

ПІДСУМКИ XXIV МІЖНАРОДНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ «ВІДНОВЛЮВАНА ЕНЕРГЕТИКА ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ У XXI СТОЛІТТІ»: СЕКЦІЯ «БІОЕНЕРГЕТИКА»

Отримано 07 черв. 2023; рекомендовано до публікації 22 чер. 2023
Доступно онлайн 30 чер. 2023

Г. О. Четверик¹, Є. Г. Новицька²

Автор для кореспонденції: Євгенія Новицька,
e-mail: egnova@ukr.net

¹ канд. техн. наук.
<https://orcid.org/0000-0001-9398-1968>

² наук. співроб.
<https://orcid.org/0000-0001-9217-4099>

^{1, 2} Інститут відновлюваної енергетики НАН України,
м. Київ, Україна.

Підбито підсумки роботи секції «Біоенергетика» на XXIV міжнародній конференції «Відновлювана енергетика та енергоефективність у XXI столітті». Розглянуто тези доповідей щодо напрямів досліджень у галузі біоенергетики: газоподібних біопалив, спалювання газових палив, біопалив і альтернативних видів палив, газифікації твердих видів біопалива, деревного вугілля і твердих видів біомаси, отримання композитних біопалив, законодавча підтримка розвитку біоенергетики, розвитку нових видів альтернативної енергетики, застосування біомаси в нафтогазовій промисловості – й наведено аналіз цих тез. Проаналізовано сучасний стан досліджень актуальних проблем біоенергетики за результатами матеріалів конференції й окреслено перспективи подальших досліджень. Бібл. 25.

Ключові слова: відновлювана енергетика, енергоефективність, біоенергетика, біогаз, газифікація, рідкі біопалива, спалювання.

RESULTS OF THE XXIV INTERNATIONAL CONFERENCE «RENEWABLE ENERGY AND ENERGY EFFICIENCY IN THE XXI CENTURY»: SECTION «BIOENERGY»

Received 15 May. 2023; accepted 22 Jun. 2023
Available online 30 Jun. 2023

H. Chetveryk¹, Ye. Novitska²

Author for correspondence: Yevgeniya Novitska,
e-mail: egnova@ukr.net

¹ Cand. of Tech. Sciences.
<https://orcid.org/0000-0001-9398-1968>

² Researcher.
<https://orcid.org/0000-0001-9217-4099>

^{1, 2} Institute of Renewable Energy NAS of Ukraine, Kyiv,
Ukraine.

The results of the work of the "Bioenergetics" section at the XXIV international conference "Renewable energy and energy efficiency in the XXI century" are summarized. An analysis of theses of the reports related to the areas of research in the field of bioenergy: gas-like biofuels, combustion of gaseous fuels, biofuels and alternative types of fuels, gasification of solid types of biofuel, charcoal and solid types of biomass, production of composite biofuels, legislative sub - the development of bioenergy, the development of new types of alternative energy, the use of biomass in the oil and gas industry. The current state of research on the current problems of bioenergy is analyzed based on the results of the conference materials, and the prospects for further research are given. Bibl. 25.

Keywords: renewable energy, energy efficiency, bioenergy, biogas, gasification, liquid biofuels, burning.

Вступ. В Інституті відновлюваної енергетики НАН України відбулась чергова щорічна міжнародна конференція «Відновлювана енергетика та енергоефективність у XXI столітті». На секції «Біоенергетика» було представлено 12 доповідей із 25 тез доповідей, що надійшли до оргкомітету конференції. В цій конференції взяли участь Інститут

відновлюваної енергетики НАН України, Інститут технічної теплофізики НАН України, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», Національний університет «Львівська політехніка», Інститут теплоенергетичних технологій НАН України, Інститут харчової біотехнології та геноміки НАН

України, Національний університет біоресурсів та природокористування України, Навчально-науковий інститут атомної та теплової енергетики, Подільський державний університет, Інститут економіки та прогнозування НАН України, Інститут газу НАН України, Навчально-науковий інститут енергозбереження та енергоменеджменту «Київського політехнічного інституту ім. Ігоря Сікорського», а також такі закордонні організації, як Інститут розвитку села та сільського господарства Польської академії наук, Польський технологічний університет [1].

