ВІСНИК
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ

Д. ГРОДЗИНСЬКИЙ, О. ДЕМБНОВЕЦЬКИЙ, О. ЛЕВЧУК

ОБРІЇ ВІТЧИЗНЯНОЇ БІОЕНЕРГЕТИКИ
Внесок учених НАН України в розв'язання проблем виробництва рідкого біопалива

Проблема біопалива, як питання одержання людством енергії з біомаси (насамперед теплової), має глибоке історичне коріння, оскільки започаткована першим багаттям, свідомо розпаленим первісною людиною, тобто з часів, коли вона вперше почала змінювати навколишнє середовище для задоволення своїх дедалі більших потреб. Без великого перебільшення можна стверджувати, що саме тоді почалася ера цивілізації і наступного науково-технічного прогресу (НТП) на Землі.

Упродовж багатьох тисячоліть, коли ледь не єдиним джерелом енергії була рослинна сировина, людство, так би мовити, ще не дуже «дошкуляло» довкіллю. І тільки з появою вугілля, нафти, газу та урану, які були набагато ефективнішими, порівняно з їхніми попередниками (деревина, енергія сонця, вітру, води тощо), НТП почав помітно впливати на стан навколишнього середовища через технології, орієнтовані на широкомасштабне використання паливних та інших природних ресурсів. Надійність зазначених енергоносіїв виявилася настільки високою, що у свідомості людства сформувалась і глибоко вкоренилася парадигма атомно-паливної енергетики як безальтернативної на досить тривалу перспективу. Роль рослинної сировини при цьому суттєво зменшилася, хоча й до сьогодні в багатьох сільських хатах дрова є переважним джерелом енергії.

Стрімкий і некерований НТП з плином часу призвів, з одного боку, до того, що природні непоновлювальні ресурси нафти, газу та інших викопних багатств наблизилися до виснаження [1], а з другого — до безпрецедентного забруднення довкілля життєвоне-

[1] За деякими оцінками, людство вже в середині XXI ст. почне витрачати природних ресурсів більше, ніж зможе відтворити їх Земля.

© *ГРОДЗИНСЬКИЙ Дмитро Михайлович. Академік НАН України. Академік-секретар Відділення загальної біології НАН України.*
ДЕМБНОВЕЦЬКИЙ Олег Федорович. Кандидат біологічних наук. Провідний науковий співробітник Центру досліджень науково-технічного потенціалу та історії науки ім. Г.М. Доброва НАН України.
ЛЕВЧУК Олег Миколайович. Кандидат біологічних наук. Старший науковий співробітник-консультант Науково-організаційного відділу Президії НАН України, секретар науково-технічної ради цільової комплексної програми наукових досліджень НАН України «Біомаса як паливна сировина» (Київ). 2008.

безпечними компонентами, які спричинили парниковий ефект, озонові діри, глобальне потепління, зміну клімату, підвищення захворюваності людей тощо. Негативний вплив НТП на довкілля набагато перевищує шкоду, яку завдала навколишньому середовищу цивілізація за весь період свого існування [1].

Суспільство, усвідомивши, що це вже реально загрожує не тільки цивілізації, але й планеті в цілому, збагнуло необхідність виробити нову парадигму енергетики майбутнього, яка не супроводитиметься погіршенням стану навколишнього середовища, і дійшло висновку про потребу якнайшвидшої переорієнтації своєї економічної інфраструктури на використання екологічно безпечних і поновлювальних джерел енергії. Серед них чільне місце займає біомаса рослин, які мають найдосконаліший механізм утилізації сонячної енергії — фотосинтез. Він уможливлює непорушність чи не найважливішого великого біогеохімічного кругообігу на нашій планеті — кругообігу вуглекислого газу, кисню й води — і забезпечує компенсацію споживаного людством кисню. Людство поки що не в змозі повністю опанувати фотосинтетичні енергетичні процеси і застосовує переважно штучні неприродні невідновлювальні енергетичні джерела, виснажуючи природні ресурси. Тому можна стверджувати, що фотосинтетичній енергетиці належить майбутнє, а використання рослинної маси для отримання біопалива — це лише одна з небагатьох щаблинок, якими суспільство торує шляхи повного переходу до екологічно чистої, так би мовити, справжньої біоенергетики.

