

УДК 005.932:631.11:620.92

І. А. Семчук,
асистент кафедри адміністративного менеджменту та альтернативних джерел енергії,
Вінницький національний аграрний університет, заступник директора
з навчальної роботи, Технологічно-промисловий коледж Вінницького національного
аграрного університету
ORCID ID: 0000-0001-6341-4452

DOI: 10.32702/2306-6792.2020.10.124

ДОСЛІДЖЕННЯ ЛАНЦЮГІВ ПОСТАЧАННЯ ПРИ ВЗАЄМОДІЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ — ВИРОБНИКІВ БІОПАЛИВА

I. Semchyk,
Assistant of the Administrative Management and Alternative Energy Sources Department,
Vinnytsia National Agrarian University, Deputy Director for Education,
Technological and Industrial college of Vinnytsia National Agrarian University

RESEARCH OF SUPPLY CHAINS IN THE ORGANIZATION OF INTERACTION BETWEEN AGRICULTURAL ENTERPRISES PRODUCING BIOFUELS

Ефективність ланцюга постачання біомаси має вирішальне значення для формування маркетингової політики взаємодії сільськогосподарських підприємств з виробництва біопалив з біомаси. Біопаливо, отримане з біомаси, може відігравати одну з вирішальних ролей у вирішенні питань енергетичної безпеки та кліматичних змін, спричинених викидами при використанні викопного палива. В цій роботі ми розглянули дослідження ланцюгів постачання біомаси. Цілями статті були такі: ознайомитись із типовими основними видами діяльності в ланцюгах постачання біомаси, класифікувати останні дослідження в проблемній галузі ланцюгів постачання біомаси на основі різних критеріїв, надати критичний огляд сучасних досліджень та запропонувати нові можливі напрями розвитку маркетингової політики для сільськогосподарських підприємств.

Запропоновано графічну модель ланцюга постачання біомаси та здійснено опис основних видів діяльності в ньому. Здійснено класифікацію заходів з управління ланцюгами постачання біомаси за рівнями глибини переробки. Виділено основні цілі в ланцюгах постачання біомаси. Визначено зміст задач на різних рівнях прийняття рішень у ланцюгу постачання біомаси. Здійснено огляд досліджень моделей ланцюгів постачання біомаси для переробки на біопалива.

Основні цілі в ланцюгах поставок біомаси висвітлюються як мінімізація витрат, максимізація загального доходу, максимізація чистої теперішньої вартості та забезпечення багатоцільового призначення.

Визначено зміст завдань на різних рівнях прийняття рішень у ланцюзі поставок біомаси для виробництва біопалива. На стратегічному рівні завдання формулюються щодо зберігання, попередньої обробки; на тактичному рівні — планування, контроль, транспортування, планування врожаю, методи зберігання; на операційному рівні — планування, управління транспортуванням.

Досліджуються моделі ланцюгів поставок біомаси для виробництва біопалива. Тактичні та оперативні рівні прийняття рішень недостатньо вивчені. Переважна більшість досліджень охоплює лише окремі види діяльності, сутність та відповідні послання, і дуже мало досліджень стосується складного моделювання ланцюгів поставок біомаси. Також дослідження моделювання ланцюгів постачання для декількох видів біомаси та її різних частин одночасно недостатньо досліджені. Подальші дослідження повинні враховувати недоліки, перелічені вище.

The efficiency of the biomass supply chain is crucial for formulating a marketing policy for the interaction of agricultural biofuel production enterprises. Biofuels derived from biomass can play a crucial role in addressing energy security and climate change-related issues caused by fossil fuel emissions. In this paper we have reviewed the biomass supply chain researches. The goals of this review are: to get acquainted with typical main activities in the biomass supply chains, to classify recent research into the problematic field of biomass supply chains on the basis of different criteria, to provide a critical review of current research and to offer possible new directions for the development of marketing policy for agricultural enterprises.

A graphical model of the biomass supply chain has been proposed and a description of its main activities have been made. Biomass supply chain management measures have been classified according to the levels of processing depth. The main goals in the biomass supply chains are highlighted.

The content of tasks at different levels of decision making in the biomass supply chain is determined. A review of models of biomass supply chains for biofuel processing is reviewed.

The main goals in the biomass supply chains are highlighted covering cost minimization, maximizing total revenue, maximizing net present value, and providing multi-purpose.

The content of tasks at different levels of decision making in the biofuel supply chain is determined. At the strategic level, tasks are formulated in relation to the storage, pre-treatment, bio-production of biomass; at the tactical level - planning, control, fleet management, harvest planning, storage methods; at the operating level — planning, fleet management.

