

# ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗІ СТВОРЕННЯ БІОПАЛИВА В УКРАЇНІ

© 2014 БУНТОВ І. Ю.

УДК 330.3+332.1

## Бунтов І. Ю. Перспективи розвитку досліджень зі створення біопалива в Україні

Наведено основні напрямки використання енергоресурсів поновлюваної енергії, накопиченої живою речовиною завдяки фотосинтезу, а саме -біопалива в країнах світу і в Україні. Встановлено, що вирішенням проблеми створення промислового виробництва біопалива в Україні є: значне підвищення ефективності виробництва різного типу біопалив шляхом розширення сировинної бази, із застосуванням нових нетрадиційних культур і вдосконаленням традиційних культур шляхом селекції та використання досягнень геноміки і біотехнології; створення та вдосконалення технологій отримання біопалив і білкових концентратів з різних культур і решток сільськогосподарського виробництва та продукції лісового господарства. Представлено результати виконання цільової комплексної програми наукових досліджень НАН України «Біомаса як паливна сировина» («Біопалива») за 2007 – 2012 рр., а також цільової комплексної програми наукових досліджень НАН України «Біологічні ресурси і новітні технології біоенергоконверсії», прийнятої на 2013 – 2017 рр., у 2013 р. і визначено очікувані результати виконання вказаної програми до 2017 р.

**Ключові слова:** біопаливо, біоресурси, біомаса, поновлювана енергія, біоенергоконверсія.

**Табл.:** 2. **Бібл.:** 10.

**Бунтов Іван Юрійович** – здобувач, Науково-дослідний центр індустріальних проблем розвитку НАН України (пл. Свободи, 5, Держпром, 7 під'їзд, 8 поверх, Харків, 61022, Україна)

УДК 330.3+332.1

UDC 330.3+332.1

## Бунтов И. Ю. Перспективы развития исследований по созданию биотоплива в Украине

Представлены основные направления использования энергоресурсов возобновляемой энергии, накопленной живыми организмами благодаря фотосинтезу, а именно – биотоплива в странах мира и в Украине. Установлено, что решением проблемы создания промышленного производства биотоплива в Украине является: существенное повышение эффективности производства различных типов биотоплива путем расширения сырьевой базы, с использованием новых нетрадиционных культур и усовершенствованием традиционных культур путем селекции и использования достижений геномики и биотехнологии; создание и усовершенствование технологий получения биотоплив и белковых концентратов из различных культур и остатков сельскохозяйственного производства и продукции лесного хозяйства. Представлены результаты выполнения целевой комплексной программы научных исследований НАН Украины «Биотопливо как топливное сырье» («Биотоплива») за 2007 – 2012 гг., а также целевой комплексной программы научных исследований НАН Украины «Биологические ресурсы и новейшие технологии биоэнергоконверсии», принятой на 2013 – 2017 гг., в 2013 г. и определены ожидаемые результаты выполнения указанной программы до 2017 г.

**Ключевые слова:** биотопливо, биоресурсы, биомасса, возобновляемая энергия, биоэнергоконверсия.

**Табл.:** 2. **Библ.:** 10.

**Бунтов Иван Юрьевич** – соискатель, Научно-исследовательский центр индустриальных проблем развития НАН Украины (пл. Свободы, 5, Госпром, 7 подъезд, 8 этаж, Харьков, 61022, Украина)

## Buntov I. Yu. Prospects of Developing the Research on Establishment of Biofuel in Ukraine

The main directions of using energy supply from the renewable energy, generated by living organisms through photosynthesis, namely – biofuel, in countries around the world as well as in Ukraine, have been presented. It has been determined, that a solution to the problem of creation of industrial production of biofuel in Ukraine will be: a significant increase of production efficiency of different types of biofuel through expansion of the raw material base, using the new non-traditional crops, and improvement of traditional crops through breeding and the application of achievements of genomics and biotechnology; establishment and improvement of technologies for the production of biofuels and protein concentrates from a variety of crops, agricultural residues and forest products. Results of implementation of the integrated target program of research by the National Academy of Sciences of Ukraine «Biofuel as raw materials for fuel production» («Biofuels») for 2007-2012, as well as the integrated target program of research by the National Academy of Sciences of Ukraine «Biological resources and the latest technology for bioenergy conversion», approved for 2013-2017 in 2013, and the expected results of this program by 2017, have been presented.

**Key words:** biofuel, bioresources, biomass, renewable energy, bioenergy conversion.

**Tabl.:** 2. **Bibl.:** 10.

**Buntov Ivan Yu.** – Applicant, Research Centre of Industrial Problems of Development of NAS of Ukraine (pl. Svobody, 5, Derzhprom, 7 pidyizd, 8 poverkh, 61022, Ukraine)

Сьогодні у світі дедалі більша увага приділяється пошуку шляхів використання енергоресурсів поновлюваної енергії, накопиченої живою речовиною завдяки фотосинтезу – біопаливу. За рахунок продуктів фотосинтезу найближчим часом орієнтовно може покриватися до 10% всіх енерговитрат. Разом з тим сучасна енергетика України значною мірою базується на імпорті енергетичної сировини – нафти і газу, ціна на яку постійно зростає.

