АҢДАТПА

философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін
8D07113 – « Химиядағы наноматериалдар және нанотехнологиялар »
білім беру бағдарламасы бойынша

Таурбеков Азамат Таттибекович

ӨСІМДІК ҚАЛДЫҚТАРЫ МЕН ВОЛАСТОНИТ НЕГІЗІНДЕ НАНОҚАҒАЗДЫ АЛУ

Жұмыстың жалпы сипаттамасы.

Диссертация өсімдік қалдықтардан (шөп кесінділері, күріш қауызы, жаңғақ қабығы) механикалық және электрохимиялық сипаттамалары жақсартылған наноқағазды әзірлеуге арналған.

Зерттеу тақырыбының өзектілігі.

Жаһандық климаттың өзгеруі, жаңартылатын энергия көздеріне сұраныстың артуы және қоршаған ортаға теріс әсерді азайту ниеті жағдайында функционалды материалдарды жасау үшін өсімдік қалдықтарын пайдалану ғылыми зерттеулердің басым бағытына айналуда.

Зерттеу тақырыбының өзектілігі өсімдік тектес қалдықтарды (шөп кесінділері, күріш қауызы, жаңғақ қабығы) қайта өңдеу арқылы жаңа, тұрақты және экологиялық таза материалдарды, атап айтқанда наноқағазды әзірлеу қажеттілігіне байланысты.

Қазіргі заманғы нарықтың энергияны сақтауға және түрлендіруге арналған жабдыққа сұранысы жестамдылыққа және қызмет ету мерзіміне қатаң талаптармен үлкен. Бұл қажеттілікті қанағаттандыру үшін өсімдік тектес қалдықтарды пайдалана отырып және олардың негізінде механикалық және электрохимиялық сипаттамалары жақсартылған бұйымдар жасау, атап айтқанда жоғары тиімді суперконденсатор электродтарын жасау үшін жаңа технологиялар бар және әзірленуде.

Наноцеллюлоза, активтендірілген көмір және көміртекті нанокұбырлар негізінде нанокұрылымды қағаз алынды, ол байламсыз (binder-free) электродтарды өндіруге арналған және жоғары тиімділіктегі энергия сақтау жүйелерінде қолданылады. Осылайша, ұсынылған зерттеу – өсімдік қалдықтарынан целлюлоза шикізатын алудан, нанокомпозиттерді қалыптастыру мен олардың электрохимиялық құрылғыларға интеграциясына дейін – болашағы зор функционалды материалдарды жасау мақсатында биомассаны рационалды пайдаланудың біртұтас стратегиясын көрсетеді.

Диссертациялық жұмыс аясында ұсынылған зерттеу алынған наноматериалдарды қолдану ауқымын кеңейту және экологиялық бағдарланған технологияларды әрі қарай дамыту үшін негіз қалайды.

Жұмыстың мақсаты.

Энергия сақтау жүйелерінде қолдану үшін электрохимиялық сипаттамалары бақыланатын наноцеллюлоза, белсендірілген көмірден және нанотүтікше негізіндегі нанокұрылымды қағазды әзірлеу.

Жұмыстың міндеттері.

Белгіленген мақсатқа жету үшін келесі міндеттер шешілді:

– Өсімдік қалдықтарынан химико-термикалық өңдеу әдісімен целлюлоза алу және минералдық толтырғыштардың (волластонит, диатомит, барий сульфаты) қағаз бен картонның механикалық қасиеттеріне әсерін анықтау;

– Қышқыл гидролиз және TEMPO-оттектендіру әдістерімен кристаллды және фибриллярлы наноцеллюлоза алу және оның құрылымдық-морфологиялық қасиеттерін сипаттау;

– Өсімдік қалдықтарынан алынған активтендірілген көмірдің морфологиялық және құрылымдық сипаттамаларына активация әдістерінің әсерін анықтау;

– Наноцеллюлоза, активтендірілген көмір және көміртекті наноқұбырлар негізіндегі наноқұрылымды қағазды синтездеу, оны суперконденсатор электродтарында қолдануға арналған құрамын оңтайландыру және оның электрохимиялық қасиеттерін цикликалық вольтамперометрия (ЦВА) мен электрохимиялық импеданс спектроскопиясы (ЭИС) әдістері арқылы анықтау, осылайша энергия сақтау жүйелеріндегі тиімділігін бағалау.

