

ПОТЕНЦІАЛ ВИКОРИСТАННЯ ЛІГНОЦЕЛЮЛОЗНОЇ СИРОВИНИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА СТАЛОГО АВІАЦІЙНОГО ПАЛИВА

Вступ. Сьогодні одним з провідних напрямків науки та досліджень в авіаційній галузі є розробка сталих авіаційних палив (САП). Пошук і вибір нових видів сировини, розробка нових технологій виробництва САП та інфраструктури їх використання є одним з пріоритетних завдань сучасної авіаційної промисловості. На сьогодні САП розглядаються як найбільш перспективний шлях до декарбонізації повітряного транспорту. Крім того, САП може забезпечити короткострокове і навіть довгострокове рішення для цивільної авіації щодо меншого впливу на навколишнє середовище порівняно з нафтовим паливом, а також диверсифікацію енергоресурсів. У той же час, САП, вироблені з відновлюваної сировини, повинні відповідати вимогам, пов'язаним з ефективністю, надійністю та довговічністю авіаційної техніки.

Ключем до успішної розробки та впровадження САП є наявність сировини у великих і сталих масштабах і за прийнятною ціною. Підвищення врожайності та зменшення витрат на плантації або транспортування можуть сприяти комерціалізації виробництва САП. Сьогодні існує велика різноманітність відновлюваної сировини або біомаси для виробництва САП. Її можна класифікувати за різними підходами, наприклад, за агрегатним станом, способом переробки, генерацією виробленого палива тощо.

Однією з найпростіших класифікацій є класифікація за агрегатним станом:

- сировина на основі нафти (рідини), наприклад, рослинні олії, відпрацьовані олії, олії водоростей та піролізні олії;
- тверда сировина, така як лігноцелюозна біомаса (включаючи деревину, відходи лісового господарства та сільськогосподарські відходи) та муніципальні відходи (органічна частина);
- газоподібна сировина, така як біогаз та синтез-газ.

Олійна сировина зазвичай використовується для виробництва відновлюваного дизельного та авіаційного палива. Для переробки нафти зазвичай застосовують методи гідрогенізації, гідроочищення та каталітичного гідротермолізу.

Тверда сировина або лігноцелюлоза перетворюється на проміжний продукт з біомаси шляхом газифікації, спирти – за допомогою біохімічних або термохімічних процесів, цукор - за допомогою біохімічних процесів, а біомасла – за допомогою процесів піролізу. Синтетичний газ, спирти, цукор та біомасла можуть бути перероблені в авіаційне паливо за допомогою різних синтезів, ферментативних або каталітичних процесів.

Основна частина. Лігноцелюозна біомаса є найпоширенішою сировиною рослинного походження на Землі, яку можна легко і стабільно відновлювати. Завдяки своїй поширеності в природі, вона недорога і значно дешевша за сиру нафту. Доступними джерелами лігноцелюлозної біомаси є різні сільськогосподарські відходи (кукурудзяна солома), енергетичні культури (світчграс), листяні та хвойні ліси, деревні залишки (тополя), а також тверді побутові відходи, відходи целюлозно-паперової промисловості тощо.

Різноманітність сировини, її велика кількість і дешевизна роблять лігноцелюлозну біомасу цікавою для хімічної та біотехнологічної промисловості, в тому числі для виробництва палива. Завдяки тому, що лігноцелюлозна біомаса може перероблятися повністю і майже без відходів, вона не конкурує з харчовою промисловістю і може швидко відновлюватися; паливо, вироблене з цієї сировини, може бути віднесено до біопалива другого або навіть третього покоління. Водночас існує низка технічних, інфраструктурних та економічних проблем, пов'язаних з промисловим використанням лігноцелюлозної біомаси та комерційним виробництвом САП.

Основними компонентами лігноцелюлозної сировини є целюлоза (35-50%), геміцелюлоза (20-35%) та лігнін (10-25%). Інша частина біомаси включає білки, олії та золу. Така біомаса має складну просторову структуру, де целюлоза (вуглеводний полімер) вкрита геміцелюлозою (також

вуглеводним полімером) і лігніном, які разом утворюють структуру високої щільності. Такий хімічний склад зумовлює високий потенціал лігноцелюлозної біомаси як сировини для виробництва необхідних хімічних речовин для різних галузей хімічної технології. Сьогодні науковці розробляють методи отримання різноманітних платформних хімічних речовин, таких як цукрові спирти, органічні кислоти, фурфурол та 5-HMF з лігноцелюлозної біомаси за допомогою технологій біорефінансування.

Одним з основних проблемних питань, пов'язаних з використанням лігноцелюлозної сировини, є розробка ефективних методів розкладання біомаси на основні компоненти (целюлозу, геміцелюлозу та лігнін) та перетворення їх у функціональні мономери, які в подальшому можуть бути використані в хімічній промисловості, в тому числі для виробництва САП. При розробці методів і технологій переробки сировини слід враховувати, що якісний і кількісний вміст основних компонентів – целюлози, геміцелюлози і лігніну - може змінюватися залежно від виду і походження біомаси.

Серед численних сполук, які можуть бути отримані шляхом перетворення біомаси, левулінову кислоту (ЛК) можна вважати однією з найбільш важливих і перспективних хімічних речовин. Левулінова є хімічним продуктом відносно простого виробництва. Підходи до виробництва ЛК базуються на гідролізі лігноцелюлозної біомаси з подальшою дегідратацією простих цукрів і перетворенням їх у бажані продукти. Тому ЛК вважається перспективною зеленою хімічною речовиною, що виробляється на основі біомаси, оскільки її можна отримувати з різної відновлюваної біомаси, наприклад, з жому цукрової тростини, рисової соломи, рисового лушпиння, деревної тріски, пшеничної соломи або трави.

Завдяки своїй структурі та хімічним властивостям, ЛА кваліфікується як цінна хімічна речовина, яка може бути використана для хімічної модифікації в різноманітні цінні продукти, такі як вуглеводневе паливо, паливні оксигенати, розчинники, мономери для полімерів, пластифікатори, засоби особистої гігієни, агрохімікати тощо.

Висновки. У рамках проведеного дослідження проаналізовано потенціал лігноцелюлозної біомаси для виробництва САП. Показано, що запаси цього виду сировини практично необмежені і можуть бути поповнені за короткий період часу; джерела цієї сировини дуже різноманітні – від спеціальних енергетичних культур до побутових і сільськогосподарських відходів. Одним з перспективних продуктів переробки лігноцелюлозної біомаси є левулінова кислота, яка може бути використана як хімічна платформа для різних сфер хімічної та біотехнології. В ході дослідження левулінову кислоту було використано як сировину для синтезу алкіллевулінатів, що застосовуються як компоненти авіаційних палив. На наступному етапі дослідження було проаналізовано основні фізико-хімічні властивості естерів левулінової кислоти та порівняно їх з властивостями традиційного авіаційного палива. Отримані дані показали, що властивості алкіл левулінату дещо відрізняються від властивостей звичайного авіаційного палива. У той же час, прогнозується, що використання алкіл левулінатів матиме позитивний вплив на покращення властивостей ДП, наприклад, низькотемпературних властивостей, пожежної безпеки, змащувальних властивостей та енергетичної цінності.

Результати, отримані в рамках цієї роботи, свідчать про необхідність подальших досліджень у цьому напрямку. Наступні дослідження мають бути присвячені аналізу більш широкого спектру фізико-хімічних та експлуатаційних властивостей алкіл левулінатів як компонентів рідин, вивченню властивостей сумішей рідин з алкіл левулінатами та підбору оптимальних рецептур.