

---

# ТВАРИННИЦТВО, КОРМОВИРОБНИЦТВО, ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ПЕРЕРобКА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ

---

УДК 338.439:636.034

---

## ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ТА ЕКОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ АНАЕРОБНИХ ТА ФОТОАЕРОБНИХ БІОТЕХНОЛОГІЙ У ПТАХІВНИЦТВІ

---

**Онищенко О. М.** - аспірант,  
**Харитонов М.М.** - д.с.-з.н., професор,  
Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет

*Обговорюється потенціал використання комбінованої системи утилізації відходів птаховиробничих комплексів із використанням ланки анаеробної конверсії та ланки культивування мікроводоростей. Запропонована гіпотетична система забезпечує найбільш повну утилізацію та вироблення найбільшої кількості корисного продукту. У статті наведено економічний аналіз доцільності впровадження такої системи з урахуванням екологічної складової.*

**Ключові слова:** відходи, птаховиробництво, біогаз, мікроводорості, відновлювані джерела енергії.

**Онищенко Е. М., Харитонов Н.Н., Оценка экономической и экологической эффективности внедрения анаэробных и фотоаэробных биотехнологий в птицеводстве**

*Обсуждается потенциал использования комбинированной системы утилизации отходов птицекомплексов с использованием стадии анаэробной конверсии и стадии культивирования микроводорослей. Предложенная гипотетическая система обеспечивает наиболее полную утилизацию и производство наибольшего количества полезного продукта. В статье приведен экономический анализ целесообразности внедрения такой системы с учетом экологической составляющей.*

**Ключевые слова:** отходы, птицеводство, биогаз, микроводоросли, возобновляемые источники энергии.

**Onyschenko O.M., Kharytonov M.M. Evaluation of economic and ecological feasibility of implementation of anaerobic and photoaerobic biotechnologies for the poultry**

*The potential of combined system of poultry wastes utilization involving stages of anaerobic conversion and microalgae culturing is discussed. Described hypothetical system provides the most complete utilization and generation of the largest amount of useful product. The feasibility analysis of such system implementation including the environmental component is provided in the article.*

**Key words:** waste, poultry, biogas, microalgae, renewable energy resources.

**Постановка проблеми.** Крім основної продукції великих господарств і невеликих птаховиробничих ферм - яєць, дієтичного м'яса, пера і пуху, з виробничих зон щодоби в пропорційних кількостях надходять відходи. Найбільшим за

---

об'ємом відходом є послід птиці, стічні води та нехарчові продукти м'ясопереробки. Утилізація кожного виду цих відходів потребує окремо спеціального обладнання і чималих виробничих витрат. На сьогоднішній день стає актуальним пошук альтернативних методів утилізації відходів, серед яких пропонуються такі способи: вивіз на поля необроблених відходів, компостування, переробка відходів на корм, застосування біоенергетичних методів та нових технологій утилізації відходів з метою отримання біопалива. Продукти, отримані в процесі переробки, різняться своїми властивостями та мають різні сфери застосування [7, с. 99]. Культивування мікроводоростей являє собою альтернативу існуючим системам біологічної очистки стоків, забруднених органічними та біогенними речовинами.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Переваги технології культивування мікроводоростей пояснюються наступними аргументами:

а) мікроводорості мають більш високий ніж у наземних культур потенціал фотосинтетичної активності;

б) їх культивування не потребує використання земель, придатних для вирощування харчових культур [2, с. 558]. Однак, культивування мікроводоростей не вирішує завдання грубої очистки стоків та санації твердої фази. Ці завдання у секторі агровиробництва завжди досить ефективно вирішували за допомогою ланки анаеробної конверсії [10, с. 3]. На території України є реально діючими лише три біогазові установки промислового масштабу, що працюють на забезпечення тваринницьких комплексів [10, с. 7]. Аналітики та представники галузі пояснюють таку ситуацію необхідністю високих капіталовкладень на побудову та введення у експлуатацію біогазового комплексу, що за нинішніх умов ринку енергоносіїв не є економічно доцільним [10, с. 15].

