

Наталя Пришляк

*Вінницький національний аграрний університет
Україна*

ВИРОБНИЦТВО БІОГАЗУ В ІНДИВІДУАЛЬНИХ БІОГАЗОВИХ УСТАНОВКАХ: ДОСВІД ІНДІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ДЛЯ УКРАЇНИ

Мета. Метою дослідження є аналіз сучасного стану виробництва біогазу в індивідуальних установках і формування пропозицій щодо розвитку індивідуальних біогазових установок в Індії та Україні.

Методологія / методика / підхід. Методологічною основою дослідження є системний метод наукового пізнання економічних явищ і процесів. У процесі написання статті використано такі методи: логічного узагальнення – для теоретичного обґрунтування сутності виробництва біогазу; системного аналізу – для дослідження й обґрунтування переваг біогазових технологій; монографічний – для поглибленого вивчення особливостей будівництва індивідуальних біогазових установок; абстрактно-логічний для узагальнення результатів дослідження та формулювання висновків.

Результати. Визначено, що Індія відіграє провідну роль у дослідженні, розробці та поширенні технологій відновлюваної енергетики. Доведено, що виробництво біогазу є перспективною технологією для перетворення сільськогосподарських, у тому числі тваринницьких, промислових і комунальних відходів в енергію. Проаналізовано види сировини, які доцільно використовувати для виробництва біогазу в промислових масштабах та в індивідуальних біогазових установках. Проведено ретроспективний аналіз урядових ініціатив щодо сприяння розвитку біогазових установок в Індії. Охарактеризовано позитивні фактори будівництва індивідуальних біогазових установок для жителів сільських територій. Проаналізовано заходи уряду щодо сприяння поширенню індивідуальних біогазових установок.

Оригінальність / наукова новизна. Визначено бар'єри на шляху до впровадження індивідуальних біогазових установок в Індії. Уперше побудовано матрицю SWOT-аналізу галузі виробництва біогазу в індивідуальних біогазових установках. Дістав дальшого розвитку аналіз урядових ініціатив щодо стимулювання розвитку біогазових технологій. Сформовано пропозиції щодо розвитку індивідуальних біогазових установок в Індії та Україні.

Практична цінність / значущість. Проаналізовано потенціал виробництва біогазу з відходів тваринництва в Україні. Запропоновано заходи, що сприятимуть розвитку біогазових технологій в Індії та Україні.

Ключові слова: біогаз, ефективність, індивідуальна біогазова установка, домогосподарства, відходи.

Natalia Pryshliak

*Vinnitsia National Agrarian University
Ukraine*

BIOGAS PRODUCTION IN INDIVIDUAL BIOGAS DIGESTERS: EXPERIENCE OF INDIA AND PROSPECTS FOR UKRAINE

Purpose. *The aim of the study is to analyze the current state of biogas production in individual plants and to form the proposals for the development of individual biogas plants in India and Ukraine.*

Methodology / approach. *The methodological basis of the study is a systematic method of scientific knowledge of economic phenomena and processes. In the process of conducting the research, the following methods were used: logical generalization – for theoretical substantiation of the essence of biogas production; system analysis – to study and justify the benefits of biogas technology; monographic – for in-depth study of the features of the construction of individual biogas plants; abstract-logical to summarize the results of the study and the formulation of conclusions.*

Results. *India has been determined to play a leading role in the research, development and distribution of renewable energy technologies. It has been proven that biogas production is a promising technology for converting agricultural, including animal, industrial and municipal waste into energy. The types of feedstock that are appropriate to be used for the production of biogas on an industrial scale and in individual biogas plants have been analyzed. A retrospective analysis of government initiatives to promote the development of biogas plants in India has been conducted. The positive factors for the construction of individual biogas plants for residents of rural areas have been characterized. Government measures for promotion the development of individual biogas plants have been analyzed.*

Originality / scientific novelty. *Barriers to the introduction of individual biogas plants in India are identified. For the first time, a matrix of SWOT-analysis of the biogas industry in individual biogas plants has been built. The analysis of government initiatives to stimulate the development of biogas technologies has been further developed. Proposals for the development of individual biogas plants in India and Ukraine were formed.*

Practical value / implications. *The potential of biogas production from animal waste in Ukraine has been analyzed. Measures to promote the development of biogas technologies in India and Ukraine have been proposed.*

Key words: *biogas, efficiency, individual biogas plant, households, waste.*

Наталья Пришляк

*Винницкий национальный аграрный университет
Украина*

ПРОИЗВОДСТВО БИОГАЗА В ИНДИВИДУАЛЬНЫХ БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВКАХ: ОПЫТ ИНДИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ДЛЯ УКРАИНЫ

Цель. *Целью исследования является анализ современного состояния производства биогаза в индивидуальных установках и формирование предложений по развитию индивидуальных биогазовых установок в Индии и Украине.*

Методология / методика / подход. *Методологической основой исследования является системный метод научного познания экономических явлений и процессов. В процессе написания статьи использованы следующие методы: логического обобщения – для теоретического обоснования сущности производства биогаза; системного анализа – для исследования и обоснования преимуществ биогазовых технологий; монографический – для*

углубленного изучения особенностей строительства индивидуальных биогазовых установок; абстрактно-логический для обобщения результатов исследования и формулирование выводов.