Зерттеу нысаны – қайта өңделген өсімдік қалдықтарынан алынған наноцеллюлоза, белсендірілген көмір және көміртекті нанотүтіктер негізіндегі наноқұрылымды қағаз.

Зерттеу пәні – наноқұрылымды қағаздың физика-химиялық және электрохимиялық қасиеттері болып табылады .

Зерттеу әдістері. Қойылған мақсатқа жету үшін қажетті мәселелерді шешу үшін келесі зерттеу әдістері қолданылды: термогравиметриялық талдау, элементтік талдау, рентгендік фазалық талдау, оптикалық микроскоп, сканерлеуші электронды микроскоп, меншікті беттің ауданын анықтауы, трансмиссиялық электронды микроскоп, гальваностатикалық және вольтметриялық талдау.

Зерттеудің ғылыми жаңалығы.

Өсімдік қалдықтарынан химико-термикалық өңдеу әдісімен целлюлоза алынды және алынған целлюлоза негізінде жасалған қағаз бен картонның механикалық қасиеттеріне минералдық толтырғыштардың (волластонит, диатомит, барий сульфаты және технологиялық қоспалар) әсері анықталды. Шөп целлюлозасының үлесін оңтайландыру және макулатура мен волластонит қоспаларын пайдалану арқылы беріктілік пен икемділік қасиеттері айтарлықтай жақсартылған қағаз бен картон композициялары әзірленді. Алынған картон композициясы қысуға төзімділігі 903 кПа-ға дейін және қосарланған бүктелу саны бойынша икемділігі 91 ретке дейін артты.

- Қышқыл гидролиз және TEMPO-оттектендіру әдістерімен синтезделген фибриллярлы наноцеллюлоза алынды. TEMPO-оттектендіру әдісі талшықтардың агрегацияға тұрақтылығын төмендетіп, олардың диаметрін 20–40 нм-ге дейін азайтатыны анықталды.

- Активация әдісінің активтендірілген көмірдің порлы құрылымы мен спектроскопиялық сипаттамаларына әсері анықталды. KOH көмегімен жүргізілген химиялық активация жоғары G/2D пиков интенсивтілігінің қатынасы (0,52–0,55) бар микропорлы құрылымды қалыптастыруға әкелсе, CO_2 көмегімен жүргізілген физикалық активация мезопорлы құрылым мен аз қабатты графен құрылымын қалыптастыруға ықпал етіп, G/2D қатынасын төмендетеді (0,45–0,49).
- Наноцеллюлоза, активтендірілген көмір және көміртекті наноқұбырлар негізіндегі наноқұрылымды қағаз синтезделіп, суперконденсатор электродтарында қолдануға арналған оның құрамы оңтайландырылды. Сонымен қатар, қағаздың электрохимиялық қасиеттері цикликалық вольтамперометрия (ЦВА) мен электрохимиялық импеданс спектроскопиясы (ЭИС) әдістері арқылы бағаланды, нәтижесінде алынған суперконденсатор электродтарының нақты сыйымдылығы 145 Ф/г және энергия тығыздығы 9,9 кВт/сағ-қа дейін жететіні анықталды.

Қорғауға шығарылатын негізгі тұжырымдар:

- Кесілген шөп, макулатура және волластонит негізіндегі целлюлозаға негізделген қағаз бен картон, компоненттердің 40:40:20 үлестірімінде және 2 % канифолды желім, полиакриламид және алюминий сульфаты қосылған жағдайда, жоғары беріктілікпен (903 кПа) және икемділікпен (91 рет қосарланған бүктелу) ерекшеленеді.
- Қышқыл гидролиз әдістерімен алынған фибриллярлы наноцеллюлозаның талшықтарының диаметрі 10–69 нм және дзета-потенциалы 28,80±0,10 мВ, ал TEMPO-оттектендіру әдісімен алынған наноцеллюлозаның талшықтарының диаметрі 20–40 нм, дзета-потенциалы –20,50±0,36 мВ құрайды.
- CO_2 физикалық активациясы мезопорлы құрылым мен жұқа қабатты графен құрылымын қалыптастыруға ықпал етеді, мұндағы G/2D қатынасы 0,45 (карбонизацияланған күріш қабығы үшін) және 0,49 (карбонизацияланған жаңғақ қабығы үшін) болып табылады.
- Суперконденсатор электродтары ретінде қолданылған кезде, бұл материал жоғары нақты сыйымдылыққа (145 Ф/г) және жақсартылған электрохимиялық сипаттамаларға (энергия тығыздығы 9,9 кВт/сағ) ие болады.