Метою роботи є аналіз сучасного стану досліджень актуальних проблем біоенергетики за результатами матеріалів конференції «Відновлювана енергетика та енергоефективність у XXI столітті».

Виклад основного матеріалу. На секції «Біоенергетика» розглядалися питання, пов'язані з отриманням газоподібних біопалив, спалюванням газових палив, біопалив і альтернативних видів палив, газифікацією твердих видів біопалива, деревного вугілля і твердих видів біомаси, отриманням композитних біопалив, законодавчою підтримкою розвитку біоенергетики, розвитком нових видів альтернативної енергетики, застосуванням біомаси в нафтогазовій промисловості.

За напрямом отримання біогазу та біометану виділимо питання, пов'язані з методами очищення біогазу від сірководню, підвищення вмісту метану в біогазі, особливостями метанового зброджування вінаси і садово-паркових відходів, розрахунком виходу біогазу.

У 2020 році в країнах ЄС було вироблено 15 млрд м³ біогазу й 3 млрд м³ біометану, а в 2030 році планується виробити 7 млрд м³ біогазу й 35 млрд м³ біометану [2].

Україна, на відміну від країн ЄС, тільки починає свій шлях в напрямі використання біометану. Нещодавно Постанова НКРЕКП № 847 від 02.08.2022 року «Про внесення змін до кодексу газотранспортної системи та кодексу газорозподільних систем» зняла обмеження щодо вмісту кисню в газах, що ускладнювало подачу біометану до газових мереж і в цілому – розвиток біометанової галузі України [2].

Відомо багато методів очищення біогазу від CO₂ і одержання біометану (фізичні, адсорбційні, абсорбційні, хемосорбційні, рідинно-фазні окисні). В ЄС набули широкого застосування мембранні технології. Але практично для всіх методів одержання біогазу зазвичай необхідна попередня очистка біогазу від сірководню. В Національному університеті «Львівська політехніка» розроблено хінгидронний метод очищення газів від сірководню. Цей метод було застосовано в промисловості – для очищення від H₂S вентиляційних газів на Яворівському ДГХП «Сірка», Львівська обл [2].

Метод полягає у хемосорбції H₂S з газів поглинальним розчином на основі натрію карбонату, й окисненні H₂S до S хінгидроною окисною системою (ХОС) та регенерації відновної форми ХОС киснем повітря. Для попереднього очищення біогазу до вмісту сірководню менше 0,006 г/м³ розроблено метод з хімічною регенерацією ХОС. Очищений біогаз направляють на подальше очищення від CO₂ й одержання біометану [2].

Запропоновано метод для збільшення відсотку переробленої сировини на основі силосу кукурудзи, виходу біогазу і вмісту метану в біогазі за рахунок внесення мікроорганізмів, що забезпечують продукування водню. Збільшення вмісту метану в біогазі підвищує його енергоємність та зменшує негативний вплив на довкілля діоксиду карбону. Отримані результати необхідно враховувати під час зброджування органічних субстратів [3].

На підприємствах, що виробляють етанол із меляси, утворюються відходи – вінаса, яка може бути ферментована з утворенням біогазу. Щоб не допустити стрімкого утворення кислот і пригнічення метаногенезу, треба забезпечити реактор достатньою кількістю лігноцелюлозного носія для іммобілізації метаногенів і запобігання їх виносу потоком рідини. Крупні частки лігноцелюлози гідролізуються повільно і не перевантажують реактор леткими жирними кислотами. Було проведено досліди з метанової ферментації вінаси. Встановлено, що додавання лігноцелюлозного косубстрату – стебел сорго та пальчастого проса дає змогу збільшити рівень завантаження реактора, при якому не буде закисання сировини [4].

