ISNN 3030-3907

2026/2
VOLUME 5

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/2 VOLUME 5

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.
Асадова Раъно Дилмуратовна
Тошкент Давлат техника университети доценти

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

ОБЗОР ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ХЛОПКА СЫРЦА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ РЕГЕНЕРИРОВАННЫХ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ ВОЛОКОН

Нарзуллаева Азиза Муродиллаевна
Д-р филос. тех. наук(PhD), доц, Бухарский государственный технический университет,
Республика Узбекистан, г. Бухара
E-mail: narzullaeva.aziza@yandex.ru
Умаров Бобурбек Носир угли
Д-р филос. техн. наук (PhD), доц, Бухарский государственный технический университет,
Республика Узбекистан, г. Бухара
E-mail: boburbekumarov1993@gmail.com
Садикова Мухаё Муратовна
Д-р филос. техн. наук (PhD), доц, Бухарский государственный технический университет,
Республика Узбекистан, г. Бухара
E-mail: boburbekumarov1993@gmail.com
Ахмедов Вохид Низомович
Д-р. техн. наук, проф, Бухарский государственный технический университет,
Республика Узбекистан, г. Бухара
E-mail: boburbekumarov1993@gmail.com

Аннотация. 30% от общего объема мирового производства волокон приходится на долю хлопка. Процесс от ватного тампона до готового текстильного изделия включает множество этапов, и образуется значительное количество хлопковых отходов. При этом перерабатывается только 30% хлопка, используемого до потребления. В статье представлен обзор использования хлопковых отходов для получения целлюлозных волокон, с целью получения из них продуктов целевого назначения.

Ключевые слова: Производство, переработка, хлопковые отходы, карбоксиметилцеллюлоза, вторичный продукт, мембрана, утилизация, волокна, экология, биополимер, степень полимеризации.

Annotatsiya. Paxta global tola ishlab chiqarishning 30% ni tashkil qiladi. Paxta tayoqchasidan tayyor to'qimachilik mahsulotigacha bo'lgan jarayon bir nechta bosqichlarni o'z ichiga oladi va katta miqdordagi paxta chiqindilarini hosil qiladi. Iste'moldan oldingi paxtaning atigi 30% qayta ishlanadi. Ushbu maqolada ma'lum

ISSN 3030-3907

dasturlar uchun tsellyuloza tolalarini ishlab chiqarishda paxta chiqindilaridan foydalanishga umumiy nuqtai nazar keltirilgan.

Kalit so'zlar: Ishlab chiqarish, qayta ishlash, paxta chiqindilari, karboksimetiltsellyuloza, ikkilamchi mahsulot, membrana, qayta ishlash, tolalar, ekologiya, biopolimer, polimerlanish darajasi.

Annatation. Cotton accounts for 30% of global fiber production. The process from cotton swab to finished textile product involves multiple steps, generating a significant amount of cotton waste. Only 30% of pre-consumer cotton is recycled. This article provides an overview of the use of cotton waste to produce cellulose fibers for specific applications.

Keywords. Production, processing, cotton waste, carboxymethyl cellulose, secondary product, membrane, recycling, fibers, ecology, biopolymer, degree of polymerization.

ВВЕДЕНИЕ.

Утилизация текстильных отходов на свалках и путем сжигания приводит к значительным потерям ресурсов и загрязнению окружающей среды. Переработка и утилизация текстильных отходов становятся все более актуальными. Авторами X. Zhang, W. Zhou была поставлена цель—превратить хлопковые текстильные отходы в целлюлозную массу, из которой затем будет изготовлена регенерированная целлюлозная мембрана методом вискозного производства ($NaOH/CS_2$). В ходе исследования данными авторами были изучены оптимальные методы подготовки и оценено влияние гидроксида натрия на свойства хлопковой целлюлозы. Кроме того, были изучены физические и химические характеристики хлопковой целлюлозы и регенерированной целлюлозной мембраны. Результаты показали, что после щелочной варки хлопковая целлюлоза на 97,6 % состоит из α-целлюлозы. Оптимальными условиями щелочной варки хлопковой целлюлозы были определены следующие: температура варки 140 °C, концентрация щелочи 4 % по массе, время варки 120 минут, дозировка перекиси водорода 1 % по массе, соотношение твердой и жидкой фаз 1:7 и давление 0,5 МПа. Хлопковую и древесную целлюлозу смешивали и быстро превращали в сульфонат целлюлозы с помощью щелочи и сероуглерода. Механическая прочность восстановленной целлюлозной мембраны снижалась по мере увеличения доли хлопковой целлюлозы. При содержании хлопковой целлюлозы 60 % прочность восстановленной целлюлозной мембраны снижается на 35 % — с 67,44 МПа до 38,57 МПа. Кроме того, регенерированные целлюлозные волокна, полученные методом мокрого прядения с использованием смешанного прядильного раствора,

ISSN 3030-3907

продемонстрировали достойные результаты. Это исследование представляет собой новый подход к химической переработке хлопковой ткани с высокой добавленной стоимостью, что является значительным шагом вперед в области переработки текстильных отходов из хлопка [1].

