

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ ТА ЕНЕРГЕТИЧНОЇ БЕЗПЕКИ ДЕРЖАВИ ШЛЯХОМ СТИМУЛЮВАННЯ РОЗВИТКУ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Стаття авторів торкається питань реформування енергетичної галузі в напрямку забезпечення енергетичної незалежності України, створення національної енергетичної стратегії держави як складової національної програми економічних реформ. Висвітлено технологію замкнутого циклу переробки біомаси в енергоносії шляхом конверсії в біогаз, що дозволяє одержати як екологічний, так і економічний ефект.

Ключові слова: енергетична безпека, енергозбереження, енергоємність, енергоефективність, еколого-економічно-ефективні джерела енергії.

Вступ. На сьогодні у світі практично неможливо знайти країну, для якої питання розробки й реалізації ефективної енергетичної політики втратило свою актуальність. Динамічні зміни у сценарії світового розвитку примусили багато країн переглянути підходи до реалізації енергетичної політики і забезпечення національної енергетичної безпеки, на власному досвіді з'ясувати нові грані її розуміння у глобалізованому просторі. Аналіз міжнародного досвіду та визначальних тенденцій еколого-економічного розвитку в регіональному і світовому масштабах дає підстави стверджувати, що в сучасних умовах основою ефективної енергетичної політики виступають енергобезпека, енергоефективність, енергозбереження та екологічна гармонізація суспільного розвитку.

Забезпечення енергетичної безпеки є одним з найбільш важливим питань, які визначають можливість сталого розвитку суспільства в країнах світу, в тому числі і в Україні. Проблема забезпечення енергетичної безпеки стоїть в центрі уваги енергетичної політики майже для всіх країн світу.

Енергетична безпека держави – це стан готовності паливно-енергетичного комплексу країни щодо максимально надійного, технічно безпечного, екологічно прийнятного, економічно ефективного та обґрунтованого достатнього енергозабезпечення економіки держави й населення, а також щодо гарантованого забезпечення можливості керівництва держави у формуванні і здійсненні політики захисту національних інтересів у сфері енергетики без зовнішнього і внутрішнього тиску.

Постановка проблеми. Чергові проблеми з укладенням договору на постачання природного газу та фінансова криза врешті-решт змусила українських урядовців та законодавців задуматися про скорочення питомого споживання енергетичних ресурсів та розвиток альтернативних джерел енергії. 21 травня 2009 року Верховна Рада України ухвалила Закон “Про внесення змін та доповнень до деяких законодавчих актів України щодо сприяння виробництву та використанню біологічних видів палива”. Як стверджується в преамбулі дані зміни вносяться з метою стимулювання виробництва та використання біологічних видів палива, розвитку в Україні національного паливного ринку на основі залучення біомаси, як відновлювальної сировини для виготовлення біологічних видів палива.

А як відомо Україна є енергодифіцитною державою, яка на сьогодні лише на половину задовольняє потреби в паливі та енергії, що є негативним чинником впливу на її енергетичну безпеку.

В сучасному світі розвиток людської цивілізації потребує все більшої кількості енергії. Сучасна енергетика вже не може базуватись тільки на традиційних джерелах енергії, запаси яких є вкрай обмеженими.

Аналіз основних досліджень. Проблемою економічної доцільності використання альтернативних джерел енергії займалися чимало вітчизняних та іноземних науковців. Оцінці ефективності використання альтернативних паливно-енергетичних ресурсів присвячено ряд наукових праць провідних науковців: Андрійчука І., Бойка Є., Гелетути Г., Данилишина Б., Долішнього М., Долинського А., Доргунцова С., Жовніра М., Козоріза Г., Козоріза М., Косара Н., Крикавського Є., Кузьміна О., Лапко О., Ласкаревського В., Мхитаряна Н., Побурко Я., Туниці Ю., Чухрая Н. та ін.

Проте, залишаються недостатньо вивчені питання доцільності використання альтернативних джерел енергії на мікрорівні, а саме всебічного поширення і популярності набувають технології отримання енергії з відновних джерел. Одним з таких джерел є біомаса, яка кожний рік синтезується на землі у великій кількості і є акумулятором сонячної енергії. Хімічну основу біомаси нафти та газу складають вуглеводи.

