

ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ТЕХНОЛОГІЙ ОТРИМАННЯ БІОГАЗУ**А. О. Дичко, І. О. Ополінський**Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»
вул. Борщагівська, 115/3, м. Київ, 03056, Україна. E-mail: opolinskyi@gmail.com

Еколого-економічне обґрунтування використання біогазових технологій дозволяє оцінити можливості підприємств, галузей із забезпечення задоволення потреб у енергетичних ресурсах та отриманні додаткових економічних та екологічних ефектів. Розроблено методику розрахунку еколого-економічної оцінки впровадження технології анаеробного збродження відходів з отриманням біогазу для підприємства. Еколого-економічне обґрунтування впровадження технології анаеробного збродження відходів з отриманням біогазу для підприємства полягає у розрахунку параметрів та продуктивності біогазової установки, еколого-економічного ефекту та терміну окупності. Розроблена методика може бути використана для оцінки доцільності впровадження біогазової установки та застосування технологій підвищення продуктивності діючих біогазових установок. При застосуванні анаеробних технологій утилізації органічних відходів із застосуванням інтенсифікації метаногенезу продуктивність біогазу збільшується до чотирьох разів, а термін окупності установки зменшується до дев'яти місяців.

Ключові слова: біогаз, відходи, інтенсифікація, еколого-економічний ефект, біомаса.**ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЙ ПОЛУЧЕНИЯ БИОГАЗА****А. О. Дичко, И. О. Ополинский**Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»
ул. Борщаговская, 115/3, г. Киев, 03056, Украина. E-mail: opolinskyi@gmail.com

Эколого-экономическое обоснование использования биогазовых технологий позволяет оценить возможности предприятий, отраслей по обеспечению удовлетворения потребностей в энергетических ресурсах и получении дополнительных экономических и экологических эффектов. Разработана методика расчета эколого-экономической оценки внедрения технологии анаэробного сбраживания отходов с получением биогаза для предприятия. Эколого-экономическое обоснование внедрения технологии анаэробного сбраживания отходов с получением биогаза для предприятия заключается в расчете параметров и производительности биогазовой установки, эколого-экономического эффекта и срока окупаемости. Разработанная методика может быть использована для оценки целесообразности внедрения биогазовой установки и применения технологий повышения производительности действующих биогазовых установок. При применении анаэробных технологий утилизации органических отходов с применением интенсификации метаногенеза производительность биогаза увеличивается до четырех раз, а срок окупаемости установки уменьшается до девяти месяцев.

Ключевые слова: биогаз, отходы, интенсификация, эколого-экономический эффект, биомасса.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. На наш час особливу актуальним є питання енергетичного суверенітету України, оскільки держава залежить від закордонних енергоресурсів. Така ситуація виводить країну за межі нормальних економічних умов існування. Тому політика, спрямована на підвищення енергоефективності та зменшення використання енергії, має стати пріоритетним напрямком в енергетичній стратегії України.

Згідно з Національним планом дій з відновлювальної енергетики на період до 2020 року загальна потужність усіх відновлювальних джерел повинна збільшитися більше ніж у 5,5 разів порівняно зі значеннями 2014 року [1].

До найбільш перспективних відновлювальних джерел енергії для України є енергія з біомаси, у тому числі що утворюється при анаеробному очищенні стічних вод і переробці органічних відходів сільськогосподарства. У зв'язку з вищенаведеним, виникає необхідність еколого-економічного обґрунтування застосування анаеробних технологій отримання біогазу.

Основним бар'єром на шляху до розвитку анаеробних технологій переробки органічних відходів з отриманням біогазу в Україні є незначна питома

величина виходу біогазу. Це пов'язано, насамперед, із високими затратами на підігрів субстрату; низьким рівнем питомого виходу біогазу на одиницю маси органічних відходів; утворенням значних об'ємів зброженого субстрату; низькою теплоємністю отриманого біогазу тощо. Тому доцільним є вдосконалення існуючих технологій утилізації органічних відходів, в яких застосовуються методи анаеробного збродження шляхом стимулювання активного мулу біореакторів ферментами, вітамінами та іншими біологічно активними речовинами, що виділяються при руйнуванні клітин біомаси.

