ЕНЕРГЕТИКА

УДК 504
DOI https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.5-2/05

Кірсанова В.В.
Дунайський інститут
Національного університету «Одеська морська академія»

ПРОБЛЕМА ВИКОРИСТАННЯ БІОПАЛИВА ДЛЯ ТРАНСПОРТУ: ДИЛЕМА СУЧАСНОСТІ

У статті розглянуто проблему використання біопалива для транспорту. Підсумовано, що, незважаючи на значне скорочення парку машин, сумарні енергетичні потужності забезпечують дизельному паливу одне з провідних місць як у структурі використовуваних в агропромисловому виробництві енергоносіїв (у рослинництві – до 80%), так і щодо кінцевого споживача країни загалом. Здійснено прогнозування витрат дизельного палива на найближчі 10 років. Узагальнено, що, за експертними оцінками, до 2030 року споживання дизельного палива в сільському господарстві має збільшитися в 4 рази. Резюмовано виснаженість світових нафтових родовищ. Здійснено припущення про раціональність використання біопалива з пальмової олії, ріпаку, зернових тощо. Визначено, що нагальність переходу людства на поновлювані палива зумовлена 3-ма факторами: відхиленням кліматичного фону, збільшенням попиту на енергію, хиткістю доступу до вичерпних ресурсів. Встановлено, що на противагу нафтовим, вугільним і газовим копалинам застосування палив, вироблених із відновлюваної сировини, не підвищує кількості двоокису вуглецю в атмосфері. З'ясовано, що кількість діоксиду вуглецю утворюється під час горіння біомаси та кількісно точно відповідає двоокису вуглецю, яку рослина (основа палива) засвоїла в процесі власного зростання. Визначено, що збереження балансу, за якого збір урожаю дорівнюватиме кількості вирощених рослин, дасть змогу підтримувати вміст двоокису вуглецю в атмосфері землі на одному рівні. Проаналізовано класифікації біопалива. Розтлумачено сутність і специфіку виробництва та використання біопалива першого, другого та третього покоління. Узагальнено, що біопалива діляться на первинні і вторинні. Первинні біопалива використовуються в необробленому вигляді, перш за все, для опалення, приготування їжі та електрики, переважно це паливна деревина. Вторинні біопалива, такі як біоетанол і біодизель, виробляються шляхом переробки біомаси та можуть бути використані на транспортних засобах, а також у різних промислових процесах. Вторинні біопалива можна розділити на три покоління: перше, друге і третє покоління біопалива – на основі різних параметрів, таких як тип технології обробки, тип вихідної сировини або їхній рівень розвитку.

Ключові слова: *біопаливо, енергетична потужність, дизельне паливо, біоетанол, біодизель, нафта, вичерпні ресурси.*

Постановка проблеми. Незважаючи на значне скорочення парку машин, наявні сумарні енергетичні потужності забезпечують дизельному паливу одне з провідних місць як у структурі використовуваних в агропромисловому виробництві енергоносіїв (у рослинництві – до 80%), так і щодо кінцевого споживача країни загалом (на АПК (агропромисловий комплекс) України припадає понад 25%). За експертними оцінками, до 2030 року споживання дизельного палива в сільському господарстві має збільшитися в 4 рази. Питомі витрати на придбання моторних палив у загальній собівартості продукції зросли за останні роки до 18–25%, а в деяких регіонах – до 30%, і мають стійку тенденцію до зростання [3]. З урахуванням того, що дешева легка нафта підходить до свого виснаження, а розвідка з подальшою переробкою важкодоступних високосірчаних і високов'язких нафт вимагає великих капіталовкладень, прогнозується неминуче зростання цін на моторне паливо. Енергетичні та екологічні проблеми виробництва продукції рослинництва взаємопов'язані.

Актуальність дослідження. З посиленням вимог до захисту навколишнього середовища від шкідливих викидів із відпрацьованими газами дизельного палива виникла серйозна проблема із забезпеченням якості моторного палива. Процес