Результаты. Определено, что Индия играет ведущую роль в исследовании, разработке и распространении технологий возобновляемой энергетики. Доказано, что производство биогаза является перспективной технологией для преобразования сельскохозяйственных, в том числе животноводческих, промышленных и муниципальных отходов в энергию. Проанализированы виды сырья, которые целесообразно использовать для производства биогаза в промышленных масштабах и в индивидуальных биогазовых установках. Проведен ретроспективный анализ правительственных инициатив по содействию развитию биогазовых установок в Индии. Охарактеризованы положительные факторы строительства индивидуальных биогазовых установок для жителей сельских территорий. Проанализированы меры правительства по содействию распространения индивидуальных биогазовых установок.

Практическая ценность / значимость. Определены барьеры на пути внедрения индивидуальных биогазовых установок в Индии. Впервые построено матрицу SWOT-анализа отрасли производства биогаза в индивидуальных биогазовых установках. Получил дальнейшего развития анализ правительственных инициатив по стимулированию развития биогазовых технологий. Сформированы предложения по развитию индивидуальных биогазовых установок в Индии и Украине.

Оригинальность / научная новизна. Проанализирован потенциал производства биогаза из отходов животноводства в Украине. Предложены мероприятия, которые будут содействовать развитию биогазовых технологий в Индии и Украины.

Ключевые слова: биогаз, эффективность, индивидуальная биогазовая установка, домохозяйства, отходы.

Постановка проблеми. За даними Світового банку, Індія входить до десятки країн з найвищим рівнем економіки, посівши у 2017 р. сьоме місце у світовому рейтингу (2 трильйони дол. США) [1]. Згідно з даними Організації Об'єднаних Націй, 1 з 6 людей на планеті проживає в Індії, а між переписом 2001 та 2011 рр. чисельність населення в країні зросла на 17,7 %, додавши 181,5 млн чоловік. Населення країни збільшилося вдвічі за 40 років і нині щорічний темп приросту становить 1,11 % [2].

Одночасно з активною урбанізацією є велика кількість сіл, що віддалені від міст або перебувають у складно доступних регіонах, які не мають доступу до центрального енергопостачання. Тільки 45 % сільських домогосподарств використовують електрику. Близько 80 млн домогосподарств в Індії, як і раніше, використовують гас (керосин) для освітлення.

Основним джерелом енергії для приготування їжі в сільській місцевості залишається біомаса, що становить приблизно 75 % загального споживання енергії. Середнє споживання деревини на одне домашнє господарство становить близько п'яти кілограмів за день, що створює серйозну загрозу для лісів у регіонах. У глобальному масштабі втрата лісового покриву призводить до збільшення викидів парникових газів і має негативний вплив на зміну клімату. Беручи до уваги обмеженість природних ресурсів і забруднення навколишнього середовища органічними відходами, виробництво та

використання біогазу набуває неабиякої актуальності.

Водночас накопичення відходів збільшується з кожним днем із зростанням населення та споживання, що безпосередньо має негативний вплив на навколишнє середовище та економіку. Таким чином, управління органічними відходами є дуже важливим з огляду на зростаючий попит на енергію. Разом з тим, проблеми енергетичних криз, забруднення довкілля та неспроможності людей у сільській місцевості купувати дороговартісні енергоносії можна певною мірою вирішити завдяки використанню біогазових технологій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню сучасного стану та перспектив розвитку альтернативної енергетики загалом і біогазових технологій зокрема присвячено ряд праць зарубіжних і вітчизняних науковців. Варто відзначити внесок таких учених, як S. R. Medipally, F. Md. Yusoff, S. Banerjee, M. Shariff, які підкреслюють вагомість розвитку альтернативної енергетики в умовах глобалізації [3]. Вагомим є дослідження L. Vimmerstedt, J. Brian, W. Bush та ін., які у своїх дослідженнях розробили детальну модель, що відображає динаміку виробництва біопалива на основі різних сценаріїв за умови належної державної підтримки в галузі виробництва біопалива [4].

У праці «Оцінка потенціалу галузі біопалива в Україні» С. Zulauf, О. Prutska, Е. Kirieieva та N. Pryshliak дають прогнози щодо сценаріїв розвитку виробництва біопалива в Україні залежно від державної політики в цій галузі [5]. R. L. Grando та ін. проводять детальний аналіз особливостей процесу анаеробного перетворення органічних відходів на біогаз у країнах ЄС [6].

Щодо особливостей виробництва біогазу в Індії варто відмітити працю S. K. Lohan та ін. [7], які дають детальний аналіз розвитку біогазових технологій в Індії та проблем, що виникають у процесі виробництва й споживання біогазу. P. A. Azeem Hafiz та ін. [8] досліджують аспекти сталого виробництва біогазу в сільських місцевостях в Індії. M. Shivika, E. O. Ahlgren та P. R. Shukla [9] проводять детальний аналіз факторів, що перешкоджають успішному розвитку та поширенню біогазових технологій.

Вагомими є дослідженнями стану розвитку біогазових технологій українських учених. Зокрема, вивченню екологічних, енергетичних і соціально-економічних переваг виробництва та споживання біопалива присвячено працю Г. Гелетухи, Т. А. Желізної та А. І. Баштового [10]. S. Bilotskiy та ін. [11] пов'язують зміцнення інтеграції України в європейську економіку та трансформацію світових тенденцій енергетичного ринку з розвитком ринку біопалива. Дослідження, надане в їхній праці, підтвердило необхідність державної підтримки в галузі біопалива та допомогло проаналізувати вимоги до сертифікації біопалив, а також визначити інструменти, що сприятимуть розвитку ринку відновлюваних джерел енергії в Україні. Д. Токарчук [12] надає обґрунтування важливості виробництва біогазу сільськогосподарськими підприємствами для зменшення залежності України від імпорту енергоносіїв та природного газу, а також наводить економічні та соціальні переваги утилізації відходів сільського господарства для виробництва біогазу. О. Климчук [13]

проводить аналіз історичного процесу становлення біогазових технологій і виявляє основні передумови та фактори, що стримують дальший розвиток виробництва біогазу в Україні.