Тим не менш, у контексті погіршення екологічних наслідків ведення агровиробництва, глобальних змін клімату, зростає інтерес виробників та академічних дослідників в галузі поновлюваних ресурсів і особливо виробки поновлюваних енергоресурсів на базі переробки біомаси, адже забруднення навколишнього середовища, яке є наслідком виробництва енергоресурсів з біомаси значно нижче за ступенем впливу ніж використання викопних палив [3, с. 9]. Як було показано в дослідженнях "життєвого циклу" технологій отримання біомаси мікроводоростей, за умови використання добрив, збір біомаси та відділення масла являють собою дуже енерговитратні стадії технологічного процесу, що знижує загальну енергетичну ефективність. Збір біомаси зазвичай становить 20 – 30 % від собівартості виробництва, а в комбінації з екстракцією олії перевищує 50 % [3, с. 11; 1, с. 35; 6, с. 892]. Отже доцільним стає дослідження альтернативних шляхів трансформації енергії, наприклад пряме анаеробне зброджування біомаси у суміші з послідом для виробництва метану. Доповнення процесу отримання метану з тваринницьких стоків технологією отримання біомаси з мікроводоростей є рішенням, яке багато представників академічної і прикладної науки вважають на сьогоднішній день одним з найбільш перспективних [1, с. 34]. Окрім утилізації стоку, культивування мікроводоростей дозволяє отримати високоцінну біомасу, що визнана універсальною кормовою добавкою у раціоні всіх видів сільськогосподарських тварин. Особлива цінність цієї добавки полягає у можливості її отримання протягом всього року, а це, відповідно, значно підвищує якість вигодовування птиці [9,

с. 187]. Додатковою перевагою є можливість прямого використання парникових газів, що утворюються внаслідок роботи тваринницьких об'єктів, адже баланс вуглецю багато у чому є визначаючим фактором для продуктивності всієї системи, однак вибір найбільш доцільних технологій подальшої конверсії все ще потребує додаткових досліджень [3, с. 8]. Приймаючи до уваги, що такий процес виключає стадії зневоднення і вилучення олії, це може дозволити значно скоротити операційні витрати і підвищити ефективний вихід енергії. Крім цього, використання рідкого залишку біогазового бродіння дозволяє значно підвищити ефективність конверсії біогенних компонентів в системі. Оскільки біогаз, вироблений на стадії анаеробного зброджування реалізується і використовується локально, а це підвищує загальну екологічну та економічну стійкість [3, с. 10].

**Постановка завдання.** На основі викладеного можна сформулювати дослідження, яке полягає у переробці залишку відходів птахівничих ферм шляхом анаеробного зброджування з подальшим вирощуванням біомаси та отриманням біогазу.

Метою нашого дослідження було детально розглянути екологічні та економічні ефекти, що виникають при використанні для забезпечення великих тваринницьких підприємств комплексної системи анаеробної і фотоаеробної конверсії, тобто при переробці стоку шляхом анаеробного зброджування з подальшим вирощуванням біомаси на залишку.

**Матеріал і методика досліджень.** Екологічний та економічний аналіз був проведений відповідно до загальноприйнятих методик на основі рекомендацій ЮНІДО з оцінки екологічних проектів [10, с. 17].

Основні показники продуктивності були взяті з офіційних джерел, енергетичні та матеріальні баланси в запропонованій компоновці були розраховані на підставі рекомендацій офіційно затверджених методик.

Основні показники продуктивності системи культивування мікрорості *Chlorella vulgaris* були отримані експериментальним шляхом. Оскільки в літературі існує великий розкид за результатами реалізації наукових і комерційних проектів по впровадженню промислової технології отримання біомаси, ми взяли за основу данні наших досліджень, які були проведені з метою отримання даних про продуктивність цього виду мікроростей в умовах сонячної забезпеченості середніх широт [9, с. 192].

Методологія даного дослідження була пов'язана із експертним оцінюванням потенційних екологічних та економічних ефектів впровадження технології отримання метану з біомаси і пташиного посліду з подальшим отриманням біомаси та генерацією електричної енергії. Розглядалися кілька категорій птахівницьких комплексів умовно розділені за величиною і обсягом виробництва стоку відповідно.

Основними витратами такого виробництва є вирощування, збір або згущування біомаси, підготовка стоку тваринництва та змішування його з біомасою, анаеробне зброджування, спалювання метану [5, с. 115, 1, с. 35].

Метод заміщення був використаний для обліку продукту, який полягає в розширенні рамок системи для врахування впливу утилізації та переробки побічних продуктів у відповідності з методикою ISO, яка пропонує, для спрощення розрахунків, заміщення відходів продуктами коли це можливо, тобто

розрахунок економічної ефективності базується на додатковому прибутку отриманому від продажу продукту, отриманого з відходу. Екологічні ефекти були оцінені згідно із існуючими стандартами оцінки ЕІА (Європейська Директива 85/33/ЕЕС) [10, с. 13].

Виробничий ланцюжок перетворення біомаси та енергії являє собою систему, яка гіпотетично може бути реалізована на підставі аналізу існуючих промислових та лабораторних даних, які можуть бути масштабовані з невеликою похибкою.