знесірчення дизельних палив призвів до втрати низки споживчих властивостей. Для поліпшення змащувальних властивостей екологічно чистих дизельних палив необхідно додавати в них протизносні присадки. Сучасна потреба в протизносних присадках в Україні становить понад 1200 т/рік [4]. Досі на ринку присадок до палив панують зарубіжні фірми. Тому розширення асортименту присадок вітчизняного виробництва, що дають змогу поліпшити якість дизельних палив, належить до найбільш важливих завдань імпортозаміщення.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Отже, сьогодні є актуальною багатогранна проблема задоволення зростаючої потреби сільського господарства в якісному і екологічно чистому органічному паливі. Одним із головних напрямів вирішення цієї проблеми, як підкреслено в «Енергетичній стратегії України на період до 2030 року», є «використання поновлюваних джерел енергії з рослинної біомаси». Водночас бурхливе зростання виробництва і споживання біодизельного палива з рослинних масел харчового призначення в багатьох країнах світу призвело до порушення балансу в структурі агропромислового виробництва, породжуючи проблеми соціально-етичного та екологічного плану.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, яким присвячується стаття. Хоча проблема використання біопалива з відновних ресурсів нині досить актуальна, відсутні, однак, комплексні наукові розвідки, де висвітлювалися б можливості використання різних ресурсів. Подальший шлях розвитку біопалива, за прогнозами експертів, пов'язаний з використанням біомаси ріпаку, пальмової олії, крохмалю, мікроводоростей, які як енергетична сировина за своїми характеристиками перевершують інші сировинні біоресурси. Однак широкому впровадженню в практику біопалива перешкоджає недостатня вивченість цілеспрямованого управління продуктивністю і хімічним складом фітомаси ріпаку, крохмалю, мікроводоростей біопаливного призначення.

Новизна статті полягає в констатації факту, згідно з яким біопаливо може стати фактично невичерпним джерелом енергії**. Методологічне або загальнонаукове значення** полягає в узагальненні енергетичного потенціалу відновних ресурсів (ріпаку, пальмової олії, крохмалю, мікроводоростей) як сировини для виробництва біопалива для транспорту.

Виклад основного матеріалу дослідження. Нагальність переходу на поновлювані палива зумовлена 3-ма факторами: відхиленням кліматичного фону, збільшенням попиту на енергію, хиткістю доступу до скінченних ресурсів. На противагу нафтовим, вугільним і газовим копалинам застосування палив, вироблених із відновлюваної сировини (здебільшого – біомаси), не підвищує кількості двоокису вуглецю в атмосфері. Кількість діоксиду вуглецю утворюється під час горіння біомаси та кількісно точно відповідає двоокису вуглецю, яку рослина (основа палива) засвоїла в процесі власного зростання. Збереження балансу, за якого збір урожаю дорівнюватиме кількості вирощених рослин, дасть змогу підтримувати вміст двоокису вуглецю в атмосфері землі на одному рівні [3].

Біопалива, як правило, діляться на первинне і вторинне. Первинні біопалива використовуються в необробленому вигляді, перш за все, для опалення, приготування їжі та електрики, переважно це паливна деревина. Вторинні біопалива, такі як біоетанол і біодизель, виробляються шляхом переробки біомаси та можуть бути використані на транспортних засобах, а також у різних промислових процесах. Вторинні біопалива можна розділити на три покоління: перше, друге і третє покоління біопалива – на основі різних параметрів, таких як тип технології обробки, тип вихідної сировини або їхеій рівень розвитку [3].

Перше покоління біопалива виготовляється з будь-якої сільськогосподарської сировини (цукру, крохмалю, рослинного масла і тваринного жиру) за допомогою застосування належних технологій (близьких до природних біологічних і термохімічних процесів, такі як бродіння). До цього виду палива належать біоетанол і біодизель. Умовна ефективність виробництва енергії з біомаси біопалива першого покоління становить приблизно 50%.

Основними джерелами сировини є насіння або зерна. Наприклад, насіння соняшника пресують для отримання рослинного масла, яке потім може бути використано в біодизелі. З пшениці отримують крохмаль, після його зброджування – біоетанол. Однак такі джерела сировини займають місце в харчовому ланцюжку людей і тварин, а тому людство росте і вимагає все більше їжі. Тож використання їх для виробництва біопалива зменшить кількість доступних продуктів харчування і збільшить їхню вартість, що неприпустимо на тлі сьогоднішнього голоду в багатьох країнах світу.

Також багато видів біопалива першого покоління залежать від субсидій і не можуть змагатися за ціною з існуючими викопними видами палива (наприклад, нафтою). Деякі з них надають лише

невелике скорочення викидів парникових газів. Якщо брати до уваги викиди від виробництва і транспортування, оцінка життєвого циклу біопалив часто перевершує таку у традиційних викопних видів палива. Основний недолік виробництва біопалива першого покоління – необхідність використання якісних орних земель, різноманітної важкої сільськогосподарської техніки, а також добрив і пестицидів [5].

