ISNN 3030-3907

2026
JUNE
ISSUE - 6
VOLUME - 9

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

IYUN 2026
Issue - 6, VOLUME – 9

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

УДК 538.911:958.971

АНАЛИЗ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ЗОЛЫ БИОМАССЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА УСТОЙЧИВЫХ УДОБРЕНИЙ

Н.Шарипов
Ферганский государственный технический университет
E-mail: sharipovnodirbek1998@gmail.com
З.К. Дехканов
Ферганский государственный технический университет
Г.Норматов
Наманганский филиал Медицинского института «Импульс» Республики Узбекистан
ORCID: 0009-0001-4069-0005

Abstract. В данной статье анализируются физико-химические показатели золы отходов биомассы, включая ее химический состав, минеральные компоненты и агрохимические свойства. Наличие в золе биомассы калия, кальция, фосфора, магния и других элементов, важных для питания растений, указывает на то, что ее можно рассматривать как ценное вторичное сырье. По результатам исследования обоснованы перспективы производства экологически безопасных и экономически эффективных минеральных удобрений на основе переработки данной золы. Полученные результаты имеют большое значение для эффективного использования сельскохозяйственных отходов, ресурсосбережения и повышения плодородия почвы.

Ключевые слова: отходы биомассы, зола, физико-химические показатели, химический состав, минеральные элементы, вторичное сырье, минеральное удобрение.

Annotatsiya. Ushbu maqolada biomassa chiqindilari kullarining fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlari, jumladan kimyoviy tarkibi, mineral komponentlari hamda agrokimyoviy xossalari tahlil qilingan. Biomassa kullari tarkibida o‘simliklar oziqlanishi uchun muhim bo‘lgan kaliy, kalsiy, fosfor, magniy va boshqa elementlarning mavjudligi ularni qimmatli ikkilamchi xomashyo sifatida baholash imkonini beradi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, ushbu kullarni qayta ishlash asosida ekologik xavfsiz va iqtisodiy samarador mineral o‘g‘itlar ishlab chiqarish istiqbollari asoslab berilgan. Olingan natijalar qishloq xo‘jaligi chiqindilaridan samarali foydalanish, resurslarni tejash va tuproq unumdorligini oshirishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Kalit so‘zlar: biomassa chiqindilari, kul, fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlar, kimyoviy tarkib, mineral elementlar, ikkilamchi xomashyo, mineral o‘g‘it.

Abstract. This article analyzes the physicochemical characteristics of biomass waste ashes, including their chemical composition, mineral components, and agrochemical properties. The presence of potassium, calcium, phosphorus, magnesium, and other elements important for plant nutrition in biomass ashes indicates that they can be evaluated as valuable secondary raw materials. According to the study's results, the prospects for producing environmentally safe and economically efficient mineral fertilizers from the processing of these ashes are substantiated. The results obtained are of great importance for the effective use of agricultural waste, resource conservation, and increased soil fertility.

Keywords: biomass waste, ash, physicochemical parameters, chemical composition, mineral elements, secondary raw materials, mineral fertilizer.

ВВЕДЕНИЕ.

В настоящее время на глобальном уровне одной из актуальных экологических и экономических проблем является эффективная переработка биомассовых отходов, образующихся в результате сельскохозяйственной и промышленной деятельности. Рост численности населения, увеличение спроса на продовольственные продукты, а также интенсивное использование земельных ресурсов усиливают необходимость обеспечения высокой урожайности в сельском хозяйстве. В этом контексте важное значение приобретает рациональное использование минеральных удобрений. В то же время высокая энергоёмкость и экологическая нагрузка традиционного производства удобрений обуславливают необходимость поиска альтернативных источников сырья.

