

УДК 628.1

Ю.В. АНТИКОВА,  
О. М. КОЦАР, кандидат технічних наук  
ТОВ «Юнілос-Україна»,  
О.С. МАНДЕЛЬШТАМ,  
ТОВ «АгроБіоГаз»

## **БІОГАЗОВІ КОМПЛЕКСИ ЗАКРИТОГО ТИПУ НА БІОМАСІ ВІДХОДІВ ТВАРИННИЦТВА ЯК ЕЛЕМЕНТИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕГІОНАЛЬНОГО РОЗВИТКУ**

*Розглянуті біогазові комплекси закритого типу (БГК ЗТ) в якості елемента екологічної інфраструктури місцевого самоврядування громад, для використання на місцях біомаси відходів як альтернативного відновлювального джерела енергії (ВДЕ) та екологічно безпечних біосубстратів з високими удобрювальними властивостями та їх вклад в забезпечення сталого розвитку регіонів. Наведені переваги «зеленого» проектування та будівництва БГК ЗТ на засадах енергоефективної архітектури. Визначено, що БГК ЗТ як елемент екологічної інфраструктури відповідає вимогам охорони довкілля, безпеки життєдіяльності людини, екологічно чистого виробництва та є*

© Ю.В. Антикova, О. М. Коцар,  
О.С. Мандельштам, 2015

оптимальними з позицій ресурсозбереження, вартості та окупності капітальних вкладень.

**Ключові слова:** екологічна інфраструктура, біогазові комплекси закритого типу (БГК ЗТ), біомаса відходів, альтернативні відновлювані джерела енергії (ВДЕ), біогаз, біосубстрат, ґрунтові суміші, родючість ґрунтів, енергоефективна архітектура

*Рассмотрены биогазовые комплексы закрытого типа (БГК ЗТ) в качестве элемента экологической инфраструктуры местного самоуправления общин, для использования на местах биомассы отходов как альтернативного восстанавливаемого источника энергии (ВИЭ) и экологически безопасных биосубстратов с высокими удобрительными свойствами и их вклад в обеспечение устойчивого развития регионов. Приведены преимущества «зеленого» проектирования и строительства БГК ЗТ на основе энергоэффективной архитектуры. Определено, что БГК ЗТ, как элемент экологической инфраструктуры, соответствует требованиям охраны окружающей среды, безопасности жизнедеятельности человека, экологически чистого производства и являются оптимальными с точки зрения ресурсосбережения, стоимости и окупаемости капитальных вложений.*

**Ключевые слова:** экологическая инфраструктура, биогазовые комплексы закрытого типа (БГК ЗТ), биомасса отходов, альтернативные возобновляемые источники энергии (ВИЭ), биогаз, биосубстраты, ґрунтовые смеси, плодородие почв, энергоэффективная архитектура

*Closed biogas plants (CBP) as an element of the environmental infrastructure of local communities for the use of local biomass wastes as alternative renewable energy sources (RES) and environmentally friendly bio substrates with high fertilizing properties and their contribution to sustainable regional development. Shown benefits of "green" design and construction of CBP on the basis of energy efficient architecture. Determined that CBP as an element of the environmental infrastructure meets the requirements, of environmental protection, safety, environmentally friendly production and are optimal from the standpoint of resource, cost and return of investments.*

**Key words:** Environmental Infrastructure, Closed biogas plants (CBP), biomass wastes, alternative renewable energy sources (RES), biogas, bio substrates, soil mix, soil fertility, energy efficient architecture

Сталий розвиток міст та приміських агломерацій передбачає організацію екологічно чистого простору для життя людей з укріпленням нинішнього та майбутнього потенціалу екосистем. На дотриманні трьох основних складових сталого розвитку – екологічної, економічної і соціальної – базується концепція «зеленого» проектування та будівництва нових об'єктів з екологічною інфраструктурою, реконструкція існуючих з її модернізацією. При цьому, під екологічною інфраструктурою розуміють комплекс об'єктів, мереж,

систем природного та антропогенного походження, які забезпечують умови для підтримання збалансованого розвитку міст та приміських агломерацій при збереженні природного середовища [1, с.20].

