

## РОСЛИННІ ЗАЛИШКИ – ПЕРСПЕКТИВНА СИРОВИНА ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОПАЛИВА НА СВІТОВОМУ РИНКУ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

Зменшення запасів енергоносіїв і відповідно зростання їх вартості обумовлюють необхідність пошуку альтернативних джерел енергії. Це пов'язане в першу чергу з тим, що природні запаси енергоносіїв украї обмежені, можуть забезпечити наші потреби в газі та нафти тільки найближчі 50 років, а у кам'яному вугіллі – до 200 років [6]. У зв'язку з цим стає все більш актуальним використання сонячної теплової енергії, енергії навколишнього природного середовища (вітру, тепла надр, води тощо), а також органічної речовини, що утворюється головним чином у процесі аграрного виробництва.

На сьогодні електроенергія, яку отримують у результаті утилізації сонячного тепла, на жаль, ще не може конкурувати зі звичайними джерелами електроенергії (яка вироблена на атомних та теплових електростанціях) у зв'язку із значним витратами на її виробництво. Сучасні технології утилізації теплової сонячної енергії дозволяють забезпечити до 15% потреб суспільства в електроенергії. Так, у ЄС частина електроенергії, яку виробили на СЕС, становить 10,5%, у Німеччині вже 17% плюс 8% теплової енергії. Значними темпами зростають обсяги виробництва на СЕС електроенергії в Україні. На сьогодні в Одеській області діє СЕС потужністю 40,0 МВт/год, у Криму – 7,5 МВт/год. Підготовлена до пуску потужна СЕС у Вінницькій області. У цілому планується довести обсяг виробництва електроенергії на альтернативних виробництвах в Україні до 10-14% від загальної кількості її виробництва в країні. Цей напрям енергетики, на жаль, має цілий ряд суттєвих недоліків. По перше, низький ККД, який у найкращих умовах не перевищує 15-20%. Також це потреба постійного очищення поверхні сонячних батарей, значна вартість обладнання та устаткування тощо [10]. У результаті вартість електроенергії, що

виробляється СЕС, перевищує вартість електроенергії, отриманої традиційним шляхом, у 8-24 рази [6], а термін окупності капіталовкладень перевищує 15 років, що потребує запровадження спеціального «зеленого тарифу», що на сьогодні становить 5,341 грн за 1 кВт/год електроенергії без урахування ПДВ. Тому економічна доцільність її виробництва на сьогодні можлива тільки за умови відсутності конкурентної електроенергії, яка отримана традиційним шляхом, використання більш економічно раціональних технологій виробництва альтернативної електроенергії або в разі зменшення собівартості виробництва.

Незалежно від цього виробництво електроенергії на ВЕС на сьогодні стає все більш популярним. Частина електроенергії, що виробляється на сьогодні у ЄС на ВЕС, становить 10,5% усього обсягу виробництва. Темпи виробництва постійно зростають. На сьогодні у вітроенергетику ЄС вкладено майже 12,6 млрд євро інвестицій. Як приклад можна навести дані по Голландії, де обсяг виробництва електроенергії ВЕС у на 01.01.2011 р. становив 86 МВт, на 01.01.2012 р. – 151 МВт та на 01.06.2012 р. вже 190 МВт. Разом із тим використання енергії вітру для виробництва електроенергії на сьогодні має досить серйозні недоліки. В основному вони полягають у високій вартості обладнання та устаткування, що обумовлює також значний строк окупності капіталовкладень, який становить від 12-15 років і більше [5]. Іншим недоліком вітроенергетики є екологічна небезпека устаткування, яка полягає в генерації електромагнітного випромінювання низької частоти, що дуже небезпечно для живих організмів [6]. В Україні на сьогодні потужність виробництва електроенергії вітроенергетичними електростанціями становить до 100 МВт.