Лідером у вирішенні цієї проблеми є Бразилія, де річне виробництво біоетанолу з цукрової тростини, наприклад, у 2006 р., перевищило 150 млн гкл. Таку ж кількість біоетанолу виробляли з кукурудзи у 2006 р. і США, але вже у 2012 р. вони підняли виробництво приблизно до 284 млн гкл, одночасно розвиваючи виробництво біодизельного палива – біодизеля з ріпаку та сої.

В Європі нарощується виробництво біодизеля переважно з ріпакової та соєвої олії, а також біоетанолу з ку-

курудзи та інших зернових культур. Цьому сприяли відповідні директиви, в яких, з одного боку, регламентується обов'язкове використання домішок до бензину етанолу та біодизеля, а з іншого – створення економічних умов для сприяння виробництву цих джерел енергії. У найближчій перспективі вважається, що частка біопалива в загальних витратах пального становитиме до 10% з подальшим нарощуванням потужностей. Розглядаються різні шляхи отримання біопалива. На першому місці стоїть етанол із зернових культур, оскільки середні врожаї кукурудзи, пшениці та тритикале переважають 80 ц/га, на другому – етанол з цукрового буряка, на третьому – біодизель з ріпаку. Наприклад, у Франції планується в основному з цих джерел в найближчі роки потроїти виробництво біопалива і довести його в перспективі до 1 млн 300 тис. тонн. Європейські країни відрізняються за пріоритетами у виробництві біопалива – Франція віддає перевагу кукурудзі, пшениці, цу-

кровому буряку, Німеччина орієнтується поки що більше на біодизель з ріпаку.

Як джерела для виготовлення біопалива сьогодні почали використовувати також відходи сільського господарства, харчової та лісової промисловості (солома, стебла кукурудзи, стебла і лузга соняшника, тирса тощо). Хоч їх не розглядають як першочергові пріоритети, проте вони можуть стати в майбутньому досить важливим сировинним джерелом. Набуває значення і використання як сировини для біопалива деревини, наприклад, отриманої від спеціально створених швидкорослих сортів тополі, а також нових культур, зокрема, місканту. Особливий акцент на використанні швидкорослих деревних культур роблять у Китаї.

**В** Україні, виходячи з ґрунтово-кліматичних умов, джерела для біопалива можна розташовувати в такій послідовності: кукурудза, тритикале, пшениця, різні види сорго та проса, цукровий буряк, соняшник, ріпак, відходи сільського і лісового господарства, а також міскант, тополя, стебла і лузга соняшника. Безумовно, рекордсменом з накопичення енергії на гектар площі в українських умовах є картопля, але зовсім не вирішені проблеми її зберігання протягом тривалого часу до переробки. В Україні відходи сільськогосподарського виробництва застосовувати як сировину для палива поки недоцільно, тому що спостерігається зростаючий дефіцит органіки в ґрунтах, тому краще соломі, стеблам кукурудзи, гичку кукурудзи, сої залишати на полі (крім бадиля соняшника). Але в окремих випадках, за існування надлишку відходів, можна їх переробляти на хімічні продукти та біопаливо.

Крім того, до 2007 р. вчені Національної академії наук України вже мали доробки з покращення і розширення сировинної бази, удосконалення традиційних і розроблення власних технологій виробництва біопалив з урахуванням регіональних і технологічних особливостей, створення і поліпшення рецептур добавок до товарних палив тощо. Тим часом існуюче виробництво біопалива в Україні базується на застарілих та відносно дорогих технологіях, які не забезпечують ні належної їх собівартості, ні кількості.

**В**раховуючи необхідність досягнення енергетичної незалежності України, у тому числі за рахунок суттєвого розширення використання альтернативних видів палива (наприклад, за рахунок ефективного використання біопалив в енергетичному балансі України), як це передбачено Законом України «Про альтернативні види рідкого та газового палива» від 14 січня 2000 р. № 1391-XIV (1391-14) та на виконання п. 4.2 постанови президії НАН України від 12.07.2006 р. № 213 (v0213550-06), науковцями Секції хімічних та біологічних наук НАН України була підготовлена *Концепція цільової комплексної програми наукових досліджень «Біомаса як паливна сировина» («Біопалива»)*. Відповідно Постановою Президії НАН України від 28.02.2007 р. № 56 було затверджено *Цільову комплексну програму наукових досліджень НАН України «Біомаса як паливна сировина» («Біопалива»)* [1].

Основною метою цільової комплексної програми наукових досліджень «Біомаса як паливна сировина» («Біопалива») є визначення пріоритетів у вирішенні проблеми значного підвищення ефективності виробництва різного типу біопалив шляхом розширення сировинної бази, із застосуванням нових нетрадиційних культур і вдосконаленням традиційних шляхом селекції та використанням досяг-

нень геноміки і біотехнології, створення та вдосконалення технологій отримання біопалив і білкових концентратів з різних культур і решток сільськогосподарського виробництва та продукції лісового господарства. Реалізація програми дозволить розширити й удосконалити сировинну базу і технології для перетворення біомаси на продукти, придатні для застосування в техніці (біодизель, біоетанол, біобутанол тощо), створити наукову базу для забезпечення в найближчому майбутньому якісних змін в біоенергетиці України.

