

Звіт підготовлений для:

Звіт підготували:

**ПРОГРАМА ФІНАНСУВАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ  
(ПРОГРАМА USELF)**

**Технічний звіт з оцінки потенціалу**

**відновлюваної енергетики в Україні: Біогаз**

---

Один з п'яти технічних звітів з питань розвитку відновлюваної енергетики, підготовлений в рамках  
Стратегічного екологічного аналізу Програми USELF

Вересень 2011 р.

## ПРОЕКТНІ СЦЕНАРІЇ ДЛЯ ПРОГРАМИ ФІНАНСУВАННЯ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ: БІОГАЗ

### ЗМІСТ

1.	ВСТУПНА ЧАСТИНА.....	4
2.	РАЙОНИ КОНЦЕНТРАЦІЇ ТА ПОТЕНЦІАЛ ВИКОРИСТАННЯ РЕСУРСІВ БІОГАЗУ.....	4
2.1	Звалищний газ.....	4
2.2	Гній сільськогосподарських тварин.....	6
3.	ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕХНОЛОГІЙ ВИКОРИСТАННЯ БІОГАЗУ.....	9
3.1	Проекти утилізації ЗГ.....	9
3.2	Установки зброджування гною сільськогосподарських тварин.....	15
3.3	Огляд технологій використання біогазу.....	22
3.4	Питання вибору майданчика.....	25
3.5	Будівельні роботи.....	25

#### Таблиці

Таблиця 2-1.	Дослідження з техніко-економічного обґрунтування проектів категорії М2М.....	6
Таблиця 2-2.	Розрахункові обсяги виробництва біогазу з гною сільськогосподарської худоби.....	7
Таблиця 3-1.	Параметри роботи установок зброджування.....	20
Таблиця 3-2.	Розміри основного обладнання*.....	21
Таблиця 3-3.	Експлуатаційні і економічні показники роботи обладнання для виробництва енергії з біогазу (ЗГ і газ метантенків).....	23
Таблиця 3-4.	Показники викидів від процесу спалювання біогазу <sup>(a)</sup> .....	23

#### Рисунки

Рисунок 3-1.	Схема установки утилізації ЗГ (матеріали АОНС США).....	9
Рисунок 3-2.	Установка утилізації ЗГ на базі поршневого двигуна внутрішнього згорання.....	11
Рисунок 3-3.	Будівля установки утилізації ЗГ потужністю 1.6 МВт на базі поршневого двигуна (компанія DCO Energy).....	12
Рисунок 3-4.	Мікротурбіни Capstone (30 кВт).....	13
Рисунок 3-5.	Відкрита установка у складі мікротурбін Capstone і блоку очистки газу.....	14
Рисунок 3-6.	Установка анаеробного зброджування гною великої рогатої худоби.....	16
Рисунок 3-7.	Критий анаеробний реактор (матеріали компанії PSU).....	16
Рисунок 3-8.	Реактор з пульсуючим потоком (матеріали компанії PSU).....	17
Рисунок 3-9.	Реактори повного перемішування – установка потужністю 526 кВт (матеріали компанії Biogas Nord).....	17
Рисунок 3-10.	Приклад схеми процесу анаеробного зброджування гною сільськогосподарських тварин. (Матеріали компанії Composting & Recycling Consultants Ireland).....	18
Рисунок 2-1:	Потенційні полігони відходів, включені до розгляду.....	27
Рисунок 2-2.	Чисельність поголів'я великої рогатої худоби по регіонах України (2009).....	28
Рисунок 2-2.	Чисельність поголів'я свиней по регіонах України (2009).....	29
Рисунок 2-2.	Чисельність поголів'я домашньої птиці по регіонах України (2009).....	30

**Інформація щодо процесу розробки та розгляду документу:**

№ версії	Підготували:	Розглянули:	Затвердили до подання:	Дата подання:	Статус подання:
v1	Мон Хонг Марк Коутс	Мон Хонг	Джей Ебботт	11 травня 2011	Проект звіту для ЄБРР
v2	Мон Хонг Тревор Каррі	Мон Хонг	Джей Ебботт	1 вересня 2011	Проект звіту для ЄБРР
v3					