Утилізація енергії надр і водоймищ на сьогодні є досить ефективним напрямом альтернативної енергетики, і потребує також, як і інші напрями, значних капіталовкладень. Широкого використання цей напрям отримав у місцевостях зі значною вулканічною активністю, де є вихід на поверхню теплих джерел, а також у водоймищах.

Найбільш суттєвим для України є напрям отримання альтернативної електроенергії шляхом утилізації рослинних залишків і відходів органічного походження, кількість яких, за оцінкою німецьких фахівців, дозволяє отримувати щорічно електроенергію на суму до 30 млрд грн [1, 7, 8].

Ураховуючи значну вартість обладнання для виробництва альтернативної електроенергії (сонячних батарей, вітряків, акумуляторів тощо), доцільним є розгляд у першу чергу можливостей та перспектив використання рослинних залишків як сировини для виробництва біогазу [12]. На сьогодні існує цілий ряд технологій переробки рослинних залишків на біогаз, що дозволяє отримати більш дешеву електроенергію, порівняно з тією, що вироблена сонячними батареями та вітряками. Це визначає актуальність досліджень із використання рослинних залишків як джерела отримання альтернативної електроенергії та значною мірою дозволяють визначити основні напрями розвитку одного з найперспективніших напрямів альтернативної енергетики.

*Мета* статті – проаналізувати ефективність використання рослинних залишків як сировини для виробництва альтернативної електроенергії.

Як об'єкт досліджень розглянуто рослинні залишки, що в основному представлені відходами аграрного виробництва та біомасою рослин іншого походження.

У процесі дослідження використано загальноприйняті методи: аналізу, інтерпретації та узагальнення результатів.

На сьогодні існує значна кількість інформації стосовно біологічної продуктивності органічної маси на поверхні планети. У 70-ті роки минулого сторіччя була успішно реалізована під егідою ООН міжнародна програма оцінки продуктивності біосфери, яка в

цілому дозволила оцінити стан рослинного покриву, продуктивність органічної речовини в різних природних зонах Землі та визначити кількість річного відпаду біомаси [3]. Реалізація цієї програми показала, що сумарна річна продуктивність органічної речовини на поверхні нашої планети становить 171 млрд т в абсолютно сухому стані (асс). Сумарний річний відпад дорівнює 9,4 млрд т в асс. З цієї кількості приблизно 800 млн т складають відходи аграрного виробництва.

За даними М. Базілевича та Л. Родіна [4], які є одними з найбільш авторитетних дослідників біологічної продуктивності, середньорічна продуктивність органічної речовини на поверхні Землі залежить в основному від екологічних умов та складає для: пустель солончакових – 0,1 т/га в асс, тундри арктичної – 0,2-0,3, пустелі соковито-солончакової – 0,2-0,3, пустелі полинно-солончакової – 0,3-0,4, степу пустельного типу злаково-полинного – 0,4-0,6, пустелі солончаково-кущової та тундри чагарникової – 0,5-1,0, степу сухого – 1,0-1,5, лісотундри – 1,5-2,0, лісу північного та середньої тайги – 2,0-3,0, степу субтропічного, сухого – 1,5-3,0, лісу субтропічного сухого – 1,5-3,0, лісу південної тайги – 3,0-6,0, болота – більше 6 т/га в асс. Найбільша річна біологічна продуктивність, визначена в екваторіальних тропічних лісах, становить 95 т/га в асс [13]. Субтропічні ліси характеризуються річною продуктивністю біомаси, яка дорівнює до 42 т/га в асс.

Що стосується річного відпаду біомаси, то тут зовсім інші закономірності. Максимальні за співвідношенням приріст/відпад значення річного відпаду характерні для територій із більш жорсткими екологічними умовами формування екосистем. Це тундри та пустелі. У найбільш оптимальних для рослин умовах, у широколистяних лісах лісостепу річний відпад становить усього 10-15% органічної речовини й утворюється головним чином деревними рослинами [2].