Ежегодно образуется более 100 миллионов тонн хлопковых отходов, что составляет 35–40 % от общего объёма текстильных отходов в мире. Однако перерабатывается менее 30 % хлопковых отходов [2]. В частности, волокна длиной менее 7 мм, образующиеся в процессе раскроя и кардочесания хлопковых тканей, до сих пор не нашли эффективного способа утилизации. В работе авторов данной статьи [2] представлена стратегия преобразования коротких хлопковых волокон в возобновляемое целлюлозное волокно для самоармирующейся композитной бумаги (САКП). Штапельные волокна из переработанного хлопка толщиной CNFS путем ТЕМПО-вольного, в том числе, и оксидирования. Использование переработанного хлопкового волокна (3-7 мм) в качестве армирования и CNFS в качестве матрицы приводит к получению композитного материала, связанного водородными связями. Восстановленные хлопковые волокна и УНФ соликвоид соединяются вместе с образованием бумажной массы, которая затем превращается в КПК с использованием полотен с мокрой укладкой и методов горячего прессования. Когда содержание CNF достигло 5%, предел прочности на разрыв у бумаги ССР составил 86,68 МПа, что в 1,8 раза больше, чем у обычной бумаги формата А4. Предел прочности на разрыв у бумаги ССР снижается всего на 25% при переходе из сухого состояния во влажное, в то время как у бумаги формата А4 после намокания он практически равен нулю. Это делает ССР особой бумагой с широкими перспективами применения. Поскольку CNF, получаемый из хлопковых текстильных отходов, используется в качестве укрепляющего материала без добавления каких-либо химических клеящих веществ в процессе производства бумаги, это делает производство ССР более экологичным и позволяет перерабатывать бумагу по замкнутому циклу. В целом эта перспективная стратегия позволяет достичь как минимум четырех целей, связанных с экологичностью производства: максимальная переработка хлопковых отходов, CNF вместо традиционных химических клеящих веществ, используемых при производстве бумаги, рекуперация воды (внутренняя переработка) и реализация замкнутого цикла переработки. В будущем эту технологию можно будет применять для производства широкого спектра цветной бумаги и «умной» упаковочной бумаги [2].

ISSN 3030-3907

На долю хлопка приходится 30% от общего объема мирового производства волокон, при этом более 50% хлопка используется для производства одежды. Процесс от ватного тампона до готового текстильного изделия включает множество этапов, и образуется значительное количество хлопковых отходов. Как правило, перерабатывается только 30% хлопка, используемого до потребления. В данной работе авторы Asike De Silva, Nolene использовали отходы хлопкового волокна для производства регенерированных целлюлозных волокон (РЦВ). Авторы Asike De Silva, Nolene Byrne обнаружили, что РЦВ из отходов хлопкового волокна обладают улучшенными механическими свойствами по сравнению с РЦВ, полученными из древесной целлюлозы. Было показано, что это, вероятно, связано с более высокой степенью полимеризации (СПП) отходов хлопкового волокна. Для растворения хлопкового волокна используется ионная жидкость, и измеряются реологические свойства прядения. Свойства РЦВ характеризуются и сравниваются со свойствами РЦВ из древесной целлюлозы [3].

В рамках исследования авторов Wangcheng Liu, Shuyan Liu хлопковые отходы после потребления были подвергнуты химической переработке для получения регенерированных волокон с использованием экологически чистых систем растворителей на основе щелочи и мочевины. Как белые, так и цветные хлопковые отходы измельчали и гидролизовали с помощью серной кислоты, чтобы снизить молекулярную массу хлопковых волокон. Для растворения гидролизованного хлопка и получения растворов для регенерации волокон методом мокрого отжима использовались две системы растворителей: гидроксид натрия/мочевина и гидроксид лития/мочевина. Диаметр, морфология, термические свойства, степень кристалличности и прочность на разрыв восстановленных волокон были изучены с помощью сканирующей электронной микроскопии, термогравиметрического анализа, рентгеноструктурного анализа и испытаний на растяжение. Результаты показали, что с помощью этого метода переработки можно получить волокна с прочностью на разрыв, сравнимой с прочностью современных коммерческих вискозных волокон, изготовленных из древесной целлюлозы, а также сохранить красители, содержащиеся в хлопковых отходах, и получить волокна с естественным цветом, что избавит от необходимости их окрашивания. Это исследование продемонстрировало экономичный метод переработки хлопковых отходов с использованием экологически чистых растворителей [4].