Завдяки продуктам фотосинтезу (фітопалив) уже найближчим часом може покриватися орієнтовно до 10 % усіх енерговитрат. Енергетика України значною мірою базується на імпорті енергетичної сировини — нафти, газу, бензину, — ціна на яку постійно зростає, і ця тенденція буде посилюватися з року в рік, оскільки видобуток викопних джерел енергії скорочується і в перспективі запаси цих енергоносіїв будуть вичерпані. Проте, як свідчить світовий досвід, поки що немає вагомої альтернативи рідкому паливу для автотранспорту, що є основною ланкою їх споживання.

На сьогодні найбільш відомими рідкими видами біопалива є біодизель (для дизельних двигунів) та біоетанол (для карбюраторних двигунів [2]). Біодизель виробляють із різних олійних культур (у Європі переважно з ріпаку [3]) шляхом переетерифікації [4] його очищеної олії (він є ефіром метанолу або етанолу та довголанцюгових жирних кислот), а біоетанол отримують дріжджовим збродженням біомаси, яка містить крохмаль або цукристі речовини.

Вартість біопалива на сьогодні майже у 1,5—3 рази вища від нафтових різновидів пального. Проте вона певною мірою залежить від «глибини» перероблення сировини (маємо на увазі якість, супутні продукти, повноту утилізації відходів тощо), а також від світових цін на сиру нафту і збільшення обсягів промислового виробництва біопалива. Поки що його застосовують як домішки (10—40 %) до товарного пального (частково це зумовлено необхідністю спеціального переобладнання теперішніх двигунів). Застосування біопалива як домішок до традиційного пального суттєво поліпшує роботу двигунів і сприяє значному зменшенню рівня їхньої екологічної небез-

---

[2] Майже половину нафти, яку видобувають у світі, витрачають на автомобільне пальне.

[3] Ріпак — однорічна трав'яниста рослина родини капустяних, росте на родючих пухких та некислих ґрунтах, добре реагує на підживлення органічними і мінеральними добривами, його насіння не накопичує нуклідів, тому ріпак можна вирощувати на радіаційно забруднених землях за умови дотримання вимог радіаційної безпеки.

[4] Переетерифікація — хімічний процес каталітичного заміщення в жирах гліцерину відповідною кількістю молекул метанолу чи етанолу.

пеки [5]. Розвинені країни (США, Бразилія, Німеччина, Франція, Італія, Швеція та ін.) протягом останніх десятиліть приділяють цим питанням особливу увагу і нарощують обсяги виробництва біопалива, незважаючи на його вартість.

Для України (наша держава, займаючи восьме місце у світі за економічним потенціалом, перебуває в другій сотні списку країн за показниками соціального розвитку ООН) питання організації вітчизняного виробництва біопалива з кожним роком стає дедалі актуальнішим. І не тільки тому, що воно підвищує рівень екологічної безпеки [6], але й тому, що може суттєво зменшити залежність країни від зарубіжних енергоносіїв (така залежність залишається на майбутні роки однією з найпекучіших проблем вітчизняної економіки, а отже, одним із найважливіших чинників національної безпеки). З огляду на обмежені масштаби виробництва власного біопалива можна стверджувати, що сучасний його стан аж ніяк не відповідає нагальності проблеми (певною мірою це можна пояснити низкою несприятливих факторів — відсталість с.-г. виробництва, розбалансованість і «тінізація» економіки, невизначеність соціальних і економічних орієнтирів розвитку суспільства, міжгалузеві бар'єри, невирішеність окремих наукових питань тощо) і тому потребує докорінного поліпшення.

Учені Національної академії наук України, крім проведення фундаментальних досліджень, вивчають деякі питання, пов'язані з біопаливом: покращення і розширення сировинної бази; удосконалення традиційних та розроблення вітчизняних технологій виробництва біопалива з урахуванням регіональних і технологічних особливостей; розроблення і поліпшення рецептур домішок до товарного пального тощо. До 2007 р. це були розрізнені дослідження, які не мали комплексного характеру.

Так, учені Національного ботанічного саду ім. М.М. Гришка, визнаного в світі наукового і практичного центру з інтродукції і селекції рослин, багато років присвятили відновленню посівів озимого і ярового ріпаку, який кілька десятиліть у першій половині XX ст. майже не вирощували на теренах України [2]. До Державного реєстру сортів рослин України занесено 30 сортів іноземної і 5 сортів вітчизняної селекції, серед них найбільш відомі: Аскорі, Буффало, Волан, Алігатор, Лібеа, Чорний велетень та ін. До сьогодні ріпак в Україні вирощують в основному заради його насіння, з якого виробляють близько 12 тис. тонн олії на експорт (230—260 $ за тонну) [7].