Першочерговими *стратегічними пріоритетами* програми є такі:

- ✦ визначення найбільш перспективних джерел біопалива в Україні, включаючи нетрадиційні (тополя, верба, міскант та інші нові культури);
- ✦ розробка технологій вирощування та основних напрямів використання нетрадиційних біоенергетичних культур як високоефективного відновлюваного джерела енергії. Забезпечення стабільно високого виходу абсолютно сухої маси (10 – 20 т/га, яка придатна для використання на тверде біопаливо) та високоякісної технічної олії (900 – 1100 кг/га – як джерела для біодизеля);
- ✦ застосування методів біотехнології та генетичної інженерії рослин з метою збільшення продукції сировини для біопалива з одиниці площі при мінімальних енерговитратах з підвищеним вмістом корисних речовин, а також створення рослин – продуцентів олій;
- ✦ удосконалення технологій отримання біопалива (біодизель та біоетанол) і білкових концентратів з рослинної сировини, з пошуком і генетичним конструюванням відповідних штамів мікроорганізмів;
- ✦ розробка методів одержання вуглеводнів з біомаси сухих відходів та пошук методів одержання етилену з біомаси (хімічні та ферментативні процеси);
- ✦ технології використання біосировини для отримання біопалива разом із створенням технологій для отримання супутніх органічних хімікатів (полілактат, молочна кислота, гідроксимасляна кислота, глютамінова кислота, фурфурол та продукти на його основі);
- ✦ пошук шляхів використання побічних продуктів та відходів виробництва біопалива.

*Основні розділи програми* такі:

I. Джерела отримання біопалив та біологічні засоби підвищення ефективності сировини для біопалив.

II. Хімічні технології отримання біопалив і супутніх продуктів.

III. Технологічні та екологічні основи виробництва та використання біопалив.

Найбільш значущі результати виконання вказаної програми за 2007 – 2012 рр. наведено в *табл. 1* [2 – 7].

Продовженням програми досліджень зі створення українського біопалива стала *Цільова комплексна програма наукових досліджень НАН України «Біологічні ресурси і новітні технології біоенергоконверсії» на 2013 – 2017 рр.*, концепція якої була затверджена розпорядженням Президії НАН України від 20.03.2013 р. № 189 [8; 9].

Найбільш значущі результати виконання цільової комплексної програми наукових досліджень НАН України  
«Біомаса як паливна сировина» («Біопалива») за 2007 – 2012 рр.

Рік	Напрямок програми	Найбільш значущий результат	Практична цінність	Галузь	Глобальна проблема
1	2	3	4	5	6
2007	Джерела отримання біопалив та підвищення ефективності сировини	Виділені високопродуктивні форми соргових культур, сориту, пальчастого проса, топінамбуру, топінсоняшнику з розрахунковим виходом етанолу від 150 – 200 дкл/га до 450 – 900 дкл/га	Сформовано генофонд рослин з високою олійністю та виходом ліпідів	Сільське господарство; енергетика	Нова енергетика
		Проведено скринінг целюлозолітичної активності широкого спектру штамів мікроорганізмів та відібрані найбільш перспективні штами – продуценти етанолу	Відібрані перспективні штами – продуценти етанолу	–«–	–«–
	Хімічні технології отримання біопалив і супутніх продуктів	Виготовлено та досліджено полімерні мембрани, які можуть працювати при температурі до 6000 °C та тиску до 10,0 МПа	Полімерні мембрани, що можуть працювати при високих температурах і тиску	Енергетика	Нова енергетика
		Отримано новий нанопоруватий вуглецевий матеріал з унікально високою граничною адсорбційною місткістю щодо поглинання пари бензолу та раційноздатні ізоціанат-акрилатні олігомери з рослинних олій	Нові матеріали для одержання полімерних матеріалів	Енергетика	–«–
		Синтезовано низку зразків біодизельного палива, для яких визначено основні експлуатаційні характеристики та низку нових поверхнево-активних речовин	Нові зразки біопалива та нові речовини, що є присадками до мастил	Енергетика	–«–
	Оптимізовано параметри одержання дешевих вуглевмісних високопоруватих адсорбентів із синтетичних смол і фруктових кісточок, досліджено їх експериментальні зразки	Створення гетерогенних каталізаторів синтезу біодизеля	Енергетика	–«–	
	Технології виробництва і використання біопалив	Розроблено технічні вимоги та конструкторську документацію на дослідну установку для одержання рідких біопалив і гомогенізатор-теплогенератор. Розроблено схему лабораторної установки для оцінки виходу та складу біогазу при сумісному зброджуванні різних субстратів, основні елементи технології та обладнання для транспорту біогазу та принципову конструкцію вихрового пальника для одночасного і роздільного спалювання біогазу та природного газу. Розроблено технологічні схеми виробництва електричної й теплової енергії газопоршневими двигунами на біогазі	Документація на дослідну установку для одержання рідких біопалив. Елементи лабораторного устаткування для виробництва, транспортування і спалювання біогазу. Схеми виробництва теплової та електричної енергії з біогазу	Енергетика	–«–
2008	Джерела отримання біопалив та підвищення ефективності сировини	Отримано сорти 13 культур та проведено їх експертизу як джерел біоетанолу	Пошук нових сортів – джерел біоетанолу	Сільське господарство; енергетика	Нова енергетика
		Виведено високопродуктивні стрес-стійкі сорти нетрадиційних для України культур для виробництва біодизеля, три з яких зареєстровані у Держкомісії з сортовипробування	Три нових сорти культур для виробництва біодизеля	–«–	–«–
		Отримано 8 трансгенних рослин картоплі сорту Лугівська та 39 ліній рослин ріпаку високої продуктивності	Високопродуктивні рослини	–«–	–«–
	Хімічні технології отримання біопалив і супутніх продуктів	Серед дріжджів української колекції мікроорганізмів виявлені штами – активні зброджувачі вуглеводів (моно- та дисахаридів, у тому числі целобіози). Підібрано дріжджові промотори, що індуються етанолом	Рекомбінантні конструкції та штами для застосування при позитивній селекції дріжджових надпродуцентів	Харчова промисловість	Нестача продовольства; нова енергетика

