Sifatli ta'lim-yorqin kelajak
ISSN: 3060-4761

TerDPI ILMIY XABARNOMASI
SCIENTIFIC BULLETIN OF THE TerSPI
НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК ТерГПИ

www.xabarnoma.terdpi.uz

УДК: 544.77.022.537
ORCID: 0000-0002-1775-3039

ИССЛЕДОВАНИЕ ЖМЫХА КОРНЯ СОЛОДКИ В КАЧЕСТВЕ ОСНОВНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ УГОЛЬНОГО АДСОРБЕНТА

Хошимов Шахром Мансуржон угли
докторант, Институт общей и неорганической химии.
E-mail. shaxromxoshimov1989@gmail.com
Холиқов Камолиддин Абдиғаниевич
ассистент, Ташкентский университет информационных технологий имени Мухаммада ал-Хорезми
E-mail: xoliqov0826@gmail.com
Очилов Галибжон мамаюнович
к.х.н., профессор, Кокандский государственный педагогический институт.
E-mail: golibjon.ochilov@mail.ru
Бахронов Хаёт нурович
д.х.н., профессор, Ташкентский университет информационных технологий имени Мухаммада ал-Хорезми
E-mail: xoliqov0826@gmail.com
Абдикамалова Азиза Бахтияровна
д.х.н., Институт общей и неорганической химии.
E-mail: Aziza.abdik@gmail.com
Эшметов Иззат Дусимбатович
д.т.н., профессор, Институт общей и неорганической химии.
E-mail: izzat.dusimbatovich@gmail.com

Аннотация. В данной статье рассматривается возможность использования жмыха корня солодки (ЖКС), побочного продукта фармацевтической и пищевой промышленности, в качестве сырья для производства угольного адсорбента. Жмых корня солодки представляет собой отход биомассы, содержащий высокое количество органических соединений, что делает его перспективным материалом для получения углеродных адсорбентов. Исследование включает в себя определение физико-химических свойств жмыха корня солодки, проведение термогравиметрического и дифференциального термического анализа, а также анализ зольного остатка и его микроструктуры.

Проведенные эксперименты показали, что жмых корня солодки обладает высоким содержанием углерода и кислорода, что характерно для органических материалов, а также содержит незначительное количество неорганических компонентов, таких как минералы. Термогравиметрический анализ выявил несколько этапов разложения органических веществ, что указывает на возможность получения углеродного материала с необходимыми адсорбционными свойствами. Рентгенофлуоресцентный и рентгенодифракционный анализы

золы подтвердили наличие различных минеральных фаз, таких как кварц и кальцит, что может повлиять на конечные характеристики угольного адсорбента.

Результаты исследования показывают, что жмых корня солодки может быть использован в качестве эффективного и экологически безопасного сырья для производства угольных адсорбентов, что открывает новые возможности для переработки отходов биомассы в полезные материалы.

Ключевые слова: жмых корня солодки, микроскопический анализ, зола, влажность, рентгенофлуоресцентный анализ, содержание летучих веществ, элементный состав.

THE STUDY OF LICORICE ROOT CAKE AS THE MAIN RAW MATERIAL FOR THE PRODUCTION OF COAL ADSORBENT

Abstract. This article explores the potential use of licorice root cake (LRC), a by-product of the pharmaceutical and food industries, as a raw material for the production of carbon adsorbents. Licorice root cake is a biomass waste that contains a high amount of organic compounds, making it a promising material for obtaining carbon-based adsorbents. The study involves determining the physicochemical properties of licorice root cake, conducting thermogravimetric and differential thermal analysis, as well as analyzing the ash residue and its microstructure.

The experiments revealed that licorice root cake has a high content of carbon and oxygen, which is typical for organic materials, and contains a small amount of inorganic components, such as minerals. The thermogravimetric analysis identified several stages of organic matter decomposition, indicating the possibility of obtaining carbon material with the desired adsorption properties. The X-ray fluorescence and X-ray diffraction analyses of the ash confirmed the presence of various mineral phases, such as quartz and calcite, which may influence the final characteristics of the carbon adsorbent.