Постановка завдання. Людська діяльність зумовила певні зміни і в природних циклах перетворення біоречовини, що викликало, в свою чергу, низку екологічних проблем, до яких належить проблема антропогенної евтрофікації водойм. Для підвищення економічної ефективності очистки водойм необхідно навчитися використовувати виловлену біомасу у корисних цілях й отримувати з цього прибуток. В вітчизняній та міжнародній практиці водорості використовували для кормових цілей, як сировину для парфумерної промисловості, в якості добрива та ін. Одним з перспективних й рентабельних заходів є біоконверсія водної біомаси в біогаз.

Для всіх водних об'єктів суші з сповільненим стоком характерний життєвий цикл, за яким екосистема потерпає постійні зміни в бік збільшення накопиченої органічної речовини. При цьому можна виділити декілька стадій, які суттєво відрізняються за продуктивністю фітопланктону й вищих водних

рослин: оліготрофні, мезотрофні та евтрофні водні об'єкти. Процес підвищення рівня трофії водних об'єктів (збільшення органічної речовини), що називається евтрофікацією, під дією людини суттєво змінився. Швидкість цього процесу значно зросла й з'явилися водні об'єкти, які за своїм рівнем не мають аналогів в природних умовах. Такі об'єкти називають гіпертрофними або гіперевтрофними, а процес збільшення органіки – антропогенна евтрофікація.

Г.С. Шилькрот визначає антропогенну евтрофікацію як збільшення первинної продукції водоймища й зв'язану з цим зміну ряду його режимних характеристик в результаті збільшення мінеральних поживних речовин, що надходять зовні. У визначенні Л.Л. Россолімо підкреслюється підвищення рівня новоутворень у водоймах органічної речовини. У формулюванні, що було прийнято в 1976 р. на міжнародному симпозиумі з питань евтрофікації поверхневих вод, акцент було зроблено на причину – збільшення кількості поживних речовин, які потрапляють у воду: "антропогенна евтрофікація – це збільшення поживних для водоростей речовин, які потрапляють у воду, внаслідок діяльності людини в басейнах водних об'єктів й викликане цим збільшення продуктивності водоростей та вищих водних рослин".

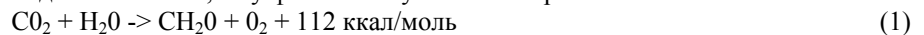
Антропогенна евтрофікація відрізняється від природної більшою швидкістю процесу. Прикладом може бути евтрофікація озера: в природних умовах процес евтрофікації озера займає близько 10^3 років й більше; сьогодні ж за рахунок інтенсивної господарської діяльності процес евтрофікації прискорюється на 2–3 порядки. В наш час евтрофікація набула глобального характеру. Якщо раніше розглядалась проблема евтрофікації озер та водосховищ (водоймища з обмеженим водообміном), то зараз доводиться розмовляти про евтрофікацію континентальних вод в цілому, включаючи сюди й річки, і внутрішні моря.

Україна мало забезпечена водними ресурсами. Запаси прісних вод становлять на одного жителя лише 1 тис. м³. Це одне з останніх місць у країнах СНД. В умовах зростаючого дефіциту води, водні ресурси на сучасному етапі є одним з найважливіших факторів господарського розвитку, а чисті прісні води – цінним та усе більш обмеженим природним ресурсом. Дефіцит прісних вод висуває на порядок денний реалізацію комплексу заходів щодо їх раціонального використання та всебічного збереження. Тому проблема антропогенної евтрофікації вод є актуальною проблемою сьогодення. Оскільки проблема антропогенної евтрофікації існує й загрожує своїми наслідками як господарській діяльності людини, так і оточуючому природному середовищу, потрібно шукати реальні шляхи вирішення цієї проблеми.

Для зменшення концентрації у водоймищах органічної речовини проводять механічну очистку водоймищ від водної біомаси, ці заходи як правило носять витратний характер. Для підвищення економічної ефективності очистки водойм необхідно навчитися використовувати виловлену біомасу у корисних цілях й отримувати з цього прибуток. В вітчизняній та міжнародній практиці водорості використовували для кормових цілей, як сировину для парфумерної промисловості, в якості добрива та ін.