Проведено дослідження отримання біогазу із суміші харчових відходів і газонної трави. Встановлено оптимальне співвідношення вмісту органічної речовини газонної трави у досліджуваному сумішевому субстраті. Отримані результати зброджування досліджуваних органічних субстратів у лабораторних умовах можуть бути використані для проектування промислових біогазових станцій [5].

Наведено алгоритм розрахунку виходу біогазу при анаеробному зброджуванні в реакторах із періодичним завантаженням, що дозволяє визначати питомий вихід біогазу під час роботи біогазового реактора в режимі періодичного завантаження та у перерахунку на нормальні умови. Це може застосовуватись у наукових дослідженнях та для оцінки процесу виробництва біогазу діючими установками [6].

За напрямом спалювання газових палив, біопалив і альтернативних видів палив виділимо питання, пов'язані з утворенням оксидів азоту при високотемпературному горінні газових палив, процес спалювання пелет, моделювання теплофізичних процесів, що протікають в побутовому пальнику малої потужності під час спалювання пелет, визначення паливних характеристик мулу та особливостей горіння, спалювання біопалив у режимі самозаймання, використання енергетичних культур.

Розвинуто основні положення теорії утворення оксидів азоту NO_x під час спалювання газових палив. На основі аналізу проведених експериментів та розрахунково-теоретичних досліджень доведено, що для різних палив: вуглеводневих CH₄, C₂H₆, C₃H₈, сумішевого газу CH₄/H₂ – температура і коефіцієнт надлишку повітря не залежать від типу палива, і це підтверджує гіпотезу про утворення оксидів азоту безпосередньо всередині атмосферного повітря. Роль горіння при цьому зосереджена на впливі на температуру спалювання. Результати досліджень можуть бути використані при розробці сучасного обладнання для теплоенергетичного сектору та для формування структури паливного балансу [7].

Проведено дослідження впливу режиму роботи пального пристрою на повноту вигорання деревних

пеллет. За результатом експериментів встановлено, що при безперервній роботі пальника механічний недопал визначається неповним вигоранням фіксованого вуглецю, а при регулюванні потужності пальника ввімкненням-вимкненням, механічний недопал зумовлений неповною термічною підготовкою палива та неповним вигоранням фіксованого вуглецю. Отримані результати можна використати для підвищення ефективності процесу спалювання пелет [8].

Біомаса, що утворюється з відходів сільського господарства, має значний потенціал для забезпечення енергетичних потреб України. Створено модель теплофізичних процесів, що протікають в побутовому пальнику малої потужності при спалюванні пелет з деревини або з соломі злакових культур у нерухомому шарі. Наведено результати чисельного дослідження температурного режиму пелетного пальника [9].

Визначено паливні характеристики мулу та особливості горіння його окремої частки. Спалювання окремої частки мулу дозволяє визначити як сам процес горіння, так і його складових: займання палива, структуру полум'я, вигорання палива, а також його затухання. Отримані результати можуть бути використанні при спалюванні палива у факелі, шарі або при створенні нових способів спалювання. Проведені досліді показали можливість знешкодження мулу та його утилізації як альтернативного палива [10].

Розглядалось питання горіння альтернативного палива у вихровому потоці в режимі самозаймання. Досліді, проведені в ІТТФ НАНУ показали, що спалювання біопалив у режимі самозаймання за методом термохімічної обробки є найефективнішим. Суть методу полягає в тому, що процес самозаймання відбувається завдяки впливу на реакційну здатність палива, що забезпечує найбільшу швидкість процесу та найменшу залежність від якості палива. Спалювання палива в режимі самозаймання у вихровому потоці, за наявності зон зворотних струменів, які є джерелом займання палива і стабілізації факела, дасть змогу підвищити ефективність використання біомаси створенням технології спалювання палив [11].

