovrik I.I. Zhidkie mikroelementnyj udobrenija, sodержashhie guminovye veshhestva torfa, med' i cink. *Sbornik nauchnyh trudov mezhdunarodnoj nauchnoj jekologicheskoy konferencii, posvjashhennoj godu nauki tehnologii*. Krasnodar, **2021**, 53-56. (In Russ.). https://www.elibrary.ru/download/elibrary_45938321_93851449.pdf

6. Ganiev P.H., Uralova M.Z. Poluchenie slozhnyh NPK i NPKS gumatov na osnove okislennoogo burogo uglja, karbamida, nitrata ammonija, sul'fata ammonija i ochishhennoj jekstrakcionnoj fosfornoj kisloty. *Multidiscip. Sci. J.*, **2024**, Vol.5 (5). 125-135. (In Russ.). https://t.me/ares_uz

7. Ganiev P.H., Tazhieva G.R., Namazov Sh.S., Beglov B.M., Usanbaev N.H. Poluchenie zhidkih udobrenij i stimuljatorov rosta rastenij na osnove burogo uglja angrenskogo mestorozhdenija, karbamida, nitrata i sul'fata ammonija. *Sbornik trudov konferencii «International scientific review of the problems and prospects of modern science and education»*. Boston, **2019**, 13-16. (In Russ.). <https://scientific-conference.com>

8. Patent RU 2767995 Sposob poluchenija zhidkogo udobrenija. Rabinovich G.Ju., Tihomirova D.V., **2022**. (In Russ.). https://yandex.ru/patents/doc/RU2767995C1_20220322

9. GOST 9517-1994. *Toplivo tverdoe. Metody opredelenija vyhoda guminovyh kislot*. Minsk, Izd-vo standartov, **1996**, 8 s. (In Russ.). <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/ad0/4294820847.pdf>

10. Kel'man F.N., Bruckus E.B., Osherovich 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-kontrolje-proizvodstva-sernoy-kisloty-i-fosfornyh-udobrenij_6d1ed0c3e71.html

11. Orlov D.S., Grishina L.A. *Praktikum po himii gumusa*. Moskva, MGU, **1981**, 271 s. (In Russ.). https://www.studmed.ru/orlov-d-s-grishina-l-a-praktikum-po-himii-gumusa_8caa68f7d7c.html

12. Siggia S., Hanna Dzh. G. *Kolichestvennyj organicheskij analiz po funkcional'nym gruppam*. Moskva, Himija, **1983**, 673 s. (In Russ.). <https://thelib.net/31870-kolichestvennyj-organicheskij-analiz-po-funkcionalnym-gruppam.html>

13. Sil'verstejn R., Vebster F., Kiml D. *Spektrometricheskaja identifikacija organicheskikh soedinenij*. Moskva, Binom, **2014**, 557 s. (In Russ.). file:///C:/Users/Cabinet139/Downloads/TheLib.net_book_b913550c8632d27f57a7baf8c25c3c48.pdf

14. Nakamoto K. *ИК-спектры и спектры КР неорганических и координационных соединений*: Пер. с англ. Москва, Мир, **1991**, 536 с. (In Russ.). <http://www.ncm.unn.ru/files/2021/01/Nakamoto-ИК-спектры-и-спектры-КР-неорганических-и-координационных-соединений.pdf>
15. Sirbu C., Cioroianu T., Rotaru P. About the humic acids and thermal behaviour of some humic acids. *Physics AUC*, **2010**, No.20, 120-126. https://cis01.central.ucv.ro/pauc/vol/2010_20_part1/2010_part1_120_126.pdf
16. Rotaru A., Nicolaescu I., Rotaru P., Neaga C. Thermal characterization of humic acids and other components of raw coal. *J. Therm Anal Calorim.*, **2008**, No. 92(1), 297-300. DOI: 10.1007/s10973-007-8816-y
17. De Melo B.A.G., Motta F.L., Santana M.H.A. Humic acids: Structural properties and multiple functionalities for novel technological developments. *Mater. Sci. Eng.*, **2016**, No. 62, 967-974. DOI: 10.1016/j.msec.2015.12.001
18. Nardi S., Schiavon M., Francioso O. Chemical structure and biological activity of humic substances define their role as plant growth promoters. *Molecules*, **2021**, No. 26(8), 2256-2276. DOI: 10.3390/molecules26082256
19. Laskosky J.D., Mante A.A., Zvomuya F., Amarakoon I., Leskiw L. A bioassay of long-term stockpiled salvaged soil amended with biochar, peat, and humalite. *Agrosyst. Geosci. Environ.*, **2020**, No. 3. 1-11. DOI: 10.1002/agg2.20068
20. Seregina I.I., Nilovskaja N.T. Regulirovanie urozhajnosti jarovoj pshenicy (*Triticum aestivum* L.) pri vyrashhivanii v uslovijah deficita vlagi v pochve putem primenenija molibdena v zavisimosti ot urovnja azotnogo pitaniya. *Agrohimiya*, **2021**, №4, 70-78. (In Russ.). DOI: 10.31857/S0002188121040141