ISSN 3030-3907

Электропрядение целлюлозы, полученной из хлопка, в непрерывные однородные нановолокна долгое время оставалось сложной задачей из-за высокой кристалличности, ограниченной растворимости и высокой степени полимеризации природного хлопка. В этом исследовании авторы Xavier Lewis, Lyana Green, Madison Higgins представляют новую и воспроизводимую платформу для электропрядения, которая уникальным образом интегрирует моноэтаноламин (МЭА) в систему растворения медь-амин, преодолевая эти барьеры и обеспечивая масштабируемое изготовление нановолокон непосредственно из сырого хлопка. Включение МЭА играет центральную роль, усиливая комплексообразование ионов меди, улучшая растворение целлюлозы и стабилизируя раствор для прядения, что в совокупности позволяет формировать непрерывные нановолокна без бусин. Сканирующая электронная микроскопия (СЭМ) подтвердила высокую однородность морфологии волокон со средним диаметром 104 ± 35 нм, в то время как рентгеновская дифракция (РД) выявила контролируемое полиморфное превращение из целлюлозы I в целлюлозу II при последовательной промывке. Фурье-преобразовательная инфракрасная спектроскопия (FTIR) дополнительно продемонстрировала удаление меди и аминов, о чем свидетельствует исчезновение координационных полос Cu–O и Cu–N, связанных с комплексами меди и амина, при сохранении целлюлозной основы. Механические испытания показали, что регенерированные нановолокна сохраняют умеренную жесткость (модуль упругости: 61,67 ± 23,5 МПа), что делает их пригодными для функциональных и структурных применений. Эта стратегия электропрядения с использованием МЕА устраняет критические ограничения традиционных систем на основе меди и EDA, а также ионных жидкостей, предоставляя более простой, экологически безопасный и воспроизводимый способ преобразования высококристаллического хлопка в структурно однородные нановолокна. Эти результаты создают масштабируемую платформу для производства материалов на основе целлюлозы следующего поколения с потенциальными областями применения в биомедицинских каркасах, экологически чистом текстиле, фильтрующих мембранах и функциональных композитах [5].

Биополимерные смеси открывают многообещающие возможности для создания настраиваемых высокоэффективных биоматериалов, однако их потенциал в армированных композитах изучен недостаточно. В этом исследовании авторами James A. King, Peter J. Hine, Daniel L. Baker были изучены биокомпозиты, полученные путем армирования гибридной

ISSN 3030-3907

биополимерной матрицы (90 % целлюлозы и 10 % фиброина шелка) короткими хлопковыми волокнами со случайной ориентацией и варьированием процентного содержания армирующего материала. Для сравнения была протестирована матрица из чистой целлюлозы. Композиты были исследованы с помощью рентгеновской дифракции (XRD), анализа плотности, испытаний на растяжение, оптической микроскопии, сканирующей электронной микроскопии (SEM) и анализа звукоизоляции. Оптимальные гибридные композиты с 50-процентным армированием показали лучшие результаты по сравнению с чистой целлюлозой: их модуль Юнга составил 3,3. 0,3 ГПа, деформация при разрушении 1,4 0,2 % и максимальная прочность на разрыв 42 6 МПа. Эти улучшения были обусловлены пониженной вязкостью гибридной матрицы и улучшенной способностью к сольватации, что позволило увеличить количество волокон в матрице и повысить межфазную адгезию. Кроме того, благодаря большей растяжимости гибридной матрицы напряжение эффективнее передавалось на волокна, что повысило механические характеристики материала. Было установлено, что содержание волокон является основным фактором, влияющим на модуль упругости материала, что подчеркивает важнейшую роль армирования. Затем было показано, что содержание флока коррелирует с улучшением звукоизоляционных характеристик, что привело к максимальным средним потерям при акустическом излучении в 47 дБ. 7 дБ в гибридных образцах по сравнению с 29 4 дБ в образцах из целлюлозы. Эта работа демонстрирует возможность использования гибридных биополимерных смесей для создания высокоэффективных материалов низкой плотности из коротковолокнистых текстильных отходов, которые можно применять в качестве изоляционных материалов в строительстве [6].