Наявна державна політика зосереджена на використанні біомаси, а не на її вирощуванні. Загальні фактори, які стримують розвиток ринку біомаси, включають те, що природний газ субсидується; біомаса не вважається CO₂-нейтральним паливом, тож ТЕЦ, що працюють на біомасі, також сплачують податок на CO₂, що негативно впливає на окупність проєктів з використання біомаси; ринок твердої біомаси неорганізований [12].

Проаналізовано перспективи заміщення природного газу за рахунок вирощування енергетичних культур. За даними Державної служби статистики України, в Україні налічується 24 млн га продуктивних земель і 8 млн га малопродуктивних земель. Згідно з оцінками проєкту BIOPLAT EU у 2020 році площі малопродуктивних земель ще більші, і їх можна використовувати під енергетичні культури [12].

За напрямом газифікації твердих видів біопалива, деревного вугілля і твердих видів біомаси виділимо питання, пов'язані з засміченням генераторного газу, виробленого з соломі зернових в протипотоковому

газогенераторі, вплив водяної пари на повітряну газифікацію деревного вугілля та деревини, методику складання матеріального й теплового балансу процесу виробництва синтез-газу з соломі зернових.

Досліджено ступінь засмічення генераторного газу, виробленого з соломі зернових в протипотоковому газогенераторі за вмістом смол та механічних домішок. За результатом проведеного дослідження зроблено висновки, що солома пшениці може бути газифікована в двоступеневому газогенераторі без спікання золи, з високим ступенем конверсії вуглецю в горючі компоненти газу та з низьким вмістом смол, 7 мг/нм³, і механічних домішок, 3,2 г/нм³. Після конденсації смол в звичайному охолоджувачі газ є придатним для використання в ДВЗ та турбінах без використання складних очисних апаратів [13].

Досліджено використання водяної пари в процесі повітряної газифікації деревного вугілля та деревини, що дозволило збільшити мольне співвідношення H₂/CO в одержаному газі та збільшити вихід водню [14].

Представлено методику складання матеріального й теплового балансу процесу виробництва синтез-газу з соломі зернових. Ця методика дає змогу з високим ступенем достовірності визначати ефективність процесу виробництва синтез-газу [15].

За напрямом отримання композитних біопалив виділимо питання, пов'язані з виробництвом в Україні композитних палив на основі ТПВ, біомаси й торфу, дослідження властивостей трикомпонентних гранул, що складаються із мулових відкладів, торфу й тирси.

Розроблена технологія екстрагування з торфу гумінових речовин, а до твердого залишку торфу після екстракції додається біомаса – стебла кукурудзи, лушпиння насіння тощо. В такий спосіб створюється композитне паливо, яке можна використовувати як дешеве паливо для населення, а також добриво [16].

Виконані дослідження кінетики сушіння композиту на основі твердого залишку торфу після екстрагування гумінових речовин та стебел кукурудзи. Запропоновано ефективний режим при зневодненні композитного палива [16].

Проведені дослідження адсорбційних властивостей трикомпонентних гранул, що складаються з мулових відкладів, торфу й тирси. Отримана рівноважна вологість гранул не перевищує стандартну вологість для паливних гранул, тому вони можуть бути використані для спалювання в котлах на біомасі [17].

Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 року передбачає перехід від видалення відходів на звалища та полігони до системи комплексного використання твердих побутових відходів (ТПВ). До спеціальних заходів Стратегії у сфері побутових відходів належить зростання рівня їх перероблення – введення в експлуатацію сміттєпереробних заводів, створення в рамках пілотних проєктів об'єктів з виробництва палива з твердих побутових відходів (RDF) [18].

Однією з причин енергетичної утилізації ТПВ є можливість отримання додаткового джерела енергії, що заміщує викопні види палива. Важливість виробництва в

Україні композитних палив на основі ТПВ, біомаси й торфу обумовлена прагненням ефективної утилізації ТПВ та зменшення викидів у навколишнє середовище шкідливих речовин [18].

