



СТИМУЛЮВАННЯ РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В РЕГІОНАЛЬНИХ ТА ЗАГАЛЬНОДЕРЖАВНИХ МАСШТАБАХ

Стаття авторів торкається питань реформування енергетичної галузі в напрямку забезпечення енергетичної незалежності України, створення національної енергетичної стратегії держави направленої на розвиток відновлювальних джерел енергії.

Ключові слова: енергетична безпека, енергозбереження, відновлювальні джерела енергії, евтрофікація.

Постійно зростаючий дефіцит викопних органічних палив, значне підвищення собівартості їх видобутку та транспортування роблять актуальними задачі вишукування альтернативних, постійно поновлюваних джерел енергії і створення енергозберігаючих технологій.

У даний час питання охорони природи та раціонального використання ресурсів набувають величезного державного значення при виробництві будь-якого виду продукції.

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. Україна імпортує значну частину енергоносіїв, щоб забезпечити свої потреби в первинній енергії, тоді як її власні генеруючі потужності дедалі більше зношуються та інтенсивно забруднюють довкілля. Питання підвищення надійності енергопостачання та зниження впливу енергетичної галузі на довкілля сьогодні є надзвичайно актуальними. 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.

Хоча відновлювані джерела енергії в Україні мають великий потенціал, він поки що майже не використовується. Головна причина низького

рівня активності в цій сфері полягає в тому, що законодавчі й інституційні рамки є недостатньо досконалими для забезпечення реалізації великої кількості потенційно здійснених проектів у цій сфері. 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. Всебічного поширення і популярності набувають технології отримання енергії з відновних джерел. Одним із таких джерел є біомаса, яка кожний рік синтезується на землі у великій кількості і є акумулятором сонячної енергії. Хімічну основу біомаси також як нафти та газу складають вуглеводи. Біогазові технології – радикальний спосіб знешкодження та переробки різноманітних органічних відходів рослинного та тваринного походження, включаючи екскременти тварин і людини, з одночасним отриманням висококалорійного газоподібного палива – біогазу та високоефективних екологічно чистих органічних добрив. Біогазові технології – це вирішення проблем екології, енергетики, агрохімії та капіталу.

Джерела біомаси різні: це сільськогосподарські відходи, відходи лісової і деревообробної, харчової, легкої та мікробіологічної промисловості, а також тверді побутові відходи (ТПВ). Також людська діяльність зумовила певні зміни і в природних циклах перетворення біоречовини, що визвало в свою чергу низку екологічних проблем, до яких належить проблема антропогенної евтрофікації водойм.

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 орга-



нічної 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. Россолимо підкреслюється підвищення рівня новоутворень у водоймах органічної речовини. У формулюванні, що було прийнято в 1976 р. на міжнародному симпозіумі 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 103 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 проблеми 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.

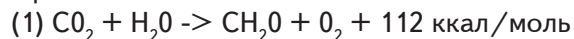
Україна мало забезпечена водними ресурсами. Запаси прісних вод становлять на одного жителя лише 1 тис. м³. Це одне з останніх місць у країнах СНД. В умовах зростаючого дефіциту води, водні ресурси на сучасному етапі є одним з найважливіших факторів господарського розвитку, а чисті прісні води — цінним 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. У вітчизняній та міжнародній практиці водорості використовували для кормових цілей, як сировину для парфумерної промисловості, в якості добрива та ін.

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 тростнику, 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/м² або 16,6 ккал/м²*день (1Вт=0,24ккал/с).

У цьому процесі на кожні 112 ккал енергії, яка запасується рослиною, утворюється максимум 30 г сухої маси органічної сполуки. При повному використанні всієї падаючої сонячної радіації, утворилося б теоретично при макси-



мальному енергетичному виході фотосинтезу 4500 г сухої органічної маси в день. Враховуючи енергетичну ефективність фотосинтезу в 14%, сильні окислювальні процеси при фотосинтезі і інше, реальна ефективність утворення органічної речовини має бути порядку 3%, тобто утвориться при сприятливих умовах 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 на протязі 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 раз 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 м^2 поверхні води за добу, продуктивність по водню може складати біля 12 молей/ м^2 за добу, приріст біомаси до $150 \text{ г}/\text{м}^2$ за добу або $6 \text{ г}/\text{м}^2$ 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 по двох анаеробних біоенергетичних шляхах з участю метаногенних мікробних асоціацій або воденьутворюючих мікроорганізмів.