Одним із елементів екологічної інфраструктури є інженерні системи й споруди забезпечення життєдіяльності людей та об'єктів господарювання, в тому числі – водокористування з кондиціонуванням та повторним використанням зворотних вод, тепло- й енергозабезпечення на основі альтернативних відновлюваних джерел енергії, зокрема, біомаси відходів, органічного виробництва, збереження та покращення родючості ґрунтів – як запоруки сталого розвитку регіонів. Системи та їх елементи, що входять до екологічної інфраструктури регіону, міст та приміських агломерацій, повинні гарантувати нешкідливі умови забезпечення життєдіяльності людини, збереження довкілля, бути оптимальними з позицій ресурсозбереження, вартості, екологізації виробництва на промислових та сільськогосподарських підприємствах, які здійснюють господарську діяльність на території регіону.

Можливості використання біомаси відходів як альтернативного відновлюваного джерела енергії (ВДЕ) в біогазових установках, де забезпечується метанове бродіння біомаси з метою отримання біогазу та органо-мінерального біосубстрату, надзвичайно великі як в світі, так і в Україні. Виробництво біогазу шляхом метанового бродіння біомаси в БГУ екологічно доцільне, бо отримання метану з біомаси відходів в БГУ для його використання в якості альтернативного джерела енергії – ефективний спосіб запобігання глобальному потеплінню. В якості біомаси для отримання біогазу використовуються відходи сільськогосподарських та промислових підприємств – гній, пташиний послід, надлишковий мул каналізаційних очисних споруд, відходи підприємств з переробки молока, м'яса, риби, картоплі, виробництва біодизелю (технічний гліцерин), жом фруктовий, ягідний, овочевий, від переробки винограду та ін. [2, с.119 ].

Аналіз літературних джерел з опису таких установок дозволив зробити висновок, що в переважній більшості біореактори та допоміжні споруди для отримання біогазу як в Україні, так і за її межами будуються на відкритих площах, займають досить значні території, біореактори вимагають утеплення, а тепло, яке виділяється когенераційними установками в процесі отримання електроенергії з біогазу, втрачається. На експлуатацію таких споруд витрачається значна частка отриманого біогазу, а технології переробки муло-водяної суміші на виході з установок анаеробного зброджування біомаси в біосубстрату досить енерговитратні, потребують доопрацювання та удосконалення.

Більш надійними, ніж біогазові установки відкритого типу, економічними та екологічно безпечними є біогазові комплекси закритого типу (БГК ЗТ). Опис такого універсального біогазового комплексу наведений в патенті на корисну модель [3]. Загальний вигляд огорожувальних конструкцій таких БГК ЗТ наведений на рис.1, 2.