Biofuels supply chain model studies are reviewed. Tactical and operational levels of adoption of swarms have not been sufficiently studied. The vast majority of studies cover only selected activities, entities and relevant links, and a very few studies address the complex modeling of biomass supply chains. Also, studies in the modeling of supply chains for several types of biomass and its various parts at the same time are insufficiently represented. Further studies should take into account the shortcomings listed above.

Ключові слова: ланцюг постачання, взаємодія, сільськогосподарське підприємство, виробництво, біопаливо, біомаса.

Key words: supply chain, interaction, agricultural enterprise, production, biofuels, biomass.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Зростаюча стурбованість енергетичною безпекою та зміною клімату, спричиненою викидами парникових газів від споживання викопного палива, спонукали багатьох дослідників до участі у розробці джерел відновлюваної енергії. Біопаливо, отримане з біомаси, може відігравати одну з вирішальних ролей у цьому контексті [1, с. 738].

Існує три основні покоління біопалив: 1) сировиною для біопалив першого покоління є сільськогосподарські культури, такі як кукурудза, цукрова тростина, пшениця, ріпак, соя та інші; 2) сировина для біопалив другого покоління включає стебла, листя, лушпиння тощо; 3) біопаливо третього покоління базується переважно на водоростях. Потік біомаси від земельних угідь до її кінцевого використання та виробництва біоенергії називається ланцюгами постачання біомаси або ланцюгами створення біомаси в залежності від суб'єктів. Ефективність цього ланцюга має вирішальне значення для зміни економічної ефективності біоресурсу: оскільки сама біомаса є досить дешевою, логістичні вит-

рати є важливою часткою в ціні тонни біомаси, що постачається як біоресурс. Такий ланцюг постачання включає різні види діяльності, які можна поділити на чотири основні категорії: збирання біомаси, зберігання, транспортування та переробка [9, с. 34]. Кожна з цих категорій має власні часткові види діяльності або заходи.

Біомаса може бути важливим джерелом енергії, що можна використовувати для виробництва електроенергії, теплової енергії, біопалив або їх комбінації. Перевагою використання біомаси для отримання енергії є її здатність зберігатись та використовуватись за вимогою [7, с. 312]. Це чиста енергія, поновлювана і повністю природна, що не має ніякого побічного ефекту під час її використання. Біомаса має потенціал до скорочення залежності від викопних видів палива, які є основним джерелом викидів вуглекислого газу в атмосферу.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Низку робіт закордонних вчених присвячено проблематиці ланцюгів постачання біомаси,

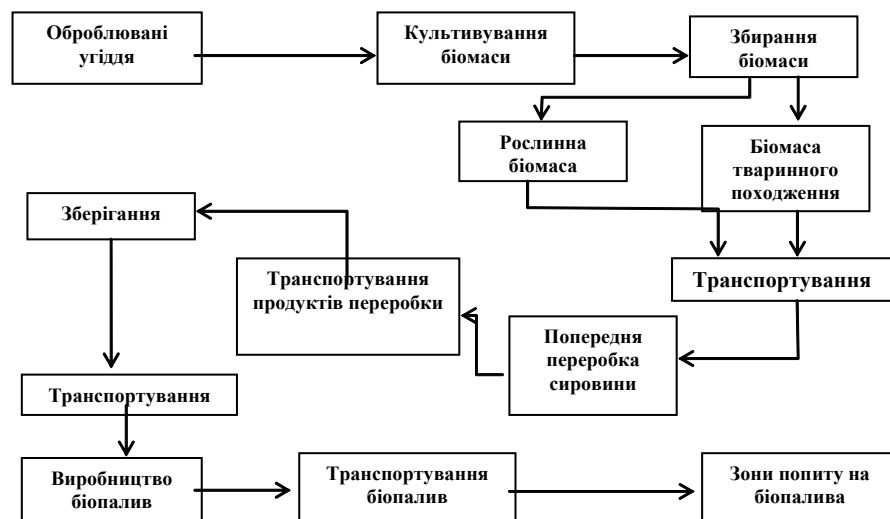


Рис. 1. Ланцюг постачання біопалива

Джерело: складено автором.

а саме: С. Ексіоглу, С. Ледук, І. Боулінг, Н. Паркер, А. Марвін та інші.