Біопаливо другого покоління – це паливо, отримане різними методами піролізу біомаси, або інші палива, відмінні від біометанолу, біоетанолу, біодизелю. Виробляється воно з нехарчової сировини (відпрацьовані жири і рослинні масла, біомаса дерев і рослин). Швидкий піроліз дає змогу перетворити біомасу в рідину, яку легше і дешевше транспортувати, зберігати і використовувати. З рідини можна зробити автомобільне паливо або паливо для електростанцій. Умовна ефективність виробництва енергії з біомаси біопалива другого покоління становить приблизно 50%. Технологічно виробництво біопалива другого покоління являє собою процес отримання палива за допомогою переробки целюлози та лігніну, що містяться в деревній або волокнистій біомасі. Сорти біопалива, які виробляються в наші дні, вважають доречними до першого покоління. Зараз вони виробляються з ферментованої рослинної сировини (біоетанол) і різноманітних рослинних масел (біодизельне паливо). Паливо другого покоління буде проводитися за технологією скраплення газів (gas-to-liquids, GTL) Фішера-Тропша (Fischer-Tropsch).

Технологія включає в себе кілька стадій. Перша з них полягає в спеціальній обробці біомаси та отриманні з неї газоподібних продуктів. Далі ці гази проходять очистку, переробляються в однорідну суміш моноксиду вуглецю і водню, яка, у свою чергу, переробляється в рідке паливо. Цей процес був розроблений у двадцятих роках минулого століття, проте цілком придатний для використання й зараз, адже піддається стандартизації хімічно однорідного палива. Отже, продукти обробки рослинної сировини розкладаються до простих компонентів, які потім можна синтезувати у високоякісне, позбавлене домішок паливо.

Сировиною для подібного виробництва може бути будь-яка біомаса, включно з відходами деревообробного виробництва і залишками їжі. Цей процес поки що використовує не дуже велике число компаній, і пройде ще чимало часу, не менше десяти років, поки паливо почне вироблятися в промислових масштабах. Тільки після цього може розкритися справжній потенціал біопалива, без побічних ефектів у вигляді завдання ним шкоди двигунам.

Рослини – джерела сировини другого покоління: водорості – прості живі організми, пристосовані до зростання і розмноження в забрудненій або солоній воді (містять до двохсот разів більше олії, ніж джерела першого покоління, такі як соєві боби); ріпак (рослина) – росте в ротації з пшеницею та іншими зерновими культурами; Jatropha curcas, або ятрофа – росте в посушливих ґрунтах, із вмістом олії від 27 до 40% залежно від виду.

Перевага біопалива другого покоління: сировину, необхідну для виробництва (рослини), можна вирощувати на менш упорядкованих землях, для їх виробництва потрібно мінімум техніки, добрив і пестицидів. Головний недолік виробництва біопалива другого покоління – склад сировини та витрати. Лігноцелюлоза – складний полімерний вуглевод, що вимагає більшого числа хімічних перетворень і, відповідно, енергії для отримання з нього рідких палив. З лігноцелюлози рослин отримують біоетанол. Виробництво біопалива другого покоління зараз є дуже капіталомістким процесом, тому що поки відповідні технології досить дорогі [7]. Розвиток і вдосконалення техніки і технології екстрагування плодоовочевої сировини – актуальні і важливі завдання переробної промисловості як із погляду організації раціонального і збалансованого харчування, так і з погляду зменшення втрат під час переробки сировини (зокрема, вторинного), що містить, крім вуглеводів, амінокислоти, біологічно активні мінеральні речовини, ефірні масла та інші цінні для споживання продукти.

Біопаливо третього покоління – паливо, отримане з водоростей. Перспективність цього напряму розвитку біопаливної галузі пов'язана зі специфікою складу водоростей. За характеристиками, які можуть зацікавити фахівців біопаливної галузі, вони значно перевершують рослини, місцем існування для яких є суша, в штамі водоростей вміст жирів становить від 75 до 85% сухої ваги.

Водорості розглядають як найбільш перспективну сировину для виробництва палива з поновлюваних джерел. Це пов'язано, перш за все, зі швидким розмноженням водоростей, що дає високий приріст біомаси. З одного технологічного майданчика для культивування біопаливних водоростей можна збирати до 40 врожаїв на рік, а близько 80% органічної речовини, що створюється щодня на Землі, припадає саме на водорості.