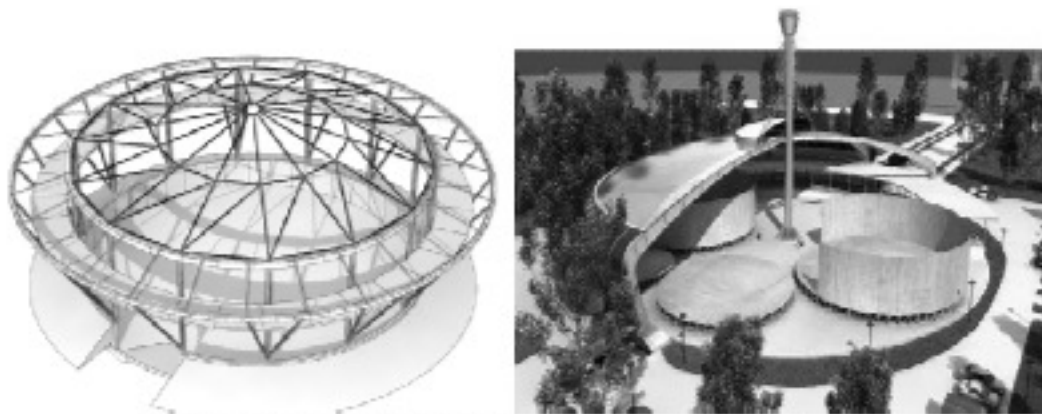


Рис.1. Огороджувальні конструкції БГУ закритого типу

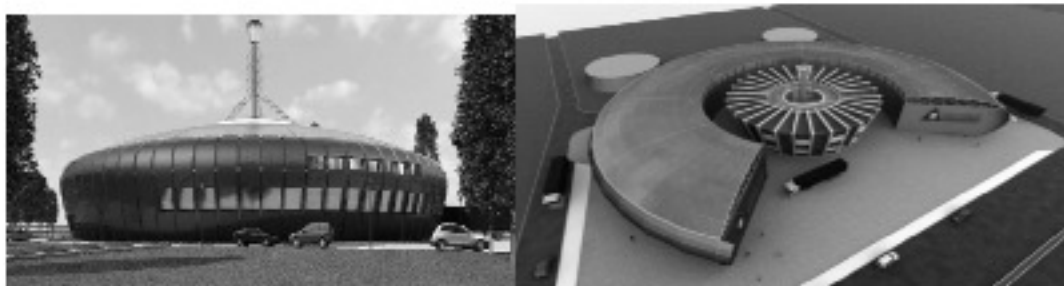


Рис. 2. Загальний вигляд БГУ закритого типу

Актуальність розробки та запровадження біогазових комплексів на біомасі відходів в огороджувальних конструкціях з використанням енергоефективних архітектурно-будівельних та конструктивних рішень, з використанням сучасних легких екологічно безпечних та дешевих будівельних матеріалів зумовлена наступними їх перевагами, порівняно з розташуванням біогазових установок на відкритих площах:

- охорона атмосферного повітря від аерозолів з летючими забруднюючими домішками – сірководню, аміаку та ін., з облаштуванням скрубєрів (фільтрів) на системах витяжної вентиляції;
- мінімізація теплових втрат через стінки, покриття та дно біореакторів, можливість використати теплову енергію повітря та газів для підтримання всередині огороджувальних споруд та в біореакторах заданої температури, що дозволить значно зменшити експлуатаційні витрати;
- покращення умов обслуговування обладнання цих комплексів;
- зменшення площі під БГК ЗТ за рахунок мінімізації протяжності внутрішніх комунікацій систем водоспоживання, електроспоживання, КВП та А, відстаней між установками та допоміжним обладнанням, відсутності необхідності їх значного утеплення;
- використання тепла скидних газів котла та когенераційної установки для підсушування біосубстрату, розвитку допоміжних напрямків господарювання (тепловодному вирощуванні риби, водоростей, енергетичних рослин як безпосередньо в межах БУ закритого типу, так і в окремо розташованих в межах санітарно-захисної зони теплицях та ділянках з

виращуванням декоративних зелених насаджень для озеленення міст та приміських територій, тощо).

В нормативних документах, зокрема, в розділі 17.2.4 ДБН В.2.5-75:2013 [5], використання біогазу, отриманого при обробці мулу та осаду, визначається як раціональне. При цьому, розміри санітарно-захисної зони при будівництві споруд з переробки рідких та твердих відходів (біомаси) на території ферм, птахофабрик, цукрових заводів, м'ясокомбінатів, молокозаводів для отримання та використання біогазу приймаються за узгодженням з територіальними органами ДСЕСУ (таблиця 30, примітка 8 ДБН В.2.5-75:2013) [5].

Метою роботи було визначення в дослідно-виробничих умовах параметрів технологічного процесу отримання в БГК ЗТ з біомаси (пташиного посліду) біогазу та біосубстрату, їх складу, капітальних вкладень, собівартості та екологічності.

В роботі наведені результати дослідів з отримання біогазу та біосубстрату на запроєктованій та побудованій дослідно-виробничій БГУ ЗТ потужністю 1т/добу для переробки пташиного посліду в біогаз та біосубстрат для удобрювання ґрунтів. Дана установка забезпечує підтримання технологічних параметрів процесів при мінімальних енерговитратах та попереджує забруднення атмосферного повітря аерозолями з токсичними домішками та неприємними запахами (рис.3).



Рис. 3. Зовнішній вигляд дослідно-виробничої БГУ закритого типу та її внутрішнє облаштування

Біогаз використовувався для нагрівання технологічної оборотної води в теплообмінниках біореакторів; тепло нагрітих газів від спалювання біогазу використовувалось для повітряного опалення в закритих системах та підсушування біосубстрату; гази, які відводили в атмосферу, проходили через гідрофільтри. Каркас з металоконструкцій та дерева обшивався зовні ПВХ тканиною, яка не боїться УФ-випромінення та перепадів температури, зсередини – листами полікарбонату, між ними товщина повітряного прошарку становила 10 см.

В результаті виробничих досліджень був отриманий біогаз з концентрацією метану близько 72%, з його виходом – більше 60 м<sup>3</sup>/т біомаси, та біосубстрат вологістю 75%. Біосубстрат мав зольність 3,89%, вологість – 68,5%, містив калію – 51 мг/100г, азоту – 749 мг/100г, фосфору – 56 мг/100г

вихідного зразку, не містив життєздатних яєць геогельмінтів у 1 дм<sup>3</sup>. Вміст біогумусу в біосубстраті становив близько 7% .