Попри те що ця справа економічно ніби й вигідна, слід зазначити, що більш вагомою, з погляду державних інтересів, є організація виробництва з ріпаку вітчизняного біодизелю. Кабінет Міністрів України (розпорядження № 576-р від 28.12.05) розглянув і схвалив Концепцію програми розвитку виробництва дизельного біопалива на період до 2010 року, а 22 грудня 2006 р. затвердив (постанова № 1774) і саму Програму розвитку виробництва дизельного біопалива, якою передбачено, зокрема, створення зон концентрованого вирощування ріпаку з використанням сучасних технологій, удосконалення структури земель с.-г. призначення, оптимізацію площ угідь, засіяних ріпаком, дотримання науково-обґрунтованої сівозміни, а також будівництво 20 заводів для перероблення рі-

[5] У викидах зменшується вміст CO_2, CO, оксидів сірки, а також аерозольних часток, подовжується життя двигунів тощо.

[6] Зокрема, зменшення ризику техногенних аварій, пов'язаних із розгалуженою в країні нафтовою інфраструктурою.

[7] З 1 тонни насіння отримують 0,33 т олії, 0,60 т шроту для згодовування худобі або на експорт (137 $ за т) і 0,06 т гліцерину для промисловості; ріпакову солому можна переробляти на паливні брикети.

пакового насіння. Згідно з нею Україна має виробляти і споживати у 2010 р. близько 623 тис. т біодизелю, що вимагає майже на порядок збільшити виробництво відповідної олії [8].

Перед науковцями стоять важливі завдання зі створення більш високопродуктивних сортів озимого і ярого ріпаку та міжвидових гібридів ріпаку з суріпицею, інтродукції і селекції використання нових енергетичних культур (чорнушка, редька олійна, гірчиця та інші високоолійні рослини, які переважають ріпак щодо зимостійкості і екологічної пластичності), а також розроблення біотехнологій, які уможливлюють генно-інженерне вдосконалення господарчо корисних властивостей сортів. При цьому мають бути вирішені важливі питання щодо суттєвого підвищення врожайності (Європа — 3—4 т/га, Україна — 1,2—1,3 т/га, передбачено 2—3 т/га), забезпечення зимостійкості (в Україні озимий ріпак іноді вимерзає) пропонованих культур, а також оптимізації хімічного складу їхніх олій.

Науковці Інституту клітинної біології і генетичної інженерії розробили методи і ввели в культуру in vitro кормові та технічні культури однодольних (пальчасте просо, ячмінь) та дводольних рослин (соя) української селекції для підвищення урожайності шляхом створення високопродуктивних трансгенних ліній цих рослин. Спільно з ученими Національного ботанічного саду ім. М.М. Гришка створено перспективний сорт пальчастого проса. Перед науковцями установи поставлено завдання розробити біотехнології, які максимально уможливлюють генно-інженерне вдосконалення господарчо корисних властивостей перспективних для виробництва біопалив сортів с.-г. культур (цукровий буряк, картопля, ріпак).

Для впровадження інтенсивних технологій вирощування вказаних культур значною мірою можуть прислужитися нові препарати, розроблені в Інституті біоорганічної хімії та нафтохімії. Це агрохімікати із широким спектром дії (вуглеамонійні солі та їхні похідні, регулятори росту рослин — Триман-1, Івін, Емістим С, Трептолем, Альфа й інші) [3, 4]. Вуглеамонійні солі та їхні похідні поліпшують живлення і життєстійкість рослин, стимулюють фотосинтез та активне транспортування іонів, збільшують вміст хлорофілу в рослинах, регулюють ґрунтову мікрофлору. Зазначені регулятори росту рослин мають високу фізіологічну активність, підвищують активність мембран, активують синтез основних макромолекул та процеси живлення рослин і забезпечують на 10—20, а то й більше відсотків підвищення врожайності с.-г. культур.

Їхнє використання, порівняно з традиційними агрохімікатами, виявилося ефективнішим, екологічно безпечнішим, більш ресурсоенергоощадним та економічно виправданим. В умовах промислового виробництва в потрібному обсязі їх можна ефективно використати під час інтенсивного вирощування ріпаку та інших с.-г. культур, про що свідчить досить тісне співробітництво в цьому напрямі з Китаєм.