1	2	3	4	5	6	
		Синтезовано ряд домішок антифрикційного призначення для створення мастил	Мастила на основі ріпакової олії	Промисловість	6-й технологічний уклад	
		Вивчено фактори, що впливають на формування структури активних центрів каталізаторів синтезу біопалива на основі смектитоподібних шаруватих метало-силікатів, подвійних змішаних оксидів, цеолітів, а також мезоструктурованого кремнезему	Синтез біопалива	Енергетика	Нова енергетика	
	Технології виробництва і використання біопалив	Створено пілотну установку одержання біодизеля в безперервному режимі шляхом переетерифікації ріпакової олії етанолом на гетерогенних кислотних та основних каталізаторах	Пілотна установка одержання біодизеля	Енергетика	Нова енергетика	
		Визначено реологічні властивості низки паливних сумішей	Властивості паливних сумішей	—«—	—«—	
		Проведено дослідження спільного спалювання у потоці деревної тирси з пилоподібним антрацитом підвищеної зольності (24 – 28%) як замітника природного газу в топках парогенераторів	Замінник природного газу в топках парогенераторів	—«—	—«—	
		Розроблено та побудовано два варіанти експериментальних топкових пристроїв для безперервного спалювання цілих тюків соломи	Топкові пристрої для спалювання тюків соломи	—«—	—«—	
		Проаналізовано законодавчі та фінансові інструменти стимулювання розвитку біоенергетики в країнах ЄС і США, розглянуто доцільність її застосування в Україні. Визначено, що найкращі перспективи біопаливного виробництва в Україні можуть бути забезпечені на основі целюлозної сировини та технологій 2-го покоління	Визначення найкращих перспектив біопаливного виробництва в Україні	—«—	—«—	
2009	Джерела отримання біопалив та підвищення ефективності сировини	Створено одну з найбільших в Україні колекцій енергетичних рослин, яка нараховує 352 таксонів (139 – олійних, 71 – цукроносних, 142 – сировинних культур для виробництва біопалива та біогазу)	Колекція енергетичних рослин	Сільське господарство; енергетика	Нова енергетика	
		Сформовано колекцію штамів мікро-водоростей перспективних продуцентів ліпідів і проведено їх молекулярно-генетичний аналіз	Колекція штамів мікро-водоростей продуцентів ліпідів	—«—	—«—	
	Технології виробництва і використання біопалив	Хімічні технології отримання біопалив і супутніх продуктів	Ідентифіковано ген цитокініноксидази пальчастого проса, відповідальний за збільшений приріст біомаси, та отримані мутантні гібриди кукурудзи по гену ваху зі зміненим у зерні складом крохмалю для виготовлення біоетанолу	Генномодифіковані мутантні гібриди кукурудзи зі збільшеним вмістом крохмалю	—«—	—«—
		Створено та апробовано модуль пілотної установки для одержання біодизеля на твердих каталізаторах у періодичному або безперервному режимах	Модуль пілотної установки для одержання біодизеля	Енергетика	Нова енергетика	
		Оптимізовано методи формування нанокластерів каталітичних сполук усередині нанопор активованого антрациту та рекомендовано його для газифікації біомаси у вискоєфективних мембранних реакторах	Оптимальні методи газифікації біомаси	—«—	—«—	
		Розроблено рецептуру та виготовлено дослідну партію біобензинів типу E 10, E 80 та E 85 на основі товарного прямогонного бензину, автомобільного бензину А-76, біоетанолу та технологічних присадок, що відповідають вимогам ДСТУ та ISO	Рецептура та виготовлення дослідної партії біобензинів	—«—	—«—	