Фундаментальні теоретико-методичні, прикладні та технічні аспекти виробництва біогазу представлені в працях таких науковців, як Гелетуха Г.Г. [2], Джеджула В.В. [3] та ін. Дослідження висвітлюють загальні закономірності переробки органічних відходів з отриманням біогазу. Методологічні аспекти еколого-економічного обґрунтування впровадження альтернативних джерел енергії та захисту навколишнього природного середовища наведені в працях таких науковців, як Праховник А.В. [4], Мельник Л.Г. [5], Васильєва Т.А. [6] та ін. Дослідження проблем поводження з відходами, зокрема технологій переробки та знешкодження відходів і питання еко-

логістики, приведені в працях Гомелі М.Д., [7], Бойченко С.В. [8] та ін.

Однак загальна методика розрахунку еколого-економічного ефекту від упровадження технологій отримання біогазу відсутня.

Нерозкритими в попередніх дослідженнях залишаються питання еколого-економічного розрахунку технологій переробки органічних відходів у біогаз та визначення еколого-економічного ефекту з урахуванням зменшення збору за розміщення відходів у результаті природокористування.

Таким чином, дане дослідження присвячене розробці універсальної методології розрахунку еколого-економічного ефекту отримання біогазу, що дозволяє оцінити різні технології анаеробного зброджування відходів з отриманням біогазу для підприємства та враховує зменшення збору за розміщення відходів.

Метою роботи є розроблення методики еколого-економічної оцінки технологій отримання біогазу для підприємства.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Еколого-економічний потенціал використання біогазових технологій можна розглядати як сукупність характеристик, показників і властивостей, що дозволяють оцінити можливості підприємств, галузей або народного господарства із забезпечення задоволення потреб у енергетичних та інших ресурсах та отриманні додаткових економічних та екологічних ефектів (переваг) [9, 10].

Основним бар'єром на шляху до розвитку анаеробних технологій переробки органічних відходів з отриманням біогазу в Україні є незначна питома величина виходу біогазу. Це пов'язано, насамперед, із високими витратами на підігрів субстрату; низьким рівнем питомого виходу біогазу на одиницю маси органічних відходів; утворенням значних об'ємів зброженого субстрату; низькою теплоємністю отриманого біогазу тощо. Тому доцільним є вдосконалення існуючих технологій утилізації органічних відходів, в яких застосовуються методи анаеробного збродження, шляхом стимулювання активного мулу біореакторів ферментами, вітамінами та іншими біологічними активними речовинами, що виділяються при руйнуванні клітин виділенням біомаси.

Еколого-економічний ефект від впровадження заходів з ефективного управління та підвищення ефективності метаногенезу пов'язаний із низькою переваг метанового бродиння, а саме:

1. Утворення додаткового джерела енергії на підприємстві – біогазу, що значно зменшує або навіть ліквідує енергозалежність.

2. Отримання електроенергії. Так, при спалюванні 1 м³ біогазу в теплоелектрогенераторі отримують до 2 кВт/год. електроенергії.

3. Отримання теплової енергії. Теплогенератор здатний перетворити до 2 кВт теплової енергії з 1 м³ біогазу. На підприємстві можливе також використання тепла, отриманого від охолодження теплообмінника силової установки.

4. Відпрацьований активний мул може бути використаний як біодобриво [11, 12]. У зброженій біомасі мінералізація складає 60 % і мінерали переходять у форму, доступну рослинам. Вартість твердих біодобрив такої якості на сьогоднішній день в Україні в середньому становить 2500 грн/т, а ціна на рідкий біогумус дорівнює 100 грн/м³. Крім того, якість зброженої біомаси як добрива набагато вища за традиційні.

5. Площа, що займають очисні споруди з біогазовою установкою, значно менша від площі відстійника та інших очисних споруд у кілька разів, а для переробки відпрацьованого активного мулу використовуються часто родючі землі площею в п'ять разів більшу за метантенки.