Науковці зазначеного інституту для бензинів марок А-80, А-92 та А-95 запропонували поверхнево активні речовини, які дозволяють використовувати до 6 % зневодненого біоетанолу. У дослідних умовах перевірено рецептури бензинів, що містять близько 85% біоетанолу і відповідають європейському стандарту Е-85. Запропоновано також технологію отримання біодизелю на основі генетично модифікованої сої. Тривають активні дослідження щодо заміни в біодизельному пальному токсичного метанолу на етиловий спирт [5].

[8] Таку кількість олії можуть забезпечити посіви ріпаку на 10—14 % загальної площі ріллі, що є цілком прийнятним для вітчизняної агросфери.

В Інституті сорбції та проблем ендоекології проводять важливі роботи з розроблення доступних каталізаторів для полегшення відокремлення сульфіду кальцію (відходів процесу переетерифікації ріпакової олії під час виробництва біодизелю) від реакційної маси, що не спричинює корозії відповідної апаратури [6]. Сьогодні в цьому процесі використовують сильні луги та сірчану кислоту, що призводить до появи великої кількості відходів (в основному сульфату кальцію — гіпсу), які утворюються внаслідок оброблення сірчаною кислотою оксиду кальцію. Це викликає певні незручності та ускладнення. Створення зазначених каталізаторів сприятиме підвищенню економічності технологій.

В Інституті відновлюваної енергетики проводять важливі дослідження термодинамічних процесів у двигунах внутрішнього згоряння, що працюють на біодизелі, з метою встановлення їхньої оптимальної конструкції та режимів експлуатації, готують проект пересувної сертифікаційної лабораторії з контролю якості і фізико-хімічних властивостей рослинної олії і біопалива щодо їхньої відповідності українським і міжнародним стандартам. Розроблено також оригінальну промислову технологію виробництва біодизелю з ріпаку, яку вже впроваджують і за кордоном, зокрема в Македонії.

В Інституті фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського опрацьовують екологічно безпечні високооктанові домішки і композиції до моторного пального на основі біоетанолу, використовуючи вітчизняну дешеву сировину природного походження. Фахівці цього інституту запропонували, зокрема, здійснювати каталітичний синтез високооктанових домішок та їх абсолютування із залученням модифікованих мінеральних сорбентів для створення композицій на базі некондиційних низькооктанових бензинів (газовий конденсат, «стабільний бензин» та інші). Отримані результати довели перспективність застосування високооктанових домішок на основі біоетанолу та вищих спиртів, а також принципову можливість створення композицій на основі біоетанолу, які не потребують стадії абсолютування.

В Інституті харчової хімії і технології [7] запропоновано дві модифікації водно-паливних емульсій (перша — вода до 10 %, емульгувальна система, дизпаливо, друга — вода до 10 %, рослинна олія — ріпакова або соєва — до 10 %, емульгувальна система, дизпаливо). Емульгувальну систему створено на основі ефірів сорбіту, оксиметильованих вищих жирних кислот та оксиетильованих алкілфенолів. Їхнє застосування зменшує на 7—10 % витрати пального та шкідливі викиди в атмосферу. Одержано лабораторні зразки комбінованого дизпалива.

Крім того, в інституті розроблено вітчизняну комплексну технологію отримання етанолу з кукурудзи. Її головна відмінність від традиційних технологій у тому, що зерно кукурудзи розділяють на крохмальну крупу [9], з якої безпосередньо традиційно отримують етанол, і на зародок [10], з якого виготовляють інші продукти — олії, білкові пасти. Виділення зародка суттєво поліпшує якість сировини для етанолу і дозволяє знизити відповідні енерговитрати, пришвидшивши ферментацію, зменшивши відходи, використавши вторинне тепло, уникнувши проміжних стадій випаровування і конденсації продуктів тощо. Реалізувати

[9] Знежирена крохмальна крупа може бути використана в пивоварінні, виробництві харчової продукції — чипси, патока тощо.

[10] Зародок містить переважно жир і білок, які звичайно лише гальмують процеси оцукрювання і бродіння, підвищують в'язкість напівпродуктів, утворюють осад на поверхнях бражних колон і теплообмінників, підвищують витрати ферментів та технологічної пари.

зазначену технологію на практиці можна на базі незавантажених спиртових і мелясно-спиртових заводів. Її впровадження, згідно з розрахунками авторів, не тільки задовольнить потреби країни, але й дасть можливість експортувати вітчизняний етанол [11].