1	2	3	4	5	6
		Випробувано на тракторному дизельному двигуні оригінальне дизпаливо, синтезоване за технологією етанольної переестерифікації ріпакової олії, у сумішах з традиційним дизпаливом, і визначено його енерго-екологічні переваги у порівнянні з нафтовим дизпаливом підвищеної якості (Євро)	Оригінальне дизпаливо, синтезоване з ріпакової олії, у сумішах з традиційним дизпаливом	—«—	—«—
		Розроблено технологічну схему підприємств з виробництва біодизеля потужністю від 8 до 128 тис. т на рік	Технологічна схема підприємств з виробництва біодизеля	—«—	—«—
		Створено модифікатори шинних гум на основі гідралідів рослинних олій	Модифікатори, що підвищують динамічні властивості шинних гум	Промисловість	6-й технологічний уклад
2010	Джерела отримання біопалив та підвищення ефективності сировини	Проведено огляд інтродукційних ресурсів нетрадиційних ярих та озимих високоолійних культур	Огляд нетрадиційних високоолійних культур	Сільське господарство; енергетика	Нова енергетика
		Створено генофонд та підібрано найперспективніші для виробництва біоетанолу види та форми місканусу і прутоподібного проса	Найперспективніші для виробництва біоетанолу види рослин	—«—	—«—
	Хімічні технології отримання біопалив і супутніх продуктів	Оптимізовано процес ферментації та отримання бутанолу за допомогою масляної кислоти, що істотно збільшило вихід, об'ємну продуктивність і концентрацію бутанолу	Збільшення виходу, об'ємної продуктивності та концентрації бутанолу	Енергетика	Нова енергетика
		Вдосконалено технологію гомогенно-каталітичної переестерифікації ріпакової олії етанолом задля зменшення кількості гліцерину, а також моно- та дигліцеридів у суміші етилових естерів жирних кислот (біодизельному паливі). Одержане паливо перевищує параметри дизельного палива нафтового походження і не потребує спеціальної адаптації паливної системи дизельних двигунів	Одержане паливо може використовуватись на працюючій дизельній техніці в широкому діапазоні співвідношень із нафтовим дизпаливом	—«—	—«—
	Технології виробництва і використання біопалив	Проведено дослідження режиму одержання рідких моторних та енергетичних палив з біокомпонентами рослинного походження. Отримано зразки біопаливних сумішей традиційного моторного та енергетичного палива (дизельне паливо, мазут) з біокомпонентами (рослинні олії, біодизель, біоетанол)	Біопаливні суміші традиційного моторного та енергетичного палива з біокомпонентами	—«—	—«—
Споруджено лабораторну установку швидкого піролізу для виробництва рідкого палива з біомаси, проведено її налагодження та запуск		Установка для виробництва рідкого палива з біомаси	—«—	—«—	
2011	Джерела отримання біопалив і підвищення ефективності сировини	Створено сортозразки міскантусу та проса дрогоподібного як джерела біоетанолу	Нові сорти рослин як джерело біоетанолу	Сільське господарство; енергетика	Нова енергетика
		Отримано прототрофійні мейотичні сегреганти з підвищеною термотолерантністю, які продукують на 15 – 20% етанолу більше, ніж вихідні штами і промислові дріжджі	Нові, більш продуктивні штами промислових дріжджів	—«—	—«—
		У результаті проведеного молекулярно-генетичного аналізу мікрободоростей визначено 7 найперспективніших штамів мікрободоростей продуцентів біомаси	Перспективні штами мікрободоростей продуцентів біомаси	—«—	—«—
	Хімічні технології отримання біопалив і супутніх продуктів	Встановлено, що олігомери на основі епоксидованої олії та трихлороцтової кислоти є самозатухаючими і можуть бути використані для розробки самозатухаючих покриттів і герметиків	Речовини для розробки самозатухаючих покриттів і герметиків	Промисловість	6-й технологічний уклад

1	2	3	4	5	6	
		Запропоновано покращену технологію та налагоджено дослідну установку для одержання біодизельного палива на повністю відновлювальній сировинній базі	Технологія і обладнання для одержання біодизельного палива	Енергетика	Нова енергетика	
		Розроблено технічні умови і тимчасовий технологічний регламент до використання присадки Фосфолідін – одного з кращих поліфункціональних додатків до мастильних матеріалів	Технологія використання присадки Фосфолідін до мастильних матеріалів	Промисловість	6-й технологічний уклад	
		Визначено теплофізичні параметри процесів обробки при виготовленні рідких біопаливних сумішей на основі дизельного палива, бензину, рослинних олій, біодизелю та етанолу	Параметри виготовлення біопаливних сумішей	Енергетика	Нова енергетика	
	Технології виробництва і використання біопалив	Створено лабораторну установку з гідродинамічним кавітатором для виготовлення бензоетанолу. За прогноною оцінкою при використанні бензоетанолу для транспортних засобів з іскровим запалюванням та електронним керуванням економія може скласти 15 – 40% експлуатаційних витрат	Установка для виготовлення бензоетанолу	—«—	—«—	
		Оптимізовано рецептуру та напрацьовано дослідну партію моторного біопалива E 85, проведено його розширені моторні випробування	Дослідна партія моторного біопалива E 85	—«—	—«—	
		Досліджено ефективність сумісного зброджування гнойових відходів із силосом в умовах періодичного непроточного процесу при температурі $35 \pm 10$ °C. Визначено вихід біогазу та його склад при зброджуванні тестових сумішей з різним співвідношенням органічної речовини	Технологія одержання біогазу при сумісному зброджуванні гнойових відходів із силосом	—«—	—«—	
		Удосконалено модель відбору біогазу окремою свердловиною та групою свердловин і на її основі розроблено систему збору біогазу, що враховує фізичні умови українських полігонів	Система збору біогазу, для реальних умов полігону	—«—	—«—	
		Виготовлено мобільний експериментальний стенд і проведено експериментальні дослідження обмеженої системи збору біогазу	Дослідження обмеженої системи збору біогазу	—«—	—«—	
		Джерела отримання біопалив та підвищення ефективності сировини	Впроваджено перспективні культури для виготовлення біодизелю та технології їх вирощування на площі близько 3 тис. га, а також сорти міскантуса та проса дрогоподібного для виробництва біопалива в Україні, розташовані на площі близько 180 га	Впровадження перспективних культур для виготовлення біодизелю	Сільське господарство; енергетика	Нова енергетика
		Хімічні технології отримання біопалив і супутніх продуктів	Розроблено спосіб одержання біомаси мікрободоростей <i>Desmodesmus</i>	Спосіб одержання біомаси з мікрободоростей	Енергетика	Нова енергетика
Створено рекомбінантні штами дріжджів <i>Saccharomycetes cerevisiae</i> , що характеризуються підвищенням ефективності алкогольної ферментації	Нові рекомбінантні штами дріжджів		—«—	—«—		
2012	Технології виробництва і використання біопалив	Розроблено конструкцію та змонтовано лабораторну установку для зброджування твердих харчових відходів з отриманням біопалива. Створено технологічну установку добування біодизельного палива гомогенно-каталітичною переестерифікацією олії етанолом і вироблено близько 900 кг продукту. Порівняно з дизпаливом, що виробляється в Україні за діючим вітчизняним стандартом ДСТУ 3868-99, синтезовані продукти мають не лише екологічні, а й енергетичні показники	Установки для зброджування твердих харчових відходів і для гомогенно-каталітичної переестерифікації олії етанолом з отриманням біопалива	—«—	—«—	