Биомассовые отходы, включая солому, стебли, оболочки, листья, кожуру плодов и другие органические остатки, при сжигании образуют золу, содержащую калий, кальций, фосфор, магний, железо и другие полезные элементы. Данные компоненты являются необходимыми питательными веществами для роста и развития растений. В связи с этим биомассовая зола рассматривается не только как отход, но и как ценный вторичный ресурс. В настоящее время проводится множество научных исследований, направленных на изучение физико-химических характеристик биомассовой золы, её состава и возможностей применения в сельском хозяйстве. Особенно важно использование данной золы в производстве минеральных удобрений с точки зрения обеспечения экологической устойчивости, сокращения объёмов отходов и эффективного использования ресурсов. Целью данного исследования является анализ физико-химических показателей золы биомассовых отходов, определение полезных минеральных компонентов в её составе, а также оценка её потенциала для производства минеральных удобрений. Результаты исследования могут служить научной основой для

ISSN 3030-3907

создания инновационных и экологически безопасных видов удобрений в сельском хозяйстве [1–3].

Анализ образующихся отходов

В сельском хозяйстве и агропромышленном комплексе в процессе переработки выращенной продукции образуется значительное количество органических отходов. Эти отходы различаются по составу, количеству и физико-химическим свойствам, однако основную их часть составляет лигноцеллюлозная биомасса. Правильное управление и переработка данных отходов позволяет не только снизить экологическую нагрузку, но и повысить экономическую эффективность.

Сельскохозяйственные отходы условно можно разделить на несколько групп:

1. Растительные остатки – солома зерновых культур, стебли кукурузы, стебли хлопчатника, стебли подсолнечника, шелуха риса, остатки фруктов и овощей, листья и ветви деревьев. Данная группа составляет наибольшую долю отходов и является важным сырьём для получения золы.

2. Отходы перерабатывающих предприятий – линт и кожура на хлопкоочистительных предприятиях, шрот и шелуха в масложировой промышленности, рисовая шелуха при очистке риса, кожура и пресс-остатки при переработке фруктов и овощей.

3. Отходы животноводства – навоз, отходы птицеводства, остатки кормов и другие органические отходы. Они в основном используются как органические удобрения, однако в отдельных случаях после сушки и сжигания также могут служить источником золы.

Согласно статистическим данным, на каждую тонну сельскохозяйственной продукции приходится в среднем 1,2–2,5 тонны биомассовых отходов. Например, при получении 1 тонны пшеницы образуется 1,3–1,5 тонны соломы, при производстве 1 тонны риса — 0,2–0,3 тонны шелухи, а при переработке 1 тонны хлопка-сырца — до 2 тонн стеблей и других остатков.

Данные отходы часто сжигаются на открытых площадках или просто выбрасываются. В результате в атмосферу выделяются углекислый газ, пыль и другие вредные вещества, снижается биологическая активность почвы и оказывается негативное воздействие на окружающую среду. Поэтому их использование в энергетических целях с последующим применением золы в качестве минерального удобрения является важным научно-практическим направлением [4–6].

Анализ биомассовых отходов показывает, что они содержат значительное количество минеральных веществ, а в золе после сжигания

ISSN 3030-3907

особенно высоко содержание калия, кальция, фосфора и магния. Таким образом, комплексное использование сельскохозяйственных отходов позволяет одновременно получать энергию, сокращать объёмы отходов и производить удобрения.

2. МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ.

2.1. Объекты исследования и подготовка образцов золы

Для исследования были отобраны образцы биомассы, полученные из таких видов сырья, как стебли томата, сосновые шишки, древесная стружка, стебли хлопчатника и стебли подсолнечника. Примеси, содержащиеся в образцах (почва, песок, камни и металлические включения), были удалены механическим способом.

Стеклянная посуда для анализа была стерилизована и высушена при температуре 150–160°C в течение 2 часов. Образцы были доведены до постоянной массы. Высушенное сырьё измельчалось до порошкообразного состояния и подвергалось озолению в предварительно очищенном кварцевом тигле, прокалённом при 550°C до достижения постоянной массы.

Около 5 г измельчённого образца помещали в кварцевый тигель и прокаливали в муфельной печи при температуре 450–550°C до прекращения выделения дыма. Затем тигель охлаждали и доводили до комнатной температуры в эксикаторе.

Полученные образцы золы просеивали через сито с размером ячеек 100–200 мм и доводили до однородного мелкодисперсного порошкообразного состояния.

Согласно статистическим данным, на каждую тонну сельскохозяйственной продукции в среднем приходится 1,2–2,5 тонны биомассовых отходов. В частности, при получении 1 тонны пшеницы образуется 1,3–1,5 тонны соломы, при производстве 1 тонны риса — 0,2–0,3 тонны шелухи, а при переработке 1 тонны хлопка-сырца — до 2 тонн стеблей и других остатков.