Усього щорічно в кругообіг надходить до 9 млрд т в асс органічної речовини, яка в основному розкладається та забезпечує відновлення родючості ґрунту [11]. Вилучення цієї кількості органічної речовини для отримання альтернативної енергії на сьогодні не-

доцільно у зв'язку з потребою в цьому разі штучно відновлювати родючість ґрунтів, що потребує витрат у розмірі щонайменше 230 млрд дол. на рік.

На сьогодні основною сировиною виробництва біогазу у світі є продукти життєдіяльності тварин та побутові відходи, які забезпечують найбільший вихід біогазу. Так, переробка 1 т свіжого свинячого гною дає 250, гною ВРХ – 200, бурди – 150, органічних відходів – 100 та рослинних залишків – 50 м<sup>3</sup> біогазу [8]. Інші автори показують вихід біогазу у процесі переробки рослинних залишків у 180 м<sup>3</sup> [12]. У зв'язку з цим за межами інтересів виробництва біогазу залишаються саме основна маса сировини, рослинні залишки аграрного походження, кількість яких тільки в Україні перевищує 100 млн т в асс. Використання частини цих відходів для виробництва біогазу в суміші з гноєм може значно збільшити прибуток за рахунок у першу чергу зростання виходу екологічно чистих добрив. За прогнозами німецьких фахівців, на сьогодні в Україні є ресурси, достатні для виробництва до 25 млрд м<sup>3</sup> біогазу [1].

Розглянемо сучасні технології виробництва біогазу. На сьогодні в основному використовують дві основні технології: «мокра» та «суха». «Мокра технологія» передбачає не менш ніж 90% вологості субстрату і температуру у ємкості на рівні 37-40°C. «Суха технологія» – 50% вологості і температуру 34-37°C [12]. Перша технологія найбільш поширена у Китаї, де на сьогодні працюють майже 10 млн газогенеруючих станцій. У ЄС кількість станцій на сьогодні перевищує 12 тис., які у 2010 р. виробляли до 15 млн м<sup>3</sup> біогазу на рік, з щорічним зростанням обсягів у середньому на 6,4% [7].

Ефективне використання біогазу передбачає його очищення від шкідливих домішок, у першу чергу, від сірки. У результаті 1 м<sup>3</sup> біогазу забезпечує 6000-7500 ккал/м<sup>3</sup>, або 6-6,5 кВт/год енергії.

Ураховуючи постійне зростання вартості електроенергії, уже сьогодні в Україні можлива експлуатація 20000-30000 виробництв біогазу, що може забезпечити зростання частини альтернативної електроенергії в

загальному обсязі виробництва з 2,7 до 9,1%. Також при цьому можна отримати до 30 млрд грн «зелених інвестицій» від західних країн.

Як приклад можемо навести досвід виробництва біогазу у Дніпропетровській області, на свинокомплексі чисельністю 23 тис. голів щоденно виробляється 2500 м<sup>3</sup> біогазу (673 кВт). Біогаз отримують «мокрим» способом у двох тенках загальною ємкістю 1360 м<sup>3</sup> при температурі 35°C. Щоденно на підприємстві переробляють до 500 т гною.

Інша річ – це відходи аграрного виробництва. Ці відходи утворюються у процесі діяльності людини, та складають від 1 до 15 т/га в асс [9]. Причому вони, як правило, накопичуються в місцях виробництва або переробки сільгоспсировини, що дозволяє їх використовувати як якісну сировину для виробництва альтернативної енергії.

Слід додати, що рослинні залишки аграрного виробництва є тим, чим можна керувати. Наприклад, можна змінювати співвідношення приріст/відпад біомаси, збільшувати її річний приріст і поліпшувати її якісні показники шляхом оптимізації умов зростання рослин (внесення добрив, зрошення тощо). Так, цим шляхом можна збільшити річну продуктивність відходів зернових з 3,5 до 15,0, картоплі – з 1,5 до 4,0 та бавовни – з 8 до 12 т/га в асс [4]. Суттєвим недоліком цього є те, що зі збільшенням доз добрив зростає вміст у сільгосппродукції хімічних речовин, зокрема азоту, калію та цілого ряду інших хімічних елементів. Продукція стає небезпечною для людини і може бути використана тільки як технічна сировина [12]. Іншим недоліком є те, що при збільшенні доз добрив спостерігається полягання сільгоспкультур, що обумовлює зростання втрат врожаю.