1	2	3	4	5	6
		Підготовлено конструкторську документацію на науково-технічну продукцію «Станція приготування біопаливних сумішей» продуктивністю 1000 кг/год. Розроблено конструкторську документацію на новий дисково-циліндричний диспергатор-гомогенізатор, який є основним робочим вузлом розробленої установки. Створена можливість подальшого запуску науково-технічної продукції в серійне виробництво	Впроваджено станцію приготування біопаливних сумішей на ТОВ «Іл-Пром» і ПАТ НВП «Більшовик»	—«—	—«—
		Створено першу в Україні установку швидкого піролізу біомаси та отримано зразки піропалива (біонафти). Надано рекомендації для проектування пілотної установки абляційного піролізу біомаси	Впроваджено установку швидкого піролізу біомаси на ДП «Гріненерго»	—«—	—«—
		Оптимізовано рецептуру, вироблено дослідну партію біопалива Е 85 і проведено його моторні випробування. Установлено, що при роботі двигуна на паливі Е 85 істотно знижується токсичність відпрацьованих газів у порівнянні з бензином. Визначено, що ефективний коефіцієнт корисної дії (ККД) двигуна на всіх режимах при роботі на біоетанольному моторному паливі Е 85 вищий, ніж при роботі на бензині	Нове біопаливо Е 85, що знижує токсичність відпрацьованих газів і підвищує ККД двигуна на всіх режимах роботи	—«—	—«—

Джерело: складено за [2–7].

Останнє десятиріччя ознаменувалось значним посиленням уваги до пошуку та розвитку ефективних шляхів використання біологічних ресурсів як продуцентів або джерел отримання поновлюваної енергії (біопалив). Це обумовлюється загрозою вичерпання запасів викопних джерел енергії і, відповідно, їх значним подорожчанням у найближчому майбутньому. Ще одним стимулом для розвитку новітніх технологій біоенергоконверсії є потенційна можливість зменшення викидів в атмосферу вуглекислого газу за рахунок розширення споживання біоетанолу та біодизеля, покращення властивостей пального за рахунок біологічних домішок. Тому в найближчій перспективі очікується, що рівень використання біопалив у загальному споживанні пального суттєво зростатиме і перевищить одну десяту частину.

Як відомо, сучасна енергетика України значною мірою базується на імпорті енергетичної сировини – нафти, газу, бензину, ціна на які постійно зростає. Ускладнюється ситуація і з урановою сировиною для атомних станцій. Останнім часом для подолання енергетичної залежності в нашій країні запроваджується широкомасштабний видобуток сланцевого газу, що не завжди є однозначним з точки зору техногенної (екологічної) безпеки. Збільшення потужності сонячних електростанцій (пряме перетворення сонячної енергії в електричну) має природні обмеження в силу географічного розташування України. Застосування ж нових джерел енергії (водень, термоядерний синтез тощо) є досить проблематичним у найближчій перспективі та й не так швидко може стати економічно привабливим, особливо за умов широкомасштабного використання. Усе це дозволяє стверджувати, що найближчим часом немає рівноцінної альтернативи рідкому паливу для різних видів транспорту (автотранспорту, повітряного та водного транспорту).

В Україні для виробництва біопалив уже використовуються різні сировинні джерела: пшениця, кукурудза, цукровий буряк і ріпак. Але на сьогоднішній день *варто дослідити, які сільськогосподарські культури можуть замінити традиційну кукурудзу, цукровий буряк, пшеницю для того, щоб не стати об'єктом критики за марнотратство продовольчої сировини.* Стрімкий науково-технічний розвиток цього сектора економіки диктує нові завдання, які необхідно вирішити заради того, щоб забезпечити поступальний розвиток ринку біопалив у нашій країні та конкурентоспроможність створюваної продукції. Це означає, що необхідно забезпечити сучасний технологічний супровід процесу виробництва біопалив для того, щоб Україна перейшла до виробництва біопалив *другого і третього покоління* і перестала використовуватись як сировинна база.

*Метою програми є послаблення залежності України від імпорту енергетичної сировини та забезпечення ефективного науково-технологічного супроводу процесу виробництва біопалив у державі, зокрема, у частині впровадження новітніх технологій біоенергоконверсії для отримання рідких біопалив і розширення їх використання; вирішення проблеми значного підвищення ефективності виробництва різних видів біопалив завдяки розширенню сировинної бази із застосуванням нових (альтернативних) культур і тих культур, що вже використовуються, з поліпшенням їх продуктивності та технічних характеристик за допомогою методів геноміки, біотехнології та селекції; розроблення та вдосконалення технологій отримання рідких біопалив з різних культур, решток сільськогосподарського виробництва та продукції лісового господарства, а також вдосконалення виробництва інших видів біопалив.*

*Основними розділами програми є такі:*

І. Біологічні ресурси та технологічні засади їх первинної переробки.