The study results demonstrate that licorice root cake can be used as an effective and environmentally friendly raw material for the production of carbon adsorbents, opening new possibilities for converting biomass waste into valuable materials.

Keywords: licorice root cake, microscopic analysis, ash, moisture content, X-ray fluorescence analysis, volatile matter content, elemental composition.

KO‘MIR ADSORBENTINI ISHLAB CHIQARISH UCHUN ASOSIY XOM ASHYO SIFATIDA QIZILMIYA ILDIZI KEKINI O‘RGANISH

Annotasiya. Ushbu maqolada ko‘mir adsorbentini ishlab chiqarish uchun xom ashyo sifatida farmatsevtika va oziq-ovqat sanoatining yon mahsuloti bo‘lgan qizilmiya ildizi keki (GCS) dan foydalanish imkoniyati ko‘rib chiqiladi. Qizilmiya ildizi keki yuqori miqdordagi organik birikmalarni o‘z ichiga olgan biomassa chiqindilari bo‘lib, uni uglerod adsorbentlarini ishlab chiqarish uchun istiqbolli materialga aylantiradi. Tadqiqot qizilmiya ildizi kekining fizik-kimyoviy xususiyatlarini aniqlash, termogravimetrik va differensial termal tahlillarni o‘tkazish, kul qoldig‘i va uning mikroyapısını tahlil qilishni o‘z ichiga oladi.

O‘tkazilgan tajribalar shuni ko‘rsatdiki, qizilmiya ildizi keki tarkibida uglerod va kislorod miqdori yuqori, bu organik materiallarga xosdir, shuningdek, minerallar kabi oz miqdordagi noorganik tarkibiy qismlarni o‘z ichiga oladi. Termogravimetrik tahlil organik moddalarning parchalanishining bir necha bosqichlarini aniqladi, bu zarur adsorbsion xususiyatlarga ega uglerod materialini olish imkoniyatini ko‘rsatadi. Kulning rentgen-floresan va rentgen-difraksion tahlillari

Sifatli ta’lim-yorqin kelajak
ISSN: 3060-4761

TerDPI ILMIY XABARNOMASI
SCIENTIFIC BULLETIN OF THE TerSPI
НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК ТерГПИ

www.xabarnoma.terdpi.uz

kvarts va kaltsit kabi turli xil mineral fazalar mavjudligini tasdiqladi, bu esa ko‘mir adsorbentining yakuniy xususiyatlariga ta’sir qilishi mumkin.

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, qizilmiya ildizi keki ko‘mir adsorbentlarini ishlab chiqarish uchun samarali va ekologik toza xom ashyo sifatida ishlatilishi mumkin, bu esa biomassa chiqindilarini foydali materiallarga qayta ishlash uchun yangi imkoniyatlar ochadi.

Kalit so‘zlar: qizilmiya ildizi keki, mikroskopik tahlil, kul, namlik, rentgen-lyuminestsent tahlil, uchuvchi moddalar tarkibi, elementar tarkibi.

Введение. Современные технологии очистки воды и воздуха требуют разработки эффективных и экологически безопасных адсорбентов, которые могут использоваться для удаления различных загрязнителей, таких как органические соединения, тяжелые металлы и нефтепродукты [1-3]. В этой связи угольные адсорбенты играют ключевую роль благодаря своей высокой адсорбционной способности, химической стабильности и доступности исходного сырья. Однако, традиционные угольные адсорбенты, такие как активированный уголь, производятся из древесины, угля и других невозобновляемых ресурсов, что приводит к значительным экологическим и экономическим издержкам [4-8].

Одним из перспективных направлений является использование отходов сельскохозяйственного производства в качестве исходного сырья для получения угольных адсорбентов. Одним из таких материалов является жмых корня солодки — побочный продукт переработки корня солодки, который широко применяется в фармацевтической и пищевой промышленности. Жмых корня солодки содержит значительное количество органических соединений, что делает его потенциальным кандидатом для использования в качестве исходного сырья для получения угольных адсорбентов [9-12].