Вітчизняні вчені також глибоко досліджуються проблеми утворення та поведження з відходами аграрних підприємств у контексті виробництва біопалива та екологізації аграрних виробництв, а саме: Г.М. Калетнік, І.В. Гончарук, Т.В. Гончарук, Н.В. Пришляк, О.Ю. Самборська, Д.М. Токарчук, С.В. Березюк, А.М. Костін та інші.

Під час використання біомаси актуальними залишаються деякі основні труднощі, що виникають при виробництві та переробці біомасу, а саме: наявність сировини, вартість та якість, ефективність переробки, вартість транспортування та ефективність логістичної системи [16, с. 153]. Використовуючи біомасу для виробництва біопалива, створюються певні труднощі поповнення гумусу в зв'язку з тим, що використання післязливних решток сільськогосподарських культур є джерелом покращення родючості ґрунту. Оптимізація ланцюга постачання біомаси є одним з підходів для зниження енергозатрат та підвищення ефективності вирощування та переробки біомаси на біопаливо.

Для планування та управління ланцюгами постачання біомаси вченими було розроблено різні варіанти моделей, які реалізуються за допомогою таких інструментів, як дослідження операцій, математичне моделювання та інші.

МЕТА СТАТТІ

Метою даної роботи є: ознайомлення з типовими основними видами діяльності в ланцюгах постачання біомаси, класифікація останніх

досліджень у проблемному полі ланцюгів постачання біомаси на основі різних критеріїв, критичний огляд сучасних досліджень та пропонування можливих нових напрямків формування маркетингової політики взаємодії сільськогосподарських підприємств з виробництвом біопалив з біомаси.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ДОСЛІДЖЕННЯ

Логістика — це управління сукупністю товарів або послуг між джерелом та пунктами призначення з метою задоволення потреб клієнтів.

Визначення ланцюга постачання є різним серед науковців на різних рівнях, і в літературі немає чіткого та всебічного визначення цього поняття чи єдиного опису його діяльності. Більш загально ланцюг постачання можна описати як мережу (графік), де вузли відповідають виробничій діяльності, кінцевим споживачам, зберіганням, попередній переробці, перевезенням тощо, що з'єднані дугами для моделювання потоків ресурсів.

Енергетичний центр біомаси (Biomass Energy Center) визначає біомасу як "біологічний матеріал, отриманий від живих організмів. У контексті виробництва біомаси для виробництва енергії часто використовується як рослинна сировина, але біомаса також може стосуватися будь-якої сировини тваринного походження і рослинних матеріалів" [4].

Ланцюги постачання біомаси складаються з різних етапів: дроблення, обробка, тюкування, транспортування, зберігання та переробка.



Рис. 2. Можливі цілі в ланцюгах постачання біомаси

Джерело: складено автором.

На рисунку 1 показано спрощену схему ланцюга постачання біопалива.

Існують різні типи попередньої переробки, такі як силосування, сушка, пелетування та ін. Використовуючи попередню переробку, ми можемо зменшити ризики погіршення якості та збільшити енергетичну цінність біомаси [9]. Сушка дасть змогу зменшити вміст вологи у сировині, а силосування — збільшити термін зберігання біомаси до використання її для переробки.

Біомаса може потребувати тривалого зберігання з моменту збирання до часу потреби її на біохімічних комплексах. Для цього використовуються різні типи сховищ: під відкритим небом або накриті дахом з вентиляторами. Територіально розміщуватись такі сховища можуть поряд з фермою або на відстані і бути централізованими.

Залежно від типу біомаси, форми, відстані, яку необхідно подолати, та потреби споживачів, можна вибрати один або декілька видів транспортування. Для цього використовується автомобільний, залізничний, водний транспорт або їх комбінація. Транспортна система

повинна забезпечувати переміщення біомаси від ферм до пунктів попередньої переробки, від попередньої переробки до централізованого місця зберігання, від централізованого зберігання до біохімічних комплексів і від біохімічних комплексів до місць споживання.

Заходи з управління ланцюгами поставок біомаси можна розділити на три основні рівні за глибиною переробки: верхній рівень; середній рівень; нижній рівень. Верхній рівень включає виробництво біомаси, збирання, попередню переробку та зберігання. Середній рівень фокусується на переробці біоресурсів та її внутрішніх процесах. Нижній рівень включає зберігання біоресурсів та їх розподіл серед споживачів [6, с. 663].

Для класифікації досліджень у сфері ланцюгів постачання біомаси можна розглядати різноманітні критерії, серед яких є цільові функції.