В этой статье авторами U.F. Kandil, E.O. Taha, E.A. Mahmoud представлен новый метод получения улучшенной катионообменной мембраны (КОМ) для очистки воды с использованием биополимера целлюлозы. Процесс получения КОМ-мембран состоял из двух этапов: функционализации и изготовления. На первом этапе порошок целлюлозы функционализировали трихлоруксусной кислотой в течение разного времени, чтобы получить карбоксиметилтрицеллюлозу (КМТС). На втором этапе методом фазовой инверсии был изготовлен катионообменный материал с использованием функционализированного целлюлозного материала и полиэтиленгликоля в качестве порообразователя. Полученная карбоксиметилцеллюлоза была полностью охарактеризована с помощью ИК-Фурье-спектроскопии, сканирующей электронной микроскопии, а также с

ISSN 3030-3907

точки зрения механических свойств и степени замещения (СЗ). Была изучена и описана морфологическая микроструктура мембраны на основе карбоксиметилцеллюлозы. Микроструктурный анализ с помощью ИК-Фурье-спектроскопии подтвердил процесс функционализации. Значения прочности на разрыв, полученные при разном времени реакции, показали эффективность использования трихлоруксусной кислоты при карбоксиметилировании и, следовательно, стабильность полученной функционализированной целлюлозы. Полученные значения СЗ выше, чем у коммерческой карбоксиметилцеллюлозы, а также опубликованных значений. Было замечено, что средний показатель поверхностной активности полученных CEM составляет 1,5, что намного выше, чем у коммерческих CMC, у которых этот показатель варьируется от 0,7 до 1,2. Морфология полученных CEM-мембран была изучена с помощью сканирующей электронной микроскопии. На фотографиях, полученных с помощью СЭМ, видны равномерно распределенные мелкие поры по всей поверхности мембраны, а ее поперечное сечение представляет собой многослойную структуру с крупными порами [7].

Карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ) широко применяется в нефтедобывающей промышленности, косметике, пищевой и фармацевтической отраслях, однако существующий промышленный процесс ее синтеза из эвкалиптовой древесины отличается низкой экологичностью и эффективностью. В данной работе авторами Eloise O.M.A. Moura, Elaine C. de Souza, Brendo R. da Silva представлена статистическая оптимизация синтеза КМЦ из отходов биомассы, целлюлозы со специальной реакционной способностью, полученной из жома сахарного тростника (ЖТ) и кукурузных початков (КП). Комбинированная обработка мягкой кислотой/перекисью-щелочью (АЧС) с последующим отбеливанием оказалась эффективной для получения низкокристаллической пульпы, которая затем была преобразована в КМЦ. Был проведен ряд экспериментов по карбоксиметилированию с переменными условиями реакции, определенными с помощью D-оптимального плана эксперимента (DoE), с оценкой факторов: время активации (AT), время реакции (RT), концентрация NaOH (NaOH%) и целлюлоза (ЖТ или КП). Характерные абсорбционные характеристики КМЦ были обнаружены с помощью ИК-спектроскопии и спектроскопии Рамана, а деконволюция рентгеновских дифрактограмм показала, что мягкая обработка АПА позволяет получать целлюлозу со значительным содержанием аморфной целлюлозы и целлюлозы типа II, обладающей более высокой реакционной способностью, что отражается в оптимальных

ISSN 3030-3907

результатах планирования эксперимента (DoE). Результаты дисперсионного анализа (ANOVA) и метода поверхностного отклика (RSM) на основе данных DoE с высокой точностью (F=184,81; p-значение<0,0001; R2=0,9911; SD<1,0×10–5) и достоверностью (низкие остатки регрессии) показали, что извлеченная целлюлоза из отходов перспективна для производства КМЦ в более мягких условиях по сравнению с литературными данными, обеспечивая выход до 227% (масс. КМЦ/масс. целлюлозы) водорастворимой КМЦ при более низких температурах АТ и РТ. Оптимизированный процесс является более устойчивым, экономичным и эффективным для производства этого высокоценного производного целлюлозы в рамках концепции биопереработки [8].

ВЫВОДЫ

Проведённый анализ научных публикаций показывает, что переработка хлопковых текстильных отходов является перспективным направлением ресурсосбережения и снижения экологической нагрузки. Современные исследования ориентированы на вовлечение отходов в замкнутые технологические циклы с получением материалов с высокой добавленной стоимостью.