Цель настоящего исследования заключается в изучении возможности использования жмыха корня солодки для получения угольного адсорбента с высокими адсорбционными характеристиками. В работе рассматриваются оптимальные условия карбонизации жмыха, оценка его структуры и свойств, а также сравнение полученного угольного адсорбента с коммерческими образцами.

Экспериментальная часть. В качестве исходного материала использовались остатки биомассы — жмых корня солодки (ЖКС). Данный отход был получен у Ассоциации организаций по производству и переработке солодки и других лекарственных растений (Республика Каракалпакстан). Жмых представлял собой хлопья, длиной не более 20 мм и толщиной не более 3 мм. Эти образцы были применены в исследовании без какой-либо предварительной обработки или измельчения.

Физико-химические показатели жмыха корня солодки были определены в соответствии с требованиями ГОСТа 24027.2-80.

Электронно-микроскопические снимки образцов и данные об элементном составе получены с использованием сканирующего электронного микроскопа EVO MA10 SEM. Также были проведены микроскопические исследования на лабораторном микроскопе модели NLCD-307D.

Термогравиметрический и дифференциально-термический анализ проводился на (DTG-60, Simultaneous DTA-TG aparatus shimadzu, Япония) дериватографе марки Q-1500 D в интервале от комнатной до 1100° DTG-

Sifatli ta'lim-yorqin kelajak
ISSN: 3060-4761

TerDPI ILMIY XABARNOMASI
SCIENTIFIC BULLETIN OF THE TerSPI
НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК ТерГПИ

www.xabarnoma.terdpi.uz

60Н: до 1500°С в атмосфере воздуха со скоростью нагрева 10°/мин [13, 14].

Полученная зола анализировалась с помощью различных методов, таких как рентгенофлуоресцентный анализ, рентгенодифракционный анализ (дифрактометр XRD – 6100 компании Shimadzu с использованием излучения CuKα), чтобы определить состав и концентрацию неорганических элементов.

Результаты и их обсуждение. Табл. 1 предоставляет ключевые физико-химические показатели жмыха корня солодки, что позволяет оценить его потенциал для использования в различных применениях, включая возможное использование в качестве сырья для производства активированного угля или других продуктов.

Таблица 1.

Физико-химические показатели жмыха корня солодки

Внешний вид, (цвет)	Хлопья (20х5 мм) от светло желтого до темно коричневого цвета
Влажность, %	8-12
Зольность, %	3-5
Содержание летучих веществ, %	67-73

Показатель влажности свидетельствует о том, что жмых достаточно сухой для дальнейшего использования без риска развития плесени или бактериального разложения, но в то же время содержит достаточно влаги для проведения таких процессов, как пиролиз или химическая активация.

Умеренный уровень зольности указывает на наличие неорганических компонентов, таких как минералы. Это важно для процессов, где высокая зольность может влиять на качество конечного продукта, например, снижая качество активированного угля.

Высокий процент летучих веществ указывает на то, что в жмыхе присутствует значительное количество органических соединений, которые могут выделяться при нагревании.

Полученные снимки в результате микроскопических исследований приводятся на рис. 2.



А

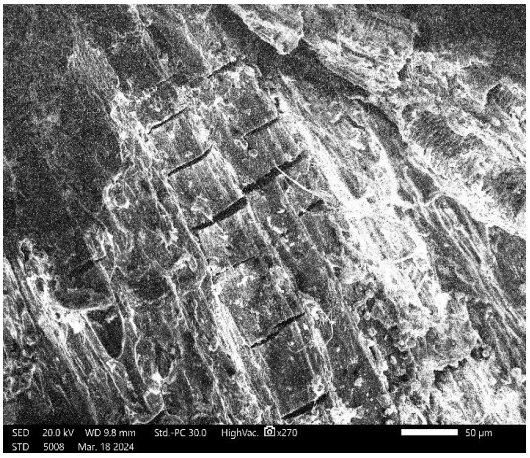


Б

Sifatli ta'lim-yorqin kelajak
ISSN: 3060-4761

TerDPI ILMIY XABARNOMASI
SCIENTIFIC BULLETIN OF THE TerSPI
НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК ТерГПИ