Мінімізація загальних витрат є найпоширенішою метою в моделях ланцюгів постачання біомаси. У С. Ексіоглу та ін. цільовою функцією є — мінімізувати щорічні витрати на збирання, зберігання та транспортування біомаси для

| СТРАТЕГІЧНИЙ РІВЕНЬ | ТАКТИЧНИЙ РІВЕНЬ | ОПЕРАЦІЙНИЙ РІВЕНЬ |
|--|--|---|
| Рішення на довгострокову перспективу (роки) | Рішення на середньострокову перспективу (місяці) | Рішення на коротку перспективу (тижні, дні, години) |
| ЗБЕРІГАННЯ Місце розташування Обсяги Тип ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА Місце розташування Обсяги Тип БІО-ВИРОБНИЦТВО Місце розташування Обсяги Тип БІОМАСА Забезпечення Закупівлі ТРАНСПОРТНИЙ РЕЖИМ | ПЛАНУВАННЯ Обсяг врожаю на кожній фермі Обсяг врожаю в кожному періоді КОНТРОЛЬ Обсяг замовлень Час замовлення УПРАВЛІННЯ АВТОПАРКОМ Обсяг перевезень Кількість необхідних автомобілів Прокладання маршрутів Складання графіків ПЛАНУВАННЯ ЗБОРУ ВРОЖАЮ МЕТОДИ ЗБЕРІГАННЯ | ПЛАНУВАННЯ Таймінг операцій із збирання врожаю в заданий день УПРАВЛІННЯ АВТОПАРКОМ Планування використання автотранспорту Складання графіків |

Рис. 3. Рівні прийняття рішень у ланцюгу постачання біомаси

Джерело: складено автором.

виготовлення біоетанолу, розміщення та експлуатацію біохімічних комплексів [8, с. 1345].

У деяких дослідженнях науковці визначають цільову функцію таким чином, щоб максимізувати загальний дохід. І. Боулінг та ін. пропонують максимізацію доходу за рахунок врахування продажів продукції, витрат сировини, витрат на транспортування, визначення місця розташування вузлів попередньої переробки, визначення центрального вузла переробки та інших операційних витрат на оптимізацію місця розташування виробництва та ланцюга постачання [5, с. 6280]. Н. Паркер та ін. пропонують сувору модель оптимізації біохімічних комплексів з просторовим розподілом біомаси на основі геоформаційної системи [13, с. 1600].

Деякі науковці прагнуть максимізувати чисту поточну вартість. А. Марвін та ін. пропонують економічну оптимізацію ланцюга постачання від біомаси до переробки її на біоетанол з метою максимізації чистої поточної вартості у всьому ланцюгу постачання [12, с. 70].

У деяких дослідженнях застосовується багатоцільова оптимізація для виявлення зв'язку між суперечливими критеріями. М. Агілар та ін. зосереджуються на різних видах сільськогосподарської біомаси, деревної тріски, тирси та комерційної деревини, що використовується для виробництва біоетанолу, водню та біодизелю. Цілями такої моделі є максимізація загального доходу з урахуванням витрат на сировину, продукцію та переробку та мінімізація впливу на довкілля впродовж життєвого циклу [1, с. 740].

Відповідно до визначення управління ланцюгом постачання та логістикою, є багато змінних, які можуть впливати на прийняття рішень, як-от: розташування, потужність та технологічне обладнання, планування запасів, управління водними ресурсами тощо, які відображені на рисунку 3.

Стратегічні рішення орієнтовані на розташування, місткість та тип сховищ, попередню переробку та біохімічні комплекси. Забезпечення біомасою, розподіл біомаси між виробничими потужностями та за видами транспорту можуть вважатися стратегічними рішеннями, навіть якщо вони підлягають зміні частіше.

Ю. Турсун та ін. пропонують модель для визначення оптимальних розмірів і оптимального часу для побудови кожної установки в системі та визначення кількості сировини, що переробляється кожним господарством, а також розподілу біоенергетичних культур для виробництва біоетанолу [16, с. 153]. Ледук та ін.

представляють оптимальні місця для полігенерацийних систем з одночасним виробництвом електроенергії, централізованого опалення, біоетанолу та біогазу на прикладі Швеції [11, с. 2711].

В усіх наукових дослідженнях застосовують математичне програмування для визначення багаторічної перспективи. Критеріями класифікації цих досліджень є такі: існування декількох конверсійних установок, що забезпечуються біомасою; розміщення конверсійних установок; існування декількох типів біомаси; існування централізованих сховищ (наприклад, ігнорування фермерських сховищ, лісових сховищ та буферних запасів конверсійних споруд); розташування централізованих сховищ; наявність засобів попередньої переробки.

