

УДК 662.642:621.9.048.6

Джапарова Шакархон¹,
доцент, химия илиминин кандидаты,
Саткулов Таалайбек Тагаевич²,
доцент, техника илиминин кандидаты
Усарова Сулайка Оморовна¹,
магистр,
Кушбаков ГулнураТурсунбаевна²,
илимий кызматкер
Азизова Айзат Камалидиновна²
аспирант

**КЫРГЫЗСТАНДЫН КЫЧКЫЛДАНГАН КҮРӨҢ КӨМҮРҮНӨН ЖАНА ТАБИГЫЙ
 МИНЕРАЛДАРДАН ЖАСАЛГАН БАЙЫТЫЛГАН ОРГАНИКАЛЫК ГУМИНДҮҮ
 ЖЕРСЕМИРТКИЧ ЖАНА АНЫ КОЛДОНУУНУН КЕЛЕЧЕГИ**

Джапарова Шакархон¹,
доцент, кандидат химических наук
Саткулов Таалайбек Тагаевич²,
Кандидат технических наук, доцент
Усарова Сулайка Оморовна¹,
магистр наук
Кушбакова ГулнураТурсунбаевна²,
научный сотрудник
Азизова Айзат Камалидиновна²,
аспирант

**ОБОГАЩЕННОЕ ОРГАНОГУМИНОВОЕ УДОБРЕНИЕ ИЗ ОКИСЛЕННОГО БУРОГО УГЛЯ
 И ПРИРОДНЫХ МИНЕРАЛОВ КЫРГЫЗСТАНА И ПЕРСПЕКТИВЫ
 ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ**

Japarova Shakarkhon¹,
associate professor, candidate of chemical sciences
Satkulov Taalaibek Tagaevich²,
Associate Professor, Ph.D.
Usarova Sulaika Omorovna¹,
Master of Science
Kushbakova Gulnura Tursunbaevna²,
Researcher
Azizova Aizat Kamalidinovna²,
graduate student

**ENRICHED ORGANO HUMIC FERTILIZER FROM OXIDIZED BROWN COAL
 AND NATURAL MINERALS OF KYRGYZSTAN AND PROSPECTS FOR ITS USE**

¹М.М. Адышев ат. Ош технологиялык университети, Ош, Кыргыз Республикасы

²КРП КР УИА ТБ А.С. Джаманбаев ат. Жаратылыш байлыктары институту,
 Ош, Кыргыз Республикасы

¹Ошский технологический университет им. М.М. Адышева, Ош, Кыргызская Республика

²Институт природных ресурсов им. А.С. Джаманбаева ЮО НАН КР ПКР,
 Ош, Кыргызская Республика

¹ Osh Technological University named after M.M. Adysheva, Osh, Kyrgyz Republic

²Institute of Natural Resources named after A.S. Dzhamanbaev SB NAS KR PKR,
 Osh, Kyrgyz Republic

Аннотация. Бул изилдөөнүн актуалдуулугу активдүү функционалдык топтору бар табигый органикалык кошулмалар катары гуминдик заттардын жогорку агрономиялык баалуулугу менен аныкталат. Бул изилдөөнүн максаты кычкылданган күрөң көмүргө (лигнит), гумуска жана глауконитке негизделген органоминаралдык жерсемирткичти өндүрүү ыкмасын иштеп чыгуу максатында Кыргызстандагы Кызыл-Токой кенинен алынган табигый минералдык глаукониттин касиеттерин изилдөө болгон. Бул иш чийки заттын (кычкылданган күрөңкөмүр (лигнит), органикалык калдыктардан алынган гумус жана глауконит) техникалык, химиялык жана физикалык мүнөздөмөлөрүн аныктоо боюнча изилдөөлөрдү камтыган. Кычкылданган күрөң көмүргө (лигнит), органикалык калдыктардан алынган гумуска жана глауконитке негизделген байытылган гуминдик органоминаралдык жер семирткичти өндүрүүнүн натыйжалуулугу жана мүмкүнчүлүгү эксперименталдык түрдө аныкталган.

Изилдөөдө гуминдик органоминаралдык жер семирткичти өндүрүүнүн негизги процесс-тик параметрлери каралып, байытылган органоминаралдык жер семирткичти колдонуунун мүмкүнчүлүгү талданган. Изилдөөдө гуминдик кислоталар көп компоненттүү жана гетерогендүү экени, алардын химиялык формуласы жана курамы боюнча өзгөрмөлүүлүгү менен мүнөздөлөрү аныкталган. Калифорниялык кызыл сөөлжандар (*Eiseniafoetida*) тарабынан иштетилген гумусту колдонуу менен алынган гумусту колдонуу, ошол эле учурда анны Кыргызстандагы Кызыл-Токой кенинен табылган табигый минералданалынган глауконит менен байытуу сунушталууда. Изилдөө ошондой эле лабораторияда алынган жер семирткич үлгүсү практикалык колдонуу үчүн зарыл болгон касиеттерге ээ экенин аныктады. Изилдөөнүн жыйынтыктары органикалык дыйканчылыкка инновациялык ыкмаларды иштепчыгуу жана ишке ашыруу үчүн практикалык жактан потенциалдуу мааниге ээ.