www.xabarnoma.terdpi.uz



В



Г

Рис. 2.1. Жмых корня солодки на различных увеличениях: А) Общий внешний вид; Б) увеличение в 100 раз; В) увеличение в 270 раз; Г) увеличение в 700 раз.

На изображении (А) представлен жмых корня солодки, который используется в качестве сырья для производства угольного адсорбента. Жмых корня солодки характеризуется как рыхлая, волокнистая масса с частицами различной длины и толщины, что является типичным для жмыха после экстракции активных компонентов. Жмых состоит из смеси более крупных и более мелких фрагментов корня, длиной от нескольких миллиметров до нескольких сантиметров. Оттенки цвета варьируют от темно-коричневого до светло-коричневого, что указывает на возможное окисление или высыхание материала после его обработки.

Изображение при 100-кратном увеличении (Б) позволяет рассмотреть общую структуру жмыха корня солодки. Видны основные детали его поверхности, такие как текстура и морщины. Однако на таком уровне увеличения нельзя увидеть мельчайшие детали и поры материала.

При увеличении в 270 раз можно увидеть более детальные структурные характеристики жмыха корня солодки. Это включает в себя более ясные контуры и формы составляющих частиц, а также более мелкие детали, такие как поры и текстуры поверхности.

Результаты определения элементного состава (%, масс.) жмыха рентгенофлуоресцентным способом приводятся в табл. 2.

Таблица 2.

Элементный состав жмыха корня солодки

C	O	Na	Mg	Si	P	S	Cl	K	Ca	Al	Fe
57,75	37,72	0,51	0,2	0,87	0,21	0,25	0,42	0,1	0,62	0,83	0,52

Как можно увидеть из данных таблицы углерод и кислород составляют основную массу элементного состава, что характерно для органических материалов, поскольку они являются основными компонентами органических молекул.

Натрий, магний, фосфор, сера, хлор, калий, кальций и железо — это типичные макро- и микроэлементы, необходимые для жизни растений и животных, поэтому они также встречаются в составе жмыха. Кремний и алюминий, хоть и не являются жизненно важными элементами для большинства биологических систем, могут присутствовать в растениях,

Sifatli ta'lim-yorqin kelajak
ISSN: 3060-4761

TerDPI ILMIY XABARNOMASI
SCIENTIFIC BULLETIN OF THE TerSPI
НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК ТерГПИ

www.xabarnoma.terdpi.uz

произрастающих на кремний- или алюминий-содержащих почвах.