Тактичні рішення зосереджуються на логістичних аспектах, як-от: планування запасів, управління водними ресурсами, попередня переробка та способи транспортування. К. Жу та ін. розглядають такі проблеми ланцюга постачання біомаси, як низька насипна щільність, обмеження сезону збирання врожаю та його періодичність, погодні впливи, розповсюдження на широкому географічному просторі тощо [19, с. 1349].

Оперативні рішення зосереджуються на деталях операцій, щоденному контролю запасів і маршрутизації транспортних засобів для того, щоб забезпечити ефективне функціонування біохімічних комплексів та процес управління ланцюгом постачання біомаси. С. Ван Дікен та ін. розробили модель для ланцюгів постачання біомаси, розглядаючи операції з транспортування, зберігання та переробки для 12 тижневих проміжків часу [17, с. 1344].

Попри те, що процеси виробництва та переробки біомаси вивчалися протягом тривалого періоду часу, нещодавно суб'єкти прийняття рішень виявили, що логістична система може слабким місцем біохімічних комплексів.

У наукових дослідженнях представлені тематичні моделі, в яких метою є оптимізація місця розташування та масштабів установок для виробництва біоетанолу, потоків біомаси та транспортування біоетанолу між регіонами, а також кількості транспортних одиниць, необхідних для переміщення цих продуктів між регіонами [2, с. 63]: вирощування біомаси та виробництво біопалив; географічна наявність біомаси; транспорт (ціна, режими, відстані та доступність); капітальні інвестиційні витрати; місце розташування та масштаби виробничих потужностей; потоки біомаси та біопалива між регіонами; розташування центрів попиту на

біопаливо та їх попит на біопаливо; витрати на виробництво біопалива та вирощування біомаси; способи транспортування біомаси та біопалива.

Проектування системи логістики для переробки біомаси в біоенергію з декількома видами сировини представлено в математичній моделі, яку було розроблено для врахування видів та визначення кількості заготовленої та придбаної біомаси, місць розташування складів, розміру групи збирання врожаю, кількості біомаси, що зберігається та переробляється щомісяця, транспортування біомаси тощо. У цій моделі показані переваги від використання декількох видів сировини у порівнянні з використанням одного вихідного виду сировини (проса). Модель включає три види біомаси: просо, стебло кукурудзи та пшенична солома [19, с. 1349].

Проектування та планування виробництва цукру та переробки його на біоетанолу в умовах невизначеності попиту розроблено шляхом застосування підходу лінійного програмування для оптимізації проекту та планування ланцюгів постачання біоетанолу в умовах невизначеності попиту на продукцію [10, с. 364]. Аналіз стохастичних результатів показує, що мають місце два критичні фактори, що впливають на діяльність у ланцюгу постачання у разі невизначеності попиту. Перший — виробнича потужність, другий — кількість складських приміщень та транспортних одиниць.

ВИСНОВКИ

У розглянутих дослідженнях доводиться, що усі обчислення в них зроблені правильно, але достовірність результатів безпосередньо залежить від достовірності вхідних даних.

Більшість витрат на обладнання ланцюга постачання виникають на рівні сільськогосподарських підприємств, що вирощують сировину. Дослідження, що присвячені деталям та розмірам обладнання для збирання та пакування біомаси, все ще є поодинокими, а обладнання для збирання враховується в моделях не досить детально.

Дослідження розроблених та впроваджених моделей ланцюгів постачання біомаси дозволило виділити основні їх характеристики, як от: різноманітність цілей (мінімізація витрат, максимізація доходу, максимізація чистого прибутку та інші), складна структура системи рішень (стратегічні, тактичні, оперативні), різноманітність методів прийняття рішень (математичне програмування, евристика, багато-критеріальний аналіз, географічні інформацій-

ні системи, моделювання) та різноманіття критеріїв ефективності ланцюга постачання біомаси.

Огляд останніх досліджень у сфері оптимізації ланцюгів постачання біомаси показує, що більшість досліджень зосереджуються на проблемних аспектах стратегічних рівнів управління ланцюгами постачання біомаси. Однак, мало досліджень проведено на тактичному та оперативному рівнях. Більшість досліджень ґрунтуються на оптимізації витрат, враховуючи, як правило, лише одну ціль — лише деякі автори здійснювали багатоцільове моделювання. Мало досліджень присвячено оптимізації всього ланцюга постачання і не враховують зберігання та попередню переробку при русі сировини від ферм до біохімічних комплексів, натомість, переважна більшість досліджень обмежуються обліком зберігання сировини на господарстві та простої обробки. Більшість моделей ланцюгів постачання біомаси містять однотипні види біомаси, і мало хто з науковців займається одночасно моделюванням ланцюгів постачання декількох видів біомаси та різних її частин. Крім того, у більшості моделей ланцюгів постачання автомобільний транспорт залишається єдиним видом транспорту для перевезення біомаси, з розглянутих досліджень лише у декількох використовується мульти-транспортний підхід. Подальші дослідження повинні врахувати недоліки, перелічені вище.