6. Зниження антропогенного навантаження на атмосферу. Метан, що утворюється при відкритому бродинні відпрацьованого активного мулу і неефективному відстоюванні стічних вод, уловлюється в газгольдері, що запобігає потраплянню цього газу в атмосферу.

Еколого-економічне обґрунтування впровадження технології анаеробного збродження відходів з отриманням біогазу для підприємств пропонується виконувати при поєднанні існуючих методологій розрахунків параметрів та продуктивності біогазової установки (БГУ), еколого-економічного ефекту від упровадження технологій та терміну окупності обладнання.

Схема переробки органічних відходів в БГУ приведена на рис. 1.

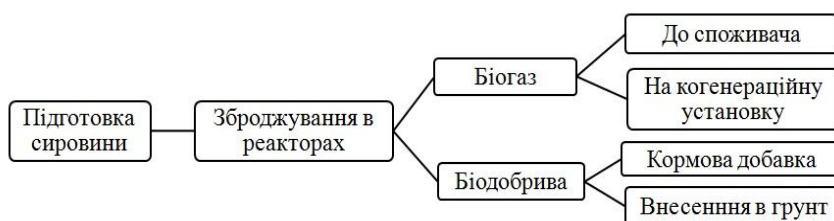


Рисунок 1 – Схема переробки органічних відходів у БГУ

Розрахунок метантенків полягає у виборі режиму збродження, визначенні необхідного обсягу споруд і ступеня розпаду речовини субстрату, кількості

отриманого біогазу і органічних добрив, що описані у [9, 10] і відповідають наступним розрахункам.

Розрахунковий обсяг метантенків ($V_{\text{мет}} \text{ м}^3$):

$$V_{\text{met}} = \frac{M_{\text{zag}} \cdot 100}{D_{\text{mt}}}, \quad (1)$$

де M_{zag} – кількість відходів за добу, м³/добу;
 D_{mt} – добова доза завантаження в метантенк суміші, %.
 Розпад беззольної речовини (R_{bez} , %):

$$R_{\text{bez}} = a - n \cdot D_{\text{mt}}, \quad (2)$$

де a – межа зброджування беззольної речовини завантаження відходів, %; n – коефіцієнт, що залежить від вологості субстрату та режиму зброджування.

Кількість беззольних відходів (Q_{bez} , т/добу):

$$Q_{\text{bez}} = \frac{Q_s \cdot (100 - B_g) \cdot (100 - Z_{\text{os}})}{10000}, \quad (3)$$

де Q_s – кількість відходів за добу, т/добу; B_g – гідроскопічна вологість субстрату, %; Z_{os} – зольність субстрату, %.

Питомий вихід газу з метантенків (y , м³/кг):

$$y = \frac{R_{\text{bez}} \cdot 100}{100 \cdot \rho}, \quad (4)$$

де c – густина газу, кг/м³.

Добовий вихід біогазу (Γ , м³/добу):

$$\Gamma = y \cdot Q_{\text{bez}} \cdot 1000. \quad (5)$$

Для зберігання газу передбачаються газгольдери, місткість яких приймається рівною трьохгодинному виходу газу.

Витрата тепла на обігрів свіжого осаду ($G_{\text{об}}$, Ккал/добу):

$$G_{\text{об}} = (1 + K) \cdot M_{\text{zag}} \cdot C_t \cdot (t_m - t_s) \cdot 1000, \quad (6)$$

де K – коефіцієнт, що враховує втрати тепла через стінки, днище та перекриття метантенків; C_t – теплоємність субстрату; t_m – температура в метантенку, °С; t_s – температура субстрату, °С.

Компенсація тепловтрат усього обсягу ($G_{\text{ох}}$, Ккал/добу,) без добавки свіжого субстрату:

$$G_{\text{ох}} = (V_{\text{met}} - M_{\text{zag}}) \cdot t_{\text{ns}} \cdot 1000, \quad (7)$$

де t_{ns} – охолодження субстрату за добу, °С.