Негизги сөздөр: кычкылданган күрөң көмүр (лигнит), гумин кислоталары, глауконит минералы, гуминдик органоминаралдык жер семирткич, топурак.

Аннотация. Актуальность исследования определяется высокой агрономической ценностью гуминовых веществ как природных органических соединений с активными функциональными группами. Целью исследования было изучение особенностей природного минерала глауконита Кызыл-Токойского месторождения Кыргызстана для разработки способа получения органоминарального удобрения на основе окисленного бурого угля (лигнита), гумуса и глауконита. В ходе работы были проведены исследования по определению технических, химических и физических характеристик исходного сырья (окисленного бурого угля (лигнита), гумуса из органических отходов и глауконита). Экспериментально установлена эффективность и возможность реализации процесса получения обогащенного гуминового органоминарального удобрения на основе окисленного бурого угля (лигнита), гумуса из органических отходов и глауконита.

В результате исследования основных критериев технологического процесса получения гуминового органоминарального удобрения проанализирована возможность использования обогащенного органоминарального удобрения. В ходе исследования установлено, что гуминовые кислоты обладают свойствами поликомпонентности и гетерогенности, характеризуются изменчивостью химической формулы и состава. Предлагается использовать гумус, переработанный красными калифорнийскими червями *Eiseniafoetida*, для улучшения компонентного состава получаемого гуминового удобрения, одновременно обогащая его за счет внесения глауконита из природного минерала Кызыл-Токойского месторождения в Кыргызстане. В ходе исследования установлено, что полученный в лабораторных условиях образец удобрения обладает необходимыми свойствами для потенциального практического применения. Результаты исследования представляют потенциальную практическую ценность для разработки и внедрения инновационных подходов к органическому земледелию.

Ключевые слова: окисленный бурого уголь (лигнит), гуминовые кислоты, глауконитовый минерал, гуминовое органоминаральное удобрение, почва.

Abstract. The relevance of this study is determined by the high agronomic value of humic substances as natural organic compounds with active functional groups. The aim of this study was to investigate the properties of the natural mineral glauconite from the Kyzyl-Tokoy deposit in Kyrgyz-

stan in order to develop a method for producing an organomineral fertilizer based on oxidized brown coal (lignite), humus, and glauconite. This work included studies to determine the technical, chemical, and physical characteristics of the feedstock (oxidized brown coal (lignite), humus from organic waste, and glauconite). The efficiency and feasibility of producing an enriched humicorganomineral fertilizer based on oxidized brown coal (lignite), humus from organic waste, and glauconite were experimentally established.

The study examined the key process parameters for producing humicorganomineral fertilizer, and analyzed the feasibility of using the enriched organomineral fertilizer. The study established that humic acids are polycomponent and heterogeneous, characterized by variability in their chemical formula and composition. It is proposed to use humus processed by Californian red earthworms (*Eisenia foetida*) to improve the component composition of the resulting humic fertilizer, simultaneously enriching it with glauconite from a natural mineral found in the Kyzyl-Tokoi deposit in Kyrgyzstan. The study also established that the fertilizer sample obtained in the laboratory possesses the necessary properties for potential practical application. The results of the study have potential practical value for the development and implementation of innovative approaches to organic farming.

Keywords: oxidized brown coal (lignite), humic acids, glauconite mineral, humicorganomineral fertilizer, soil.

Введение

Возрастающее давление на окружающую среду обуславливает необходимость комплексного регулирования баланса экосистем. Интенсивное развитие землепользования в аграрном секторе привело к чрезмерной химизации почв, эрозии, засолению и снижению содержания органического вещества. Возникает проблема поиска безопасных решений в области удобрений, отвечающих потребностям природной среды. Такие удобрения представляют собой физиологически активные соединения природного происхождения, в том числе гуминовые вещества (ГВ), которые присутствуют в природных водах, торфе, сапропеле и в окисленных бурых углях (лигните). Они составляют основную часть органического вещества твердых ископаемых топлив, особенно верхнего окисленного слоя. Природные гуминовые кислоты (ГК) представляют собой группы природных азотсодержащих органических кислот. Они встречаются преимущественно в торфе, в окисленном буром угле (лигните) и выветренном каменном угле. Молекулы ГК содержат ароматические группы. При этом молекулярные формы могут быть весьма разнообразны, что определяется природными особенностями источника их образования, а также спецификой биохимических реакций, протекающих в процессе формирования. Определенное влияние оказывают также условия геохимического преобразования.

В результате интенсивного землепользования запасы гумуса в почве снижаются. В период 2010–2024 гг. характерен отрицательный баланс питательных веществ и гумуса в почвах сельскохозяйственных угодий южного региона Кыргызстана. Органоминеральные удобрения (ОМУ) оказывают положительное влияние на растения: повышают устойчивость растений, урожайность и плодородие почвы. Кыргызстан позиционируется как импортзависимый по удобрениям, что обусловлено отсутствием собственного производства как химических, так и органических удобрений.