Проте недостатньо висвітленими залишаються питання організації виробництва біогазу в індивідуальних домогосподарствах у сільських регіонах як Індії, так і України.

Мета статті. Метою дослідження є аналіз сучасного стану виробництва біогазу в індивідуальних установках і формування пропозицій щодо розвитку індивідуальних біогазових установок в Індії та Україні.

Виклад основного матеріалу дослідження. Біогаз є відновлюваним видом палива, який отримують шляхом анаеробного зброджування біологічної сировини. Уміст метану в складі біогазу становить від 40 до 70 %, що зумовлено видом сировини та технологією виробництва. Цей газ після доочищення можна використовувати для побутових потреб, перетворювати на електричну чи теплову енергію, подавати в газові трубопроводи або використовувати в ролі транспортного палива. З погляду ресурсоефективності виробництво біогазу є надзвичайно вигідним, оскільки сировина, яка необхідна для цього, включає відходи (залишки сільськогосподарських культур, харчові відходи, відходи життєдіяльності тварин, відходи від харчової промисловості й т. д.), культивовані сільськогосподарські культури (силосна кукурудза, тритикале, цукрові буряки). Класифікацію видів сировини для виробництва біогазу наведено на рис. 1.

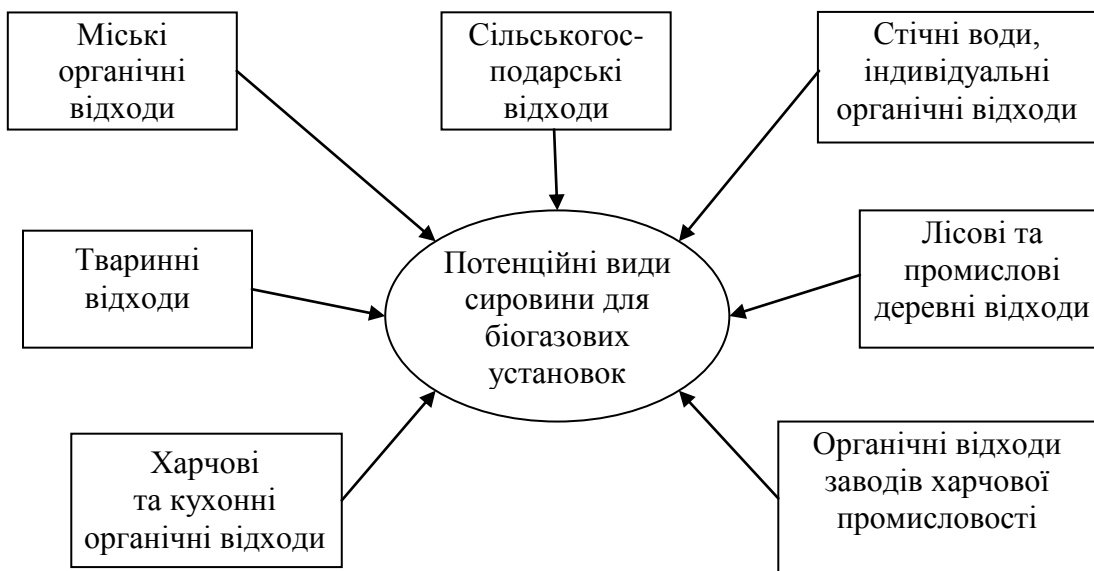


Рис. 1. Структура видів сировини для використання в біогазових установках

Джерело: узагальнено автором на основі опрацьованої літератури [4; 7; 8; 14].

Біогазові установки, призначені для домашніх господарств, скорочують викиди парникових газів за рахунок зменшення використання палива на основі біомаси. Біогаз утворюється за допомогою процесу анаеробного зброджування, при якому за участі мікроорганізмів відбувається розкладання органічних

матеріалів в умовах відсутності кисню. Для одержання біогазу біологічні відходи завантажують до реактора, де вони зброджують протягом приблизно восьми тижнів. У процесі бродіння в безкисневому середовищі утворюється біогаз, що потім витягується через клапан, який розташований у верхній частині бродильного резервуару. Побудований під землею бродильний реактор може працювати більше 20 років. Анаеробне перетворення органічних відходів, крім можливості отримання енергії та органічних добрив, має ряд соціальних та екологічних переваг. Біогаз сприяє зменшенню негативних зовнішніх впливів, пов'язаних з органічними відходами, такими як забруднення ґрунтових вод і ґрунтів, зменшує викиди забруднювальних речовин у повітря, таких як діоксини та фурані, а також метану, що є парниковим газом. Уміст азоту в рідині після анаеробного розщеплення збільшується в порівнянні з неочищеним тваринним гноєм, таким чином, він може використовуватися як органічне добриво. Біогазові реактори, що побудовані з наявних матеріалів місцевими працівниками, надають додаткові можливості для працевлаштування. Узагальнення позитивних аспектів використання індивідуальних біогазових установок наведено на рис. 2.