Література:

1. Aguilar M., Fiore-Donno A.-M., Lado C., Cavalier-Smith T. Using environmental niche models to test the 'everything is everywhere' hypothesis for *Badhamia*. *The ISME Journal*. 2014. Vol. 8. P. 737—745.
2. Akgul O., Shah N., Papageorgiou L.G. Economic optimisation of a UK advanced biofuel supply chain. *Biomass and Bioenergy*. 2012. Vol. 41. P. 57—72. DOI: 10.1016/j.biombioe.2012.01.040
3. Berezyuk S., Tokarchuk D., Pryshliak N. Resource Potential of Waste Usage as a Component of Environmental and Energy Safety of the Sate. *Journal of Environmental Management and Tourism*. 2019. X. 5 (37). P. 1156—1166.
4. Biomass Energy Center. (n.d.). Biomass Energy Centre: веб-сайт. URL: <http://www.biomassenergycentre.org.uk> (дата звернення: 07.01.2020).
5. Bowling I.M., Ponce-Ortega J.M., and El-Halwagi M.M. Facility Location and Supply Chain Optimization for a Biorefinery. *Industrial & Engineering Chemistry Research*. 2011. Vol. 50 (10). P. 6276-6286. DOI: 10.1021/ie101921y

6. De Meyer A., Cattrysse D., Rasinm'aki J., and Van Orshoven J. Methods to optimise the design and management of biomass-for-bioenergy supply chains: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2014. Vol. 31. P. 657—670. DOI: 10.1016/j.rser.2013.12.036.

7. Demirbas A. Fuelwood Characteristics of Six Indigenous Wood Species from the Eastern Black Sea Region. *Energy Sources*. 2003. Vol. 25 (4). P. 309—316. DOI: 10.1080/00908310390142343.

8. Eksioglu S.D., Acharya A., Leightley L.E., and Arora S. Analyzing the design and management of biomass-to-biorefinery supply chain. *Computers and Industrial Engineering*. 2009. Vol. 57 (4). P. 1342—1352. DOI: 10.1016/j.cie.2009.07.003.

9. Gold S., and Seuring S. Supply chain and logistics issues of bio-energy production. *Journal of Cleaner Production*. 2011. Vol. 19 (1). P. 32—42. DOI: 10.1016/j.jclepro.2010.08.009.

10. Kostin A.M., Guill'en-Gos'albez G., Mele F.D., Bagajewicz M.J., and Jim'enez L. Design and planning of infrastructures for bioethanol and sugar production under demand uncertainty. *Chemical Engineering Research and Design*. 2012. Vol. 90 (3). P. 359—376. DOI: 10.1016/j.cherd.2011.07.013.

11. Leduc S., Starfelt F., Dotzauer E., Kindermann G., McCallum I., Obersteiner M., and Lundgren J. Optimal location of lignocellulosic ethanol refineries with polygeneration in Sweden. *Energy*. 2010. Vol. 35 (6). P. 2709—2716. DOI:10.1016/j.energy.2009.07.018.

12. Marvin A., Schmidt W., Benjaafar L.D., Tiffany D.G., and Daoutidis P. Economic Optimization of a Lignocellulosic Biomass-to-Ethanol Supply Chain. *Chemical Engineering Science*. 2012. Vol. 67(1). P. 68—79. DOI: 10.1016/j.ces.2011.05.055.

13. Parker N., Tittmann P., Hart Q., Nelson R., Skog K., Schmidt A., Gray E., and Jenkins B. Development of a biorefinery optimized biofuel supply curve for the Western United States. *Biomass and Bioenergy*. 2010. Vol. 34 (11). P. 1597—1607. DOI: 10.1016/j.biombioe.2010.06.007

14. Samborska O., Zubar I. A production of biogaz is on wastes of alcohol industry of ukraine. *World science*. 2019. 10 (50). Vol. 2. P. 10—13.