Многие научные исследования посвящены вопросу инновационных решений в области агрохимии. Н.Т. Алдашева [1] исследовала процесс получения гуминовых удобрений из окисленного угля методом электролиза. Т.Б. Жолдошова [2] проанализировала возможности использования гуминовых удобрений из окисленного угля. В то же время А.А. Анарбаев и др. [3] рассмотрены вопросы получения и функционирования гуминовых соединений в качестве природных минеральных удобрений. Ж.Б. Казангельдина, Ш. Джапарова и др. [4] разработали меры по повышению плодородия земель Кыргызстана с использованием гуминовых биоудобрений. Аналогично, Б. Омаров и др. [5] исследовали возможности и методы получения гуматсодержащих удобрений из лигнита. М.З. Абдиев и соавторы [6] обосновали теоретико-методологические основы развития ин-

новационного сельского хозяйства в Кыргызстане, предложив эффективные решения актуальных проблем отрасли, применение и регулирование долгосрочных стратегических показателей. В исследовании особое внимание уделено методам внесения органических удобрений. В. Кожогулова и соавторы [7] проанализировали тенденции и особенности развития сельского хозяйства в условиях евразийской интеграции, уделив особое внимание органическому сельскохозяйственному производству. В продолжение, И. Таранов и Й. Кавабата [8] выявили такие проблемы, как недостаточная инфраструктура и знания, которые необходимо решать путем усиления государственного участия и сотрудничества между заинтересованными сторонами органического сектора.

Несмотря на значительный научный интерес к данной проблеме, многие аспекты остаются неизученными. В свете современных тенденций развития органического земледелия и устойчивого развития сельского хозяйства приоритетное внимание уделяется восстановлению защитной функции почв и экологического равновесия, а также внедрению инновационных подходов к мониторингу состояния земель. В рассмотренных исследованиях не рассматриваются инновационные возможности, которые могут способствовать развитию потенциала использования гуминовых органоминеральных удобрений в современных условиях.

Целью исследования было расширенное изучение характеристик природного минерала глауконита как ключевого компонента современного гуминового органоминерального удобрения. Для достижения поставленной цели было решено несколько исследовательских задач: проведение исследований по определению технических, химических и физических характеристик исходного сырья (окисленного лигнита, гумуса органических отходов и глауконита); установление эффективности и технологичности процесса получения обогащенного гуминового органоминерального удобрения на основе окисленного угля (лигнита), гумуса органических отходов и глауконита; изучение возможностей улучшения компонентного состава получаемого гуминового удобрения.

2. Материалы и методы

В ходе исследования использовался метод научного эксперимента. С помощью физико-химических, технических и технологических методов были определены состав и технологические показатели окисленного бурого угля (лигнита) месторождения Кызыл-Кый (Абширская площадь). Изучен компонентный состав образца глауконитового минерала месторождения Кызыл-Токой (Кыргызстан).

Три образца бурого угля (лигнита) месторождения Кызыл-Кыя (участок Абшир) были проанализированы с помощью рентгеновской дифрактометрии в Институте геологии им. Мусы Адышева Национальной академии наук КР. Химический анализ глауконитовых песчаников на содержание K_2O проводился в химической лаборатории. Критерии отбора образцов основывались на их репрезентативности для КР и Центрально-Азиатского региона.

Комплекс исследований включал следующие виды исследований: гранулометрический анализ для определения гранулометрического состава рыхлых пород; химический анализ для определения содержания элементов. Химический анализ включал определение содержания элементов на спектрометре Optima 2000 DV; содержание ионов Na, Ca, K и Mg определялось методом вытеснения обменных катионов раствором хлорида алюминия. Далее был выполнен термогравиметрический анализ (ДТА-ДТГ, ТГ-ДСК) – группа методов, в которых свойства образца контролируются в зависимости от времени или температуры, при этом температура образца в каждой атмосфере программируется, а также оптическая и электронная микроскопия. Электронный парамагнитный анализ использовался для определения концентрации и идентификации парамагнитных частиц.

Далее был проведен рентгенофазовый анализ (количественный и качественный). Рентгенофазовый анализ проводился на автоматическом дифрактометре ДРОН-4 с $CuK\alpha$ - излучением и β - фильтром. Условия получения дифрактограммы: $U = 35$ кВ; $I = 20$ мА; постоянная времени 2 с; θ - 2θ регистрация; масштаб: 2000 имп/с; детектор 2 град/мин.

Рентгеноструктурный анализ (РФА) проводился на основе дифрактограмм порошковых образцов. Интерпретация дифрактограмм проводилась с использованием информации из архива Американского общества по испытанию материалов (American Society for Testing and Materials) и дифрактограмм минералов, очищенных от примесей. Далее были использованы метод низкотемпературной адсорбции азота и дифференциальный терромагнитный метод. Анализ состава окисленного лигнита месторождения Кызыл-Кыя (участок Абшир) проводился в лаборатории Института природных ресурсов им. Акматбека Джаманбаева Национальной академии наук КР.