Підвищенню економічності цієї технології можуть суттєво сприяти раніше згадані агрохімікати, а також нові сорти і гібриди кукурудзи, отримані в Інституті фізіології рослин і генетики [8]. Його співробітники розробили методи гетерозисної селекції рослин, зокрема, селекції кукурудзи на ранньостиглість. Обґрунтовано конкретні методи підвищення ефективності селекції, у результаті якої створено цінні лінії та гібриди кукурудзи, які надійно (з необхідними технологічними якостями) дозрівають на зерно в зонах із коротким безморозним періодом. Ранньостиглі гібриди кукурудзи дозволяють отримувати товарне зерно навіть у зоні Полісся (це особливо актуально з огляду на географічне розташування України).

Запропоновано понад десяток нових сортів і гібридів кукурудзи із середньою врожайністю 90–160 ц/га (серед них найбільш відомі Планета-180, Сатурн, Титан-220 СВ, Тясмин МВ, Нептун СВ, Комета СВ та ін.), які внесено до Державного реєстру сортів України.

Триває також важлива робота з організації системи насінництва нових сортів, що створює хороші перспективи для швидкого, в разі потреби, розширення посівних площ з метою забезпечення виробництва потрібної кількості етанолу.

До речі, за твердженням FAO, Україна входить у четвірку країн, які можуть суттєво збільшити кількість с.-г. продукції. Проте сьогодні вона залишається досить нестабільним виробником такої продукції. Строкатість урожайності зернових за роками від 20—25 млн тонн зерна у 1996, 1998–2000, 2003 рр. до 40–45 млн тонн зерна у 1993, 2001, 2002, 2004 рр. не забезпечує надійність виробництва навіть для власних потреб. Разом з тим вітчизняна наука готова вже сьогодні забезпечити с.-г. виробництво високопродуктивними сортами та технологіями для отримання стабільно високих урожаїв основних зернових культур. Це має стати основним пріоритетом науки і держави.

Суттєво здешевити сучасні технології отримання етанолу може впровадження оригінальної розробки Інституту біології клітини [9]. Відомо, що витрати на дистиляцію етанолу з ферментаційної рідини становлять більше ніж 60% усіх енерговитрат процесу його виробництва, крім того, цей процес відзначається циклічністю: після накопичення більше ніж 10% етанолу у ферментаційній рідині його необхідно зупиняти (така концентрація етанолу токсична для дріжджів), видаляти утворений етанол і знову запускати процес.

Співробітники зазначеного інституту вперше запропонували здійснювати ферментацію за допомогою традиційної культури пекарських (спиртових) дріжджів і спеціально отриманих в установі мутантних штамів метилотрофних дріжджів, здатних накопичувати у ферментаційній рідині замість етанолу оцтовий альдегід. Він випаровується спонтанно при кімнатній температурі без будь-якої перегонки (тобто при цьому відсутні витрати на дистиляцію і зупинки процесу). Його каталітично, без підвищення температури, можна переробити на етанол.

Зазначені штами були створенні в ході досліджень можливостей ферментації рослинних відходів. Ураховуючи відносно високу собівартість етанолу, науковці світу по-

[11] У США та Бельгії вже використовують біопаливо Е-85, у складі якого частка бензину становить лише 15%.

над два десятиріччя працюють над проблемою зменшення витрат на сировину для нього, використовуючи поновлювальні відходи сільського, лісового, деревообробного, целюлозно-паперового, комунального господарств — залишки рільництва, солому, стебла соняшнику та кукурудзи, качани кукурудзи, шкаралупу насіння, цілісні рослини, побутове сміття тощо. Їхня суха маса складається з лігноцелюлози [12], зі складу якої можна гідролізувати целюлозу і геміцелюлозу на цукри, серед яких основними є глюкоза та ксилоза. На жаль, у природі поки що не виявлені дріжджі, які б відповідали критеріям виробничої ферментації лігноцелюлози — стійкість до утворюваного етанолу і токсичних продуктів гідролізу, термотолерантність, мінімальне утворення токсичних речовин, непатогенність, мінімальні поживні потреби тощо. І тільки нашим ученим уперше в світі за допомогою генно-інженерних методів вдалося ввести до дріжджів Hansenula polimorfa[13] бактерійну (E. Coli[14]) ксилоізомеразу, яка сприяє гідролізу ксилози, і таким чином отримати унікальні штами зазначених дріжджів, здатних ферментувати ксилозу в необхідній кількості. Крім того, максимальна температура ферментації в Hansenula polimorfa (48 °C) дозволяє проводити одночасно процеси цукрування і ферментації глюкози та ксилози, оскільки вона оптимальна і для дії целюлаз та гемоцелюлаз (це теж зменшує витрати).