2.2. Физико-химическая характеристика образцов золы

Физико-химические свойства веществ являются одним из ключевых параметров при оценке возможностей их практического применения. Физико-химический анализ включал следующие показатели: физическое состояние, цвет, потеря массы при высушивании по стандартной методике, общее содержание золы, растворимость в воде, спирте и кислотах, а также значение pH среды.

Исследуемые образцы золы представляли собой мелкодисперсный порошок, цвет которого в зависимости от вида исходного сырья варьировал от серовато-белого до тёмно-серого или чёрного.

ISSN 3030-3907

Значения pH всех образцов золы были определены путем приготовления суспензии зола–вода (1:10, м/об.). Значение pH суспензии измеряли с использованием предварительно откалиброванного цифрового pH-метра.

2.3. Определение химического состава образцов золы

Элементный и оксидный состав образцов золы определяли с использованием рентгенофлуоресцентного спектрометра Rigaku NEX CG (Japan). Анализ проводили на основе метода фундаментальных параметров (FP, Fundamental Parameters) с применением коррекции рассеяния (Scatter correction).

Данный метод обеспечивает высокоточную количественную оценку даже следовых концентраций элементов в образцах с использованием предела обнаружения (LLD, Lower Limit of Detection). Для каждого образца проводили три повторных измерения, а результаты фиксировали в виде массовых долей (мас. %).

3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ.

3.1. Анализ содержания золы

Результаты, полученные при переработке отходов биомассы и получении из них минеральных удобрений, показывают, что содержание минеральных элементов, эффективность переработки и показатели экономической эффективности для различных видов биомассы различаются.

Согласно результатам исследования, наибольшее содержание золы наблюдалось в золе стеблей томатов и составило 9,21%, что указывает на то, что данное сырье сильно обогащено минеральными веществами. Значительно высокий выход золы (21,9%) был также зафиксирован для золы стеблей подсолнечника, что подтверждает ее ценность как агрохимически ценного сырья.

Содержание золы в золе стеблей хлопчатника составило 7,65%, что указывает на умеренное значение в изученном диапазоне. Для образцов сосновой шишки и смешанной древесины содержание золы составило 4,43% и 4,35% соответственно. Более низкие значения золы в этих образцах можно объяснить более высокой долей органических компонентов в их структуре.

В целом, изменение содержания золы от 4,35% до 21,9% указывает на различное минеральное обогащение исследуемых образцов растительной биомассы. Образцы с высоким содержанием золы являются перспективными источниками минеральных добавок для повышения плодородия почвы и снижения её кислотности.

ISSN 3030-3907

Таблица 1.

Физико-химические характеристики и растворимость исследуемых образцов золы биомассы

Источник золы	Физическое состояние	Цветность	Щелочность	Потери при высушивании (мас.%)	Содержание золы (мас. %)	pH водного экстракта	Водорастворимая зола (мас. %)	Водонерастворимая зола (мас. %)
Стебли томатов	Мелкий порошок	Серый	Щелочной	0.37 ±0.05	9.21	9.4	60	40
Сосновые шишки	Мелкий порошок	Серовatый	Щелочной	0.39 ±0.05	4.43	9	36	64
Зола смешанных древесных пород	Мелкий порошок	черноватый	Щелочной	0.94 ±0.05	4.35	8.9	45	55
Стебель Хлопчатника	Мелкий порошок	Серый	Щелочной	0.37 ±0.05	7.65	9.8	65	35
Стебли подсолнечника	Мелкий порошок	Серый	Щелочной	0.35 ±0.05	21.9	9.9	75	25

3.2. Химический (элементный и оксидный) состав образцов золы

Элементный состав золы биомассы был определён методом рентгенофлуоресцентного анализа (XRF), а полученные результаты показали наличие как основных, так и следовых элементов в составе золы (таблица 2). Согласно полученным данным, химический состав образцов золы существенно варьирует в зависимости от вида биомассы. Во всех образцах

ISSN 3030-3907

основными компонентами являются Ca, K, Si и Na, что подтверждает щелочной характер исследуемой золы. В золе стеблей томата содержание кальция оказалось наибольшим и составило 20.70 ± 0.50 мас.%, что указывает на её потенциальную эффективность в снижении кислотности почвы. Аналогично, образцы золы стеблей хлопчатника и подсолнечника также характеризуются высоким содержанием кальция.