II. Хімічні аспекти новітніх технологій біоенергоконверсії.  
 III. Технічні засади новітніх технологій біоенергоконверсії.  
 Найбільш значущі результати виконання вказаної програми за 2013 р. наведено в *табл. 2*.

Таким чином, очікуваними результатами виконання вказаної комплексної програми стане:  
 ✦ залучення перспективних біологічних ресурсів і розробка та впровадження новітніх технологій біоенергоконверсії для отримання рідких біопалив і розширення їх використання;

**Таблиця 2**

**Найбільш значущі результати виконання цільової комплексної програми наукових досліджень НАН України «Біологічні ресурси і новітні технології біоенергоконверсії» на 2013 – 2017 рр. за 2013 р.**

Рік	Напрямок програми	Найбільш значущий результат	Практична цінність	Галузь	Глобальна проблема
2013	Біологічні ресурси та технологічні засади їх первинної переробки	Проведено скринінг 87 штамів зелених водоростей – потенційних продуцентів біодизелю. Визначено перспективність продуцентів бутанолу при використанні альтернативних субстратів і за депоновано найефективніший штам – продуцент бутанолу – <i>S. acetobutylicum</i> IFBG C6H	Визначено найефективніший штам – продуцент бутанолу	Сільське господарство; енергетика	Нова енергетика
	Хімічні аспекти новітніх технологій біоенергоконверсії	Розроблено енерго- та ресурсозаощадливий спосіб двостадійної трансформації тригліцеридів шляхом етанолізу з подальшим сульфидуванням етилових естерів вищих жирних кислот. Це дозволяє зменшити температуру та тривалість процесу, виключає виділення сірководню та використання метанолу. Синтезовані продукти мають токсиколого-екологічну безпечність	Створені матеріали підвищують фрикційні характеристики мастил та їх захисні властивості щодо чорних і кольорових металів без застосування інгібіторів корозії	Промисловість	Технологічне відставання; 6-й технологічний уклад
		Розроблено ефективний, стабільний каталізатор Cu/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> гідрування етанол-гліциринової суміші в пропіленгліколь. Показано можливість селективного одержання за двореакторною схемою конверсії гліцерину 2,2,4-триметил-1,3-діоксану	Одержання високооктанового компоненту бензинів	Енергетика	Нова енергетика
		Стендовими випробуваннями етилових естерів кислот льняної олії на серійному тракторному двигуні встановлено, що за прийнятних енергоекономічних показників роботи двигуна сумішеві палива (20 – 60% об. естерів) переважають дизпаливо нафтового походження як за складом вихлопних газів, так і за повнотою згоряння	Високоєфективні паливні суміші з використанням естерів кислот льняної олії	—«—	—«—
	Технічні засади новітніх технологій біоенергоконверсії	Спроектовано та виготовлено пілотну установку для отримання рідкого піропалива шляхом швидкого піролізу біомаси. Проведено першу серію експериментів із швидкого піролізу подрібненої деревної біомаси (тирси) з отриманням біонафти. Створена установка має продуктивність до 4,65 кг/год по переробці сировини з виходом біонафти до 51,3% маси переробленої біомаси	Обладнання для отримання рідкого піропалива (біонафти)	—«—	—«—
За допомогою удосконаленої та верифікованої теплофізичної моделі розраховано параметри процесів утворення, фільтрації та збору біогазу. Розроблено ескізний проект мало коштовної реконструкції Бортницької станції аерації з метою одночасного спалювання біогазу і природного газу та збільшення надходження біогазу до котельні за рахунок зменшення втрат у метантенках і газгольдерах		Реконструкція діючої станції аерації з одночасним спалюванням біогазу і природного газу	—«—	—«—	

Джерело: складено за [10].



- ✦ запровадження використання найбільш ефективних, у т. ч. нетрадиційних та альтернативних, джерел сировини для отримання біопалив;
- ✦ отримання високоякісної сировини з енергетично цінних рослин, включаючи покращення показників їх продуктивності та кінцевого виходу спирту й олій;
- ✦ підвищення якісного складу та кількісного вмісту енергетично цінних речовин (крохмалю, цукру, олії тощо) у біосировині для отримання рідких біопалив;
- ✦ створення нових штамів мікроорганізмів, грибів та мікроводоростей, а також розширення їх ресурсної генетичної бази для отримання рідких біопалив;
- ✦ удосконалення і розроблення новітніх хімічних технологій, а також застосування нових підходів для біоенергоконверсії;
- ✦ удосконалення технологій хімічної трансформації жирних кислот в олії для одержання біодизеля;
- ✦ вдосконалення існуючих і розробка альтернативних технологій отримання паливних компонентів, необхідних для виробництва біопалив;
- ✦ використання відходів сільськогосподарського виробництва, лісової, харчової промисловості та побутових відходів як сировини для отримання біопалив;
- ✦ практичне використання побічних продуктів та відходів виробництва біопалив;
- ✦ порівняльний аналіз різних джерел біоенергетичної сировини з урахуванням собівартості, екологічної безпеки, а також можливості отримання при цьому додаткових корисних продуктів. ■