15. Shabani N. and Sowlati T. A hybrid multi-stage stochastic programming-robust optimization model for maximizing the supply chain of a forest-based biomass power plant considering uncertainties. *Journal of Cleaner Production*. 2015. P. 3285—3293. DOI: 10.1016/j.jclepro.2015.09.034.

16. Tursun U.D., Kang S., Onal H., Ouyang Y., and Scheffran J. Optimal Biorefinery Locations and Transportation Network for the Future Biofuels

Industry in Illinois. *Environmental and Rural Development Impacts*. 2008. 1. P. 149—166.

17. Van Dyken S., Bakken B.H., and Skjelbred H.I. Linear mixed-integer models for biomass supply chains with transport, storage and processing. *Energy*. 2010. Vol. 35(3). P. 1338—1350. DOI:10.1016/j.energy.2009.11.017.

18. You F. and Wang B. Multiobjective optimization of biomass-to-liquids processing networks. *Foundations of Computer-Aided Process Operations*. 2012. 1. P. 1—7.

19. Zhu X., Li X., Yao Q., and Chen Y. Challenges and models in supporting logistics system design for dedicated-biomass-based bioenergy industry. *Bioresource Technology*. 2011. Vol. 102 (2). P. 1344—1351. DOI: 10.1016/j.biortech.2010.08.122.

20. Гончарук І. В., Томашук І. В. Економічна ефективність енергетичної автономії АПК за рахунок використання біопалив. *Економіка. Фінанси. Менеджмент: актуальні питання науки і практики*. 2019. № 2 (42). С. 7—19.

21. Калетнік Г. М., Гончарук Т. В. Інноваційне забезпечення розвитку біопаливної галузі: світовий та вітчизняний досвід. *Бізнес Інформ*. 2013. № 9. С. 155—160.

22. Калетнік Г. М., Климчук О. В., Мазур В. А. Перспективність та ефективність виробництва біодизельного палива в Україні з олійних культур. *Економіка. Фінанси. Менеджмент: актуальні питання науки і практики*. 2019. № 5. С. 7—17.

23. Калетнік Г. М., Скорук О. П., Браницький Ю. Ю. Організаційно-економічні засади організації біопаливного виробництва у Вінницькій області на базі Уладово-Люлинецької ДСС. *Економіка. Фінанси. Менеджмент: актуальні питання науки і практики*. 2017. № 5. С. 7—25.

24. Пришляк Н. В., Балдинюк В. М. Ефективність виробництва сільськогосподарської продукції як сировини для переробки на біопалива. *Агросвіт*. 2019. № 21. С. 47—58.

25. Токарчук Д. М., Пришляк Н. В. Теоретичні аспекти та інституційні засади ефективного менеджменту відходів аграрних підприємств. *Інвестиції: практика та досвід*. 2019. № 19. С. 9—17.

References:

1. Aguilar, M. Fiore-Donno, A.-M. Lado, C. and Cavalier-Smith T. (2014), "Using environmental niche models to test the 'everything is everywhere' hypothesis for *Badhamia*", *The ISME Journal*, vol. 8, pp. 737—745.

2. Akgul, O. Shah, N. and Papageorgiou, L. G. (2012), "Economic optimisation of a UK advanced

biofuel supply chain", *Biomass and Bioenergy*, vol. 41, pp. 57—72.

3. Berezyuk, S. Tokarchuk, D. and Pryshlyak, N. (2019). "Resource Potential of Waste Usage as a Component of Environmental and Energy Safety of the State", *Journal of Environmental Management and Tourism*, vol. 5 (37), pp. 1156—1166.

4. Biomass Energy Center (2020), available at: <http://www.biomassenergycentre.org.uk> (Accessed 08 January 2020).

5. Bowling, I. M. Ponce-Ortega, J. M. and El-Halwagi, M. M. (2011), "Facility Location and Supply Chain Optimization for a Biorefinery", *Industrial & Engineering Chemistry Research*, vol. 50 (10), pp. 6276—6286.

6. De Meyer, A. Cattrysse, D. Rasinmmaki, J. and Van Orshoven, J. (2014), "Methods to optimise the design and management of biomass-for-bioenergy supply chains: A review", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 31, pp. 657—670.

7. Demirbas, A. (2003), "Fuelwood Characteristics of Six Indigenous Wood Species from the Eastern Black Sea Region", *Energy Sources*, vol. 25 (4), pp. 309—316.

8. Eksioglu, S. D. Acharya, A. Leightley, L. E. and Arora, S. (2009), "Analyzing the design and management of biomass-to-biorefinery supply chain", *Computers and Industrial Engineering*, vol. 57 (4), pp. 1342—1352.