Для разработки органического удобрения исходное сырье – окисленный бурый уголь (лигнит) – было подготовлено путем измельчения в мельнице до размера гранул 0,25–0,10 мм. После подготовки всех необходимых компонентов порошок окисленного угля в соотношении 1:10 смешивали с водой и выщелачивали твердым гидроксидом калия при температуре 60–80 °С. Полученную смесь перемешивали мешалкой в течение 6–8 часов. После этого к полученной смеси $H_2O:C:KOH$ (вода:уголь:щелочь) добавляли: гумус, полученный с использованием красных калифорнийских червей, *Eisenia foetida*, глауконит после его извлечения из состава природного глауконитсодержащего песка Кызыл-Токойского месторождения в Кыргызстане.

После завершения процесса водорастворимую и нерастворимую части смеси разделяли центрифугированием. Раствор смеси сливали в емкость для розлива. Полученный продукт анализировали в специализированной токсикологической лаборатории Департамента химизации, защиты и карантина растений Министерства сельского хозяйства КР.

3. Результаты и обсуждение

В период с 2015 по 2024 год интерес к органо-гуминовым удобрениям значительно возрос. Это связано с активным развитием органического земледелия и общей экологизацией аграрного сектора. Повышение устойчивости землепользования, в первую очередь, предполагает внедрение инновационных агротехнологий, минимизацию химической обработки почвы и интеграцию современных биологических методов защиты растений.

Процесс образования УВ основан на принципе естественного отбора. При этом осуществляется естественный отбор структур, наиболее устойчивых к биodeградации. Результатом этого отбора является вероятностная смесь молекул, имеющая стохастическую природу [9].

Идентичность соединений в смеси отсутствует. Гуминовые соединения представляют собой смесь природных веществ на основе гетероциклических и ароматических группировок, алициклических и алифатических группировок, а также функциональных группировок.

Состав гуминовой кислоты характеризуется уникальным химическим составом и свойствами фульвово́й кислоты, входящей в группу гуминовых кислот. Кислота обладает растворимостью в воде, щелочах и кислотах, что обуславливает связанную с этим свойством подвижность [10]. Водные растворы фульвокислот имеют кислую реакцию (pH 2,6–2,8) и поэтому оказывают разрушающее действие на минералы. Наличие большого количества фенолгидроксильных и карбоксильных групп обуславливает высокую способность связывать катионы (до 200–670 мг экв на 100 г кислоты) [11].

Образцы лигнита месторождения Кызыл-Кый (участок Абшир) представлены на рисунке 1.



Рисунок 1. Образцы угля месторождения Кызыл-Кый (участок Абшир)

Образец «u1» по своим характеристикам (цвет, твёрдость) больше соответствует углю, тогда как образцы «u2» и «u3» представляют собой примеси в угольных пластах. Результаты анализа образца «u1» представлены на рисунке 2.

В образце «u1» были идентифицированы следующие элементы: углекислый газ CO_2 в количестве 65,2%; минерал штихтингит – 11,2%; редкий минерал мунирит, являющийся продуктом изменения минералов ванадия и урана – 9,8%; сера в количестве 9,5%; крем-

ний – 2,8%; уран – 1,5%. Образец «u2» в ходе анализа был идентифицирован как гидрокалюмит. Это минерал группы гидроталькита (гидроксиды). Минерал имеет структуру $\text{Ca}_4\text{Al}_2[\text{OH}]_{14} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, моноклинную, псевдогексагональную, удельный вес 2,15. Бесцветный, зеленоватый. В природе образуется на контакте метаморфизованных известняков на поздней стадии в скарнах [13]. В образце «u3» были идентифицированы следующие элементы: углекислый газ CO_2 в количестве 68,7%; минерал глоуконит – 15,3%; сера в количестве 11,5%; кремний – 4,5%.

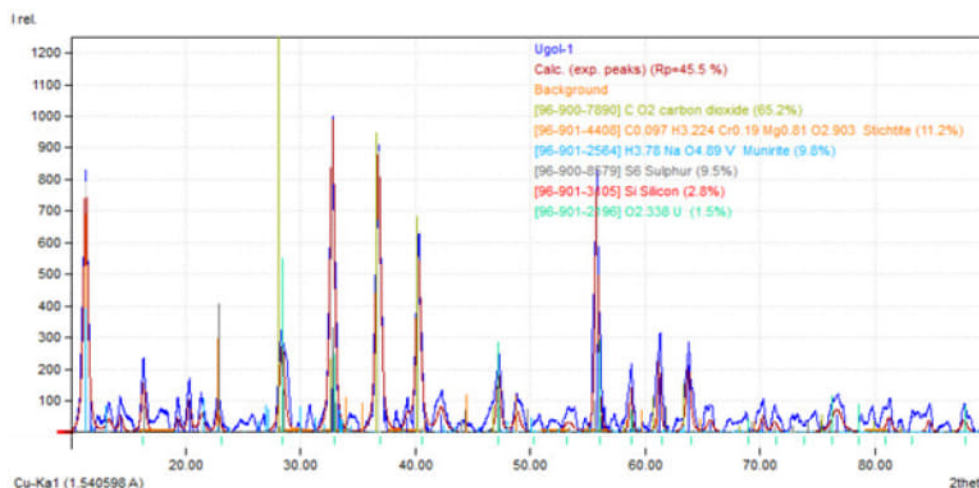


Рисунок 2. Диаграмма дифракционных полос образца «u1»

В ходе работы был изучен компонентный состав образца глауконитовых минералов месторождения Кызыл-Токой в Кыргызстане. С использованием спектрометра с индукционно-связанной плазмой «Optima 2000 DV» при температуре 100000 K были изучены особенности катионного обмена, определено содержание ионов K, Na, Ca, Mg.