Таблица 2.

Элементные концентрации в различных образцах золы биомассы, определённые методом XRF (мас. %, среднее ± SD, n = 3)

Группа элементов	Элемент	Зола стеблей томата	Зола сосновых шишек	Зола смешанной древесины	Зола стеблей хлопчатника	Зола стеблей подсолнечника
Основные элементы	K	3.12± 0.02	5.967± 0.008	5.693± 0.008	20.30± 0.10	28.96±0.08
	Ca	20.70 ±0.50	17.29± 0.07	13.98± 0.15	17.90± 0.10	17.29±0.07
	Na	14.25 ±0.07	-	7.167± 0.007	6.48±0.01	9.57±0.07
	Mg	7.88± 0.15	2.868± 0.006	4.426± 0.009	3.984± 0.006	4.306±0.009
	Si	2.64± 0.01	9.66± 0.09	9.52± 0.05	3.024± 0.005	1.482±0.007
	P	0.77± 0.01	1.039± 0.004	0.620± 0.004	2.305± 0.004	0.684±0.007
	S	4.45± 0.08	4.71± 0.06	2.096± 0.004	2.912± 0.004	1.444±0.004
	Cl	10.90 ±0.10	0.401± 0.001	2.64± 0.01	3.98±0.01	9.02±0.01
Микроэлементы	Al	0.99± 0.01	3.208± 0.005	3.139± 0.005	-	0.708±0.008
	Fe	0.292 ± 0.007	2.646± 0.007	2.170± 0.007	0.728± 0.007	0.161±0.007
	Mn	0.029 ± 0.001	0.069± 0.001	0.052± 0.001	0.028± 0.001	0.013±0.001

ISSN 3030-3907

	Zn	0.016 ± 0.001	0.053± 0.001	0.041± 0.001	0.017± 0.001	0.014±0.001
	Sr	0.205 ± 0.001	0.0623 ± 0.0001	0.126± 0.001	0.139± 0.001	0.223±0.001
Следовые элементы	Прочие элементы *	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

** Прочие элементы: Ti, V, Cr, Ni, Cu, Ga, As, Rb, Zr, Ba, Pb, etc.*

Содержание калия (K) оказалось наибольшим в золе подсолнечника (28.96 ± 0.08 мас.%), что позволяет рассматривать данный образец как перспективный ресурс для получения калийсодержащих минеральных удобрений. В золе стеблей хлопчатника также наблюдается относительно высокое содержание калия (20.30 ± 0.10 мас.%), что свидетельствует о его значительной роли в питании растений. В отличие от этого, в золе стеблей томата содержание калия было ниже, при этом преобладало содержание кальция.

Содержание кремния (Si) было особенно высоким в золе сосновых шишек и золе смешанной древесины (9.66 ± 0.09 – 9.52 ± 0.05 мас.%), что объясняется наличием кремнийсодержащих структурных компонентов в данных видах биомассы. Высокая доля Si может способствовать повышению механической и технологической стабильности золы.

Содержание магния (Mg) во всех образцах находилось на среднем уровне, при этом несколько более высокие значения были зафиксированы в золе стеблей томата и золе смешанной древесины. Данный элемент является важным фактором, повышающим агрохимическую ценность золы как минерального удобрения.

Элементы фосфор (P) и сера (S) присутствовали во всех образцах, что указывает на наличие фосфатных и сульфатных соединений в составе золы. Особенно высокое содержание фосфора в золе стеблей хлопчатника и сосновых шишек свидетельствует о возможности их использования для получения фосфорных удобрений.

Из микроэлементов железо (Fe), цинк (Zn), стронций (Sr) и рубидий (Rb) были обнаружены в незначительных количествах во всех образцах, что повышает экологическую и микроэлементную ценность золы. В частности, наличие Fe и Zn позволяет рассматривать данные материалы как

ISSN 3030-3907

агрохимические добавки, обогащённые микроэлементами. В целом, результаты XRF-анализа показали, что исследуемые биомассовые золы характеризуются богатым и разнообразным химическим составом, что создаёт научную основу для их применения в агрохимических, мелиоративных и технологических направлениях.