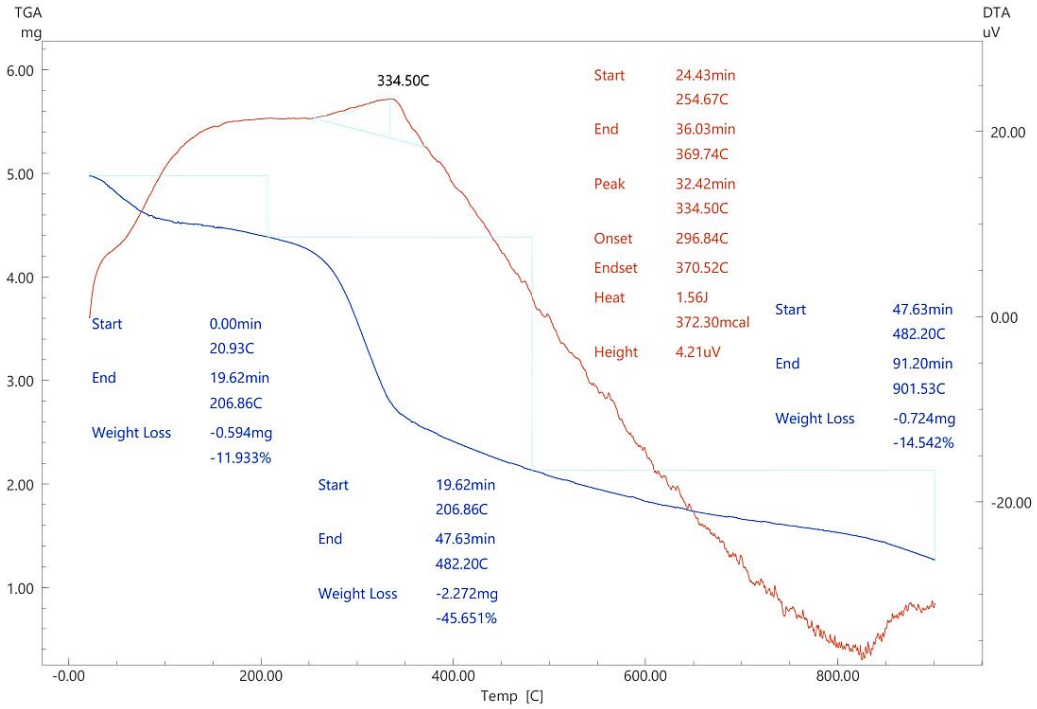


Рис. 2. Термограмма жмыха корня солодки.

На предоставленной термограмме (рис. 2) отображены два графика: термогравиметрический анализ (TGA) и дифференциальный термический анализ (DTA) для жмыха корня солодки [15, 16].

На кривой TGA можно наблюдать изменения массы образца по мере повышения температуры. В интервале от 20,93°C до 206,86°C происходит потеря массы на 0.594 мг, что составляет -11,933% от начальной массы. Это, вероятно, связано с испарением влаги и выделением низкомолекулярных органических соединений. Следующий температурный диапазон, от 206,86°C до 482,20°C, характеризуется более значительной потерей массы на 2.272 мг, что эквивалентно 45,651% от исходной массы. В этот период происходит разложение более устойчивых органических веществ, таких как целлюлоза и лигнин. В интервале температур от 482,20°C до 901,53°C масса образца уменьшается на 0.724 мг (14,542% от начальной массы). Этот этап характеризуется дальнейшим разложением органических компонентов с возможным превращением в кокс или угольный остаток, что играет ключевую роль в формировании структуры углеродного адсорбента и определении его адсорбционных свойств.

На кривой DTA отображены эндотермические и экзотермические пики. Эндотермический пик наблюдается при 334,50°C, который начинается при 296,84 и заканчивается при 370.52°C. Тепловой эффект составляет 1,56J, что указывает на энергию, поглощенную в процессе.

На кривой DTA второй этап может соответствовать постепенному уменьшению тепловых эффектов, что свидетельствует о завершении основных химических реакций и начале формирования более стабильной углеродной фазы. Также третий этап важен для понимания окончательного состава угольного адсорбента, поскольку именно в этом температурном интервале определяются его окончательные физические и химические характеристики.

Sifatli ta'lim-yorqin kelajak
ISSN: 3060-4761

TerDPI ILMIY XABARNOMASI
SCIENTIFIC BULLETIN OF THE TerSPI
НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК ТерГПИ

www.xabarnoma.terdpi.uz

Исследование элементного состава зольной части жмыха корня солодки и производного из него угля было проведено для определения состава неорганических компонентов. Зольная часть растительного отхода или угля обычно получается путем процесса сжигания органической материи до полного окисления. Процедура преобразования жмыха в золу включает сушку жмыха для полного удаления влаги, чтобы минимизировать её содержание и обеспечить более эффективное горение. Далее образец помещается в муфельный печь и подвергается кальцинации при высоких температурах (600-700°C) в течение 2,5-3,0 часов. В процессе горения органическая часть материала окисляется до CO_2, воды и других газов, в результате чего остаются только неорганические компоненты, представленные в виде золы.