При забезпеченні енергоефективних проектно-конструкторських та архітектурних рішень огорожувальних конструкцій для підтримання оптимальних технологічних процесів виробництва біогазу і біосубстрату процес анаеробного зброжування біомаси в БГК ЗТ стає економічно виправданим – зокрема, при переробці постійного потоку відходів. Економічна доцільність будівництва БГК ЗТ визначається також розміром частини отриманої теплової та електричної енергії, що використовується для власних потреб (в період роботи дослідно-виробничої установки витрати біогазу на власні потреби не перевищували 7% від отриманого біогазу), [4, с. 119].

Виконані розрахунки показали, що при «зеленому» будівництві з дотриманням вимог ресурсозбереження, чистого виробництва та охорони довкілля – витрати на розробку проекту, будівельно-монтажні роботи, комплектацію обладнанням, наладку споруд – до здачі «під ключ» з отриманням біогазу, теплової та електричної енергії, рідкого екологічно безпечного органо-мінерального біосубстрату будуть становити близько 8,6 млн .грн, або 440 тис грн. для переробки 1т біомаси. При цьому термін окупності такої БГУ буде складати всього 2,0-2,5 роки, а спорудження огорожувальних конструкцій становить менше 15% від загальних капітальних витрат (таблиця 1).

Таблиця 1

**Розрахункова вартість БГК ЗТ для переробки 20 т/добу біомаси**

Назва статті витрат	Вартість, тис. грн.
Проектно-конструкторська документація	445,6
Виготовлення блоку приймання біомаси	349,7
Виготовлення блоку приймання муло-водяної суміші та її механічного зневоднення	640,2
Спорудження куполу (огорожувальних конструкцій БГК ЗТ)	1 267,8
Постачання та монтаж технологічного обладнання (установки гідролізу біомаси, метантенку, газгольдеру, когенератору, ін.)	2 515,4
Спецмонтажні роботи систем ТХ, ВК, ОВ, Е, КВП та А, газовідведення, зберігання та використання біогазу	2 904,2
Пуско-налагоджувальні роботи	486,1
<b>Разом</b> (при курсі -24 грн за 1 долар США)	<b>8609,0</b>

**Висновки**

1. Україна має високий потенціал біомаси відходів для їх використання в якості альтернативного відновлювального джерела теплової та електричної енергії та отримання органо-мінеральних біосубстратів.

2. Дослідження роботи біогазових комплексів закритого типу для анаеробного зброжування біомаси відходів тваринницьких комплексів в огорожувальних конструкціях з застосуванням енергоефективних

архітектурно-будівельних та конструктивних рішень, сучасних легких екологічно безпечних матеріалів з інженерними системами захисту довкілля показали можливість та ефективність їх використання в якості елементу екологічної інфраструктури міст та приміських територій та є оптимальними з позицій ресурсозбереження, вартості та окупності капітальних вкладень, що забезпечить сталий розвиток місцевих громад.

#### Список літератури

1. *Рассадинова С. І.* Національна система екологічної інфраструктури: проблеми і перспективи / К.С. Рассаднікова// Бібліотека Всеукраїнської екологічної ліги. Серія «Стан навколишнього середовища». Збалансований розвиток міст та міських агломерацій». – 2014. – №6 (126). – С. 20-23.

2. *Коцар О. М.* Оптимізація систем водного господарства / О. Коцар, С. Бачук// ЖКГ. Інформаційно-аналітичне видання. – 2014. №7. – С. 29-31.

3. *Пат. 110588*, Российская Федерация, МПК А01С3/02 С02F11/04. Универсальный биогазовый комплекс /Мандельштам А. С., Рохманько С. Е., Трофимов О. Н./ начало действия патента: 06.07.2011, публикация патента: 27.11.2011.

4. *Коцар О. М.* Розробка та запровадження іноваційних «зелених» технологій виробництва біогазу із стічних вод, їх осадів та рослин з екологічно безпечним використанням отриманих кінцевих продуктів / О. М. Коцар, Ю. В. Антикова, Г. А. Павлишин, Мандельштам О. С. // Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції [«Чиста вода. Фундаментальні, прикладні та промислові аспекти»], (Київ, 28-30 жовтня, 2015р.) / Міністерство освіти України, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут». – К.: Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», 2015. – С. 118-121.

5. *Каналізація. Зовнішні мережі і споруди: ДБН В.2.5-75:2013.* – [Чинний від 2014-01-01]. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. – 128 с.

---

*Надійшло до редакції 16.11.2015*