На думку вітчизняних науковців, у майбутньому можна буде сконструювати ще ефективніші штами. За умов подальшого пріоритетного розвитку цих робіт Україна зможе одержати власну високу технологію виробництва етанолу. Це свідчить про те, що наші біологи займають провідні позиції в справі створення нової економічно прийнятної технології отримання етанолу.

Загальні положення щодо розв'язання проблем налагодження в Україні широкомасштабного виробництва автомобільного біопалива в цілому висвітлені в законах України «Про альтернативні види рідкого та газового палива», «Про заходи щодо розвитку виробництва палива з біологічної сировини» та інших нормативних документах. Водночас залишається низка конкретних невирішених питань — аналіз найкращих світових практик виробництва біопалива, перспективи їхнього застосування в Україні, визначення вітчизняних законодавчих, інституційних, регуляторних та економічних питань виробництва біопалива, проведення необхідних наукових досліджень з метою отримання, транспортування і зберігання рослинної сировини, зокрема рослинних відходів, та біопалива, матеріально-технічне забезпечення безпосереднього виробництва біопалива із застосуванням мікробіологічних і хімічних технологій, економічно виправдане розміщення відповідної промислової інфраструктури, соціально-економічні й екологічні розрахунки, маркетинг тощо.

Науково-методичне обґрунтування зазначених проблем в Україні можуть здійснити Інститут економіки та прогнозування НАН України [15], Рада з питань вивчення продуктивних сил України із залученням

[12] Лігноцелюлоза — скорочена назва трьох типів біополімерів: целюлози, геміцелюлози (полімер глюкози) і лігніну (полімер ароматичних спиртів).

[13] Наші вчені з'ясували, що цей штам є найбільш активним серед інших дріжджів продуцентів етанолу з ксилози.

[14] Бактерія E. coli — зручний об'єкт для поліпшення властивостей дріжджів.

[15] Розрахунки вчених Інституту економіки та прогнозування НАН України щодо можливостей України вирощувати сировину для біодизелю свідчать, що в разі, коли від третини до половини попиту на біосировину в Європі буде задовільнятися за рахунок українського земельного потенціалу, відбудеться вагоме скорочення традиційного аграрного виробництва. Це неприпустимо з позицій продовольчої безпеки України, особливо в період зростання попиту на зернові ресурси харчового призначення.

профільних установ НАН України, УААН та галузевих міністерств і відомств, а також вищих навчальних закладів. Це може істотно підвищити економічну ефективність біоенергетики.

Оцінюючи в цілому роботи вчених НАН України з проблем біопалива, слід визнати, що їхні здобутки створили вагоме наукове підґрунтя для оперативного налагодження виробництва автомобільного біопалива в Україні на основі сучасних наукових досягнень і вітчизняних (що дуже важливо в умовах дії положень стосовно захисту інтелектуальної власності) технологій.

Поступ цивілізації завжди був пов'язаний із розвитком енергетики, і саме тому чи не на найпершому місці діяльності держави є опікування станом джерел енергії з урахуванням неминучого подальшого зростання енерговитрат. Розраховувати ж лише на приватний капітал в умовах України поки що зарано. Таку ж позицію висловлювали й учасники VII Міжнародної конференції з відновлюваної енергетики XXI століття [10]. Наявний вітчизняний досвід свідчить, що приватизовані галузі промисловості не зацікавлені в нових наукових розробках (особливо тих, що потребують технологічного оформлення) і не переобтяжують себе фінансуванням перспективних наукових досліджень через певну короткозорість у питаннях подальшого ефективного розвитку тієї чи іншої галузі. Тому роль держави в цій важливій справі залишається визначальною.

З огляду на багатопрофільність (сільське господарство, технічна мікробіологія, хімічні технології, інженерні питання, транспорт тощо) проблеми виробництва біопалива, відсутність у країні відповідних державних і комерційних структур необхідно створити спеціалізовану вертикально інтегровану галузь (або підгалузь) економіки, яка була б здатна, враховуючи світовий досвід та участь приватного бізнесу, організувати й забезпечити комплексне функціонування виробництва й споживання біопалива.