На стадії культивування біомаси розглядали тільки використання відкритих ставкових систем. Цей напрямок був обраний з урахуванням загально-визнаної думки більшості дослідників щодо занадто високої капітальної вартості закритих керованих фотобіореакторів. За оцінками фахівців, такі системи, як правило, вимагають на порядок більших капітальних витрат, ніж ставкові відкриті системи. Крім більш оптимальної капітальної вартості, валовий енергетичний вихід стадії культивування при використанні відкритих ставкових систем значно вище, ніж у закритих системах (фотобіореакторах) [6, с. 891].

Перелік технологічного обладнання, необхідний для оцінки капітальних витрат був складений на підставі звітів з експлуатації великомасштабних систем представляє собою окремі елементи запропонованої схеми, описаних в окремих науково-технічних працях, де детально описується технологія анаеробного зброджування біомаси *Chlorella vulgaris*, заснована на експериментальних даних отриманих в лабораторних умовах [4, с. 87].

Стандартні правила були використані для оцінки окупності, такі як термін служби будинків, бетонних і металевих споруд і так само конструкцій та елементів виготовлених з полівінілхлориду. Термін служби електроустаткування був оцінений в 10 років [5, с. 83].

Дані обрані для умов середніх широт з урахуванням умов забезпеченості сонячною радіацією, рівня випаровування і умов ринку енергоносіїв України [9 с. 189; 10, с. 32].

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Згідно схеми запропонованої анаеробної та фотоаеробної переробки передбачається, що культивування біомаси буде вироблятися у відкритих ставках каскадного типу, а згущення отриманої біомаси буде виконуватись на центрифугах спеціального типу, безпосередньо перед завантаженням біомаси в камеру анаеробного зброджування. Очікується, що частина виробленого біогазу буде спалюватися безпосередньо (30%) для самозабезпечення біогазового комплексу, а основна частина потоку (70%) буде очищатися і відправлятися в сховище для забезпечення всього підприємства і витратитися в міру необхідності.

Отриманий в результаті згоряння біогазу вуглекислий газ використовуватиметься на стадії вирощування біомаси мікроводоростей. Добові потоки визначені для великих підприємств з розрахунку, що біля 50 гектар будуть зайняті ставками для отримання біомаси з відповідним до кожного з варіантів ефективним об'ємом метантенків [3, с. 9].

Загальноприйнятною є конструкція ставків глибиною 30 см на бетонній основі, які мають ПВХ покриття, середній розмір системи начитує 500 модулів (ставків) [4, с. 1500].