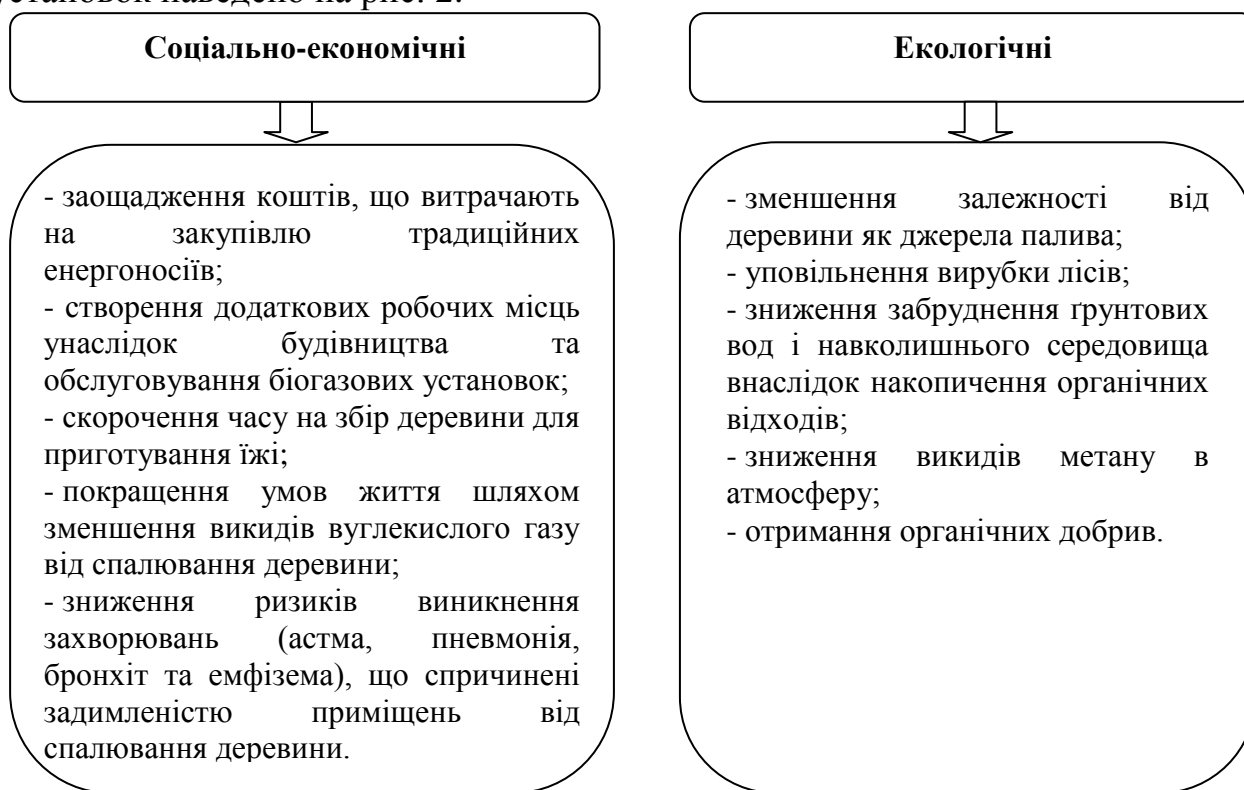


Рис. 2. Позитивні фактори будівництва індивідуальних біогазових установок

Джерело: узагальнено автором на основі опрацьованої літератури [5; 14; 15; 16].

В Індії розвиток біогазових технологій розпочався в 1939 р. та більш активного поширення він набув у 1960 р. [7]. Біогаз здобув широке застосування в рамках програм з істотними субсидіями в період 1985–1992 рр. і продовжував набувати популярності навіть після скорочення обсягів державної підтримки. Кількість біогазових установок в Індії зросла з 1,27 млн у 1990 р. до

приблизно 4,54 млн у 2015 р. [17]. Теоретично доступний потенціал сировини для виробництва біогазу щорічно становить близько 980 млн т [7].

З 1970-х років в Індії започатковано програми з розвитку біогазових технологій. Перша нафтова криза на початку 1970-х років зробила очевидним для індійських політиків, що традиційна енергія буде залишатися поза можливостями економічної доступності як сільського, так і значної частини міського населення [7]. Поєднання глобальної енергетичної кризи та брак місцевих енергоресурсів посилили загрози енергетичної безпеки.

Міністерством нових і відновлюваних джерел енергії Індії започатковано Національну програму управління біогазом і гноєм. Цю програму впроваджено в 1982 р. з метою задоволення енергетичних потреб у сільських домогосподарствах і зараз це одна з наймасштабніших програм у сфері стимулювання виробництва біогазу у світі. Програма передбачає будівництво індивідуальних біогазових установок переважно для сільських і напівміських індивідуальних господарств.

У табл. 1 представлено урядові ініціативи, що були прийняті урядом Індії протягом останніх трьох десятиліть для стимулювання розвитку індивідуальних біогазових установок.

Таблиця 1

Урядові ініціативи щодо сприяння розвитку біогазових технологій

Рік	Заходи та особливості ініціатив
1981	Стартувала перша Національна програма розвитку біогазових технологій. Запроваджено капітальні субсидії для встановлення індивідуальних біогазових установок. Утримання 2–3 голів великої рогатої худоби як один з необхідних критеріїв одержання урядових субсидій.
1995	Запровадження Національної програми виробництва біогазу з муніципальних, промислових і сільськогосподарських відходів.
2006	Запропонована програма з енергозбереження, спрямована на заохочення споживачів децентралізованого постачання енергії в сільській місцевості. Запровадження фінансових ініціатив для великих і середніх біогазових заводів.
2016	Правила, що стосуються управління й поводження з твердими відходами, вперше прийняті у 2000 р. Міністерством навколишнього середовища і лісів, було переглянуто у 2016 р., розширюючи сферу їхньої юрисдикції. Уряд затвердив нову тарифну політику для компаній, що займаються виробництвом і розподілом електроенергії, виробленої з відходів та інших відновлювальних джерел.

Джерело: узагальнено автором на основі опрацьованої літератури [3; 6; 17].