Загальна потрібна кількість тепла (G_T , Ккал/добу):

$$G_T = G_{\text{об}} + G_{\text{ох}}. \quad (8)$$

Необхідна розрахункова теплопродуктивність з урахуванням коефіцієнту корисної дії (ККД) котельної установки (G_r , Ккал/добу):

$$G_r = \frac{G_T}{\mu}, \quad (9)$$

де μ – ККД котельної установки.

За допомогою математичних виразів (1)–(9) можливо провести порівняння різних анаеробних технологій отримання біогазу, в тому числі із застосуванням хімічної дезінтеграції. Основним показником буде значення добового виходу біогазу (Γ , м³/добу) – вираз (5), яке буде використаний для розрахунку річного доходу від продажу біогазу та/або заміщення природного газу, що використовується підприємством для власних потреб, – вираз (12).

Ефект від охорони навколишнього середовища впливає на поліпшення економічних показників виробництва. Нанесені збитки від забруднення довкілля визначаються як

$$Z_0 = Z_1 - Z_2, \quad (10)$$

де Z_0 – річне зменшення збитків від забруднення, грн.; Z_1 – величина збитків до впровадження природоохоронних заходів, грн./рік; Z_2 – величина збитків, визначених після впровадження природоохоронних заходів, грн./рік.

Під збитками можна розуміти збір, який підприємство щорічно сплачує відповідно до ст. 246, 249 розділу VIII Податкового кодексу України від 02.12.2010 №2755-VI із змінами від 01.02.2016 [13].

Суми збору, який справляється за розміщення відходів (Π_{rv} , грн./рік), обчислюються платниками самостійно щоквартально наростаючим підсумком із початку року, виходячи із фактичних обсягів розміщення відходів, нормативів збору та коригувальних коефіцієнтів і визначаються за виразом:

$$\Pi_{\text{rv}} = M_i \cdot H_{bi} \cdot I_{sp} \cdot K_T \cdot K_O, \quad (11)$$

де M_i – обсяг відходів i -того виду, т/добу; H_{bi} – норматив збору за тонну відходів i -того виду; I_{sp} – індекс інфляції; K_m – коригувальний коефіцієнт, який враховує розташування місця розміщення відходів; K_o – коригувальний коефіцієнт, який враховує характер обладнання місця розміщення відходів.

Загальний ефект від попередження і зниження витрат обчислюється за різницею їх оцінки до і після проведення природоохоронних заходів. Визначення чистого економічного ефекту природоохоронних заходів ґрунтується на порівнянні витрат на їх здійснення із досягнутим ефектом.

Річний економічний результат природоохоронних заходів (P , грн./рік) визначається за формулою як

$$P = Z_1 + D, \quad (12)$$

де D – річний приріст доходу (додатковий дохід) внаслідок продажу біогазу та/або заміщення природного газу, що використовується підприємством для власних потреб, грн.

Річні витрати на здійснення природоохоронних заходів визначаються за виразом:

$$Z = C + E_n \cdot K, \quad (13)$$

де C – річні експлуатаційні витрати; E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень; K – одноразові капітальні вкладення.

Величина капіталовкладень має дві складові, одна з яких відповідає витратам на БГУ (її складові та допоміжні матеріали). Друга частина капіталовкладень – це витрати на її будівництво та транспортування субстрату, виробничі затрати, амортизацію та страхування.

Тоді з урахуванням формул (12) і (13) розмір чистого річного економічного ефекту (млн. грн.):

$$E_p = P - 3. \quad (14)$$

Однією із форм показника ступеня економічної ефективності є термін (строк) окупності витрат (капітальних вкладень). Він характеризує період, протягом якого понесені на реалізацію заходу витрати повністю повертаються за рахунок отриманого ефекту і визначається як

$$T_{ок} = \frac{K}{P}. \quad (15)$$

Обраний метод визначення терміну окупності можливий у випадку рівномірних, однакових за величиною щорічних грошових надходжень – річного економічного ефекту (P , грн.). Тоді обсяг інвестування ділиться на величину річних надходжень [14].