Ще більш перспективним в енергетичних цілях може бути використання фотосинтезуючої галофільної зеленої водорості *Botryococcus braunii* (Підродини *Botryococcoideae*), 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 (чохликах). 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 $5,7-12 \cdot (2,5)-3-7,5$ мкм. При масовому розвитку можуть викликати цвітіння води. Розмноження *Botryococcus 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, безкольорова. Оболонки материнських клітин в наслідок ряду послідовних ділень утворюють систему вкладених один в один бокальців, які занурені в безструктурний слиз, інколи просочену безкольоровою 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.

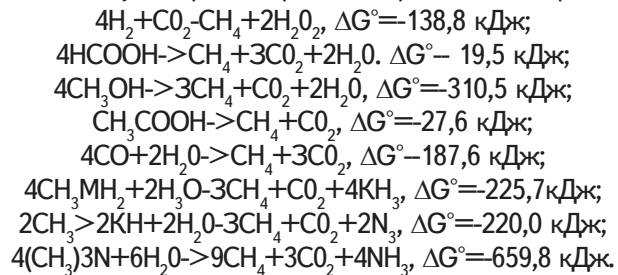
Загальне розповсюдження: Азія, Америка, Африка, Європа. Це єдиний представник роду, що розповсюджений на Україні.

Розмір клітин популяції з озер Волинської області дорівнював $10,5-2 \cdot 6-7,5$ мкм, що перевищує дані загальних відомостей про хлорококові. Напевне, 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 у метан в оптимальному випадку з отриманням з одного молю глюкози трьох молей метану і трьох молей CO_2 . Перетворення енергії тут складає 85,7%. При хлостридіальному анаеробному зброжуванні 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 перспективно 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 рази 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 приводить до інтенсивного "цвітіння" води і сприяє інтенсивному отруєнню водного середовища, внаслідок чого гине риба в водоймах України. Це можливо запобігти тому, що водорості здатні акумулювати хімічні забруднення в своїй біомасі, таким чином виконувати роль фільтра.

Річна продукція донних водоростей в Чорному морі 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 вегетаційного періоду 6 місяців, середня про-

дуктивність 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. 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 із потужностей регіону, вирішуючи таким чином відразу цілий комплекс екологічних та економічних проблем.

На нашу думку, в Україні з її аграрною орієнтацією практично на всій території є перспективним розвиток децентралізованої регіональної енергетики в поєднанні з централізованою. Впровадження та широке розповсюдження невеликих приладів для отримання біогазу в фермерських господарствах з використанням порівняно невеликої кількості відходів сільськогосподарського та природного (евтрофікація) походження є одним із напрямків у цій діяльності. Розробка модульного обладнання для отримання біогазу з органічних відходів сільського господарства ведеться і в нашому університеті. Увага приділяється розробці простих за конструкцією, недорогих агрегатів для отримання біогазу невеликої потужності, які можливо використовувати в малих фермерських та сільських господарствах. Такі установки здатні повністю задовільнити потреби в енергії цих господарств. У даному випадку анаеробний розклад відходів проходить в порівняно невеликому реакторі, що відповідає об'ємам біовідходів певного господарства. Тому нами вибрано напрямок вивчення розробки і створення саме модульного обладнання для отримання біогазу, та створення типорозмірного ряду таких біогазових установок, які б могли легко компонуватись з модулів у залежності від необхідної потужності певного господарства.