После горения и достижения полного превращения в золу, печь охлаждается, и зола аккуратно собирается для дальнейшего анализа.

Результаты рентгенофазового анализа представлены на рис. 3.

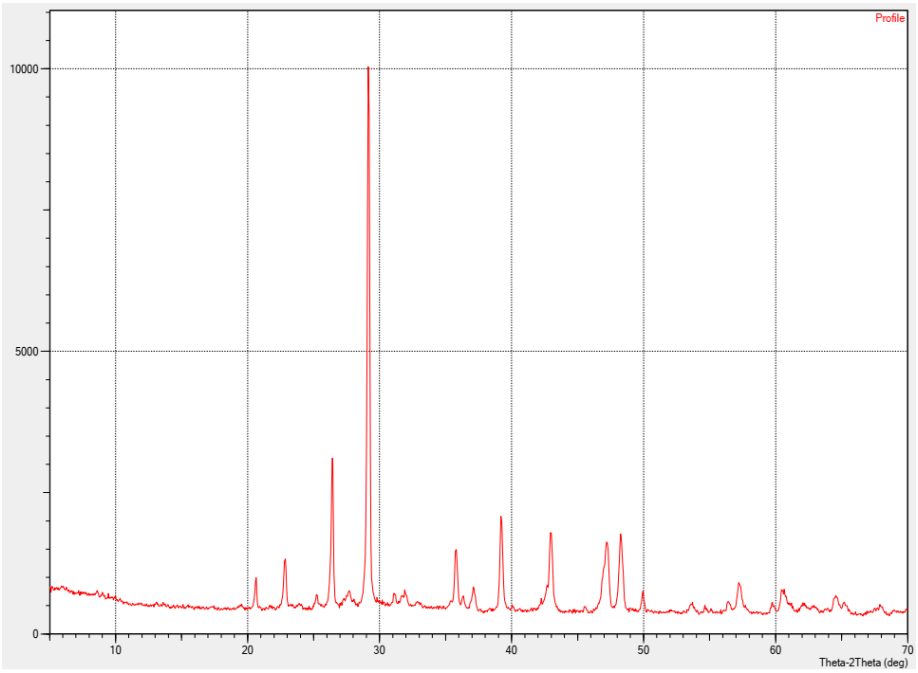


Рис. 3. Рентгенограмма зольной части жмыха корня солодки.

Анализ данных рентгенофазового анализа золы позволяет определить наличие различных минеральных фаз на основе характеристик дифракционных пиков. Пик при 29.1815 градусах (d = 3.05780 Å) – это самый сильный пик, что указывает на наличие кристаллической фазы, являющейся доминирующей в образце. Подобные параметры характерны для минералов таких как кварц (SiO_2).

Пик при 26.4463 градусах (d = 3.36752 Å) – этот пик также довольно выразительный, хотя и значительно слабее первого. Он может соответствовать таким минералам, как анортит. Пик при 39.2239 градусах (d = 2.29496 Å) также заметен, но его интенсивность ниже. Он может указывать на наличие кальцита ($CaCO_3$) или других минералов, таких как клинопироксен. Кроме данных основных интенсивных пиков существуют дополнительные пики. Например, пик при 20.6656 градусах (d = 4.29458 Å) и пик при 22.8683 градусах (d = 3.88566 Å), которые соответствуют глиноземистым минералам, таким как каолинит. Пики при более высоких углах (например, при 42.6821 градусах, d = 2.11668 Å и 46.8797 градусах,

Sifatli ta'lim-yorqin kelajak
ISSN: 3060-4761

TerDPI ILMIY XABARNOMASI
SCIENTIFIC BULLETIN OF THE TerSPI
НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК ТерГПИ

www.xabarnoma.terdpi.uz

d = 1.93647 Å) могут свидетельствовать о наличии более сложных силикатных или карбонатных фаз, таких как магнезит или доломит.