Отже, розроблена авторами методика еколого-економічного обґрунтування впровадження технології анаеробного зброджування відходів з отриманням біогазу для підприємства включає розрахунки параметрів і продуктивності БГУ – вирази (1)–(9) [9, 10], еколого-економічного ефекту – формули (10)–(14) і терміну окупності – формула (15) [14].

Для зменшення терміну окупності авторами пропонується застосування методів збільшення виходу біогазу. Основними способами інтенсифікації технології біоенергетичної утилізації відходів є технології попередньої механічної, хімічної та термічної обробки біомаси [9, 10, 15]. Проведені експериментальні дослідження [15] свідчать, що при застосуванні хімічної дезінтеграції біомаси кількість утвореного біогазу збільшується до чотирьох разів.

ВИСНОВКИ. Розроблено методику розрахунку еколого-економічного обґрунтування впровадження технології анаеробного зброджування відходів і стічних вод з отриманням біогазу для підприємства, яка може бути використана для оцінки доцільності впровадження БГУ та застосування технологій підвищення продуктивності діючих БГУ. Методика включає розрахунки параметрів і продуктивності біогазової установки, еколого-економічного ефекту від впровадження технологій та терміну окупності обладнання.

Використовуючи наведену методику нами проаналізовано доцільність впровадження БГУ для підприємства з продуктивністю утворення органічних відходів кількістю 60 т/добу. Визначено, що річна продуктивність біогазу, придатного для продажу, складатиме 2,71 млн м³. Зменшення річних

екологічних платежів за розміщення відходів складає до 2,91 млн грн. Розмір чистого річного економічного ефекту від впровадження БГУ дорівнює 2,59 млн грн., а із використанням інтенсифікації процесу – 45,87 млн грн. Термін окупності становить два роки і вісім місяців, при інтенсифікації – зменшується до дев'яти місяців.

Методи хімічної дезінтеграції біомаси, що сприяють підвищеному метанотворенню, дозволяють зменшити термін окупності обладнання та збільшити загальний економічний ефект.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на деталізацію методів оцінки впровадження нових технологій отримання біогазу з різних видів органічних відходів з урахуванням екологічних нормативів, «зеленого» тарифу та місцевих умов.

ЛІТЕРАТУРА

1. Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року [Електронний ресурс] // Кабінет Міністрів України. – 2014. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/902-2014-%D1%80>.
2. Анализ необходимости применения в Украине «зеленого» тарифа на электроэнергию, вырабатываемую из биогаза / Г.Г. Гелетуца, Ю.Б. Матвеев, П.П. Кучерук та ін. // Пром. теплотехника. – 2011. – С. 75–82.
3. Джеджула В.В. Особливості впровадження та реалізації організаційно-економічного механізму підвищення енергоефективності промислових підприємств // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Технічний прогрес та ефективність виробництва.. – 2013. – № 45. – С. 36–41.
4. Праховник А.В., Базюк Т.М. Ефективне використання енергетичних ресурсів та концентрація потоку енергії низькопотенціальних джерел // Енергетика. – 2013. – № 1. – С. 41–49.
5. Мельник Л.Г., Зубатко О.В. Ефективність використання природно-ресурсного потенціалу України та передумови формування «зеленої» економіки // Вісник соціально-економічних досліджень. – 2013. – № 4 (51). – С. 169–174.
6. Васильєва Т.А., Прийменко С.А. Еколого-економічне оцінювання енергетичних ресурсів у контексті забезпечення енергетичної безпеки України // Актуальні проблеми економіки. – 2014. – № 10. – С. 252–260.
7. Тверді відходи: збір, переробка, складування / В.М. Радовенчик, М.Д. Гомеля. – К.: Кондор, 2010. – 552 с.
8. Бойченко С.В., Лейка К., Іванченко О.В. Екологістика, утилізація та рециклінг транспортних засобів: тенденції та перспективи розвитку // Наукові технології. – 2016. – № 2 (30). – С. 221–227.
9. Крок перший: екологічне землеробство / Ю. Тибуцький, В. Підліснюк, У. Солтисяк та ін. – К.: Національний аграрний університет, 2006. – 80 с.
10. Камінський В.Ф., Сайко В.Ф. Землеробство ХХІ століття. Проблеми та шляхи вирішення // Землеробство. – 2015. – № 2. – С. 3–11.