Методи TGA дають можливість кількісно оцінити склад компонентів та визначити температурні інтервали й теплоту зневоднення, термічного розкладання органічних та мінеральних речовин. Термічний аналіз сировини для виготовлення композитних палив на основі RDF та біомаси показав, що деревинну та сільськогосподарську біомасу, текстиль, папір чи картон можна включати до складу твердого композитного палива з метою підвищення його теплотехнічних характеристик [18].

За напрямом отримання рідких біопалив виділимо питання, пов'язані з виробництвом в Україні біоетанолу та біобутанолу.

Використання цикорію для виробництва біоетанолу може скласти конкуренцію біоетанолу з пшениці, картоплі, кукурудзи, за умови, що врожайність коренеплодів цикорію становитиме 30,0–35,0 т/га. Використання цикорію разом з іншими культурами, придатними для виробництва біоетанолу, дозволить отримувати дешевий спирт для промисловості [19].

Розглянуто питання попередньої підготовки незернової частини біомаси ріпаку за допомогою УЗД, лужного, кислотного, лужно-ензиматичного і кислотного-ензиматичного гідролізів та її використання як субстрату для отримання біобутанолу. Встановлено, що найбільше накопичення бутанолу було отримано в разі кислотного-ензиматичної та УЗД попередньої обробки. Біобутанол використовується як компонент альтернативного моторного палива. На сьогодні є попит на бутанол як компонент альтернативного моторного палива [20].

У чинному законодавстві України існує низка діючих законів, що спрямовані на підтримку розвитку біоенергетики.

Закон України «Про внесення змін до деяких Законів України щодо розвитку виробництва біометану» закладає правові основи виробництва біометану. Зокрема, в ньому міститься визначення терміну біометан, а також встановлюється порядок формування гарантій щодо проходження біометану. Важливим є Закон України «Про внесення змін до Закону України «Про теплопостачання». За цим Законом тарифи на теплову енергію, вироблену з усіх видів альтернативних джерел енергії для потреб населення, бюджетних установ та організацій, встановлюються на рівні 90 % визначеного для суб'єкта господарювання тарифу на теплову енергію, вироблену з природного газу. Закон діє з 2017 року [21].

У директиві RED-II визначено обов'язкову ціль щодо використання відновлюваної енергії у транспортному секторі кожної країною на рівні не менше 14 % до 2030 року. Згідно з вимогами директиви RED-II частка біопалив / біорідин, а також палива з біомаси, що споживається на транспорті, якщо воно виробляється з продовольчих та кормових культур, має бути не більше, ніж на один відсотковий пункт вище за частку такого палива в кінцевому споживанні енергії на залізничному та дорожньому транспорті в 2020 році, а максимальне значення для цього показника становить 7 %. Також у директиві

RED-II встановлено цільову мету для біопалив 2-го покоління, частка яких в кінцевому споживанні енергії в транспортному секторі в 2030 році має становити не менше 3,5 % [22].

Отримання електрики при використанні систем, що утворені рослинами та мікроорганізмами, є новим видом альтернативної енергетики. Для підвищення ефективності системи пропонується використовувати аноди, на яких закріплена біоплівка мікроорганізмів, які здатні генерувати перенесення електронів, що утворюються в біохімічних процесах, на анод електрохімічного елемента, що занурений в ґрунт з рослинами та іншими мікроорганізмами. Екзоелектрогенну біоплівку вирощували на графітовій сітці в анаеробних умовах при використанні гною як джерела мікроорганізмів [23].

Попередньо збагачений екзоелектрогенами анод дає змогу підвищити вихід електрики в біоелектрохімічних системах мікроорганізмів з рослинами на 15–20 %. Послідовно з'єднані модулі дозволяють забезпечити тривалу роботу низькоенергетичних приладів [23].

Перспективним є використання одночасного сушіння і диспергування камер при обробці термолабільних матеріалів [24].

Показано застосування біомаси в нафтогазовій промисловості. Біологічні поверхнево активні речовини на основі натуральних продуктів використовуються як альтернатива традиційним поверхнево активним речовинам у нафтогазовій промисловості [25].