Теориялық маңызы.

Жұмыстың теориялық маңызы өсімдік қалдықтарын жоғары қосымша құнды функционалды материалдарға қайта өңдеу туралы білімді кеңейтуде жатыр. Алынған нәтижелер өсімдік шикізаты қалдықтарынан целлюлоза, наноцеллюлоза және активтендірілген көмірді алу процестерін тереңірек түсінуге, сондай-ақ олардың морфологиялық және құрылымдық сипаттамаларының композитті материалдардың физико-химиялық, механикалық және электрохимиялық қасиеттеріне әсерін анықтауға септігін тигізеді.

Практикалық маңызы.

Практикалық маңыз қағаз-картон өнімдері мен энергия сақтау жүйелерінде қолдануға арналған экологиялық тұрғыдан қауіпсіз және экономикалық тиімді

материалдарды алуға негізделеді. Осы жұмыстың жүзеге асырылуы «жасыл» технологиялардың дамуына, қоршаған ортаға түсетін жүктемені азайтуға және жаңартылатын ресурстарды пайдалану тиімділігін арттыруға ықпал етеді.

Диссертациялық зерттеу барысында алынған нәтижелер наноматериалдар және нанотехнологиялар мамандығы бойынша дәрістер оқуда және элективті курстар өткізу кезінде оқу процесінде қолданылуы мүмкін.

Ғылыми-зерттеу және тәжірибелік-конструкторлық және мемлекеттік бағдарламалармен байланысы.

Жұмыс гранттық қаржыландыру жобалары аясында жүзеге асырылды:

• AP09057909 «Электрохимиялық энергияны сақтау көздерінде пайдалану үшін полимерлік байланыстырғыштарды қоспай көміртекті наноматериалдар негізінде композиттік электродтарды алу әдістерін әзірлеу» (2021–2023).

• AP14871062 «Жақсартылған энергияны сақтау жүйелеріне арналған наноцеллюлоза және функционалдық КНТ негізіндегі энергиясы көп композиттерді әзірлеу » (2022–2024).

• AP13068375 «Өсімдік материалдарының қалдықтары мен минералды қоспалар негізінде целлюлозалық материалдарды өндіру» (2022–2024).

Автордың жеке үлесі эксперименттерді орнату және жүргізу, алынған нәтижелерді жалпылау және түсіндіру, мақалалар мен баяндамалар жазудан тұрады. Екі ғылыми жетекшімен де мақсат пен міндеттер, эксперименттерді жоспарлау, нәтижелерді талқылау және қорғаудың негізгі мәселелері талқыланды.

Жарияланымдар

Диссертация тақырыбы бойынша жүргізілген зерттеулер нәтижесінде 12 ғылыми жұмыс жарияланды, оның ішінде Web of Science деректер базасына енгізілген журналдарда 4 мақала, Қазақстан Республикасы Білім және ғылым саласындағы бақылау комитеті ұсынған басылымдарда 5 мақала, пайдалы модельге 3 патент алынды.