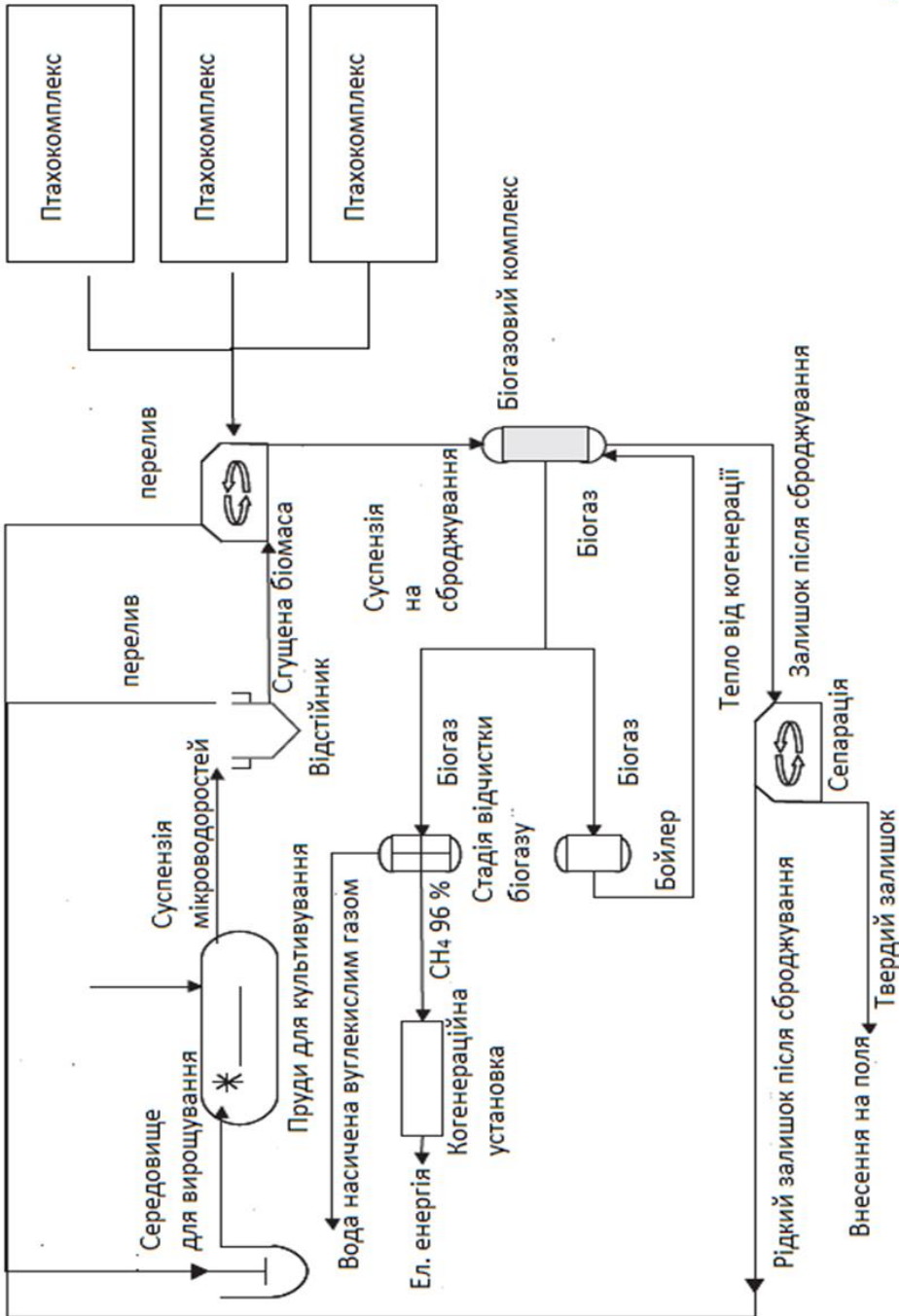


Рис. 1 Загальна схема матеріальних потоків запропонованої анаеробної та фото-аеробної переробки відходів птахо комплексу

Згідно отриманих нами лабораторних даних продуктивність культивування становить 100 грам на метр квадратний ставка при концентрації 1 кг на метр кубічний корисного об'єму ставка. Кількості вуглекислого газу і біогенних елементів, необхідних для культивування були розраховані виходячи з даних наведених у літературі 1 грам абсолютно сухої біомаси містить 0,467 грам вуглецю, 0,061 грам азоту, 0,0081 грам фосфору і 0,0066 грам калію [5, с 78].

Вуглець в якості органічного субстрату (CO<sub>2</sub>) може надходити у систему культивування наступними шляхами: а) частина є розчиненою в рідкому залишку біогазового бродіння, який використовується для культивування; б) основна частина надходить зі стадії спалювання біогазу (газоподібні продукти згоряння при когенерації можуть напряму подаватися у ставки через систему барботування), відводиться з витяжної вентиляції безпосередньо з приміщень, де утримуються тварини. Потік з CO<sub>2</sub> може бути так само використаний для "продувки" культуральної суспензії. Цей засіб, крім насичення культуральної рідини вуглекислим газом, забезпечує її додаткове перемішування [5, с. 89].

Дані про експлуатацію пілотних і промислових систем вказують на середні значення загальних витрат енергії на інжекцію (близько 22 Ватт на кілограм CO<sub>2</sub>). Рідкий залишок біогазового зброджування, який безпосередньо може використовуватися як основа для культивування органо-мінеральної суміші, згідно з розрахунковими балансами забезпечує культуру необхідною кількістю біогенних і мінеральних елементів. Тверда частина після циклу зброджування є добре обеззараженою і може безпосередньо використовуватися у якості добрива на полях [6, с. 893]. Основна відмінна особливість курячого посліду від інших субстратів - високий вміст білку, який є джерелом азоту. Тому рідка фракція після ферментації найбільш придатна для використання в якості основи органо-мінеральної суміші [3, с. 132].

Така система мінімізує біогенне забруднення навколишнього середовища і всі пов'язані з нею негативні екологічні ефекти. Рідкий залишок не вимагає додаткового очищення крім сепарації твердої фази, тому стадія введення рідкого залишку біогазового бродіння в систему культивування вимагає лише незначних енергетичних витрат.

Виходячи з того, що єдиний потік втрати біогенних і мінеральних елементів у системі це відведення твердого залишку бродіння в якості добрива були зроблені відповідні розрахунки. Отже, якщо враховувати тільки втрати, що відбуваються в результаті окислення аміаку, то загальна конверсія біогенів з рідкої частини може бути близька до 90 % [5, с. 154]. Втрати води для умов інтенсивності випаровування середньої смуги становлять майже 600 мм на рік, що встановлює мінімальну потребу у поповненні у розмірі двох ефективних обсягів всієї системи культивування. Враховуючи втрати на стадії згущення і на перекачуванні необхідними є до 10 обсягів на рік. Втрати води можуть бути частково компенсовані за рахунок стічних вод тваринницьких комплексів (води після миття, за умови відсутності миючих засобів та інше), але у економічному розрізі ми цього не враховували.