Національну програму управління біогазом та гноєм запроваджено у всіх штатах Республіки Індія. Станом на початок 2014 р. у країні було встановлено близько 4,75 млн біогазових установок для виробництва біогазу. Протягом 2014–2015 рр. у країні встановлено 100 тис. біогазових установок [8].

Будівництво індивідуальних біогазових реакторів надає можливість домогосподарствам стати самостійними виробниками екологічно чистого палива та добрив з високим умістом органічних речовин. Водночас Міністерство надає субсидії на будівництво біогазових установок сімейного типу відповідно до тарифів, наведених у табл. 2.

Таблиця 2

Субсидії на будівництво індивідуальних біогазових установок

№	Регіон	Тип індивідуальної біогазової установки	Розмір субсидій для регіону, дол. США
1.	Північно-Східні штати (за винятком рівнинних районів Ассама)	1 м ³	200,00
		2–6 м ³	230,00
2.	Рівнинні райони Ассама	1 м ³	135,00
		2–6 м ³	150,00
3.	Джамму та Кашмір, Хімачал-Прадеш, Уттраханд, Нілігірі Тамілнад, регіони Садар Курсеонг і Калімпонг Дарджилінг, Сандербанс і Андаманські та Нікобарські острови	1 м ³	95,00
		2–6 м ³	150,00
4.	Додаткові субсидії для біогазових установок, що під'єднані до вбиральні (з розрахунку на завод)	1 м ³	164,00
		2–6 м ³	

Джерело: сформовано автором за даними Міністерства нових і відновлюваних джерел енергії Індії [17].

Близько п'яти мільйонів індивідуальних біогазових установок було встановлено в рамках Національної програми управління біогазом і гноєм. Крім індивідуальних біогазових установок, 400 біогазових електростанцій на основі великих і середніх біогазових заводів побудовано потужністю близько 5,5 МВт. Нині загальний обсяг виробництва біогазу в Індії становить 2,07 млрд м³/рік. Це досить мало в порівнянні з його потенціалом, який, за оцінками, перебуває в діапазоні 29–48 млрд м³/рік.

Незважаючи на екологічні, економічні та соціальні переваги виробництва й споживання біогазу, є ряд бар'єрів, що перешкоджають розвитку біогазових технологій, які потребують подолання. Фактори, що перешкоджають поширенню біогазових технологій, різняться залежно від країни. Водночас фактори, що перешкоджають поширенню біогазових технологій, можуть відрізнитись навіть у межах однієї країни. Класифікація та систематизація чинників, що перешкоджають розвитку біогазових технологій у сільських місцевостях в Індії, узагальнена на рис. 3.

Щодо України, то в нашій державі виробництво біогазу з відходів тваринництва розвивається надзвичайно повільними темпами. Станом на січень 2018 р. діючі потужності виробництва біогазу в Україні становили до 40 МВт, з них 15 МВт – це біогазові установки, які працюють на полігонах твердих побутових відходів, а ще 25 МВт – потужності, що виробляють біогаз із

відходів сільського господарства. Проте потенціал виробництва біогазу шляхом анаеробного зброджування відходів тваринництва значно більший. В Україні поголів'я тварин становить 3,5 млн голів великої рогатої худоби, 6,1 млн свиней та 204,8 млн птиці.

Фінансово-економічні	Високі капітальні витрати. Початкові витрати на будівництво, оплату праці та обладнання для виготовлення біогазових установок досить високі для сільських індивідуальних господарств. Загальна вартість індивідуальної біогазової установки варіює залежно від розміру, місця розташування та моделі. Середня вартість біогазової установки, що вироблятиме біогаз в обсязі 1 м ³ на добу, становить 348 дол. США. Уряд надає субсидії для індивідуальних біогазових установок залежно від розміру установки (від 1 до 12 м ³) в обсязі 20–40 % від загальної вартості установки. Крім високих початкових витрат, обмежений доступ до легкого кредиту для побудови біогазового реактора також є перешкодою для переходу на біогазові реактори.
Ринкові	Виробництво біогазу конкурує з іншими альтернативними видами палива, доступними на ринку. Кілька факторів, таких як забезпечення поставок палива, доступність закупівель, ціна на паливо й дохід домогосподарств, впливають на вибір палива для побутового споживання. У сільських районах біогаз конкурує з більш дешевими альтернативами, такими як тверда біомаса та висушений коров'ячий гній. Домогосподарства зазвичай не враховують негативні зовнішні чинники, пов'язані з використанням традиційної біомаси, а також час, що затрачають на збір сировини, забруднення повітря всередині приміщень, втрату лісових ресурсів.
Соціально-культурні	Власники домогосподарств неактивно використовують побутові відходи в ролі сировини для виробництва біогазу у зв'язку з особистими переконаннями. Також переважно в процесі приготування їжі в сільських домогосподарствах беруть участь лише жінки. Оскільки статус жінок у сільських регіонах в Індії дуже низький, то вони не можуть відігравати значну роль у прийнятті рішень на користь екологічно чистого палива.
Регуляторно-інституціональні	У Національній програмі управління біогазом і гноєм, ініційованій центральним урядом, застосовують підхід «зверху вниз». Програма націлена на те, що утримання 2–3 голів ВРХ є одним з критеріїв одержання субсидій, передбачених нею для установки біогазових реакторів. Оскільки більшість малозабезпечених домашніх господарств у сільських районах не володіють 2–3 головами ВРХ, для них дуже складно одержати субсидію.
Технологічні	Недостатнє завантаження органічних речовин до реактора або недостатня їх кількість негативно впливають на обсяг виходу біогазу. Зміна температурних режимів (у зимовий період у холодних регіонах виробництво біогазу значно знижується через низькі температури), значно гальмує процес метаногенезу та зменшує вихід біогазу. Недостатня кількість компетентних працівників для усунення технічних недоліків, що виникають під час експлуатації біогазової установки.
Інформаційні	Недостатня обізнаність серед сільського населення про технології виробництва біогазу, пов'язані із цим вигоди, а також стимули, що надає уряд.