Исследование глауконитсодержащего природного минерала – глауконитового песка (рис. 3) месторождения Кызыл-Токой проводилось в лаборатории Национальной академии наук КР. Проведенный ранее химический анализ глауконитовых песчаников на содержание K_2O показал значения в диапазоне 2,6-5,3%.

Количественное соотношение кристаллических фаз определялось методом рентгеноструктурного анализа. Фазовый состав и межплоскостные расстояния образца глауконитового концентрата представлены в таблице 1. Наибольшие значения межплоскостных расстояний зафиксированы для

слоистого силикатного минерала (ССМ), глауконита и кальцита. Максимальные значения фазового состава характеризуют относительную интенсивность рентгеновских рефлексов ССМ и глауконита. Дифрактограмма образца глауконитового концентрата представлена на рисунке 4.



Рисунок 3. Концентрат глауконитового песка

Таблица 1. Фазовый состав и межплоскостные расстояния образца глауконитового концентрата

d, Å	I, %	Mineral
10.427	85	LSM
4.573	83	Glauconite
3.352	73	Glauconite
3.039	76	Calcite
2.604	87	Glauconite
2.427	77	Glauconite
2.285	73	Calcite
2.091	75	Calcite
2.008	68	Glauconite
1.668	79	-
1.522	92	LSM
1.508	84	Glauconite

Дифрактограмма характеризуется положением и интенсивностью дифракционных максимумов. Дифрактограмма образца глауконитового концентрата демонстрирует наибольшие значения интенсивности для LSM и глауконита. Интерпретация дифрактограмм проводилась с использованием информации из картотеки Американского общества по испытаниям материалов и диф-

рактограмм минералов, очищенных от примесей.

В лаборатории разработана технология получения опытного образца органоминерального удобрения. В результате впервые разработан способ получения органоминерального удобрения на основе окисленного бурого угля (лигнита) Кызыл-Кийского месторождения (участок Абшир).

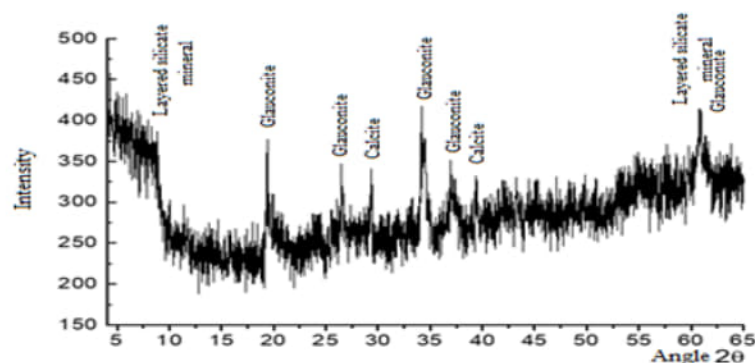


Рис. 4. Дифрактограмма образца глауконитового концентрата

Перед внедрением технологии производства ОМУ были проведены исследования зольности и влажности. Первичная подготовка сырья – окисленного бурого угля – осуществлялась путем измельчения в мельнице до размера гранул около 0,25–0,10 мм. Для обеспечения компонентного состава получаемого гуминового органо-минерального удобрения необходимым количеством основных элементов питания растений, калия, фосфора, азота, гуминовых веществ и ми-

кроэлементов, необходимых для физиологических процессов растительного организма: магния, кальция, железа и др., в состав удобрения вносили гумус, переработанный красными калифорнийскими червями *Eiseniafoetida*, с одновременным обогащением его глауконитом из природного минерала Кызыл-Токойского месторождения в Киргизской Республике. Результаты рентгенофлуоресцентного анализа гуматного удобрения представлены на рисунке 5.

Таблица 2. Результаты анализа гуматного удобрения

Elements	Concentration, %	Error, %	Peakvalues (cps/ mA)	Backgroundvalues (cps/mA)
Al	3.08	0.047	97	12
Si	16.29	0.071	891	-117
K	26.85	0.05	18227	-3287
Ca	34.93	0.06	22949	-2796
Cu	0.08	0.0061	50	18
Zn	0.39	0.0073	407	-18
Rb	0.09	0.0024	519	41
Sr	0.32	0.0035	2056	-29
Y	0.03	0.0022	204	381
Zr	0.07	0.003	544	677
Ti	1.61	0.024	210	-4
V	0.09	0.018	11	54
Mn	0.34	0.0089	148	73
Fe	15.84	0.033	10219	-540

Примечание: концентрация – %, погрешность – %, пиковые значения – имп/с/мА, фоновые значения – имп/с/м.