Крім вирощування водоростей, у відкритих ставках є технології вирощування водоростей у малих біореакторах, розташованих поблизу

електростанцій. Під час розміщення технологічних майданчиків нижче скиду тепла ТЕЦ покривається до 77% потреб у теплі, необхідному для вирощування водоростей. Більшість біопалива третього покоління планується отримувати шляхом перетворення органічної речовини в паливо. Цікаво, що водорості залежно від їхнього виду можуть виробляти різні хімічні компоненти біопалива: етиловий спирт – для бензинових двигунів, рослинне масло – для виготовлення біодизеля, навіть «Біонафту», яку можна перетворити в кілька видів пального. Це дає підстави говорити про багатий енергетичний потенціал водоростей, і сьогодні вчені наполегливо працюють, щоб створити енергоємні водні рослини і рентабельні технології виробництва рідкого палива з них [1; 2 та ін.]. Спільними зусиллями двох компаній, Dow Chemical і Algenol Biofuels, був побудований дослідний біозавод, на якому під впливом сонячного світла йде перетворення вуглекислого газу, що міститься в атмосфері, в етиловий спирт, який можна використовувати як біопаливо або як сировину для отримання пластиків [4]. Це перетворення відбувається в біореакторах, заповнених одним із видів морських водоростей.

Перший, експериментальний, біозавод побудований у Флориді і містить усього 40 біореакторів. Компанії планують побудувати великий завод у штаті Техас, який буде складатися з 3100 біореакторів, займаючи площу 24 акра (97 125 кв. м). Ефективність такої технології підтверджується тим фактом, що кожен біореактор може за рік зробити більше 1000 галонів (3785 літрів) етилового спирту, при цьому ціна цього біопалива залишається надзвичайно низькою – менше одного долара за галон (4,5 літрів).

У цей час розроблення способів вирощування мікроводоростей і конструювання різних типів апаратів до вивчення цього питання вдаються багато корпорацій, починаючи від світових гігантів в енергетичній галузі, таких як Chevron, Shell, і закінчуючи корпораціями De Beers, Nestle, для яких енергетичний бізнес не є профільним, а також споживачі палива – компанії Boing, Chysler, NextDiesel та інші. Нині активно ведуться роботи, спрямовані на зниження собівартості одержуваної біомаси мікроводоростей шляхом використання для вирощування відкритих природних водойм, водоймищ очисних споруд, попутних газів електростанцій, застосування комбінованих способів використання відкритих і закритих систем для вирощування [9].

За оцінками, які наводять аналітики агентства «Cleandex», 200 тисяч га ставків можуть виробляти паливо, достатнє для річного споживання 5% автомобілів США [10]. При цьому 200 тисяч га – це небагато, для США це всього 0,02% земельного фонду. За даними експериментів встановлено, що з 1 акра (4 047 кв. м) водоростей можна зробити в 30 разів більше енергії, ніж з акра наземних рослин, таких як соя. За розрахунками фахівців Boeing, якби весь флот усіх авіаліній світу використовував тільки біопаливо, отримане з морських водоростей, знадобилося б 322 млрд літрів олії. З 1 га можна отримувати 6 500 літрів на рік [11]. Можна розрахувати, що для вирощування цих водоростей потрібна площа 50 млн га – це також невелика роль у житті людства.

На тлі зростаючих цін на мінеральне паливо інвестори проявляють усе більше інтересу до розведення водоростей. Проте біопаливо, вироблене з водоростей, має й свої недоліки: для вирощування водоростей необхідна велика площа; водорості люблять високу температуру, для їх виробництва добре підходить клімат пустель. При цьому саме вирощування водоростей має мати позитивний екологічний ефект: вони, як і інші рослини, в процесі фотосинтезу поглинають вуглець, очищаючи повітря і знижуючи парниковий ефект.

Висновки. Світ вступає в еру біоекономіки, тобто економіки, заснованої на біотехнологіях, що використовують відновлювальну сировину для виробництва енергії та матеріалів. Багато країн уже впровадили свої технології, деякі – тільки виходять на цей ринок із новими розробками. Але сказати можна одне: за рослинним біопаливом майбутнє. Запаси нафти, газу і вугілля не нескінченні і практично не поновлювані. Тому виробляти паливо доведеться з усього, що «трапиться». **Перспективи використання результатів дослідження** полягають у дослідженні можливостей використання біопалива другого покоління, зокрема використання екстрагованого рослинного масла з мікроводоростей.

Список літератури:

1. Абдулагатов И.М., Алхасов А.Б., Догеев Г.Д., Тумалаев Н.Р., Алиев Р.М., Бадавов Г.Б., Алиев А.М., Салихова А.С. Микроводоросли и их технологические применения в энергетике и защите окружающей среды. *Юг России: экология, развитие*. 2018. Т. 13. № 1. С. 166–183.