Таким чином, доцільним є використання добрив в оптимальних дозах, внесення їх відповідно до вимог отримання якісної аграрної продукції [13]. З урахуванням цих вимог розрахована доступна для виробництва біогазу та органічного компосту річна кількість залишків аграрного виробництва, яка складає 80,3 млн т в асс (табл. 1). Використання цієї кількості відходів аграрного виробництва для отримання біогазу може забезпечити отримання

мання не менш 300 млрд. м<sup>3</sup> біогазу. На сьогодні ці рештки переважно спалюють. У наслідок чого до атмосфери потрапляє значна

кількість теплової енергії та забруднюючих речовин [9].

Таблиця 1

*Річна кількість накопичення біомаси та відходів аграрного виробництва*

Природні зони	Відсоток від поверхні суші	Річна біомаса, млн т	
		продуктивність	відпад
Тропічна	42	76	43
Субтропічна	20	23	12
Суббореальна	16	28	16
Бореальна	18	15	9
Полярна	4	2	0,3
Разом	100	144	80,3

Під час виробництва біогазу з рослинних залишків та інших відходів аграрного виробництва до атмосфери практично нічого не потрапляє, бо майже все перетворюється на біогаз та перегній. Останній можна використовувати як високоякісне органічне добриво, у тому числі для отримання екологічно безпечної аграрної продукції [12].

На сьогодні існує ще декілька перспективних технологій виробництва біогазу. Однією з найбільш ефективних є технологія, яка передбачає використання у процесі виробництва біогазу разом із рослинними відходами відходів тваринництва, що значно прискорює та спрощує виробничий процес [1]. Газ утворюється в закритих ємкостях, герметичних тенках з газовідводом, що можуть бути також обладнані системою відбору тепла. Швидкість процесу виділення біогазу залежить від температури процесу та різних складових: вологості субстрату, співвідношення рослинні рештки/гній, розміру фракцій рослинних залишків тощо. Ця технологія може забезпечити за умови використання тенку ємкістю 1000 м<sup>3</sup> щоденне виробництво біогазу в кількості 200 м<sup>3</sup>. При цьому вартість 1000 м<sup>3</sup> біогазу не перевищує 30 дол. [1].

За відсутності тваринного гною можна використовувати мул із каналізаційних відстійників [14,15]. Найбільшим недоліком цього є те, що мул містить значну кількість забруднюючих речовин, у тому числі канцерогенів, важких металів та інших токсичних речовин. У зв'язку з цим перегній, що утворюється у процесі виробництва біогазу, не-

можливо ефективно використовувати в аграрному виробництві. Його можна застосовувати тільки для лісових та міських декоративних насаджень, що значно зменшує його цінність.

Третя технологія виробництва біогазу з рослинних залишків передбачає використання хімічних речовин, головним чином азоту в кількості  $\approx 0,05$  т/т рослинних відходів в асс. Ця технологія дозволяє ефективно переробляти разом із трав'янистими відходами виробництва також кору дерев і деревину, що значно розширює її можливості. Єдиною вимогою є необхідність здрибнювання деревини на тріску розміром не більш 1,5x2,5 см. Ураховуючи високу концентрацію хімічних речовин, також не бажано використання перегною, який утворюється внаслідок розкладання рослинних залишків для виробництва якісної аграрної продукції.

Існує також технологія отримання біогазу шляхом нагрівання рослинних відходів в анаеробних умовах – способом термопіролізу [12]. Ця технологія дозволяє отримати газовий компонент, що можна використовувати як паливо та попіл, який можна застосовувати як ефективне органічне добриво. Зазначені технології можна використовувати в Україні залежно від конкретних умов і завдань.