Передбачається, що стадія зневоднення буде проводитися в два етапи, адже згідно доступним існуючими даними це є найбільш ефективною з економічної точки зору схемою. Перший етап передбачає природну седиментацію, а другий - центрифугування для отримання пасти [1, с. 35]. Ґрунтуючись на да-

них, зібраних з різних джерел можна зробити висновок, що суспензії *Chlorella vulgaris*, мають задовільні седиментаційні характеристики, близько 3,6 метра в день, що дозволяє збирати майже 65% біомаси з концентрацією в 20 разів вище вихідної вже після години відстоювання. Вода над обложеної біомасою безпосередньо може бути повернута в систему [6, с. 895]. Згідно конструктивним особливостям при навантаженні 7 кг на м<sup>3</sup>, енергія необхідна для отримання пасти з біомаси становить 1КВт на кг, при перерахунку на 10% сухої речовини на м<sup>3</sup> це значення становить близько 0,1 КВт на кг абсолютно сухої речовини [5, с. 178].

Таким чином враховуючи так само потреби в енергії для завантаження отриманої пасти в камеру анаеробного зброджування слід робити розрахунок виходячи з 0,15 КВт на кілограм абсолютно сухої біомаси. Враховуючи необхідність обробки на стадії центрифугування порядку 125 м<sup>3</sup> в день, потреба в обладнанні становить порядку 14 машин, що вимагає майже 1000 кг сталі для виготовлення [4, с. 1497].

Вихідні дані для розрахунку стадії анаеробної конверсії були взяті зі звітів опублікованих виробниками, інженерними та науковими групами, які включають в себе операційні параметри реальних підприємств, працюючих з технологіями анаеробного зброджування [3, с. 11; 5, с. 105; 10, с. 45, 47, 50, 58].

Детальні дослідження проведені також і для процесу анаеробної конверсії біомаси *Chlorella vulgaris* [5, с. 43; 6, с. 892].

Узагальнені технічні дані дозволяють взяти середнє знаходження обсягу зброджуваної суспензії в анаеробному реакторі 46 - 50 днів [5, с. 142]. Для умов виробництва заданого масштабу потік, який надходить на стадію анаеробної обробки складає близько 50 м<sup>3</sup> в день. Треба відмітити, що на стадію зброджування надходить змішаний потік зі стадії вирощування і безпосередньо відходи тваринницького комплексу [1, с. 35]. При цьому ефективний обсяг реактора, що забезпечує обробку даного потоку складає близько 3000 м<sup>3</sup>. У перерахунку на органічну речовину навантаження становить 15 кг на м<sup>3</sup> в день за умови забезпечення перемішування по всьому ефективному об'єму реактора. Оптимальними розмірами стандартних реакторів для даного обсягу можна вважати: по висоті - 8 метрів, за внутрішнім діаметром - 24 метри. При такому ефективному обсязі анаеробної конверсії вихід біогазу складе порядку 9500 м<sup>3</sup> в день. За таких умов частка чистого метану становитиме 70%. Решта 30% припадає на вуглекислий газ з незначними домішками.

Потреба в тепловій енергії на підтримку температурного режиму (підігрів) при такій продуктивності складає майже 1700 КВт на день, що еквівалентно споживанню 245 м<sup>3</sup> біогазу на добу (нижчий енергетичний вихід при спалюванні біогазу становить близько 7 КВт на м<sup>3</sup>) [5, с. 167].

Стадія очищення біогазу технологічно являє собою барботування газу через об'єм води. Відомо, що метан слабо розчинний у воді, а вуглекислий газ розчиняється досить добре. Отже на виході залишається практично чистий метан з невеликою кількістю домішок. Енергоспоживання на цій стадії становить близько 0,3 КВт на 1м<sup>3</sup> метану згідно зведеним технічними даними. Таким чином, в день можливе отримання до 1400 м<sup>3</sup> метану з вмістом домішок не більше 4%. Вода, насичена СО<sub>2</sub> може використовуватися для альгокомплексу [6, с. 891]. Рідкий залишок після стадії анаеробного зброджування являє

собою органічну частину посліду в якому біля 55 - 60% органічного вуглецю мінералізувалося в ході анаеробної деградації, а розчинені азот, фосфор і калій присутні в більш високій концентрації. Їх перехід в рідку фазу за даними з різних джерел становить близько 90% при тривалості циклу анаеробного зброджування більше 40 днів. Тверда зважена речовина виділяється на виході за допомогою сепараторів, які забезпечують її концентрування до 30% по сухому. Затрачувана електрична енергія на стадію сепарації для розглянутих обсягів становить майже 63 кВт в день [5, с. 143].