Висновки. Виконано аналіз сучасного стану досліджень актуальних проблем біоенергетики за результатами матеріалів конференції «Відновлювана енергетика та енергоефективність у XXI столітті». Наведено перспективні напрями досліджень, які сприятимуть вирішенню важливих задач, що стосуються енергетичної й екологічної безпеки країни та розвитку сектору біоенергетики.

ПОСИЛАННЯ

1. XXIV Міжнародна науково-практична конференція «Відновлювана енергетика та енергоефективність у XXI столітті». Україна. Київ. 18-19 травня 2023 року. За зверненням: https://www.ive.org.ua/wp-content/uploads/Tezy_Conferencii_2023_31_05.pdf. DOI: <https://doi.org/10.36296/renewable.conf.18-19.05.2023>
2. Слюзар А. В., Знак З. О., Калимон Я. А. Попередня очистка біогазу від сірководню у виробництві біометану. С. 377–378.
3. Голуб Н. Б., Левтун І. І., Ніжний Д. А. Методи підвищення вмісту метану в біогазі. С. 374–375.
4. Кулічкова Г. І., Циганков С. П. Запобігання надмірному накопиченню ЛЖК у біогазових реакторах при переробленні вінаси. С. 390–391.
5. Четверик Г. О., Маслова Н. О. Метанове зброджування садово-паркових відходів. С. 383.
6. Яременко О. А., Голуб Г. А. Алгоритм розрахунку виходу біогазу. С. 395–396.
7. Сорока Б. С., Згурський В. О., Кудрявцев В. С. Утворення оксидів азоту при високотемпературному горінні газових палив. С. 418–420.