2. Абдулагатов И.М., Бадавов Г.Б., Алиев А.М. Технология коммерческого производства микроводорослей в качестве сырья для биотоплива, белкововитаминных кормов и ценных биоактивных соедине-

ний с использованием возобновляемой энергии на территории Республики Дагестан: бизнес-план инвестиционного проекта. *Материалы объединенного семинара NIST (Боулдер, США) и Института проблем геотермии ДНЦ РАН (Махачкала, Южная Россия)*. 2011. С. 5–157.

3. Аналитический отчет. Основные тенденции развития рынка биотоплива в мире и России за период 2000–2012 годов. ОАО «Корпорация развития», 2013. 43 с.

4. Варфоломеев С.Д., Моисеев И.И., Мясоедов Б.Ф. Энергоносители из возобновляемого получения сырья. Химические аспекты. *Вестник РАН*. 2009. Т. 79. № 7. С. 595–602.

5. Кольцова Е.С., Иванникова Е.М., Систер В.Г., Ямчук А.И., Цедилин А.Н. Современное использование альтернативных топлив для автотранспорта. *Технические науки: проблемы и перспективы :* материалы III Междунар. науч. конф., г. Санкт-Петербург, июль 2015 г. Санкт-Петербург : Свое издательство, 2015. С. 88–91. URL https://moluch.ru/conf/tech/archive/126/8288/ (дата обращения: 23.06.2019).

6. Назаренко Л.В. Биотопливо: история и классификация его видов. Актуальные проблемы естествознания. *Вестник МГПУ*. 2012. № 2 (10). С. 16–32.

7. Моисеев И.И., Платэ Н.А., Варфоломеев С.Д. Альтернативные источники органических топлив. *Вестник РАН*. 2006. Т. 76. № 5. С. 427–437.

8. Фортов В.В., Макаров Л.А., Митрова Т.А. Глобальная энергетическая безопасность: проблемы и пути решения. *Вестник РАН*. 2007. Т. 77. № 2. С. 99–114.

9. Ganesan K., Kumar K.S., Rao P.V.S. Comparative assessment of antioxidant activity in three edible species of green seaweed, Entero-morpha from Okha, Northwest coast of India. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2011. Vol. 12. No. 1. P. 73–78.

10. Groom M.J., Gray E.M., Townsend P.A. Biofuels and biodiversity: Principles for creating better policies for biofuel production. *Conservation Biology*. 2008. Vol. 12. P. 34–42.

11. Chisti Y. Biodiesel from microalgae. *Biotechnology Advances*. 2007. Vol. 25. P. 294–306.

Kirsanova V.V. THE PROBLEM OF USING BIOFUELS FOR TRANSPORT: THE DILEMM OF THE MODERNITY

The article considers the problem of using biofuels for transport. It is summed up that despite a significant reduction in the fleet of vehicles, the total energy capacities provide diesel to one of the leading places in the structure of energy carriers used in the agricultural and industrial production (up to 80% in crop production) as well as regarding the end consumer in the country as a whole. The prediction of diesel fuel costs for the next 10 years has been carried out. It has been summarized that according to expert estimates, by 2030 diesel consumption in agriculture should increase by 4 times. The exhaustion of world oil deposits has been summarized. It has been made an assumption of the rationality of the use of biofuels made of palm oil, rapeseed, cereals, etc. It has been determined that the urgency of the transition of mankind to renewable fuels is due to three factors: the deviation of the climatic background, the increase in demand for energy, and the precariousness of access to the exhaustive resources. It has been established that in contrast to oil, coal and gas fossils, the use of fuels produced of renewable raw materials does not increase the amount of carbon dioxide in the atmosphere. It has been revealed that the amount of carbon dioxide, formed during combustion of biomass, quantitatively accurately corresponds to carbon dioxide, which plant (the basis of fuel) imbibed during its own growth. It has been determined that preserving the balance, at which harvesting will be equal to the number of cultivated plants, shall allow maintaining the content of carbon dioxide in the atmosphere of the earth on the same level. Biofuel classification has also been analyzed. The essence and specifics of the production and use of the first, second and third generation biofuels have been explained. It is summed up that biofuels are divided into primary unprocessed and secondary processed ones. Primary unprocessed biofuels are used in their crude condition, first of all for heating, cooking and electricity, mainly, this is fuelwood. Secondary processed biofuels such as bioethanol and biodiesel are produced by conversing biomass and can be used by vehicles as well as in different industrial processes. Secondary processed biofuels can be divided into three generations: the first, second and third generation of biofuels based on various parameters, such as the type of processing technology, the type of raw feedstock or by the level of their development.

Key words: *biofuels, energy capacity, diesel fuel, bioethanol, biodiesel, oil, exhaustive resources.*