11. Єлизаров О.І., Луговой А.В., Никифоров В.В. Про можливість використання гідробіонтів для отримання біогазу // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. – 2006. – Вип. 6/2006 (41), част. 2. – С. 43–44.

12. Никифоров В.В., Козловська Т.Ф., Авраменко А.Є. Вплив відпрацьованого субстрату синьозелених водоростей після отримання біогазу на схожість пшениці і гороху // Екологічна безпека: науковий журнал. – 2010. – № 1/2010 (9). – С. 67–70.

13. Податковий кодекс України [Електронний ре-

сурс] // Відомості Верховної Ради України. – 2016. – Режим доступу: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/2755-17>.

14. Інноваційний менеджмент: теорія і практика в умовах трансформації економіки / В.І. Захарченко, Н.М. Корсікова, М.М. Меркулов. – К.: Центр учбової літератури, 2012. – 448 с.

15. Інтенсифікація процесу біоенергетичної трансформації біомаси у біогаз / А.О. Дичко, Л.І. Євтєєва, І.О. Ополінський // Управління розвитком складних систем. – 2015. – № 22 (1). – С. 193–198.

ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC ASSESSMENT FOR BIOGAS PRODUCING

A. Dychko, I. Opolinskyi

National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"

vul. Borschagivska, 115/3, Kyiv, 03056, Ukraine. E-mail: opolinskyi@gmail.com

Purpose. The necessary components of achieving energy sovereignty of the country are increase of energy efficiency, reduction of energy use and implementation of renewable energy. The most perspective renewable energy source for Ukraine is energy from biomass, including energy from anaerobic wastewater treatment and utilization of organic waste of agricultural enterprises. The benefits of technologies of anaerobic waste and wastewater treatment include: possibility to have additional source of energy, electric power and heat output, producing of fertilizers from active sludge, decrease of areas of treatment equipment, elimination of methane emission into atmosphere. The aim of research is to develop the methodology of grounding and calculating of ecologic and economic effectiveness of implementation of technology of waste and wastewater anaerobic treatment with biogas output. **Practical value** of research is elaboration of the universal method to determine the environmental and economic assessment of implementation of technology of anaerobic digestion of waste with biogas output. Daily quantity of wastes, waste moisture and ash content, temperature of the process, price of waste placing, capital investment and operational expenses etc. are to be known to estimate the expediency of methane technologies realization. The value of investments has two components, one of that corresponds to the costs of equipment for biogas output (its components and auxiliary materials). The second part of the investment - is the cost of construction of the plant and transportation of the substrate, manufacturing costs, depreciation and insurance. To reduce the payback period authors propose the use of methods of increase output of biogas: increase fermentation temperature, transition to continuous loading and unloading, two- and several stages fermentation, in which the second and subsequent stages are used for the separation of excess water and reduction the volume of the fermented substrate, increase the concentration of biomass of microorganisms in digesters, and technologies of prior mechanical, chemical and thermal processing of biomass. Ecological and economic assessment of the use of biogas technologies allows assessing the possibilities for businesses to ensure the needs of energy and additional economic and environmental effects. **Originality** of the research is that developed methodology includes benefits from increased biogas producing due to methods of intensification of waste biotransformation. It is analyzed the feasibility of implementing of biogas equipment for enterprise with productivity of formation of organic waste in the amount of 60 tons/day. Thus, use of anaerobic technology of organic waste utilization with intensification of the methanogenesis increases biogas productivity in 4 times and decreases period of plant payback to 9 months. It is determined that amount of the annual production of biogas suitable for sale is 2.7 million m³. Reduction of annual environmental charges for waste disposal is 2.9 million of UAH. The size of annual economic effect of implementation of biogas technologies is 2.59 million of UAH, and with use of process intensification – is 45.87 million of UAH. The payback period is 2 years and 8 months. Use of the technology of process intensification allows reducing the payback period to 9 months. The research of detailed assessment of new technologies of biogas output from different biomass or wastewaters, taking into account local conditions, ecological norms and "green" tariffs for bioenergy will be perspective. References 15, figures 1.