После завершения процесса производства гранулированного органо-минерального удобрения водорастворимая и нераствори-

мая части смеси разделяются центрифугированием. Затем раствор смеси переливается в фасовочный бак. Результаты анализа представлены в таблице 3.

Таблица 3. Результаты анализа продукта

Certain indicators	Analysis results	Norm
Appearance, colour	Homogeneous suspension of dark brown colour	Dark brown to black
Mass fraction of moisture, %	68.5	65-80
Mass fraction of organic matter (in terms of dry matter), %	73.9	50-90
Mass fraction of humic acids (in terms of dry matter) not less than, %	27.5	10
Mass fraction of total nitrogen (calculated on dry matter) not less than, %	2.2	0.8
Mass fraction of total phosphorus P_2O_3 (in terms of dry matter) not less than, %	2.6	1.0
Mass fraction of mobile phosphorus, mg/kg	200	200-300
Mass fraction of total potassium K_2O_3 (calculated on dry matter) not less than, %	1.4	0.1

Примечание: стандарт определен относительно ККМ ГОСТ Р 50335-92 [12].

После завершения процесса производства гранулированного органоминерального удобрения водорастворимая и нерастворимая части смеси разделяются ситы. Затем раствор смеси переливается в фасовочный бак.

Перспективность использования гумата калия для удобрения почвы обусловлена его составом, содержащим множество микроэлементов, необходимых для урожайности сельскохозяйственных культур (медь, железо, молибден, бор, марганец, цинк), которые улучшают процессы жизнедеятельности растений, усвоение аминокислот, гормонов, сахаров, витаминов, а также оптимизируют водно-кислородный обмен, являющийся основой синтеза белка, фотосинтеза и деления клеток [12]. Повышение питательной ценности урожая с помощью ГК способствует увеличению содержания клетчатки и питательных веществ. В случае минеральных удобрений одновременное применение ГК стимулирует усвоение синтетических минералов [13].

Практический опыт показывает, что внесение гумата калия в почву увеличивает зе-

леную массу и корневую систему растений до 15-20%, что влияет на урожайность. Кроме того, гумат калия является важным природным иммуностимулятором, защищающим растения от грибков и плесени [14, 15].

Многие исследования подтверждают необходимость перехода на экологически чистые методы удобрения почв и защиты растений. Э.М. и Б.М. Карунатилаке и соавторы [16] предложили позиционировать этот подход к органическому земледелию как оптимальный. Предложенная концепция позволяет значительно улучшить качество продукции, экологические показатели и уровень здоровья населения. Выводы Э.М. и Б.М. Карунатилаке и соавторы коррелируют с результатами настоящего исследования.

В продолжение, М.И. Абдулрахим и соавторы [17] исследовали специфику органического земледелия, подчеркивая влияние глобальной климатической динамики на производство сельскохозяйственных культур. Проведен анализ потенциальных экологических рисков для адаптивных возможностей агроэкосистем. Учёные доказали, что в системе смягчения негативных последствий

изменения климата первостепенное значение имеют оптимизация экологичности производства, внедрение инновационных технологий и передовых технологических процессов.

Результаты исследований А. Тавакола и соавторов [18], Й. Чена и соавторов [19] подчеркнули критериальность оценки эффективности экологических, социально-экономических и управленческих мер, направленных на интенсификацию процесса экологизации сельскохозяйственного производства, что значительно повышает конкурентоспособность предприятий – участников международного аграрного рынка.

Более того, ученые акцентировали внимание на трудностях внедрения инновационных агротехнологий в условиях кризисной экономики, в частности, на необходимости законодательного регулирования и стимулирования деятельности в исследуемой отрасли, что отодвигает на второй план вопрос экологизации сельского хозяйства.

Многие ученые, например, Дж. Пэн и соавторы [20] считают, что в будущем главенствующая роль должна отводиться современным инновационным методам удобрения почв. Исследователи отметили эффективность органо-гуминовых удобрений, содержащих гуматы. Авторы рекомендовали использовать их преимущественно на малоплодородных глинистых и песчаных почвах, карбонатных и щелочных почвах с низким содержанием железа. Кроме того, на плодородных черноземах гуминовые кислоты не дадут ожидаемого интенсифицирующего эффекта, но при этом будут способствовать поддержанию высокого уровня плодородия почвы.

Среди современных подходов к изучению данной темы Й. Ли [21] выделяет приоритетное свойство гуминовых кислот преобразовывать физические свойства почв. Ученый установил, что углеродно-гуминовые удобрения увеличивают капиллярную влагоемкость почвы, улучшают ее структуру и снижают ее плотность. Сравнивая выводы исследователя с результатами настоящей работы, необходимо подчеркнуть синергию различных методов органического земледелия с точки зрения улучшения качества почвы. Эта идея частично рассматривалась К. Ампонгом и соавторами [22]. По мнению

учёных, гуминовые удобрения являются мощным стимулятором урожайности, оказывая качественное воздействие на растения в прямом и косвенном аспектах. Прямое действие заключается в прямой регуляции развития растений в течение всего вегетационного периода. Косвенное действие гуминовых удобрений заключается в оптимизации водно-физических свойств почв, интенсификации миграции полезных органических веществ при одновременном связывании токсичных веществ, в том числе тяжёлых металлов. Необходимо актуализировать это направление для Кыргызстана в контексте национальных и региональных программ по экологизации сельского хозяйства.