Web of Science және Scopus халықаралық ғылыми деректер базасына енгізілген журналдарда жарияланған мақалалар :

1 **Taurbekov A.** et al. Investigations of Activated Carbon from Different Natural Sources for Preparation of Binder-Free Few-Walled CNTs/Activated Carbon Electrodes (2023), Journal of Composites Science, 7 (11), art. no. 452 (https://doi.org/10.3390/jcs7110452, Scopus – CiteScore – 4.5, процентиль 74%, Q2). (ағылшынша)

2 **Taurbekov A.** et al. Biomass Derived High Porous Carbon via CO_2 Activation for Supercapacitor Electrodes (2023), Journal of Composites Science, 7 (10), art. no. 444 (https://doi.org/10.3390/jcs7100444, Scopus – CiteScore – 4.5, процентиль 74%, Q2). (ағылшынша)

3 **Taurbekov A.** et al. Valorization of Grass Clipping Waste: A Sustainable Approach to Cellulose Extraction and Paper Manufacturing (2024), Applied Sciences (Switzerland), 14 (15), art. no. 6680 (https://doi.org/10.3390/app14156680, Scopus – CiteScore – 5.3, процентиль 79%, Q1). (ағылшынша)

4 **Taurbekov A.** et al. Nanocellulose and carbon nanotube composites: a universal solution for environmental and energy challenges (2024), Journal of Environmental Chemical Engineering, P. 113262 (https://doi.org/10.1016/j.jece.2024.113262, Scopus – CiteScore –11.4, процентиль 85%, Q1). (ағылшынша)

Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігі Ғылыми-техникалық білім комитеті ұсынған ғылыми басылымдардағы 5 мақала:

1 Атаманова Т.С., Елеуов М., **Таурбеков А.,** Атаманов М.К. Разработка гибких электродов без применения полимерных связующих на основе активированных углей и углеродных нанотрубок // Горение и плазмохимия. – 20. – (2022). – 239-246. (орыс тілінде)

2 Приходько Н.Г., Елеуов М.А., Аскарулы К., Толынбеков А.Б., **Таурбеков А.Т.,** Әбдісаттар Ә.Ә., Атаманов М.К. Исследование исходной растительной биомассы для объемного получения графеноподобных структур // Горение и плазмохимия. – 20. – (2022). – 221-231. (орыс тілінде)

3 **Таурбеков А.Т.,** Қайдар Б.Б., Черноглазова Т.В., Мансуров З.А. Получение целлюлозных волокон из опавших листьев карагача // Горение и плазмохимия. – 18. – (2020). – 141-148. (орыс тілінде)

4 Приходько Н.Г., Елеуов М.А., Әбдісаттар Ә.Ә., Аскарулы К., Толынбеков А.Б., **Таурбеков А.Т.** Исследование свойств углеродных материалов, полученных из растительной биомассы методом гидротермальной карбонизации, как исходных прекурсоров для получения графеноподобных структур //Горение и плазмохимия. – 22. – (2023). – 13-26. (орыс тілінде)

5 Балтабай А.С., **Таурбеков А.Т.,** Имаш А.А., Кайдар Б.Б., Смагулова Г.Т., Ко W.B., Мансуров З.А.. Экстракция целлюлозы из отходов рисовой шелухи // Горение и плазмохимия. – 2023. – Т. 21. №. 3. – С. 181-189 (орыс тілінде)

Пайдалы модельдерге патенттер алынды :

1 Патент № 6900 РК. Способ изготовления картона / **Таурбеков А.Т.,** Мансуров З.А., Черноглазова Т.В. – Опубл. 25.02.2022. бюл. № 8. (орыс тілінде)

2 Патент № 8721 РК. Способ получения нанофибриллярной целлюлозы / Атаманов М.К., **Таурбеков А.Т.,** Кайдар Б.Б., Атаманова Т.С., // – Опубл. 15.12.2023. (орыс тілінде)

3 Патент № 9573 РК. Способ получения целлюлозных волокон из растительного сырья / Смагулова Г.Т., **Таурбеков А.Т.,** Балтабай А.С., Имаш А.А., Кайдар Б.Б., Кенешбекова А.М., Мансуров З.А. // – Опубл. 20.09.2024. (орыс тілінде)

Алынған нәтижелердің сенімділігі мен негізділігі

Диссертациялық жұмыстың нәтижелерінің дұрыстығы қазіргі заманғы физико-химиялық зерттеу әдістерінің кешені арқылы алынған деректердің үйлесімділігімен расталады. Ғылыми-зерттеу жұмыстары коммерциялық емес акционерлік қоғам «Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті», РМК «Жану проблемалары институты» және Франция, Эпиналь қаласындағы Жан Ламур институты лабораториясында жүргізілді.