Твердий залишок біогазового бродиння служить гарним добривом для сільськогосподарських угідь і може використовуватися для поліпшення поживного режиму ґрунту при внесенні його разом з мінеральними добривами [6, с. 891]. Згідно з розрахунками, на органічну і мінеральну складову твердого залишку біогазового бродиння припадає 12 кг вуглецю, 4,5 кг азоту, 0,6 кг фосфору і близько 0,5 кг калію.

Рідкий залишок біогазового бродиння розглядається як основа органо-мінерального середовища для культивування мікробіодоростей. Його обсяг доступний для альгокомплексу становить близько 42 м<sup>3</sup> на день з об'ємною концентрацією азоту 2,95 кг, фосфору 0,4 кг і калію 0,3 кг на метр кубічний. Проаналізовані технічні дані дозволяють зробити висновок, що всі технологічні стадії даної системи вимагають значних витрат електричної енергії. Найбільш енерговитратною стадією процесу є підігрів анаеробних реакторів. Тим не менш, стадія може бути забезпечена енергією за рахунок когенерації, особливо при використанні біомаси мікробіодоростей, яка практично вдвічі збільшує загальний енергетичний вихід системи [3, с. 11].

Якщо розглядати всю систему в цілому, елементами з найбільш високою потребою в електричній енергії є:

- Системи, що забезпечують перемішування в ставках для культивування, близько 31%;
- Витрати на перекачування суспензії в каскадній системі ставків, порядку 24%;
- Біогазові установки: на підігрів, перемішування, перекачку і сепарацію твердого залишку, близько 21%;
- Очищення біогазу 13%;
- Згущення біомаси, близько 6%;
- Забезпечення альгокомплексу вуглекислим газом, що утворюється на інших стадіях процесу, близько 5%.

Слід зазначити, що використання рідкого залишку біогазового бродиння практично повністю покриває потреби стадії культивування біомаси в біогенних і мінеральних елементах. Те ж стосується і джерела неорганічного джерела вуглецю (CO<sub>2</sub>), при забезпеченні його збору на всіх технологічних стадіях, де він утворюється. Співвідношення окислюваної органіки по відношенні до загальної кількості абсолютно сухої речовини становить 0,9. При згущенні суспензії відношення кількості органіки, що стосовно легко окислюється, до загальної кількості знаходиться в пропорції 1,43 [5, с. 133]. Частка вуглецю, що повністю окислюється становить порядку 0,3 від загальної кількості органіки, а частка мінералізованого азоту становить 0,17. На стадії анаеробного зброджування розрахунковий вихід метану становить 292 см<sup>3</sup> на 1 грам легко-



окислюваної органічної речовини або 204 см<sup>3</sup> на 1 грам валової органіки. Враховуючи, що частка метану в біогазі становить 70%, коефіцієнт біодеградації дорівнює 0,56. Коефіцієнт мінералізації становить 0,9 [5, с. 146; 6, с. 893].

Масово-енергетичний потік генерований 1 кг абсолютно сухої речовини водоростевої біомаси виражається в наступних цифрах:

- Вихід суспензії зі стадії культивування становить порядку 1,5 м<sup>3</sup>;
- Фіксація азоту на рівні 69 грамів;
- Фіксація фосфору на рівні 27 грамів;
- Фіксація калію на рівні 12 грамів;
- Фіксація вуглецю на рівні 512 грамів;
- Витрати електрики на переміщення на рівні 0,2 кВт;
- На інжекцію CO<sub>2</sub> порядку 0,03 кВт;
- Вихідний потік зі стадії природного осадження порядку 0,1 м<sup>3</sup>;
- Споживання електрики на перекачування на стації центрифугування становлять порядку 0,16 кВт;
- Обсяг вихідного потоку зі стадії центрифугування на рівні 0,02 м<sup>3</sup>;
- Вихід біогазу становить порядку 3,75 м<sup>3</sup>;
- Споживання електроенергії на підтримку процесу анаеробного зброджування 0,1 кВт на кг біомаси;
- Витрати електроенергії на сепарацію твердого залишку 0,025 кВт;
- Споживання теплової енергії (за рахунок когенерації) 0,68 кВт;
- Вихід відчищеного метану на 1 кг біомаси складає 0,2 м<sup>3</sup>;
- Витрати електроенергії на очищення 0,083 кВт;
- Витрата води 0,07 м<sup>3</sup>;

Масово-енергетичний потік генерований послідом, що виробляє 1 голова бройлера виражається в наступних цифрах:

- Кількість вироблюваного посліду на день, усереднено, 0,25 кг;
- Кількість біогазу із посліду, усереднено, 0,014 м<sup>3</sup>;
- Кількість метану із посліду, усереднено, 0,01 м<sup>3</sup>;
- Кількість вуглекислого газу із посліду, відповідно, 0,004 м<sup>3</sup>;
- Кількість вуглекислого газу вироблюваного при спалюванні утвореного метану 0,0002 м<sup>3</sup>;
- Кількість генерованої електричної енергії, усереднена, 0,025 кВт;
- Кількість твердого органо-мінерального добрива у перерахунку на NPK 0,005 кг;
- Кількість розчинених мінеральних компонентів у перерахунку на NPK 0,007 кг.