Економічна ефективність використання технологій виробництва біогазу й екологічно якісного компосту в першу чергу залежить від попиту на кінцеві продукти виробництва, біогаз та органічні добрива, а також від розмірів капіталовкладень на спорудження виробничих комплексів.

Вартість спорудження виробничих потужностей з виробництва біогазу (потужністю 1 МВт) в Україні складає від 4 до 2,5 млн євро, і залежить головним чином від престижу фірми, так як в основному використовуються однакове обладнання та ідентичні методи будівництва. Так, комплекси, які споруджують фірми Schmack та EvviTec, оцінюють у 4, Bigas Nord EnviTec Bio-gas – 3,0-3,5 та Zorg – 2,5-2,7 млн євро. Це обумовлює собівартість виробництва 1000 м<sup>3</sup> неочищеного біогазу у 22-30 дол., а очищеного – 28-40 дол. без урахування якості компосту. Такі ціни на біогаз та середня оптова ціна на компост у 50 дол. за т (без урахування його якості) визначають досить довгий період окупно-

сті комплексів з виробництва біогазу (12-24 років). У разі зміни акценту на виробництво якісного компосту, термін окупності можна суттєво зменшити.

У зв'язку з цим було проаналізовано ринок органічних добрив в Україні. Результати аналізу, наведені в табл. 2, свідчать про значну вартість органічних добрив у країні. Найбільшою ціною характеризуються водні екстракти органічних добрив, вартість яких досягає 365,5-180 тис. грн (45-22,5 тис. дол.) за 1 т (Байкал ЕМ-1, Вермітек). Далі гранульовані органічні добрива – 16-14,5 тис. грн (2,0-1,8 тис. дол.) за т (Вермікомпост) та різного складу компости – 6,3-0,7 тис. грн (790-90 дол.) за т (Здоров'я нації, Паросток тощо).

Таблиця 2

Вартість органічних добрив на ринку України

Назва добрива	Ціна за т, грн		Виробник
	опт	роздріб	
<b>Водний екстракт</b> «Байкал ЕМ-1»	328000	362500	ТОВ «ЕМ-Центр», Улан-Уде
<b>Водний екстракт</b> «Вермікуліт»	149000	180000	ТОВ «Грінсад», Київ
<b>Гранульований</b> «Вермікомпост»	13600	16000	ТОВ «Грінсад», Київ
<b>Органічне добриво</b> «Паросток»	4800	6240	Торговий дім «Літо», Київ
<b>Органічне добриво</b> «Біотерра»	1950	2300	ТОВ «Біотерра», Дніпропетровськ
<b>Біокомпост</b> «Здоров'я нації»	680	725	Торговий дім «Літо», Київ

Ураховуючи значний попит на світовому ринку на екологічно чисті продукти харчування і те, що ринок збуту органічних добрив в Україні тільки формується, можна стверджувати, що цей напрям виробництва перспективний. У зв'язку з цим доцільно розглянути терміни окупності комплексів з виробництва біогазу та компосту, що використовують різний підхід до якості кінцевих продуктів виробництва (табл. 3). Виробництво різних за номенклатурою та якістю органічних добрив дозволяє змінювати термін окупності капіталовкладень з 14 до мінімум 3-х років. Найбільш доцільним при цьому є комплексне виробництво органічних добрив, яке охоплює виробництво рідких, гранульо-

ваних та органічних добрив у вигляді компостів. Такий підхід дозволяє шляхом розширення асортименту прискорити продаж за середньою ціною 4500 грн за 1 т і скорочення терміну окупності капіталовкладень до 7 років.

Іншою причиною, яка обумовлює необхідність розгляду рослинних залишків як сировини для отримання біогазу, є зменшення поголів'я худоби. За останні 20 років поголів'я великої рогатої худоби в країні значно зкоротилось. За незначним винятком практично повністю ліквідовані великі тваринні комплекси, на базі яких можна організувати цехи з виробництва біогазу. На сьогодні в основному діють малі та середні



Таблиця 3

Окупність виробництва біогазу з використанням технології отримання органічних добрив

Виробництво добрив	Середня прогнозована оптова ціна, грн	Окупність виробництва, років
Рідкі	100000	3
Гранульовані	12000	2
Органічні компости	1500	7
Інші компости*	400	14

\* Не відповідають за якістю органічним добривам.