На основе представленных данных можно предположить, что зола содержит комплекс минералов, включая кварц, анортит, возможно кальцит и другие силикатные или карбонатные минералы. Этот минеральный состав является типичным для золы, получаемой из растительных материалов.

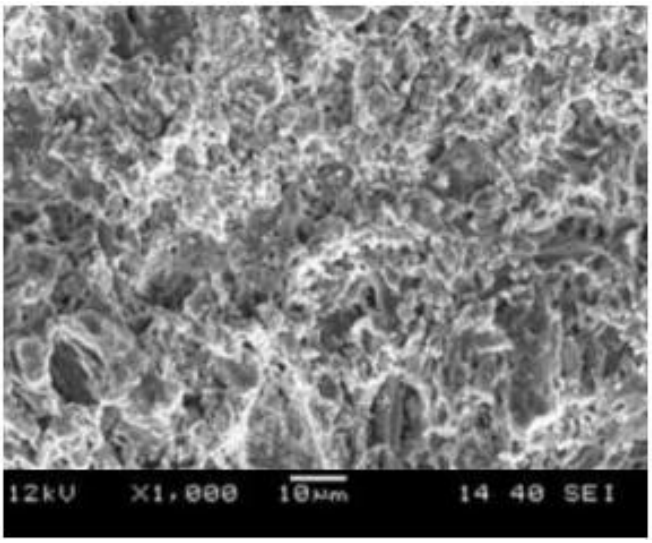


Рис. 4. Электронно-микроскопический снимок золы жмыха корня солодки.

На предоставленном микроскопическом снимке золы жмыха корня солодки, полученном с использованием сканирующего электронного микроскопа, можно заметить несколько ключевых особенностей. Снимок показывает высокую пористость материала. Поры различной величины и формы равномерно распределены по всей поверхности образца. Такая структура типична для золы из растительных отходов, где органические компоненты сгорают, оставляя за собой пористый минеральный скелет.

На изображении также видно, что поры не имеют регулярной формы, что может способствовать высокой удельной поверхности золы. Поверхность золы кажется шероховатой и неоднородной, что свидетельствует о сложной микроструктуре, оставшейся после сгорания органических веществ. Шероховатость поверхности может дополнительно увеличивать удельную поверхность, полезную для различных применений, включая улучшение механических свойств композитных материалов. На снимке также можно заметить участки, где материал кажется более плотным. Это могут быть кластеры минералов, которые не были полностью разрушены в процессе горения. Эти минеральные включения могут влиять на химическую стойкость и термическую устойчивость золы.

Выводы. В заключение, жмых корня солодки, полученный от Ассоциации организаций по производству и переработке солодки и других лекарственных растений Республики Каракалпакстан, представляет собой перспективное сырье для создания активированного угля и других продуктов. Физико-химические характеристики жмыха, такие как умеренная влажность и зольность, а также высокое содержание летучих веществ, подчеркивают его потенциал в таких процессах, как пиролиз

или химическая активация. Дополнительные исследования, включая электронно-микроскопическую визуализацию и детальный анализ элементного состава, подтверждают богатую органическую структуру жмыха. Термогравиметрический и дифференциально-термический анализы демонстрируют этапы разложения жмыха при нагревании, выявляя критические температурные диапазоны для оптимизации процессов активации и карбонизации. Эти результаты не только углубляют понимание свойств жмыха корня солодки как ценного ресурса, но и способствуют разработке новых технологий в области утилизации растительных отходов.