9. Gold, S. and Seuring, S. (2011), "Supply chain and logistics issues of bio-energy production", *Journal of Cleaner Production*, vol. 19 (1), pp. 32—42.

10. Kostin, A. M. Guill'en-Gos'albez, G. Mele, F. D. Bagajewicz, M. J. and Jim'enez, L. (2012), "Design and planning of infrastructures for bioethanol and sugar production under demand uncertainty", *Chemical Engineering Research and Design*, vol. 90 (3), pp. 359—376.

11. Leduc, S. Starfelt, F. Dotzauer, E. Kindermann, G. McCallum, I. Obersteiner, M. and Lundgren, J. (2010), "Optimal location of lignocellulosic ethanol refineries with polygeneration in Sweden", *Energy*, vol. 35 (6), pp. 2709—2716.

12. Marvin, A. Schmidt, W. Benjaafar, L. D. Tiffany, D. G. and Daoutidis P. (2012), "Economic Optimization of a Lignocellulosic Biomass-to-Ethanol Supply Chain", *Chemical Engineering Science*, vol. 67 (1), pp. 68—79.

13. Parker, N. Tittmann, P. Hart, Q. Nelson, R. Skog, K. Schmidt, A. and Jenkins B. (2010), "Development of a biorefinery optimized biofuel supply curve for the Western United States", *Biomass and Bioenergy*, vol. 34 (11), pp. 1597—1607.

14. Samborska, O. and Zubar, I. (2019), "A production of biogaz is on wastes of alcohol

industry of Ukraine", *World science*, vol. 10 (50), pp. 10—13.

15. Shabani, N. and Sowlati, T. (2015), "A hybrid multi-stage stochastic programming-robust optimization model for maximizing the supply chain of a forest-based biomass power plant considering uncertainties", *Journal of Cleaner Production*, pp. 3285—3293.

16. Tursun, U. D. Kang, S. Onal, H., Ouyang, Y. and Scheffran, J. (2008), "Optimal Biorefinery Locations and Transportation Network for the Future Biofuels Industry in Illinois", *Environmental and Rural Development Impacts*, pp. 149—166.

17. Van Dyken, S. Bakken, B. H. and Skjelbred, H. I. (2010), "Linear mixed-integer models for biomass supply chains with transport, storage and processing", *Energy*, vol. 35 (3), pp. 1338—1350.

18. You, F. and Wang, B. (2012), "Multiobjective optimization of biomass-to-liquids processing networks", *Foundations of Computer-Aided Process Operations*, pp. 1—7.

19. Zhu, X. Li, X. Yao, Q. and Chen, Y. (2011), "Challenges and models in supporting logistics system design for dedicated-biomass-based bioenergy industry", *Bioresource Technology*, vol. 102 (2), pp. 1344—1351.

20. Honcharuk, I.V. and Tomashuk, I.V. (2019), "Economic efficiency of APC energy autonomy through the use of biofuels", *Ekonomika. Finansy. Menedzhment: aktualni pytannia nauky i praktyky*, vol. 2, pp. 7—19.

21. Kaletnik, H. M. and Honcharuk, T.V. (2013), "Innovative support for the development of the biofuels industry: world and national experience", *Biznes Inform*, vol. 9, pp. 155—160.

22. Kaletnik, H. M. Klymchuk, O. V. and Mazur, V. A. (2019), "Perspective and efficiency of biodiesel production in Ukraine from oilseeds", *Ekonomika. Finansy. Menedzhment: aktualni pytannia nauky i praktyky*, vol. 5, pp. 7—17.

23. Kaletnik, H. M. Skoruk, O. P. and Branyts'kyu, Yu. Yu. (2017), "Organizational and economic principles of the organization of biofuel production in Vinnytsia region on the basis of the Uladovo-Lylynetsk SSS", *Ekonomika. Finansy. Menedzhment: aktual'ni pytannia nauky i praktyky*, vol. 5, pp. 7—25.

24. Pryshlyak, N. V. and Baldynyuk, V. M. (2019), "Efficiency of agricultural production as raw materials for biofuel processing", *Ahrosvit*, vol. 21, pp. 47—58.

25. Tokarchuk, D. M. and Pryshlyak, N. V. (2019), "Theoretical Aspects and Institutional Foundations of Effective Waste Management of Agricultural Enterprises", *Investytsiyi: praktyka ta dosvid*, vol. 19, pp. 9—17.

Стаття надійшла до редакції 05.05.2020 р.