Виклад основного матеріалу дослідження. Розробка технологій переробки органічної речовини, яка є, з одного боку, забруднювачем, а з іншого – цінною сировиною в носії енергії є найбільш логічним і доцільним з точки зору економічної стратегії вирішення екологічних проблем евтрофікації. Технології отримання енергоносіїв з відновних джерел енергії, яким є органічна сировина, в умовах загострення енергетичної кризи та обмеження запасів викопного палива стають все більше популярними та набувають розвитку в усьому світі довівши свою ефективність (отримання спиртів з троснику, біогазу – з біовідходів тваринництва, дизельного пального – з ріпаку). Процес евтрофікації може розглядатися як штучно створений процес синтезу біомаси в зв'язку з його достатньо високою продуктивністю, що ілюструють дослідження які наведені нижче.

Якщо розглянути два шляхи конверсії біомаси то один з них відбувається через фотосинтез, який у окислювально-відновлювальних процесах рослин які містять хлорофіл супроводжується виділенням кисню (реакція 1), або проходить без виділення кисню, як у фотосинтезуючих бактерій.



При випромінюванні сонячної радіації в ясний день 800 Вт/м^2 або $16,6 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{день}$ ($1 \text{ Вт} = 0,24 \text{ ккал/с}$).

В цьому процесі на кожні 112 ккал енергії, яка запасється рослиною, утворюється максимально 30 г сухої маси органічної сполуки. При повному використанні всієї падаючої сонячної радіації утворилося б теоретично при максимальному енергетичному виході фотосинтезу 4500 г сухої органічної маси в день. Враховуючи енергетичну ефективність фотосинтезу в 14 %, сильні окислювальні процеси при фотосинтезі та інше, реальна ефективність утворення органічної речовини має бути порядку 3 %, тобто утвориться за сприятливих умов 135 г сухої речовини за добу. В принципі такі добові прирости біомаси можна спостерігати на практиці. В цілому земний фотосинтез відбувається не ефективно, з ККД = 0,1 – 0,3 %, і конвертує $3 \cdot 10^{24}$ Дж сонячної радіації, яка падає на поверхню землі протягом року, перетворюючи її в хімічну енергію асимілюючи $2 \cdot 10^{11}$ т вуглецю. Видобуток й використання корисних паливних копалин (газ, вугілля, нафта) складає $1,8 \cdot 10^9$ т/рік або 1,05 % світової продуктивності біомаси. Природна продуктивність фотосинтезу в виробничих умовах може бути підвищена в 10, 100 разів і майже до теоретично максимальних значень. Особливо це відноситься до мікробіологічних фотосинтезуючих систем, які характеризуються високою ефективністю фотосинтезу. При фоторозкладі води суспензією водорості хлорели може утворюватись 130–140 л (~6 молей) кисню з 1 м² поверхні води за добу, продуктивність по водню може складати біля 12 молей/м² за добу, приріст біомаси – до 150 г/м² за добу, або 6 г/м² за годину. Біомаса водорості *Clorella* є перспективним видом не тільки по продуктивним показникам, а й по своєму

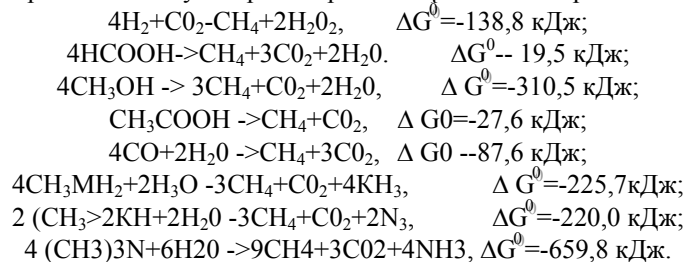
хімічному складу, бо її стінка утворена з целюлози, яка може легко бути далі конвертована в технічно доступний вид палива за двома анаеробними біоенергетичними шляхами з участю метаногенних мікробних асоціацій або водень утворюючих мікроорганізмів.