На основе XRF-анализа был определён химический состав золы стеблей томата, сосновых шишек, смешанной древесины, стеблей хлопчатника и подсолнечника, а также оценено содержание основных оксидов в массовых процентах. Полученные результаты показали значительные различия в составе золы в зависимости от вида биомассы (таблица 3).

Таблица 3.

Химический оксидный состав исследуемых биомассовых зол, определённый методом XRF (мас. %, среднее ± SD, n = 3)

Оксиды	Зола стеблей томата	Зола сосновых шишек	Зола смешанной древесины	Зола стеблей хлопчатника	Зола стеблей подсолнечника
CaO	29.0 ±0.7	24.2±0.1	19.6±0.2	25.20±0.15	24.2±0.1
K_2O	3.76± 0.02	7.19±0.01	6.86±0.01	24.47±0.15	34.9±0.1
SiO_2	5.66± 0.04	20.7±0.2	20.4±0.1	6.48±0.01	3.18±0.02
MgO	13.14± 0.25	4.78±0.01	7.38±0.02	6.64±0.01	7.18±0.02
P_2O_5	1.76± 0.03	2.38±0.01	1.42±0.01	5.28±0.01	1.57±0.02
SO_3	11.1±0.2	11.80± 0.15	5.24±0.01	7.28±0.01	3.61±0.01
Na_2O	19.2±0.1	-	9.66±0.01	8.73±0.02	12.9±0.1
Al_2O_3	1.87± 0.02	6.06±0.01	5.93±0.01	-	1.34±0.02
Fe_2O_3	0.417± 0.001	3.78±0.01	3.11±0.01	1.04±0.01	0.23±0.01

Результаты исследования показали, что во всех образцах золы были идентифицированы оксиды CaO, K_2O, SiO_2, MgO, P_2O_5, SO_3 и Na_2O, соотношение которых определяет физико-химические и прикладные свойства золы.

ISSN 3030-3907

Оксид кальция (CaO) является одним из основных компонентов во всех исследованных образцах, при этом его максимальное содержание было зафиксировано в золе стеблей томата (0.7 мас.%). Кроме того, высокое содержание CaO наблюдалось в золе стеблей хлопчатника (25.20±0.15 мас.%), сосновых шишек и подсолнечника (24.2±0.1 мас.%), что подтверждает щелочной характер данных образцов и их потенциальную эффективность в снижении кислотности почв. Зола смешанной древесины характеризовалась относительно более низким содержанием CaO (19.6±0.2 мас.%).

Содержание оксида калия (K_2O) оказалось наибольшим в золе подсолнечника (34.9±0.1 мас.%), что позволяет рассматривать данный образец как калийсодержащий агрохимический материал. В золе стеблей хлопчатника также наблюдалось высокое содержание K_2O (24.47±0.15 мас.%), что подтверждает его значимость для питания растений. В золе стеблей томата содержание K_2O было относительно низким (3.76±0.02 мас.%), что указывает на преобладание кальцийсодержащих соединений в её составе.

Диоксид кремния (SiO_2) в основном присутствовал в высоких концентрациях в золе сосновых шишек (20.7±0.2 мас.%) и смешанной древесины (20.4±0.1 мас.%). Это объясняется наличием кремнийсодержащих структурных компонентов в данных видах биомассы. Высокая доля SiO_2 может повышать механическую стабильность золы и расширять её технологическое применение.

Оксид магния (MgO) достиг максимального значения в золе стеблей томата (13.14±0.25 мас.%), что свидетельствует о её высокой агрохимической ценности как источника макроэлементов для растений. В остальных образцах содержание MgO варьировало в диапазоне 4.78±0.01–7.38±0.02 мас.%, подтверждая их минеральную ценность.

Содержание фосфорного ангидрида (P_2O_5) было наибольшим в золе стеблей хлопчатника (5.28±0.01 мас.%), что указывает на её потенциал для использования в производстве фосфорных удобрений. В других образцах содержание P_2O_5 находилось в диапазоне 1.42 ± 0.01 – 2.38 ± 0.01 мас.%.