Також важливим моментом є створення простого в експлуатації та недорогого обладнання. Такий шлях впровадження і розповсюдження біогазової енергетики для України, на наш погляд, є найбільш швидким та дешевим, що дозволить помітно покращити якість життя в сільських місцевостях, віддалених від мереж природного газу. Зокрема, для (АПК) та українського села в цілому необхідність використання альтернативних джерел енергії диктується незадовільним рівнем централізованого енергопостачання. Об'єкти (АПК) та інші сільські енергоспоживачі розосереджені на великих територіях і саме тому їхнім потребам відповідає децентралізована енергетика та її комбінація з централізованою.

Біогазовий комплекс — джерело дешевих, екологічно чистих органічних добрив, порівнянних в органічній цінності з комплексними добривами. Добрива, одержувані у вигляді перробленої маси — це екологічно чисті, рідкі добрива позбавлені нітритів, насіння бур'янів, хвороботворної мікрофлори, специфічних запахів. Витрата цих добрив складає 1-5 т замість 60 т необробленого гною для обробки 1 га землі. В отримане добриво можуть додаватися фосфорні, калійні або інші добрива, залежно від культури, під які будуть використовуватися добрива. Випробування показують ще й збільшення урожайності в 2-4 рази. Додатковим чинником зростання інтересу до органічних добрив стане подорожчання мінеральних добрив на тлі зростання цін на природний газ.

Для розвитку біоенергетики в Україні, з метою одержання біогазу та високоякісних добрив, необхідно створити економічний механізм, що стимулює науково-технічні роботи у цій галузі, виробництво і впровадження відповідного устаткування. Проте, в сучасних умовах найбільш важливим стає інший аспект цієї області біотехнології — екологічний. Його поки важко оцінити у вартісному або якому-небудь іншому кількісному виразі, хоча, на жаль, епоха, коли важливість дотримання екологічних вимог не потрібно доводити, вже наступила. Мікроорганізми — метаногени дозволяють перетворити органічні відходи (тваринництва, рослинництва, збору і переробки деревини, муніципальні і багато інших) на біогаз, органомінеральні добрива і інші корисні, а головне нешкідливі і знезаражені продукти. Біотехнологію на основі використання метаногенів можна сміливо на-

звати екологічною в найширшому сенсі цього слова. Ця біотехнологія заснована на природних процесах в рамках біосферного кругообігу речовини і енергії і направлена на перетворення потенційно небезпечних для біосфери продуктів у безпечні і корисні.

По суті, йдеться про біотехнологію майбутнього, хоча вона, очевидно, вкрай необхідна і в сьогоднішні.

Технологічне використання енергетичних біотехнологій в природних умовах України можливе не тільки для вирішення 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 із шкідливого некерованого у корисний та керований, який буде складовою у ланцюзі отримання біогазу шляхом анаеробного зброджування біомаси. Таким чином ми отримуємо процес із замкнутим циклом, який складається із 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.

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 України та є вкрай необхідною для забезпечення енергетичної безпеки, що є одним із найбільш важливих з питань, які визначають можливість сталого розвитку суспільства, в країнах світу в тому числі і в Україні. Проблема забезпечення енергетичної безпеки стоїть у центрі уваги енергетичної політики майже для всіх країн світу.

Позитивним є те, що наукові розробки та пропозиції науковців знаходять підтримку, розуміння та практичні впровадження у пересічних громадян та держави. Будемо сподіватися, що 21 століття стане часом, коли ми все ближче наблизимося до природи і будемо сповна використовувати блага, щиро нею даровані.

Європейський Парламент та Рада Європейського Союзу прийняла Директиву від 27 вересня



2001 року № 2001/77/ЄС про створення сприятливих умов продажу електроенергії, виробленої з відновлюваних енергоресурсів, на внутрішньому ринку електричної енергії. Це окреслюється в "Білій Книзі" про відновлювані джерела енергії, із причин забезпечення надійності та диверсифікації енергопостачання, захисту довкілля та соціально-економічної єдності і має високий пріоритет у Співтоваристві.

Заплановано, що 12% від валового національного енергоспоживання в Співтоваристві до 2010 року буде вироблено з відновлюваних енергоресурсів загального енергоспоживання.