При цьому у розрахунку на безпідстилковий послід ми не враховували потребу у воді, адже за нашими розрахунками ця потреба задовольняється за рахунок води, що надходить із біомасою мікроводоростей, що може бути добре збалансоване відповідно до вхідної вологості посліду [5, с. 167].

Ця концепція утилізації біомаси є альтернативою найбільш розповсюдженій схемі отримання масла з біомаси. Враховуючи відсутність стадій хімічної переетерифікації та екстракції, де використовують такі хімічні речовини третього класу небезпеки, як при виробництві біодизельного палива, ризик деградації довкілля, токсичності для людини і викиду парникових газів зво-

диться до мінімуму. При цьому обидві технології мають однакову потребу у використанні земельних ресурсів [1, с. 36].

У Україні існує такий механізм стимулювання виробництва відновлюваної електроенергії як «зелений» тариф. Він передбачає в оподаткуванні, пільговий режим приєднання до електричної мережі, які досить чітко нормуються у монетарному вираженні. Використання цих нормативів дозволило нам оцінити економічні показники експлуатації запропонованої системи [10, с. 18].

Капіталовкладення та операційні затрати прораховані на основні вищевикладених даних щодо потреби в устаткуванні та модифікації інфраструктури, виходячи з існуючих ринкових цін України. Зведені дані представлені у таблиці 1.

**Таблиця 1 - Основні економічні прогнозовані економічні показники впровадження запропонованої системи в умовах сучасної галузі птахівництва**

Кількість голів	70000	Окремий біогазовий комплекс		Біогазовий та альгокомплекс	
Кількість генерованої електричної енергії КВт		0,02	0,03	0,06	0,07
КВт на рік		476000,00	595000,00	1428000,00	1547000,00
Об'єм капітальних інвестицій, грн.		9000000,00	9000000,00	12700000,00	12700000,00
Амортизація займу, грн		1285714,29	1285714,29	1814285,71	1814285,71
Обслуговування боргу, грн		128571,43	128571,43	181428,57	181428,57
Загальна вартість на рік, грн		2264285,71	2264285,71	3205714,29	3205714,29
Собівартість 1 КВт, грн		4,76	3,17	2,24	2,07
Різниця між виробленим і проданим за зеленим тарифом КВт, грн		-1,37	0,22	1,15	1,32
Прибуток від продажу електроенергії, грн		-650645,71	156174,29	1635205,71	2038615,71
Період окупності, роки			57,63	7,77	6,23

Дані наглядно демонструють, що навіть за існуючих умов для виробників екологічно чистої енергії, окремих біогазовий комплекс для забезпечення птахоферми не є доцільним, адже окупність інвестицій є низькою, система лише у поєднанні із альгокомплексом та лише для птахоферм з пропускною здатністю вище 70 000 голів має задовільну для інвестиційних умов України окупність.

Для оцінки екологічних ефектів імплементації даної системи екологічного забезпечення для тваринницького комплексу був використаний умовний поділ шляхів впливу на категорії за методами експертної оцінки впливу на навколишнє середовище [8, с. 115].

З усіх доступних категорій, як мають найбільший вплив, нами були виділені наступні:

- Абіотичні виснаження;
- Потенційна деградація навколишнього середовища;
- Евтрофікація;
- Ефекти сприяють глобальному потеплінню;
- Пошкодження озонового шару;
- Токсична дія на людину;
- Виснаження земельних ресурсів.

За усіма групами запропонована система забезпечує певний рівень покращення загальних показників за результатами проведення узагальненого аналізу. Різні стадії описаного технологічного процесу ми умовно розділили на чотири групи з метою оцінити їх вплив з урахуванням вище перелічених категорій:

а) енергоспоживання - вплив пов'язано з виробництвом і споживанням енергії в рамках даного комплексу;

б) інфраструктура - вплив пов'язано з необхідністю створення і подальшої переробки інфраструктури або окремих елементів, включно транспортування окремих елементів;

в) спалювання - ефекти, пов'язані зі спалюванням біогазу та когенерацією;

г) внесення добрив - ефекти пов'язані з внесенням поживних речовин у ґрунт, а так само використання біогенних і мінеральних елементів, у тому числі і для культивування мікробіодоростей.