8. Жовмір М. М. Неповне згорання пеллет в опалювальному котлі. С. 384–386.
9. Басок Б. І., Давиденко Б. В., Лисенко О. М., Веремійчук Г. М. Теплофізичне моделювання спалювання агропеллет у пальнику. С. 418–420.
10. Чмель В. М., Новікова І. П., Новікова Ю. П. Дослідження спалювання мулових відкладень. С. 416–417.
11. Чмель В. М., Новікова І. П. Горіння альтернативного палива у вихровому потоці в режимі самозаймання. С. 407–409.
12. Трипольська Г. С. Перспективи заміщення природного газу спеціальними енергетичними культурами в Україні. С. 404–405.
13. Ключ В. П., Омаров І. С., Цивенкова Н. М. Газифікація соломи в протипотоковому газогенераторі. С. 414–415.
14. Дудник О. М., Соколовська І. С. Дослідження впливу додавання водяної пари на повітряну газифікацію деревного вугілля та деревини. С. 379–380.
15. Ключ В. П., Омаров І. С., Цивенкова Н. М. Матеріальний та тепловий баланс процесу виробництва синтез-газу. С. 397–399.
16. Снежкін Ю. Ф., Петров А. І. Дослідження кінетики сушіння композиту на основі твердого залишку торфу. С. 369–371.
17. Ткач О. В., Ткач Л. В. Використання цикорію коренеплідного для виробництва біоетанолу. С. 402–403.
18. Корінчевська Т. В., Михайлик В. А. Термічний аналіз компонентів RDF та біопалива. С. 381–382.
19. Петрова Ж. О., Самойленко К. М., Новікова Ю. П., Вишневська Т. А. Адсорбція трикомпонентних гранул на основі мулових відкладів, торфу й тирси. С. 372–373.
20. Тігунова О. О., Братішко В. В., Шульга С. М. Вплив попередньої підготовки незернової частини ріпаку на накопичення бутанолу штамом *clostridium sp.* С. 392–393.
21. Ключ В. П., Маслюкова З. В., Маслова Н. О. Стан законодавства та законодавчі ініціативи розвитку біоенергетики в Україні. С. 387–389.
22. Кобець М. І. Використання відновлюваних джерел енергії в транспортному секторі України. Стан справ та шляхи розвитку. С. 412–413.
23. Голуб Н. Б., Левтун І. І., Бесараб Ю. Отримання електрики в біосистемах. С. 376.
24. Liashenko A. Creation of technology and equipment for energy-efficient processing of heatlabile organic waste in the modern economy of Ukraine institute of engineering. С. 394.
25. Lisowska Ju. Biosurfactants based on natural products as an environmentally-friendly alternative to traditional surfactants used in the oil and gas industry. С. 406.
3. N. Golub, I. Levtnun, D. Nizhnyi. Methods for methane concentration enhancement in biogas. P. 374–375.
4. G. Kulichkova, S. Tsygankov. Prevention of excessive VFA accumulation in biogas reactors when processing vinasse. P. 390–391.
5. H. Chetveryk, N. Maslova. Methane digestion of garden and park waste. P. 383.
6. O. Yaremenko, G. Golub. Biogas output calculation algorithm. P. 395–396.
7. B. Soroka, V. Zgurskyi, V. Kudryavtsev. Nitrogen oxides formation by high-temperature combustion of gas fuels. P. 418–420.
8. M. Zhovmir. Incomplete burning of pellets in heating boiler. P. 384–386.
9. B. Basok, B. Davydenko, O. Lysenko, H. Veremiichuk. Thermophysical modeling of the combustion of agricultural pellets in the burner. P. 418–420.
10. V. Chmel, I. Novikova, Yu. Novikova. Research of the combustion of sludge. P. 416–417.
11. V. Chmel, I. Novikova. Alternative fuel combustion in a wordy flow in self-ignition mode. P. 407–409.
12. G. Trypolska. Prospects of substitution of natural gas with the dedicated energy crops in Ukraine. P. 404–405.
13. V. Klyus, I. Omarov, N. Tsyvenkova. Straw gasification in the downdraft gasifier. P. 414–415.
14. O. Dudnyk, I. Sokolovska. Study of the influence of steam addition on the air gasification of charcoal and wood. P. 379–380.
15. V. Klyus, I. Omarov, N. Tsyvenkova. Material and heat balance of the process of syngas production. P. 397–399.
16. Yu. Sniezkhin, A. Petrov. Study of drying kinetics of composite based on solid peat residue. P. 369–371.
17. O. Tkach, L. Tkach. Utilization of chicory root for bioethanol production. P. 402–403.
18. T. Korinchevska, V. Mykhailik. Thermal analysis of RDF and biofuel components. P. 381–382.
19. Zh. Petrova, K. Samoilenko, Yu. Novikova, T. Vyshnievska. Adsorption of three-component granules based on sludge deposits, peat and sads. P. 372–373.
20. O. Tigunova, V. Bratishko, S. Shulga. Effect of pretreatment of the non-graine part of rape on the accumulation of butanol by strain *clostridium sp.* P. 392–393.
21. V. Klius, Z. Masliukova, N. Maslova. Status of legislation and legislative initiatives for the development of bioenergy in Ukraine. P. 387–389.
22. M. Kobets. Use of renewable energy in the transport sector of Ukraine: State of the art and prospect. P. 412–413.
23. N. Golub, I. Levtnun, Yu. Besarab. Obtaining electricity in biological systems. P. 376.
24. Liashenko A. Creation of technology and equipment for energy-efficient processing of heatlabile organic waste in the modern economy of Ukraine institute of engineering. P. 394.
25. Lisowska Ju. Biosurfactants based on natural products as an environmentally-friendly alternative to traditional surfactants used in the oil and gas industry. P. 406.

REFERENCES

1. Materials of the XXIV international scientific and practical conference «Renewable energy and energy efficiency in the XXI century». MAY 18-19, 2023, Kyiv. DOI: <https://doi.org/10.36296/renewable.conf.18-19.05.2023>
2. A. Slyuzar, Z. Znak, Ya. Kalymon. Preliminary biogas purification from hydrogen sulphide during the production of biomethane. P. 377–378.