фермерські господарства, чисельність великої рогатої худоби у яких, як правило, не перевищує 100 голів. Така кількість худоби в господарствах може повністю забезпечити якісну переробку рослинних залишків цих господарств у біогаз, достатній для її потреб у паливі. На базі цих господарств можлива організація виробництва екологічно безпечної (органічної) аграрної продукції, вартість якої на світовому ринку перевищує стандартну на 50-250% [12]. Це може бути суттєвим стимулом запровадження технології виробництва біогазу з використанням тваринного гною. За нашими розрахунками, в Україні

таким чином можна утилізувати до 15% рослинних залишків, що складає 5 млн т перегною та 750 млн м<sup>3</sup> біогазу на рік.

Там, де неможливо організувати виробництво біогазу за цією технологією, доцільним є застосування технологій з використанням мулу з каналізаційних накопичувачів або хімічних речовин. Це може дати до 800 млн м<sup>3</sup> біогазу та до 100 млн т добрив (табл. 4). Отримані таким чином добрива можна використовувати для виробництва технічних аграрних культур, у лісовому та міському господарстві.

Таблиця 4

Ресурси виробництва біогазу в Україні

Структура ресурсів	Маса, млн т	
	усього	придатні
Побутові відходи	14,6	4,5
Промислові відходи	2,5	1,7
Відходи сільгоспвиробництва	1,1	0,7
Разом	18,2	6,9

Використання виробництва біогазу з одночасним виробництвом екологічно якісних добрив дозволяє порівняно з іншими галузями альтернативної енергетики реалізувати значні скриті ресурси, які дозволяють значно прискорити окупність капіталовкладень

(табл. 5). Що стосується вартості виробництва біогазу, то тут, як не дивно, чим вище витрати, тим вище і прибуток, а також і швидше відбувається процес окупності капіталовкладень (табл. 6).

Таблиця 5

Сучасна окупність капіталовкладень в альтернативну енергетику

Галузь альтернативної енергетики	Окупність, років	
	середня	максимальна
Вітроенергетика	14	22
Геліоенергетика	17	24
Використання енергії надр	5	9
Виробництво біогазу*	14	19

\* За традиційною технологією.

## Окупність капіталовкладень при застосуванні різних технологій виробництва біогазу

Технології	Окупність, років	
	середня	максимальна
З виробництвом екологічно чистих добрив	5	7
З виробництвом добрив	11	14

Якщо за умови використання першої технології сумарні витрати складаються з заготівлі, транспортування, підготовки до утилізації, переробки, вартості перегною та накладних витрат, а прибуток – з вартості біогазу та екологічно якісних добрив, то для другої і третьої технологій вони представлені витратами на заготівлю, транспортування, підготовку до утилізації, переробки, мулу (хімічних речовин) та накладних витрат, а прибуток – з вартості біогазу та добрив. Причому, якщо вартість біогазу прийняти однаковою, то ціна на екологічно якісні добрива і добрива з наявністю в них токсичних речовин різняться в рази, та відповідно становить 2500-100000 грн/т та 400-750 грн/т. Якщо добрива, отримані за першою технологією, використовувати для виробництва екологічно безпечної аграрної продукції, то можна отримати значно більший прибуток за рахунок збільшення на 50-250% вартості екологічно якісної продукції порівняно зі стандартною.

Середня вартість виробничих потужностей на переробку 5000 т органічної речовини на рік складає 30 млн грн. Сюди входить вартість типового проекту та витрати на будівництво або спорудження комплексу для виробництва біогазу. Причому різниці у вартості комплексів залежно від технології виробництва немає. Таким чином, найбільш доцільним є застосування технології виробництва біогазу з одночасним отриманням екологічно якісних органічних добрив і виробництвом екологічно безпечних продуктів харчування, що може забезпечити більш швидку окупність капіталовкладень.