Рис. 3. Бар'єри на шляху до впровадження індивідуальних біогазових установок в Індії

Джерело: узагальнено автором на основі опрацьованої літератури [4; 6; 17].

У перерахунку на біометан це становитиме 945 млн м³ з гною ВРХ, 405 млн м³ з гною свиней та 1406,7 млн м³ з посліду птиці (табл. 3). За умови врахування можливості використання рослинної сировини (силос, трави), а також побічної продукції переробних підприємств (цукрові та спиртові заводи, пивоварні та ін.), харчових відходів, потенціал виробництва біогазу значно зростає.

Таблиця 3

**Потенціал виробництва біогазу в Україні з відходів тваринництва
(розрахунки станом на 1 січня 2018 р.)**

Категорія	Млн. голів	Вихід гною або посліду, т/тварино-місце/рік	Обсяг відходів, млн т	Вихід біогазу з 1 т субстрату, м ³ /т	Потенційний вихід біогазу з отриманих відходів, млн м ³	Уміст метану, СН ₄ , %	Вихід метану, млн м ³
ВРХ	3,5	18,0	63,0	25,0	1575,0	60,0	945,0
Свині	6,1	3,6	22,3	28,0	623,4	65,0	405,0
Птиця свійська	204,8	7,5 (x100 тварино-місце за рік)	15,7	140,0	2198,0	64,0	1406,7

Джерело: розраховано автором за даними Державної служби статистики України [18].

Споживання газу населенням України у 2017 р. становило 11,2 млрд м³. Загальний потенціал виробництва біогазу з відходів тваринництва становить 1,5 млрд м³ (13 % від загального споживання населенням). Не дивлячись на те, що у 2017 р. Україна імпортувала 14,1 млрд м³ природного газу, потенціал виробництва біогазу в Україні задіяно практично не було.

Як свідчить досвід Індії, для України розвиток індивідуальних біогазових установок має значний потенціал для покращення економічного, соціального та екологічного стану. Зростання біогазового сектора в Україні залежить від багатьох факторів. Аналіз сильних і слабких сторін, а також перспектив та загроз ринку біогазових технологій проведено для визначення рекомендацій щодо дальшого розвитку галузі (рис. 4).

	Сильні сторони	Слабкі сторони
Внутрішнє середовище	<ul style="list-style-type: none"> - відновлювальне джерело енергії; - перевіреність і надійність технологій; - найдешевше рішення для сталої енергетики; - енергоефективний процес; - запобігання вирубуванню лісів; - вирішення проблеми утилізації органічних відходів; - знезараження шкідливих патогенів; - органічні добрива, одержані з біогазового реактора, мають більшу поживну цінність у порівнянні зі звичайним гноєм; - зниження викидів вуглекислого газу в атмосферу; - газ, який використовують для приготування їжі, освітлення та генерації електроенергії; - сприятливі кліматичні умови більшості регіонів для виробництва біогазу в індивідуальних реакторах. 	<ul style="list-style-type: none"> - надання переваг серед жителів використанню звичних для них видів енергії (деревина, газ тощо); - недосконалість механізмів державної підтримки; - складнощі збору сировини для завантаження в біогазовий реактор.

Зовнішнє середовище	Можливості	Загрози
	- зростання попиту на енергетичні ресурси; - створення робочих місць у сільській місцевості (будівництво та обслуговування біогазових реакторів).	- у випадку переривання постійної подачі бродильної сировини до реактора або надмірної її подачі можливе зниження виходу біогазу та потреба перезапуску біогазової установки; - фінансова неспроможність населення інвестувати в будівництво біогазового реактора.

Рис. 4. Матриця SWOT-аналізу галузі індивідуальних біогазових технологій

Джерело: узагальнено автором на основі аналізу розвитку індивідуальних біогазових установок в Індії та опрацьованої літератури [3; 5; 6; 14].

Наведена вище матриця SWOT-аналізу демонструє, що сильні сторони та можливості значно більші в порівнянні зі слабкими сторонами й загрозами, які можна легко подолати за допомогою різних регулювальних механізмів. У табл. 3 узагальнено рекомендації, що сприятимуть пришвидшенню розвитку біогазових технологій і збільшенню частки відновлюваних джерел енергії в загальній структурі енергоспоживання.

Таблиця 3

Заходи щодо пришвидшення розвитку індивідуальних біогазових установок в Індії та Україні

Фінансово-економічні	- надання кредитів для купівлі великої рогатої худоби; - надання кредитів для будівництва біогазових реакторів.
Ринкові	- розвиток місцевих ринків технологій і сировини за рахунок залучення приватних інвесторів у сектор виробництва біогазу в сільській місцевості; - поява конкурентів на ринку, що сприятиме зниженню вартості встановлення біогазових установок і підвищення якості наданих послуг.
Соціально-культурні	- проведення інформаційних кампаній, спрямованих на підвищення обізнаності про коротко- і довготерміновий вплив на довкілля, пов'язаний із забрудненням повітря в приміщеннях, спричинений традиційним деревним паливом і спалюванням гною, а також інформування населення про переваги екологічно чистої енергії для довкілля та здоров'я.
Регуляторно-інституціональні	- удосконалення системи державної фінансової підтримки будівництва індивідуальних біогазових реакторів шляхом урахування соціально-економічних характеристик господарств, таких як розмір доходу та агрокліматичні умови; - надання субсидій на будівництво спільних біогазових реакторів (на кілька сімей) для тих домогосподарств, які не мають достатньо тварин і, відповідно, накопичення достатньої кількості відходів.
Технологічні	- здешевлення технологій будівництва біогазових реакторів за рахунок застосування більш доступних будівельних матеріалів (напр., поліетилену).
Інформаційні	- глибше проникнення інформаційно-комунікаційних технологій у сільську місцевість шляхом проведення профорієнтаційної діяльності; - запровадження демонстраційних об'єктів і пілотних проектів; - запровадження тренінгів для місцевих фахівців з питань установа та обслуговування біогазових установок.