Список использованной литературы:

1. B. Feng, S. K. Bhatia, and J. C. Barry, "Structural ordering of coal char during heat treatment and its impact on reactivity," Carbon, vol. 40, no. 4, pp. 481–496, 2001.
2. K. Wang, J. Deng, Y.-n. Zhang, and C.-p. Wang, "Kinetics and mechanisms of coal oxidation mass gain phenomenon by TGFTIR and in situ IR analysis," Journal of Bermal Analysis and Calorimetry, vol. 132, no. 1, pp. 591–598, 2018.
3. Q. Lin and J. M. Guet, "Characterization of coals and macerais by X-ray diffraction," Fuel, vol. 69, no. 7, pp. 821–825, 1990.
4. S. Wang, S. Liu, Y. Sun, D. Jiang, and X. Zhang, "Investigation of coal components of late permian different ranks bark coal using AFM and Micro-FTIR," Fuel, vol. 187, pp. 51–57, 2017.
5. J. Ibarra, R. Moliner, and A. J. Bonet, "FT-I.R. investigation on char formation during the early stages of coal pyrolysis," Fuel, vol. 73, no. 6, pp. 918–924, 1994.
6. T. Das, "Evolution characteristics of gases during pyrolysis of maceral concentrates of Russian coking coals," Fuel, vol. 80, no. 4, pp. 489–500, 2001.
7. Q. Shi, B. Qin, Q. Bi, and B. Qu, "An experimental study on the effect of igneous intrusions on chemical structure and combustion characteristics of coal in Daxing Mine, China," Fuel, vol. 226, pp. 307–315, 2018.
8. B. Tian, Y. y. Qiao, Y. y. Tian, and Q. Liu, "Investigation on the effect of particle size and heating rate on pyrolysis characteristics of a bituminous coal by TG-FTIR," Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, vol. 121, pp. 376–386, 2016.
9. J. Yu, Y. He, J. Hao et al., "A mathematical model to characterize the degree of coalification based on the low-angle region of the X-ray diffractogram," Journal of X-Ray Science and Technology, vol. 26, no. 1, pp. 71–81, 2018.
10. K. Mae, T. Maki, H. Okutsu, and K. Miura, "Examination of relationship between coal structure and pyrolysis yields using oxidized brown coals having different macromolecular networks," Fuel, vol. 79, no. 3-4, pp. 417–425, 2000.
11. . Li, F. Zeng, H. Chang, B. Xu, and W. Wang, "Aggregate structure evolution of low-rank coals during pyrolysis by insitu X-ray diffraction," International Journal of Coal Geology, vol. 116-117, pp. 262–269, 2013.
12. J. Kister, M. Guiliano, C. Largeau, S. Derenne, and E. Casadevall, "Characterization of chemical structure, degree of maturation and oil potential of Torbanites (type I kerogens) by quantitative FT-I.R. spectroscopy," Fuel, vol. 69, no. 11, pp. 1356–1361, 1990.
13. Hoshimov Shahrom., Abdikamalova Aziza., Eshmetov Izzat., Dauletova Jamila. "Study of Physical Chemical Properties of Activated Coal on the Basis of Red Roots". International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology Vol. 8, Issue 5, May 2021. P. 17461-17466. (05.00.00. №8).

14. Xoshimov Sh. M., Yuldashov J. B., Obidov I. S., Abdikamalova A. B., Eshmetov I. D. Qizilmiya ildizpoyasining termik analizi. Сборник материалов Республиканской научно-практической конференции. Институт общей и неорганической химии АН РУз. Ташкент 12-14 май 2022 года. 678-680 bet.

15. Shahrom Khoshimov, Nilufar Raxmonaliyeva, Dilzoda Askarova, Oksana Seytnazarova, Aziza Abdikamalova; Changes in the porous structure of carbonizate of carbon containing raw under alkaline activation. AIP Conf. Proc. 11 March 2024; 3045 (1): 030059. https://doi.org/10.1063/5.0197789.

16. Xoshimov Sh. M., Yuldashov J. B., Abdikamalova A. B., Eshmetov I. D. Qizilmiya ildizpoyasining DTG va IQ spektroskopik tahlili. "Kimyo va kimyo ta'limi muammolari", Qo'qon davlat pedagogika instituti. 2022-yil 20 sentabr. 317-320 bet.