Оксид серы (SO_3) был зафиксирован в высоких концентрациях в золе стеблей томата (11.1±0.2 мас.%) и сосновых шишек (11.80±0.15 мас.%). Его присутствие указывает на наличие сульфатных соединений, что требует учёта их влияния на почвенную химию.

Оксид натрия (Na_2O) был обнаружен в значительных количествах в золе стеблей томата (19.2±0.1 мас.%) и подсолнечника (12.9±0.1 мас.%), играя важную роль в повышении щелочности зольных растворов. В золе

ISSN 3030-3907

сосновых шишек Na_2O не был обнаружен, что объясняется особенностями исходного сырья.

Кроме того, оксид алюминия (Al_2O_3) и оксид железа (Fe_2O_3) были определены в низких и средних концентрациях. Содержание Al_2O_3 варьировало в диапазоне 1.34±0.02–6.06±0.01 мас.%, при этом максимальные значения наблюдались в золе сосновых шишек (6.06±0.01 мас.%) и смешанной древесины (5.93±0.01 мас.%). В золе стеблей томата и подсолнечника содержание Al_2O_3 было низким, а в некоторых образцах находилось ниже предела обнаружения (LLD).

В целом, результаты XRF-анализа подтверждают, что исследуемые биомассовые золы характеризуются богатым оксидным составом, что обосновывает их высокий потенциал для применения в агрохимических и технологических направлениях.

3.3. Возможности использования биомассовых отходов

Эффективное использование биомассовых отходов является одним из важнейших направлений обеспечения ресурсосбережения, экологической безопасности и экономической эффективности. Переработка органических отходов, образующихся в сельском хозяйстве, пищевой промышленности и лесном хозяйстве, позволяет получать энергию, удобрения, кормовые добавки, строительные материалы и другие ценные продукты. Основные направления использования биомассовых отходов представлены в таблице 4.

Таблица 4.

Виды биомассовых отходов и направления их использования

№	Вид биомассы	Источник	Технология переработки	Получаемый продукт	Состав золы	Область применения	Экологическая и экономическая эффективность
1	Солома пшеницы	Земледелие	Сжигание, брикетирование, компостирование	Биотопливо, зола, компост	K, Ca, Mg	Калийное удобрение, топливо	Снижение отходов, повышение урожайности
2	Рисовая шелуха	Земледелие	Сжигание, пиролиз	Зола, кремний,	SiO_2, K, P	Улучшение структуры почвы	Улучшение качества почвы

ISSN 3030-3907

				теплоэнергия			
3	Стебли хлопчатника	Хлопководство	Грануляция, сжигание	Энергия, зола	K_2O, CaO	Комплексное удобрение	Использование местных ресурсов
4	Стебли кукурузы	Земледелие	Анаэробное разложение, компостирование	Биогаз, биоудобрение	K, P, органическое вещество	Энергия, удобрение	Производство газа, снижение затрат
5	Кожура фруктов	Пищевая промышленность	Ферментации, компостирование	Биоэтанол, компост	Микроэлементы	Органическое удобрение	Повышение эффективности переработки
6	Древесная стружка	Деревообработка	Пеллетирование, сжигание	Пеллеты, тепловая энергия	Ca, K	Энергетика, удобрение	Экономия топлива
7	Навоз	Животноводство	Anaerobic preservation	Биогаз, биогумус	N, P, K	Органическое удобрение	Обезвреживание отходов
8	Птичий помёт	Птицеводство	Анаэробное консервирование	Зола, удобрение	P, Ca	Фосфорное удобрение	Повышение плодородия
9	Стебли подсолнечника	Масличные культуры	Сушка, сжигание	Зола, компост	K, Ca	Минеральное удобрение	Переработка отходов
10	Листья и ветви	Садоводство	Сжигание, компостирование	Зола, компост	Ca, Mg	Органоминеральное	Обеспечение экологичес

ISSN 3030-3907

						удобрение	кой чистоты
11	Остатки тростника и сена	Сельское хозяйство	Брикетирование, сжигание	Брикеты, теплоэнергия	K, Si	Топливо, удобрение	Дешёвый источник энергии
12	Овощные отходы	Пищевая отрасль	Ферментации, компостирование	Биогаз, компост	Органическое вещество	Удобрение	Снижение отходов

Комплексное использование биомассовых отходов позволяет получать энергию, биотопливо, компост, биогаз, а также минеральные удобрения. Данный процесс имеет важное значение для снижения объёмов отходов, рационального использования ресурсов и повышения эффективности сельского хозяйства [7–9].