Ще більш перспективним в енергетичних цілях може бути використання фотосинтезуючої галофільної зеленої водорості *Volvoxosocens braunii* (Підродина *Volvoxosocoseae*), яка розмножується в водах на півдні України, здатна до 80 % загальної сухої ваги накопичувати вуглеводнів, з яких 30 % – це ациклічні і циклічні вуглеводні, склад яких нагадує нафтопродукти. У цієї водорості колонії слизисті, шароподібні, китице округлені, дольчаті, прості чи багатоклітинні, з потужним накопиченням клітин на периферії, кожна з яких повністю чи частково занурена у в'язкий колоніальний слиз, чи сидить у бокалоподібних слизистих утвореннях (чохлаках). Центральна частина колонії складається з безструктурної слизи, яка утворюється в результаті інтенсивного ослизнення залишків оболонки клітин. Клітини еліпсоїдні, повністю чи на 3/4 довжини занурені у слиз. Розмноження 4–8 автоспорами. Колонії до 1 мм в діаметрі, клітини 5,7-12* (2,5)-3-7,5 мкм. При масовому розвитку можуть викликати цвітіння води. Розмноження *Volvoxosocens braunii* відбувається автоспорами та розпадом колоній. Колонії розростаються діленням протопластів клітин у взаємоперпендикулярних площинах, які паралельні радіальним площинам колоній. Клітини продовгуваті, конічної форми, звужені до центру колоній, біля зовнішнього кінця розширені та закруглені, майже повністю занурені в міцні слизисті, інколи хрящоподібної консистенції бокалоподібні ніжки. Хлоропласт пристебний, чашоподібний, з базальним піреноїдом, без крохмальної обкладинки. Окрім маленьких крохмальних зерен, які розсіяні у стромі хлоропласту, у цитоплазмі накопичуються краплі масла. Оболонка тонка, гладенька, безколіорова. Оболонки материнських клітин в наслідок ряду послідовних ділень утворюють систему вкладених один в один бокалів, які занурені в безструктурну слиз, інколи просочену безколіоровою чи жовтою олією. В останньому випадку колонія має жовто-червоний колір. Краплі олії можуть досягати 50 % об'єму клітини, що дає можливість отримувати велику кількість олії.

Мешкають хлорококові у товщі води, біля дна, на занурених предметах у різних типах водоймищ, найчастіше з незабрудненою водою, одинично, інколи масово. Загальне розповсюдження: Азія, Америка, Африка, Європа. Це єдиний представник роду, що розповсюджений на Україні.

Розмір клітин популяцій з озер Волинської області дорівнював 10,5-2*6-7,5 мкм, що перевищує дані загальних відомостей про хлорококкові. Це пояснюється впливом екологічних умов в цьому регіоні України.

Конверсія вуглеводів (в тому числі і целюлози хлорели) в метан є складним мікробіологічним процесом, який здійснюється різноманітним комплексом груп анаеробних мікробів. Вуглеводи можуть конвертуватись в метан в оптимальному випадку з отриманням з одного молю глюкози, трьох молей метану і трьох молей CO₂. Перетворення енергії тут складає 85,7 %. При хлостридіальному анаеробному зброджуванні на моль глюкози утворюється 4 моля водню, що відповідає 33 % ступені конверсії енергії. Це пояснюється значним залишком енергії в аліфатичних кислотах, які накопичуються в середовищі при мікробному культивуванні. Кількісний вихід при метаногенезі значно нижче, ніж при аеробному диханні та денітрифікації. Але різні субстрати забезпечують різний рівень отримання енергії.



Послідовне використання фотосинтетичних анаеробних біоенергетичних систем перспективне в умовах існуючої енергетичної кризи на Україні.

Середня первинна продукція водоростей по зв'язаному вуглецю в природних умовах океану складає 550 кг/га в рік. Це в 2,5 разу менше в порівнянні з продуктивністю суші, але сумарна величина його перинної продукції складає 550,2 млрд т (сирої біомаси) в рік, а сумарна біомаса водорості – 1,7 млрд т в рік. 70 % поверхні Землі вкрито водою. Люди майже не використовують ці неосяжні простори. Ці показники вказують на можливу перспективність використання водної поверхні для конверсії сонячної енергії. Сама природа вказує на необхідність проведення цих робіт. Так, в умовах постійного збільшення антропогенного навантаження на водойми в Україні відбувається їх забруднення хімічними сполуками, які служать додатковим поживним субстратом для водорості. Це призводить до інтенсивного "цвітіння" води і сприяння інтенсивного отруєння водного середовища, внаслідок чого гине риба в водоймах України. Цьому можливо запобігти завдяки водоростям, що здатні акумулювати хімічні забруднення в своїй біомасі, таким чином виконувати роль фільтра.

Річна продукція донних водоростей в Чорному морі складає від 77 т у світовому океані до 170 т сирої маси на га в рік в захищених містах. Продуктивність прісних водойм значно нижча і складає в середньому 4–75 г/м² водної поверхні.