Оскільки для останньої категорії був використаний принцип заміщення, ми вели облік пов'язаний лише з викидом та утилізацією парникових газів.

Відомо, що впровадження системи анаеробної та аеробної конверсії спричиняє собою низку соціально-економічних та екологічних позитивних ефектів. Впровадження запропонованої системи забезпечить сталий розвиток сільських громад і повернення вкладених грошей до інвесторів.

**Висновки.** Прямі переваги запропонованої системи анаеробної та фотоаеробної переробки відходів птахокомплексу можна поділити на наступні категорії:

- контроль запахів;
- покращення якості повітря і зменшення впливу парникових газів;
- підвищення ефективності основного виробництва за рахунок використання відновлювальних джерел енергії;
- підвищення ефективної і потенційної родючості ґрунтів за рахунок внесення отриманих з відходів анаеробного зброджування органічних добрив для вирощування культур ;
- система забезпечує сталий розвиток сільських громад.

Запропонована концепція може бути доцільною в умовах України як з економічної так і з екологічної точки зору, адже значно підвищує ефективність функціонування основного виробництва (птахоферми).

Необхідні додаткові дослідження для оцінки умов конкретного господарства, однак загальна концепція заслуговує на більш детальний розгляд у якості уніфікованого рішення, що може бути запропоноване галузі у сучасних умовах.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:**

1. Borowitzka L. J. Industrial production: Methods and economics / L. J. Borowitzka, M. A. Borowitzka // Journal of applied Phycology. 2004 – Volume 16, Issue 2. – pp. 33–37.
2. Brennan L. Biofuels from microalgae – a review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products / L. Brennan, P. Owende // Renew. Sustain. Energy Rev. – 2004. – Vol. 14. – pp. 557–577.
3. Burjesson P. Biogas as a resource-efficient vehicle fuel / P. Burjesson, B. Mattiasson // Trends Biotechnol. – 2006. - Vol. 26. – pp. 7–13.
4. Carvalho A. P. Microalgae reactors: A review of enclosed systems and performances / A. P. Carvalho, L. A. Meireles // Biotechnology progress. 2006 – Volume 3, Issue 1. – pp. 1490–1506.
5. Chen P.H. Factors influencing methane fermentation of microalgae. 1987. Ph.D. Thesis of California Univ., Berkeley, USA. – 214 P.
6. Chen P. H. Thermochemical treatment for algal fermentation / P. H. Chen, W. J. Oswald // Environ. Int. – 1998. – Vol. 24. – pp. 889–897.
7. Вяткін П.С. Перспективи використання відходів птахівництва на сільськогосподарських підприємствах України / П.С. Вяткін, В. І. Хомяков // Вісник Черкаського державного технологічного університету. Серія: Економічні науки. – Черкаси: ЧДТУ, 2008. – Випуск 20. – С. 97-100.
8. Life-cycle-assessment of industrial scale biogas plants [Електронний ресурс]. Gottingen, 2006. - [Цит. 2015, 3 грудня ]. – Режим доступу: <http://ediss.uni-goettingen.de/bitstream/handle/11858/00-1735-0000-0006-AEBF-9/hartmann.pdf?sequence=1>
9. Онищенко О. М. / Мікрководорості, як відновлюваний біологічний ресурс для забезпечення потреб сільського господарства / О. М. Онищенко, А. І. Дворецький // Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету. – 2014. – №1 (33). – С. 186 – 193.
10. Технічний звіт з оцінки потенціалу відновлюваної енергетики в Україні: Біогаз [Електронний ресурс]. 2011. - [Цит. 2015, 3 грудня]. – Режим доступу: [http://www.uself.com.ua/fileadmin /documents/UBiogas\\_Technical\\_Report.pdf](http://www.uself.com.ua/fileadmin /documents/UBiogas_Technical_Report.pdf)

---

**УДК 631.3.636**

---

**ІННОВАЦІЇ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ КОНТРОЛЮ ЧИСТОТИ  
МОЛОКОПРОВІДНИХ СИСТЕМ ДОЇЛЬНИХ УСТАНОВОК**

---

*Палій А.П. – к.с.-г.н., доцент, Харківський національний  
технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка*

*У поняття “санітарна обробка” доїльно-молочного обладнання входить комплекс маніпуляцій, спрямованих на знищення патогенних та зниження кількості непатогенних мікроорганізмів до такого рівня, коли вони не здійснюють істотного впливу на якість молока при повторному використанні обладнання. Для встановлення якості проведення*

---