Глубокая реконструкция и регенерация сельскохозяйственных угодий в Кыргызстане должна проводиться на основе научно обоснованных рекомендаций в рамках целевых государственных и международных программ.

Сочетание инновационных подходов к мониторингу состояния земель и экстенсивных технологий земледелия позволяет достичь желаемых результатов в короткие сроки. Современные возможности информационных технологий позволяют использовать геоинформационные системы, спутниковые наблюдения и другие достижения научно-технического прогресса для оптимизации и индивидуализации процесса сельскохозяйственного производства.

Выводы

Результаты исследования подтверждают высокую эффективность использования органоминеральных удобрений на основе природного сырья из Кыргызстана. Впервые разработана и успешно апробирована технология получения гуминового органоминерального удобрения на основе окисленного угля (лигнита) месторождения Кызыл-Кыя (участок Абшир), органогумуса, переработанного с участием красных калифорнийских червей (*Eisenia foetida*), и природного глауконита месторождения Кызыл-Токой.

Комплексный химико-минералогический и спектральный анализ подтвердил соответствие продукта требованиям, предъявляемым к современным агрохимикатам.

В ходе исследования установлено, что полученное удобрение содержит полный

комплекс макро- и микроэлементов, необходимых для нормального роста и развития растений: калий, фосфор, азот, кальций, магний, железо, марганец и цинк. Это не только улучшает питательную среду, но и активизирует физиологические процессы: фотосинтез, деление клеток, синтез белка, водный и кислородный обмен.

Применение гуминовых кислот способствует значительному увеличению биомассы растений и укреплению корневой системы на 15–20%. Гумат калия также обладает антистрессовым, фунгицидным и иммуномодулирующим действием, повышая устойчивость растений к неблагоприятным факторам.

С экологической точки зрения, гуминовые удобрения способствуют восстановле-

нию плодородного слоя почвы, снижению её кислотности и засолённости, а также формированию устойчивой агроэкосистемы. Благодаря своей универсальности гумат калия может использоваться для обработки семян, опрыскивания и полива, а также при выращивании широкого спектра культур: зерновых, овощных, технических, бобовых и плодово-ягодных.

Исследование ограничено отсутствием полного доступа к соответствующим данным и сложностью экспериментальной проверки теоретических выводов. Изучение потенциала гуминовых кислот в восстановлении защитных функций почв и экологического равновесия в рамках концепции устойчивого развития сельского хозяйства в Кыргызстане должно стать приоритетным направлением дальнейших научных и практических работ в этом направлении.

Список литературы:

1. Джапарова Ш., Сабиров Б. З., Бактыбай кызы Назира, Кушбакова Г. Т., Сапарбаев С. Т. Известия Национальной академии наук Кыргызской республики <https://ilim.naskr.kg/index.php/main/article/view/352>
2. Таскаев, Н.Д. 1971. Получение гуминовых удобрений из окисленных углей Кызыл-Кия методом жидкофазной аммонизации. *Материалы I науч.-техн. конф. по использованию углей Киргизии: тр. Фрунз. политехн. ин-та*. Фрунзе. С. 288-293. <https://cyberleninka.ru/article/n/poluchenie-guminovyh-veschestv-iz-okislennyh-ugley-uzgenskogo-mestorozhdeniya-s-aktivirovannoy-vodoy-poluchenny-metodom-elektroliza>
3. Жолдошова Т.Б., Сабитов Э.В., Арзиев Ж.А., Исмаилов М.И. 2014. О возможности использования термически и химически активированных глауконитов. *Труды ОшТУ*, 2(2). <http://vestnik.oshtu.kg/index.php/139-statii/izvestiya-2-2014-2/problemy-tekhnicheskikh-nauk>
4. Анарбаев, А.А., Кабылбекова, Б.Н., Хусанов, Ж.Е., Орманова, Г.М. 2025. Исследование процесса получения комплексного фосфогуматного минерального удобрения. *Известия Академии наук Республики Казахстан. Серия «Химия и технология»*, 1(462), 5-20. <https://doi.org/10.32014/2025.2518-1491.262>
5. Казангельдина, Ж.Б., Джапарова, Ш., Токтосункызы, К., Кушбакова, Г.Т., Сабирова, Н.Б. 2023. Разработка мероприятия по использованию гуминового биоудобрения для повышения плодородия земель Южного региона Кыргызстана. В: *Материалы Международной научно-практической конференции «Новые возможности устойчивого развития горных регионов: инновации и сотрудничество»*, посвященной 60-летию Ошского технологического университета имени Мусы Адышева (с. 159-163). Ош: Ошский технологический университет. <http://science.oshtu.kg/wp-content/uploads/2024/10/kazangeldina-zhanna-bakytzhanovna.pdf>
6. Джапарова, Ш., Борубаев, С.А., Сабиров, Б.З., Артыкбаева, С.Ж. 2022. К вопросу не топливного использования низкосортных окисленных бурых углей Кыргызстан. *Тенденции развития науки и образования*. DOI:10.18411/trnio-05-2022-416
7. Abdiev, M. Z., Toktorov, K. K., Abdrakhmanov, O. E., Momunov, U. N., Ergeshov, K. A. 2024. Ways to Improve the Innovative Development of Kyrgyz Agriculture. In *Sustainable Development of the Agrarian Economy Based on Digital Technologies and Smart Innovations* (pp. 51-54). Cham: Springer Nature Switzerland. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-51272-89>