Key words: biogas, waste, anaerobic technology, ecological and economic effect.

REFERENCES

1. Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine "On a national action plan on renewable energy for the period till 2020th" of October 1, 2014 № 902-р, *Uryadoviy kur'er*, of 15.10.2014, no. 190.

2. Geletukha, G.G., Matveev, Y.B., Kucheruk, P.P. (2011), "Analysis of the need for Ukraine in the "green" tariff for electricity generated from biogas", *Prom. Teplotekhnika - Prom. heating engineer*, pp. 75–82.

3. Dzhedzhula, V.V. (2013), "Features introduction and implementation of organizational and economic mechanism of industrial energy efficiency", *Visnik*

Natsionalnogo tehničnogo universitetu "HPI". Tehničniy progres ta efektyvnist virobnitstva. - Proceedings of the National Technical University "HPI". Technical progress and efficiency, no. 45, pp. 36–41.

4. Prahovnik, A.V., Bazyuk, T.M. (2013). "Efficient use of energy resources and the concentration of low-grade sources of energy flow", *Energetika - Energy*, no. 1, pp. 41–49.

5. Melnik, L.G., Kubatko, O.V. (2013), "Efficiency of natural resources of Ukraine and conditions of formation of a "green" economy", *Visnik sotsialno-*

ekonomichnih doslidzhen - Journal of Social and Economic Research, iss. 3, part 2, pp. 169–174.

6. Vasileva, T.A., Priymenko, S.A. (2014), "Ecological and economic evaluation of energy resources in the context of energy security of Ukraine, *Aktualni problemi ekonomiki - Actual problems of economy*, no. 10, pp. 252–260.

7. Radovenchik, V.M., Gomelya, M.D. (2010), *Solid wastes: collection, processing, storage* [Tverdi vidhodi: zbir, pererobka, skladuvannya], Kondor, Kyiv, Ukraine.

8. Boychenko, S.V., Leyda, K., Ivanchenko, O.V. (2016), "Ekologistics, disposal and recycling of vehicles: trends and prospects", *Science-Based Technologies*, pp. 221–227.

9. Tiburskiy, Yu., Pidlisnyuk, V., Soltisyak, U., et al (2006), *Krok pershiy: ekologichne zemlerobstvo* [Step one: ecological agriculture], National agrarian universesity, Kyiv, Ukraine.

10. Kaminskyi, V.F., Sayko, V.F. (2015), "Agrculture XXI Century: Problems and Solutions", *Agriculture*, no. 2, pp. 3–11.

11. Elizarov, A.I. Lugovoy, A.V., Nykyforov, V.V.

(2006), "About the use of aquatic organisms for biogas production", *Transaction of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradysi State Politehnical University*, iss. 6, no. 41, pp. 252–260.

12. Nykyforov, V.V., Kozlovska, T.F., Avramenko, A.E. (2010), "The impact of the blue-green algae spent substrate after biogas production to similarity of wheat and peas", *Environmental Safety*, iss. 1, no. 9, pp. 67–69.

13. Law of Ukraine "Tax Code of Ukraine" of December 12, 2010 (edited August 1, 2016) № 2755-VI, *Vidomosti Verhovnoyi Radi Ukrayini*, no. 13-17, art. 112.

14. Zaharchenko, V.I., Korsikova, N.M., Merkulov, M.M. (2012), *Innovatsiyniy menedzhment: teoriya i praktika v umovah transformatsiyi ekonomiki* [Theory and Practice in the economic transformation], Tsentr uchbovoyi literature, Kyiv, Ukraine.

15. Dychko, A., Yevtieieva, L., Opolinskyi, I. (2015), "Intensification of process of bioenergetic transformation of biomass into biogas", *Management of Development of Complex Systems*, no. 22 (1), pp. 193–198.

Стаття надійшла 22.08.2016.