Разом із тим прогресивні розробки вітчизняних учених не мають широкого застосування, внаслідок чого сьогоднішнє виробництво біопалива в країні ґрунтується на дещо застарілих і досить дорогих технологіях і не забезпечує ні його належної вартості, ні кількості. На жаль, ситуацію не покращують чинні державні програми розвитку виробництва біопалива. Їх необхідно оперативно розширити, врахувавши наукові здобутки в цій галузі українських учених. За цих умов вони будуть здатні забезпечити вітчизняним біопаливом не тільки агросферу, але й економіку країни в цілому.

Зважаючи на важливу роль етанолу в збільшенні обсягів виробництва біопалива, доцільно, зокрема, переглянути чинну програму «Етанол» (Постанова КМУ від 04.07.2000 № 1044). Вона була суто організаційною і не містила завдань щодо відповідних наукових досліджень. Її потрібно негайно узгодити з вимогами сьогодення і доповнити науково-технічними завданнями, особливо в частині оперативного впровадження розробленої нашими вченими нової економічно обґрунтованої комплексної технології отримання етанолу з кукурудзи з ефективним використанням згаданих вище наукових розробок, які її здешевлюють, а також розроблення принципово нових високих технологій отримання етанолу з відходів рослинної біомаси, що містить лігноцелюлозу.

Поки що НАН України та УААН лише на основі власних (вкрай обмежених) резервів сформували у 2007 р. відповідні програми з розвитку вітчизняної біоенергетики. Вдалося об'єднати зусилля науковців для вирішення конкретних завдань виробництва біопалива, сформувати відповідний інформаційний ресурс, що вже дало попе-

редні результати. Проте без додаткової фінансової підтримки цих програм швидко отримати нові й вагомі результати буде неможливо.

Інтереси нашої держави вимагають термінового розв'язання питань організації широкомасштабного виробництва біопалива для того, щоб скоротити економічне відставання від розвинених держав світу і створити належні умови для якомога швидшого входження України до їхньої когорти, забезпечивши суттєві прориви в передових ланках економіки. Якщо цього не зробити (і це слід чітко усвідомити), то кожен рік бездіяльності в цій справі обернеться кількома додатковими роками зростання економічного відставання нашої країни від передових держав світу.

У розв'язанні цих проблем аж ніяк не слід бути надміру короткозорим і жити поняттями сьогодення, керуючись швидкоплинним політичним розкладом. Сьогодні необхідні далекосяжна мудрість й передбачення об'єктивного перебігу подій у суспільстві, науці, імовірних екологічних кризах, тому потрібно всебічно сприяти опрацюванню проблем біоенергетики в усіх формах її можливого існування, інакше наша країна може залишитися на узбіччі поступу в галузі енергетики майбутнього, в пошуках відновлення навколишнього середовища, а отже, не зможе бути справді розвиненою державою.

На основі викладеного матеріалу можна зробити такі висновки:

1. Розв'язання проблем виробництва рідкого біопалива в Україні є одним із найважливіших чинників національної безпеки, оскільки зменшує залежність нашої країни від закордонних енергоносіїв, зокрема нафти.

2. Досягнення вчених НАН України в цій галузі створили вагомі об'єктивні передумови для організації в нашій країні виробництва рідкого біопалива за незначний проміжок часу і в достатній кількості для внутрішнього споживання та потреб експорту.

3. До сьогодні практичні здобутки науковців не мають широкого застосування, їх недостатньо використовують, внаслідок чого вітчизняне виробництво біопалива не ґрунтується на новітніх технологіях і не забезпечує його реальної вартості й кількості.

4. Назріла гостра потреба визначити наукові та державні пріоритети, які б забезпечили надійний прорив у конкретних передових ланках економіки і вже за кілька років дали вагомий результат. До таких напрямів доцільно, зокрема, віднести сучасні генетико-селекційні та біотехнологічні дослідження, дослідження альтернативних відновлювальних джерел енергії, а також вивчення економіко-правових засад підвищення конкурентоспроможності вітчизняної економіки.

5. Необхідно вдосконалити державну Програму розвитку виробництва дизельного біопалива, максимально врахувавши вітчизняні наукові розробки і світові тенденції в цій галузі.