## ЛІТЕРАТУРА

1. Про цільову комплексну програму наукових досліджень НАН України «Біомаса як паливна сировина» («Біопалива») / Постанова Президії НАН України від 28.02.2007 р. № 56 [Електронний ресурс] – Режим доступу : [http://www1.nas.gov.ua/infrastructures/Legaltexts/nas/2007/regulations/OpenDocs/070228\\_56.pdf](http://www1.nas.gov.ua/infrastructures/Legaltexts/nas/2007/regulations/OpenDocs/070228_56.pdf)
2. Звіт про діяльність Національної Академії наук України у 2007 р. – К. : Видавничий дім «Академперіодика» НАН України, 2008. – Ч. 2. – 184 с.
3. Звіт про діяльність Національної Академії наук України у 2008 р. – К. : Видавничий дім «Академперіодика» НАН України, 2009. – Ч. 2. – 218 с.
4. Звіт про діяльність Національної Академії наук України у 2009 р. – К. : Видавничий дім «Академперіодика» НАН України, 2010. – Ч. 2. – 192 с.
5. Звіт про діяльність Національної Академії наук України у 2010 р. – К. : Видавничий дім «Академперіодика» НАН України, 2011. – Ч. 2. – 194 с.
6. Звіт про діяльність Національної Академії наук України у 2011 р. – К. : Видавничий дім «Академперіодика» НАН України, 2012. – Ч. 2. – 198 с.
7. Звіт про діяльність Національної Академії наук України у 2012 р. – К. : Видавничий дім «Академперіодика» НАН України, 2013. – 564 с.
8. Про виконання цільової комплексної програми наукових досліджень НАН України «Біомаса як паливна сировина» («Біопалива») – етап 2010 – 2012 рр. / Розпорядження Президії

НАН України від 20.03.2013 р. № 189 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://www1.nas.gov.ua/infrastructures/Legaltexts/nas/2013/directions/OpenDocs/130320\\_189.pdf](http://www1.nas.gov.ua/infrastructures/Legaltexts/nas/2013/directions/OpenDocs/130320_189.pdf)

9. Концепція цільової комплексної програми наукових досліджень НАН України «Біологічні ресурси і новітні технології біоенергоконверсії» на 2013 – 2017 рр. / Додаток до розпорядження Президії НАН України від 20.03.2013 р. № 189 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://www1.nas.gov.ua/infrastructures/Legaltexts/nas/2013/directions/OpenDocs/130320\\_189\\_concept.pdf](http://www1.nas.gov.ua/infrastructures/Legaltexts/nas/2013/directions/OpenDocs/130320_189_concept.pdf)

10. Звіт про діяльність Національної Академії наук України у 2013 р. – К. : Видавничий дім «Академперіодика» НАН України, 2014. – 560 с.

## REFERENCES

[Legal Act of Ukraine] (2007). [http://www1.nas.gov.ua/infrastructures/Legaltexts/nas/2007/regulations/OpenDocs/070228\\_56.pdf](http://www1.nas.gov.ua/infrastructures/Legaltexts/nas/2007/regulations/OpenDocs/070228_56.pdf)

[Legal Act of Ukraine] (2013). [http://www1.nas.gov.ua/infrastructures/Legaltexts/nas/2013/directions/OpenDocs/130320\\_189.pdf](http://www1.nas.gov.ua/infrastructures/Legaltexts/nas/2013/directions/OpenDocs/130320_189.pdf)

[Legal Act of Ukraine] (2013). [http://www1.nas.gov.ua/infrastructures/Legaltexts/nas/2013/directions/OpenDocs/130320\\_189\\_concept.pdf](http://www1.nas.gov.ua/infrastructures/Legaltexts/nas/2013/directions/OpenDocs/130320_189_concept.pdf)

*Zvit pro diialnist Natsionalnoi Akademii nauk Ukrainy u 2007 r.* [Annual Report of the National Academy of Sciences of Ukraine in 2007]. Kyiv: Akadempriodyka, 2008.

*Zvit pro diialnist Natsionalnoi Akademii nauk Ukrainy u 2008 r.* [Annual Report of the National Academy of Sciences of Ukraine in 2008]. Kyiv: Akadempriodyka, 2009.

*Zvit pro diialnist Natsionalnoi Akademii nauk Ukrainy u 2009 r.* [Annual Report of the National Academy of Sciences of Ukraine in 2009]. Kyiv: Akadempriodyka, 2010.

*Zvit pro diialnist Natsionalnoi Akademii nauk Ukrainy u 2010 r.* [Annual Report of the National Academy of Sciences of Ukraine in 2010]. Kyiv: Akadempriodyka, 2011.

*Zvit pro diialnist Natsionalnoi Akademii nauk Ukrainy u 2011 r.* [Annual Report of the National Academy of Sciences of Ukraine in 2011]. Kyiv: Akadempriodyka, 2012.

*Zvit pro diialnist Natsionalnoi Akademii nauk Ukrainy u 2012 r.* [Annual Report of the National Academy of Sciences of Ukraine in 2012]. Kyiv: Akadempriodyka, 2013.

*Zvit pro diialnist Natsionalnoi Akademii nauk Ukrainy u 2013 r.* [Annual Report of the National Academy of Sciences of Ukraine in 2013]. Kyiv: Akadempriodyka, 2014.