Исследования в области биополимерных композитов демонстрируют возможность создания лёгких, прочных и акустически эффективных материалов на основе хлопковых отходов, что открывает перспективы их использования в строительной индустрии в качестве изоляционных материалов.

Модификация целлюлозы (карбоксиметилирование и функционализация) позволяет получать мембраны и производные с улучшенными сорбционными и ионообменными характеристиками, пригодные для очистки воды и других технологических процессов. Оптимизация условий синтеза способствует повышению экологичности и экономической эффективности производства производных целлюлозы.

В целом анализ литературы свидетельствует о формировании устойчивой научной тенденции, направленной на переход от линейной модели обращения текстильных отходов к циркулярной биоресурсной модели, в рамках которой хлопковые отходы рассматриваются как ценное вторичное сырьё для получения функциональных материалов различного назначения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Xiaozheng Zhang, Wenhao Zhou, Ziwei Wang, Yingjun Xu, Gangqiang Zhang, Manufacturing of post-consumer waste cotton pulp and its regenerated cellulose

ISSN 3030-3907

fiber, International Journal of Biological Macromolecules, Volume 315, Part 1, 2025, 144227, ISSN 0141-8130, https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2025.144227.
2. Corrigendum to "A sustainable strategy to transform cotton waste into renewable cellulose fiber self-reinforcing composite paper" [J. Clean. Prod. 429 (2023) 139567] DOI of original article: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139567.
3. Asike De Silva, Nolene Byrne, Utilization of cotton waste for regenerated cellulose fibres: Influence of degree of polymerization on mechanical properties, Carbohydrate Polymers, Volume 174, 2017, Pages 89-94, ISSN 0144-8617, https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.06.042.
(https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861717306793)
4. Wangcheng Liu, Shuyan Liu, Tian Liu, Tuan Liu, Jinwen Zhang, Hang Liu, Eco-friendly post-consumer cotton waste recycling for regenerated cellulose fibers, Carbohydrate Polymers, Volume 206, 2019, Pages 141-148, ISSN 0144-8617, https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.10.046.
(https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861718312359)
5. Xavier Lewis, Lyana Green, Madison Higgins, Gary Coffman, Korey Pritt, Anthony Marinaro, Prabir Patra, Arka Chattopadhyay, Nasim Nosoudi, Nano-cotton electrospinning for advanced fiber fabrication: A novel method for structuring cellulose-based nanofibers, Results in Materials, Volume 29, 2026, 100889, ISSN 2590-048X, https://doi.org/10.1016/j.rinma.2026.100889.
6. James A. King, Peter J. Hine, Daniel L. Baker, Yu Shi, Xiaoling Liu, Jiawen Lu, Saihua Li, Xiaoye Cong, Michael E. Ries, Understanding novel biocomposites comprising of short cellulose fibres in a hybrid cellulose/silk fibroin matrix,Composites Part A: Applied Science and Manufacturing,Volume 202,2026,109459,ISSN 1359-835X,https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2025.109459.(https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359835X25007547)
7. U.F. Kandil, E.O. Taha, E.A. Mahmoud, N.O. Shaker, M. Mahmoud, M.M. Reda Taha, Efficient methodology for the preparation and fabrication of cation exchange membranes using trichloroacetic acid and cellulose biopolymer, Egyptian Journal of Petroleum, Volume 32, Issue 3, 2023, Pages 1-6, ISSN 1110-0621, https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2023.06.001.
(https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1110062123000338)
8. Zhanpeng Chen, Yuting Wei, Ren Liu, Chi Hu, Yuqing Sun, Chunguang Yao, Zhaolong Wu, Bingzheng Li, Zisheng Luo, Chongxing Huang, Sodium carboxymethyl cellulose hydrogels containing montmorillonite-NaClO2 for postharvest preservation of Chinese bayberries, Food Chemistry, Volume 454,

ISSN 3030-3907

2024, 139799, ISSN 0308-8146, https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.139799. (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814624014493)

9. Eloise O.M.A. Moura, Elaine C. de Souza, Brendo R. da Silva, Eduarda S. Pereira, Tatiana de C. Bicudo, Enrique Rodríguez-Castellón, Luciene S. de Carvalho, Optimization of synthesis method for carboxymethylcellulose (CMC) from agro- food wastes by response surface methodology (RSM) using D-Optimal algorithm, Industrial Crops and Products, Volume 220, 2024, 119413, ISSN 0926-6690, https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2024.119413.

ISSN 3030-3907