Якщо виходити з середньодобової продуктивності прісних водойм 20 г/м² і тривалості

вегетатійного періоду 6 місяців, середня продуктивність вирощувальних систем відкритого типу має скласти 72 т/га (сухої маси) в рік. Площа дзеркала водосховищ України – 7246 км², лиманів – 1698 км². Таким чином, з площі водосховищ можна отримати 52,1 млн т сухої маси водорості в рік і з площі лиманів – більш ніж 12,2 млн т сухої маси водорості в рік. При мікробній конверсії цієї біомаси водорості в біогаз можна отримати 12,9 млрд м³ метану. На комунальні послуги в Україні витрачається біля 17 млрд м³ природного газу.

Висновки. При використанні системи "водорості – біометан" з водної поверхні 1 км² можна забезпечити енергетичні потреби 10000 людей. Крім того біореактори вже використовуються для переробки відходів тваринництва і не потребують нових капіталовкладень у їх розробку, більш того цілком підходять для переробки водоростей і можуть використовуватись комплексно. Модульний принцип їх конструкції дозволяє збудувати станцію переробки біомаси в певному місті виходячи з потужностей регіону, вирішуючи таким чином одразу цілий комплекс екологічних та економічних проблем.

Технологічне використання енергетичних біотехнологій в природних умовах України можливе не тільки для розв'язання енергетичної проблеми, а й для заходів з очищення водного басейну від забруднень органічними сполуками важких металів, враховуючи здатність водоростей накопичувати ці сполуки у власній біомасі.

Таким чином процес евтрофікації водойм можливо перетворити зі шкідливого некерованого у корисний та керований, який буде складовою у ланцюзі отримання біогазу шляхом анаеробного зброджування біомаси, ми отримуємо процес з замкнутим циклом, який складається з компонентів, які є шкідливими для середовища. Поєднавши їх ми створюємо новий колообіг біомаси, який є корисним для людини і для оточуючого середовища, а також може бути прикладом розв'язання екологічної проблеми.

Сировиною в даному випадку виступає біомаса, яка утворюється в результаті евтрофікації водойм, що є небажаним явищем і на боротьбу з цим явищем вже потрібно витратити чималі кошти. Біоконверсія органічної сировини в носії енергії дозволяє вирішити низку проблем як екологічного, так і економічного характеру.

Для України розробка технологій отримання альтернативних джерел енергії є вкрай важливою та нагальною науковою проблемою, якій має приділятися достатньо уваги як в науковому, так і промисловому секторі країни та є вкрай необхідною для забезпечення енергетичної безпеки, що є одним з найбільш важливих з питань, які визначають можливість сталого розвитку суспільства в країнах світу, в тому числі і в Україні.

Література

1. Андрійчук І.В. Ефективність використання альтернативних паливно-енергетичних ресурсів в регіоні (на прикладі Івано-Франківської області): автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. екон. наук: 08.10.01 "Розміщення продуктивних сил і регіональна економіка" / І.В. Андрійчук; НАН України. Ін-т регіон. дослідж. – Л., 2006. – 20 с.
2. Гуменюк О.Б. Енергетика XXI століття. Шляхи розвитку та перспективи / О.Б. Гуменюк, Н.В. Семенюк // Вісник Технологічного університету Поділля. – Хмельницький: ТУП, 2003. – № 4. Ч. 2 (53). – С. 152–156.
3. Семенюк Н.В. Екологічно-чисте майбутнє – за альтернативними джерелами енергії / Н.В. Семенюк // Вісник Технологічного університету Поділля. – Хмельницький: ТУП, 2000. – № 5. Ч. 1 (24). – С. 105–107.
4. Клячко В.А. Очистка природных вод / В.А. Клячко, И.Э. Апельцин. – М.: Стройиздат, 1971. – 579 с.
5. Конинов В.Ф. Очистка питьевой и технической воды / Конинов В.Ф. – М.: Стройиздат, 1971. – 303 с.
6. Закон України "Про альтернативні джерела енергії" від від 20.02.2003 № 555-IV [Електронний ресурс] // Офіційний сайт Верховної Ради України. – Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/555-15/print1328601003210524>.
7. www.ive.org.ua.
8. <http://shlapak.org.ua/category/ekolohichna-polityka>.

Надійшла 26.9.2012 р.
Статтю представляє: к.т.н. Гуменюк О.Б.