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Производство минеральных удобрений на основе переработки отходов биомассы имеет важное значение для ресурсосбережения, сокращения объемов отходов и защиты окружающей среды. В ходе исследования было установлено, что содержание золы в изученных образцах биомассы варьируется от 4,35% до 21,9%. Наибольшее содержание золы было зафиксировано в стеблях подсолнечника (21,9%) и стеблях томата (9,21%). Анализ XRF подтвердил, что зола биомассы является ценным вторичным сырьем, богатым минеральными элементами. Основными компонентами во всех образцах являются Ca, K, Si и Na. Калий (K_2O): Зола подсолнечника отличается самым высоким содержанием калия (28,96 мас.% / 34,9 мас.%) и является ценным ресурсом для получения калийных удобрений. Зола стеблей хлопчатника также обладает высоким содержанием калия. Кальций (Ca/CaO): Зола стеблей томатов имеет высокое содержание кальция (20,70 мас.% / высокое содержание CaO) и магния (13,14 мас.% MgO), что делает её эффективным средством для нейтрализации кислотности почвы. Кремний (Si/SiO_2): Высокое содержание кремния отмечено в золе сосновой шишки и смешанной древесины (20,7 мас.% и 20,4 мас.% соответственно), что повышает технологическую ценность золы. Фосфор (P_2O_5): Зола стеблей хлопчатника показала наивысшее содержание фосфора (5,28 мас.%), что делает её перспективным сырьем для фосфорных удобрений.

ISSN 3030-3907

С агрономической точки зрения, умеренное применение золы биомассы позволяет улучшить агрохимические показатели почвы и повысить урожайность в среднем на 10–25%. Использование местного сырья снижает потребность в импортных минеральных удобрениях и полностью соответствует принципам зеленой экономики. В будущем целесообразно расширить научно-исследовательские работы по глубокой переработке золы биомассы, стандартизации её химического состава и созданию комплексных видов удобрений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Abbasov B.X., Yuldashev N.K. Qishloq xo‘jaligi chiqindilarini qayta ishlash va ulardan samarali foydalanish usullari. – Toshkent: Fan va texnologiya, 2021. – 156 b.
2. Karimov Sh.R., Raximov A.A. Biomassa resurslaridan energiya va o‘g‘it olish texnologiyalari. // Kimyo va kimyo texnologiyasi. – 2022. – №4. – B. 45–52.
3. Tursunov O.T., Ismoilov S.M. Biomassa kullarining mineral tarkibi va agronomik ahamiyati. // Qishloq xo‘jaligi ilm-fani axborotnomasi. – 2023. – №2. – B. 66–72.
4. Nurmatov A.J., Xolmurodov F.B. Agro-sanoat chiqindilaridan kompleks foydalanish istiqbollari. – Samarqand: Zarafshon, 2020. – 184 b.
5. Demirbas A. Biomass resource facilities and biomass conversion processing for fuels and chemicals. // Energy Conversion and Management. – 2001. – Vol. 42. – P. 1357–1378.
6. Vassilev S.V., Baxter D., Andersen L.K. An overview of the chemical composition of biomass. // Fuel. – 2010. – Vol. 89. – P. 913–933.
7. Pandey A., Bhaskar T., Stöcker M., Sukumaran R.K. Recent advances in thermochemical conversion of biomass. // Bioresource Technology. – 2015. – Vol. 178. – P. 162–176.
8. Jenkins B.M., Baxter L.L., Miles T.R. Combustion properties of biomass. // Fuel Processing Technology. – 1998. – Vol. 54. – P. 17–46.
9. FAO. Crop Residues Management with Conservation Agriculture. – Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2019. – 98 p.

ISSN 3030-3907