Джерело: сформовано автором на основі аналізу чинних урядових ініціатив, статистичних джерел та опрацьованої літератури [4; 6].

Висновки. Визначено, що Індія відіграє провідну роль у розробці та поширенні технологій відновлюваної енергетики. Доведено, що виробництво біогазу є перспективною технологією для перетворення сільськогосподарських, у тому числі тваринницьких, промислових і комунальних відходів в енергію. Кількість біогазових установок в Індії зростає з 1,27 млн у 1990 р. до майже 5 млн у 2016 р. Незважаючи на численні успіхи, загальне зростання будівництва індивідуальних біогазових установок в Індії залишається досить повільним. Ураховуючи постійне збільшення чисельності населення та попиту та енергоресурси в умовах обмеженості традиційних видів палива орієнтація та розвиток індивідуальних біогазових установок може бути одним з ефективних варіантів вирішення проблеми забезпечення сільського населення енергоносіями. Уряд Індії запровадив і підтримує програми та державні ініціативи щодо сприяння розвитку біогазових технологій. Однак на шляху до ефективного розвитку біогазових технологій діє ряд фінансово-економічних, ринкових, соціально-культурних, регуляторно-інституціональних, технологічних та інформаційних бар'єрів. Водночас Україна має доступний потенціал сировини для виробництва біогазу, який наразі не використовується.

Авторський внесок у вирішенні проблем застосування та розвитку біогазових технологій полягає в класифікації бар'єрів на шляху до впровадження індивідуальних біогазових установок, проведенні SWOT-аналізу та визначенні сильних сторін і можливостей, а також формулюванні пропозицій щодо механізмів, які сприятимуть розвитку індивідуальних біогазових установок в Індії та Україні.

Перспективи дальших досліджень полягають у визначенні економічної ефективності виробництва біогазу в індивідуальних біогазових установках у нашій країні та наданні пропозицій щодо формування урядових програм підтримки розвитку біогазових технологій в Україні.

Список використаних джерел

1. Офіційний сайт Світового банку. URL: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.PP.KD>.

2. Офіційний сайт Організації Об'єднаних Націй. URL: <https://www.un.org/development/desa/publications/world-population-prospects-the-2017-revision.html>.

3. Medipally S. R., Yusoff F. Md., Banerjee S., Shariff M. Microalgae as Sustainable Renewable Energy Feedstock for Biofuel Production. *BioMed Research International*. 2015. Vol. 22. <http://doi.org/10.1155/2015/519513>.

4. Vimmerstedt L., Brian J., Bush W., Hsu D. D., Inman D., Peterson S. O. Maturation of biomass-to-biofuels conversion technology pathways for rapid expansion of biofuels production: a system dynamics perspective. *Biofuels, Bioprod. Bioref.* 2015. Vol. 9. Pp. 158–176. <http://doi.org/10.1002/bbb.1515>.

5. Zulauf C., Prutska O., Kirieieva E., Pryshliak N. Assessment of the potential for a biofuels industry in Ukraine. *Problems and Perspectives in Management*. 2018. Vol. 16(4). Pp. 83–90. [http://doi.org/10.21511/ppm.16\(4\).2018.08](http://doi.org/10.21511/ppm.16(4).2018.08).

6. Grando R. L. et al. Technology overview of biogas production in anaerobic digestion plants: A European evaluation of research and development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2017. Vol. 80. Pp. 44–53. <http://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.079>.
7. Lohan S. K. et al. Biogas: A boon for sustainable energy development in India's cold climate. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2015. Vol. 43. Pp. 95–101. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.11.028>.
8. Azeem Hafiz P. A., Rashid A. R., Muhamed S. A., Sharukh M. Study of Biogas as a Sustainable Energy Source in India. *International Journal of Research in Mechanical Engineering*. 2016. Vol. 4. Is. 3, pp. 58–62.
9. Shivika M., Ahlgren E. O., Shukla P. R. Barriers to biogas dissemination in India: A review. *Energy Policy*. 2018. Vol. 112. Pp. 361–370. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.10.027>.
10. Гелетуха Г. Г., Железна Т. А., Баштовий А. І. Створення конкурентного ринку біопалив в Україні. Частина 1. *Теплофізика та теплоенергетика*. 2017. Т. 39. № 3. С. 85–90. <https://doi.org/10.31472/ihe.3.2017.13>.
11. Bilotskiy S., Danylova O., Grinenko O., Karmaza O., Koucherets D. Legal and economic aspects of Ukrainian enterprises activity at the European renewable energy market. *Investment Management and Financial Innovations*. 2017. Vol. 14(2). Pp. 71–78. [http://doi.org/10.21511/imfi.14\(2\).2017.07](http://doi.org/10.21511/imfi.14(2).2017.07).
12. Токарчук Д. М. Інвестиційне забезпечення виробництва біогазу сільськогосподарськими підприємствами України. *Економіка. Фінанси. Менеджмент: актуальні питання науки і практики*. 2016. № 12. С. 26–35.
13. Климчук О. В. Економіко-технологічні процеси ефективного регіонального виробництва біогазу в Україні. *Економіка. Фінанси. Менеджмент: актуальні питання науки і практики*. 2017. № 2. С. 104–113.
14. Kaletnik G. Production and use of biofuels: Second edition, supplemented. Vinnytsia: Nilan-Ltd, 2018. 336 p.
15. Пришляк Н. В. Досвід Китаю у будівництві індивідуальних біогазових установок. *Економіка АПК*. 2011. № 1. С. 165–169.
16. Токарчук Д. М., Яремчук О. В. Виробництво і використання біогазу в Україні: економічні і соціальні перспективи. *Збірник наукових праць Таврійського державного агротехнологічного університету. Економічні науки*. 2013. № 2(3). С. 338–346.
17. Офіційний сайт Міністерства нових та відновлювальних джерел енергії Індії. URL: <https://mnre.gov.in/biogas>.
18. Офіційний сайт Державної служби статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>.