У цілому можна зробити такі висновки: на сьогодні існує значна кількість відходів аграрного виробництва представленого рослинними залишками, що можуть бути використані для виробництва біогазу як домішки до відходів тваринного походження;

застосування рослинних залишків як сировини для виробництва біогазу може забезпечити аграрну галузь добривами для виробництва екологічно безпечної аграрної продукції;

у зв'язку зі значним попитом на світовому ринку екологічно чистих продуктів харчування і значно більшою порівняно зі звичайними продуктами харчування ціною можливо скорочення терміну окупності капіталовкладень на виробництво біогазу з одночасним виробництвом екологічно якісних добрив.

## Література

1. Баадер В. Биогаз: теория и практика / В. Баадер, Е. Дона, М. Брайндерфер. – М.: Колос, 1982. – 148 с.
2. Базилевич Н.И. Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии / Н.И. Базилевич. – М.: Наука, 1993. – 293 с.
3. Базилевич Н.И. Географические аспекты изучения биологической продуктивности / Н.И. Базилевич, Н.Н. Розов. – Л.: Наука, 1970. – 29 с.
4. Базилевич Н.И. Продуктивность и круговорот элементов в естественных и искусственных фитоценозах // Биологическая продуктивность и круговорот химических элементов в растительных сообществах / Н.И. Базилевич, Л.Е. Родин. – Л.: Наука, 1971. – С. 5-32.
5. Базилевич Н.И. Материалы V съезда географического общества СССР / Н.И. Базилевич, Л.Е. Родин, Н.Н. Розов // Географические аспекты изучения биологической продуктивности. – Л.: Наука, 1970. – 28 с.
6. Куклев Ю.И. Физическая экология / Ю.И. Куклев. – М.: Высш. шк., 2003. – 357 с.
7. Куріс Ю.А. Науково-технічні аспекти світового раціонального використання біогазів / Ю.А. Куріс, Н.В. Семененко // Енергетика та електрифікація. – 2011. – № 3. – С. 40-50.

8. Майстренко А.Ю. Общая характеристика метаногенеза и обоснование технологических схем получения биогаза / А.Ю. Майстренко, Ю.В. Курис, В.В. Ярош и др. // Энергетика та електрифікація. – 2009. – № 3. – С. 52-59.
9. Попа Ю.Н. Восстановление биогеоценозов в антропогенно-трансформированных экотопах в степной зоне / Ю.Н. Попа. – К.: Укр. бестселлер, 2011. – 437 с.
10. Ратнер В.М. Солнечная электростанция – объект энергосистемы / В.М. Ратнер, А.С. Кириенко, Ю.А. Килименчек // Энергетика та електрифікація. – 2011. – № 11. – С. 38-46.
11. Розов Н.Н. Почвенный покров мира / Н.Н. Розов, М.Н. Строганова. – М.: МГУ, 1979. – 290 с.
12. Сельскохозяйственная биотехнология: Учебник / В.С. Шевелуха, Е.А. Калашникова, Е.С. Воронин и др. – М.: Высш. шк., 2003. – 469 с.
13. Уатт К. Экология и управление природными ресурсами / К. Уатт. – М.: Мир, 1971. – 463 с.
14. David J. Crops and energy Production / J. David, D. Steward, M. Badger, J. Bogue. – Anaerobic digestion, 1981. – Proc. 2-d Intern. Symp. Anaerobic digestion / Trovemonde, 6-11 Sept. 1981. – Amsterdam, 1982. – 429 p.
15. Leononen S. Utilization of biotechnology in agricultural energy production (in Finnssh) / S. Leononen, P. Pelkanen. University of Joensuu Karelifn Institute // Working Papers. – № 12. – 1990. – 27 p.

*Надійшла до редакції 13.12.2012 р.*