6. Доцільно переглянути чинну Програму «Етанол», доповнивши її завданнями щодо реалізації новітніх наукових досягнень, зокрема, з упровадження вітчизняної комплексної технології перероблення кукурудзи, а також розроблення високих технологій отримання етанолу з рослинних відходів, що містять промислово значущу кількість необхідної біомаси.

1. *Гродзинський Д.М., Дембновецький О.Ф., Рудий Р.Б.* Розв'язання проблем екологічної безпеки вченими Національної академії наук України // Проблеми науки. — 2001. — № 6. — С. 44—54.
2. *Утеуш Ю.А.* Рапс и сурепица в кормопроизводстве. — К.: Наукова думка, 1997. — 228 с.
3. Новые элементы биорегуляции для устойчивого развития в агроэкосистемах. Теоретические и прикладные аспекты, применение / Под ред. акад. НАН Украины В.П. Кухаря. — К.: Наукова думка, 2004. — 351 с.

4. *Пономаренко С.П.* Регуляторы роста растений. — К.: Институт биоорганической химии и нефтехимии, 2003. — 319 с.
5. *Полтавець Г.* Академік Кухар: «Україна має поспішати з розв'язанням проблеми альтернативного палива...» // Дзеркало тижня. — 2007. — № 4 (633). — 3—9 лютого.
6. *Стрелко В.* Биодизель — актуальная идея столетней давности // Зеркало недели. — 2006. — № 2 (581). — 21 января.
7. *Боровський В.Р., Циганков С.П., Новак А.Г.* та ін. Перспективи розвитку виробництва біоетанолу // Відновлювальна енергетика. — 2007. — № 1. — С. 89—92.
8. Національна академія наук України — агропромисловому комплексу: інформаційне видання. — К.: НАН України, 1999. — С. 48—55.
9. *Сибірний А.* Біопаливний етанол з лігноцелюлози (рослинної біомаси): досягнення, проблеми, перспективи // Вісник Національної академії наук України. — 2006. — № 3. — С. 32—48.
10. Відновлювана енергетика XXI століття // Матеріали VII Міжнародної конференції (АР Крим, смт Миколаївка, 17—21 вересня 2007 р.). — АР Крим: Viva-принт. — 273 с.

Д. Гродзинський, О. Дембновецький, О. Левчук

ОБРІЇ ВІТЧИЗНЯНОЇ БІОЕНЕРГЕТИКИ
Внесок учених НАН України в розв'язання проблем виробництва рідкого біопалива

Резюме

Енерговиробництво, засноване на використанні непоновлюваної сировини — вугілля, нафти і газу, — за останні десятиліття зросло в такому обсязі, що стало очевидним швидке повне виснаження енергетичних ресурсів. Крім того, сформовані способи енергоспоживання супроводжуються сильним забрудненням природного середовища. Тому сьогодні дедалі більше уваги приділяють пошуку альтернативних екологічно чистих і поновлюваних енергоресурсів. Одним із можливих рішень проблеми енергетики є виробництво біопалива. У статті описано основні результати робіт учених НАН України з проблеми біопалива. Серед них особливо важливими є нові культури і сорти рослин, придатні для виробництва біоетанолу і дизельного біопалива. Одержано мутантні штами метилотрофних дріжджів, використання яких істотно розширює сировинну базу для виробництва біоетанолу. Запропоновано нові поверхнево активні речовини для підвищення вмісту біоетанолу в пальному й екологічно безпечні високооктанові домішки. Сформульовано пропозиції щодо перегляду і вдосконалення програм розвитку виробництва біопалива в Україні.

D.Grodzinsky, O.Dembnovetzky, O.Levchuk

HORIZONS OF THE NATIONAL BIOENERGETICS
Contribution of scientists of nas of Ukraine into the solution of the liquid biofuel production problem

Summary

Power industry based on traditional sources use – coal, oil and gas has been growing intensively during last decades that it's evident these resources will be exhausted completely. Furthermore contemporary power industry is very hazardous to environment. That's why today more attention is paid to the problem of ecologically clean and renewable resources search. Biofuel is one of a series of alternative power industry solution. The main results of the investigations carried out by scientists of NAS of Ukraine are discussed in this article. The most important ones are new crops and species of cultured plants that can be used for bioethanol and diesel oil fuels manufacturing. Mutant forms of methyltrophic yeasts are deduced for an extending the base of bioethanol resources. New surface active compounds as well as high octane substances are proposed for an augmentation of ethanol concentration in biofuel. Suggestions on review and improvement of the programs of biofuels production development in Ukraine are formulated.