References

1. Official site of the World Bank, available at: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.PP.KD>.
2. Official site of the United Nations Organization, available at:

<https://www.un.org/development/desa/publications/world-population-prospects-the-2017-revision.html>.

3. Medipally, S. R., Yusoff, F. Md., Banerjee, S. and Shariff, M. (2015), Microalgae as Sustainable Renewable Energy Feedstock for Biofuel Production. *BioMed Research International*, vol. 22. <http://doi.org/10.1155/2015/519513>.

4. Vimmerstedt, L., Brian, J., Bush, W., Hsu, D. D., Inman, D. and Peterson, S. O. (2015), Maturation of biomass-to-biofuels conversion technology pathways for rapid expansion of biofuels production: a system dynamics perspective. *Biofuels, Bioprod. Bioref*, vol. 9, pp. 158–176. <http://doi.org/10.1002/bbb.1515>.

5. Zulauf, C., Prutska, O., Kirieieva, E. and Pryshliak, N. (2018), Assessment of the potential for a biofuels industry in Ukraine. *Problems and Perspectives in Management*, vol. 16(4), pp. 83–90. <http://doi.org/10.1002/bbb.1515>.

6. Grando, R. L. et al. (2017), Technology overview of biogas production in anaerobic digestion plants: A European evaluation of research and development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 80, pp. 44–53. <http://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.079>.

7. Lohan, S. K. et al. (2015), Biogas: A boon for sustainable energy development in India's cold climate. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 43, pp. 95–101. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.11.028>.

8. Azeem Hafiz, P. A., Rashid, A. R., Muhamed, S. A. and Sharukh, M. (2016), Study of Biogas as a Sustainable Energy Source in India. *International Journal of Research in Mechanical Engineering*, vol. 4, is. 3, pp. 58–62.

9. Shivika, M., Ahlgren, E. O. and Shukla, P. R. (2018), Barriers to biogas dissemination in India: A review. *Energy Policy*, vol. 112, pp. 361–370. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.10.027>.

10. Geletuha, G. G., Zhelezna, T. A. and Bashtoviy, A. I. (2017), Creation of the competitive biofuel market in Ukraine. Part 1. *Thermophysics and Thermal Power Engineering*, vol. 39, is. 3, pp. 85–90. <https://doi.org/10.31472/ihe.3.2017.13>.

11. Bilotskiy, S., Danylova, N., Grinenko, O., Karmaza, O. and Koucherets, D. (2017), Legal and economic aspects of Ukrainian enterprises activity at the European renewable energy market. *Investment Management and Financial Innovations*, vol. 14(2), pp. 71–78. [http://doi.org/10.21511/imfi.14\(2\).2017.07](http://doi.org/10.21511/imfi.14(2).2017.07).

12. Tokarchuk, D. M. (2016), Investment provision of biogas production by agricultural enterprises of Ukraine. *Economy. Finances. Management: topical issues of science and practice*, vol. 12, pp. 26–35.

13. Klimchuk, O. V. (2017), Economic and technological processes of effective regional biogas development in Ukraine. *Economy. Finances. Management: topical issues of science and practice*, vol. 2, pp. 104–113.

14. Kaletnik, G. (2018), Production and use of biofuels: Second edition, supplemented. Nilan-Ltd, Vinnytsia, Ukraine.

15. Prishlyak, N. V. (2011), Experience of China in the construction of individual biogas plants. *Ekonomika APK*, no. 1, pp. 165–169.

16. Tokarchuk, D. M. and Yaremchuk, O. V. (2013), Production and use of

biogas in Ukraine: economic and social perspectives. *Collection of scientific works of the Tavria State Agrotechnological University. Economic sciences*, vol. 2(3), pp. 338–346.

17. Official site of the Ministry of New and Renewable Energy, available at: <https://mnre.gov.in/biogas>.

18. Official site of the State Service of Statistics of Ukraine, available at: <http://www.ukrstat.gov.ua>.

How to cite this article? Як цитувати цю статтю?

Стиль – ДСТУ:

Пришляк Н. Виробництво біогазу в індивідуальних біогазових установках: досвід Індії та перспективи для України. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*. 2019. Vol. 5. No. 1. Pp. 122–136. URL: <http://are-journal.com>.

Style – Harvard:

Pryshliak, N. (2019), Biogas production in individual biogas digesters: experience of India and prospects for Ukraine. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*, [Online], vol. 5, no. 1, pp. 122–136, available at: <http://are-journal.com>.