8. Kozhogulova, V., Mardaliev, L., Kozhomkulova, A., Sheralieva, Z. 2023. Sustainable development of the agricultural sector of Kyrgyzstan in an integrated environment. In *AIP Conference Proceedings*. Vol. 2612. No. 1. AIP Publishing. <https://doi.org/10.1063/5.0113043>
9. Bergstrand, K. J. 2022. Organic fertilizers in greenhouse production systems—a review. *Scientia Horticulturae*. Vol. 295. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110855>
10. Rasouli, F., Nasiri, Y., Asadi, M., Hassanpouraghdam, M. B., Golestaneh, S., Pirsarandib, Y. 2022. Fertilizer type and humic acid improve the growth responses, nutrient uptake, and essential oil content on *Coriandrum sativum* L. *Scientific reports*. Vol. 12(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-11555-4>
11. Sarlaki, E., Kianmehr, M. H., Kermani, A. M., Ghorbani, M., Javid, M. G., Rezaei, M., Chen, X. 2023. Valorizing lignite waste into engineered nitro-humic fertilizer: Advancing resource efficiency in the era of a circular economy. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*. Vol. 36. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2023.101283>
12. Jing, J., Zhang, S., Yuan, L., Li, Y., Lin, Z., Xiong, Q., Zhao, B. 2020. Combining humic acid with phosphate fertilizer affects humic acid structure and its stimulating efficacy on the growth and nutrient uptake of maize seedlings. *Scientific Reports*. Vol. 10(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-74349-6>
13. Национальный стандарт Кыргызской Республики. КМС ГОСТ Р 50335:2022. <http://standarts.nism.gov.kg/uploads/demo/pdf/7d84524eda99359953d5d3a0e45ee6ed.pdf>
14. Tiwari, J., Ramanathan, A. L., Baudh, K., Korstad, J. 2023. Humic substances: Structure, function and benefits for agroecosystems—A review. *Pedosphere*. Vol. 33(2). Pp. 237-249. <https://doi.org/10.1016/j.pedsph.2022.07.008>
15. Xiong, Q., Wang, S., Lu, X., Xu, Y., Zhang, L., Chen, X., Ye, X. 2023. The effective combination of humic acid phosphate fertilizer regulating the form transformation of phosphorus and the chemical and microbial mechanism of its phosphorus availability. *Agronomy*. Vol. 13(6). <https://doi.org/10.3390/agronomy13061581>
16. Parpieva, N., Matikeyeva, N., Sheralieva, Z., Adylbekova, N., & Amatova, U. 2023. Resource potential for the sustainable development of agriculture in the Kyrgyz Republic. In *E3S Web of Conferences*. Vol. 380. EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338001022>
17. Mockeviciene, I., Repsiene, R., Amaleviciute-Volunge, K., Karcauskiene, D., Slepeliene, A., Lepane, V. 2022. Effect of long-term application of organic fertilizers on improving organic matter quality in acid soil. *Archives of Agronomy and Soil Science*. Vol. 68(9). Pp. 1192-1204. <https://doi.org/10.1080/03650340.2021.1875130>
18. Karunathilake, E.M.B.M., Le, A.T., Heo, S., Chung, Y.S., Mansoor, S. 2023. The Path to Smart Farming: Innovations and Opportunities in Precision Agriculture. *Agriculture*. №13. <https://doi.org/10.3390/agriculture13081593>
19. Abdulraheem, M.I., Zhang, W., Li, S., Moshayedi, A.J., Farooque, A.A., Hu, J. 2023. Advancement of Remote Sensing for Soil Measurements and Applications: A Comprehensive Review. *Sustainability*. Vol. 15. <https://doi.org/10.3390/su152115444>
20. Tavakol, A., McDonough, K. R., Rahmani, V., Hutchinson, S. L., Hutchinson, J. S. 2021. The soil moisture data bank: The ground-based, model-based, and satellite-based soil moisture data. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*. Vol. 24. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2021.100649>
21. Chen, Y., Feng, X., Fu, B. 2021. An improved global remote-sensing-based surface soil moisture (RSSSM) dataset covering 2003–2018. *Earth System Science Data*. Vol. 13(1). Pp. 1–31. <https://doi.org/10.5194/essd-13-1-2021>
22. Peng, J., Tanguy, M., Robinson, E. L., Pinnington, E., Evans, J., Ellis, R., Dadson, S. 2021. Estimation and evaluation of high-resolution soil moisture from merged model and Earth observation data in the Great Britain. *Remote Sensing of Environment*. Vol. 264. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2021.112610>