Для створення сприятливих умов використання електричної енергії, виробленої з відновлюваних енергоресурсів в Україні нещодавно прийнято розроблений Держкоменергозбереження Закон "Про альтернативні джерела енергії".

Збільшення споживання електричної енергії, виробленої з відновлюваних енергоресурсів, становить важливу частину пакета заходів, потрібних для дотримання Кіотського Протоколу до Рамкової Конвенції ООН про кліматичні зміни.

На виконання Указу Президента України "Про невідкладні заходи щодо забезпечення України енергоносіями та їх раціонального використання в Україні" вперше розроблено та відповідною постановою Кабінету Міністрів України схвалено Програму державної підтримки розвитку нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії та малої гідро- і теплоенергетики (Програму НВДЕ), якою було окреслено напрямки збільшення обсягів залучення до паливно-енергетичної бази України нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії та характерних для кожного регіону альтернативних видів палива. Крім того, метою Програми є також створення та забезпечення необхідних умов для розробки і впровадження ефективних технологій та устаткування.

На поточний момент, за рахунок впровадження заходів з використання нетрадиційної енергетики та альтернативних видів палива, що передбачені Програмою НВДЕ та здійснюються в більшості областей України, за період 1997-2002 р. вже видобуто та замінено традиційних енергоносіїв на рівні 44,0 млн. т у. п. (у 2000 році цей показник досягнув рівня 9,8 млн. т у. п., у 2001 році – 10,8 млн. т у. п., у 2002 – 9,4 млн. т у. п.) з яких 95% отримано за рахунок виробництва та споживання штучних горючих газів та

використання вторинних енергоресурсів.

Таким чином, на сьогоднішній день економічна ситуація в державі має певне наукове підґрунтя, яке акумулює досвід як закордонних, так і наших вітчизняних науковців, а також інтерес, який стає більш потужним у наших фермерів та селян створюють всі передумови до того, щоб біогазові технології знайшли своє місце в сьогоднішньому житті і дали поштовх нашій промисловості для початку масового виробництва біореакторів для сільського господарства, а також є прикладом саме еколого-економічного шляху вирішення проблем людства, що має стати пріоритетом в суспільно-економічному житті.

Література

1. Гуменюк О. Б., Семенюк Н.В. Энергетика XXI століття. Шляхи розвитку та перспективи // Вісник Технологічного університету Поділля. – №4. – Ч.2 (53). – Хмельницький: ТУП, 2003. – С.152–156.
2. Семенюк Н.В. Екологічно чисте майбутнє – за альтернативними джерелами енергії/ Вісник Технологічного університету Поділля. – №5. – Ч.1 (24). – Хмельницький: ТУП, 2000. – С.105–107.
3. Клячко В.А., Апельцин И.Э. Очистка природных вод. – М.: Стройиздат, 1971 – 579 с.
4. Конинов В.Ф. Очистка питьевой и технической воды. – М.: Стройиздат, 1971 – 303 с.
5. Кузнецов Ю.В., Щebetковский В.Н., Трусов А.Г. Основы дезактивации воды – М.: Атомиздат, 1988 – 158 с.
6. Кульский Л.А. Основы химии и технологии воды. – К.: Наукова думка, 1991 – 5688 с.
7. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод: Підручник / Під заг. ред. Запольського А.Г. – К.: Лібра, 2000. – 552 с.
8. Гуменюк О.Б., Семенюк Н.В. Еколого-економічні аспекти впровадження біогазових технологій в Україні. Розробка сучасних біогазових технологій // Праці міжнародного енергоекологічного конгресу „Енергетика. Екологія. Людина.” 30 березня-2 квітня. – Київ „Українські енциклопедичні знання” 2004 р. – С.50-57.
9. Гуменюк О.Б., Семенюк Н.В. Забезпечення екологічної та енергетичної безпеки держави шляхом стимулювання розвитку альтернативної енергетики. – Вісник ХНУ №6. – С69-74.

Стаття надійшла до редакції 12.02.2013