 № проекту за  
 системою B&V 167767

 № проекту за  
 системою замовника TCS ID 29098

**Примітка:**

*Цей звіт призначений виключно для ЄБРР. Якість наведеної в ньому інформації, висновків та оцінок відповідає зусиллям, витраченим спеціалістами компанії BV на його підготовку, а сам звіт базується на: i) інформації, наявній на час підготовки звіту, ii) даних, отриманих із зовнішніх джерел, та iii) припущеннях, умовах та оцінках, наведених в його тексті. Цей звіт призначений для потреб ЄБРР і має використовуватись у відповідності до умов, визначених контрактом між Банком і компанією BV. Використання цього документу або посилання на нього третіми сторонами в будь-яких інших цілях є питанням власного ризику цих сторін.*



## **ПРОЕКТНІ СЦЕНАРІЇ ДЛЯ ПРОГРАМИ ФІНАНСУВАННЯ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ: БІОГАЗ**

### **1. ВСТУПНА ЧАСТИНА**

Метою цього технічного звіту є забезпечення Групи з підготовки Стратегічного екологічного аналізу (СЕА) Програми USELF інформацією про типовий сценарій використання енергії біогазу в процесі її роботи над підготовкою Звіту з СЕА. В цьому звіті розглядаються потенційні місця розташування, варіанти технологій та умови експлуатації об'єктів, передбачених сценарієм використання біогазу. Особлива увага приділяється обмеженням технічного характеру, пов'язаним з наявністю відповідних ресурсів і технологій для використання ресурсів біогазу. В той же час, обмеження екологічного і соціально-економічного характеру не розглядалися в рамках цього звіту, оскільки вони вивчатимуться окремо в матеріалах Звіту з СЕА. Цей звіт жодною мірою не має на меті обмежити або виключити можливості майбутнього розвитку та використання інших технологій, які лишилися поза його рамками.

Цей документ містить два наступні розділи:

- Ресурси і потенціал використання біогазу
- Характеристики технологій використання біогазу

Розділ 2 (Ресурси і потенціал використання біогазу) містить корисну для розробників СЕА інформацію щодо наявності та кількості ресурсів біогазу по всій країні, а також про ті її райони, які характеризуються найбільшими обсягами ресурсів біогазу.

Розділ 3 (Характеристики технологій використання біогазу) присвячений технологіям використання ресурсів біогазу для виробництва електроенергії. В ньому розглядаються ключові експлуатаційні показники, характеристики викидів, особливості під'єднання установок до енергосистеми, їхньої експлуатації та обслуговування, а також питання наявності відповідного технологічного обладнання в Україні. В цьому розділі також розглядаються найтипівіші питання, пов'язані з вибором майданчиків та будівництвом установок виробництва електроенергії з біогазу, які також є дотичними до процесу СЕА.

В якості двох основних джерел біогазу в цьому звіті розглядаються процеси анаеробного зброджування відходів тваринництва і розкладання органічних матеріалів на полігонах відходів.

### **2. РАЙОНИ КОНЦЕНТРАЦІЇ ТА ПОТЕНЦІАЛ ВИКОРИСТАННЯ РЕСУРСІВ БІОГАЗУ**

#### **2.1 Звалищний газ**

Звалищний газ (ЗГ) утворюється в процесі природного розкладання органічних матеріалів, які розміщуються на полігонах твердих побутових відходів. Рівні утворення газу на полігоні в основному залежать від товщини і віку тіла відходів, а також від кількості атмосферних опадів, яка випадає на поверхню полігону. В цілому, проекти збору і утилізації ЗВ можуть бути економічно доцільними на тих майданчиках, які містять більше одного мільйону тон відходів, займають площу більше 10 гектарів, мають товщину шару відходів більше 12 метрів і отримують принаймні 60 сантиметрів атмосферних опадів на рік. Для того, щоб на полігоні можна було проводити роботи зі збору і утилізації метану, він мусить мати

поверхневу герметизацію і систему збору газу. Термін утворення і використання звалищного газу на полігоні є обмеженим, оскільки після припинення діяльності з прийому і розміщення відходів на полігоні темпи утворення звалищного газу поступово скорочуються. Таке скорочення зазвичай означає завершення процесу розпаду першого порядку.

Звалищний газ складається з метану на 40-60 відсотків в об'ємних одиницях. Метан є парниковим газом і має таку величину потенціалу глобального потепління, яка в перерахунку на 100-річний період в 25 разів перевищує відповідний потенціал двоокису вуглецю. Метан дуже швидко переходить в атмосферу на тих полігонах, які не мають належної системи його збору і відведення. Збір і перетворення метану в двоокис вуглецю шляхом спалювання дає можливість значно зменшити активність звалищного газу як джерела викидів парникових газів.

В Україні щорічно утворюється від 10 до 12 мільйонів тон ТПВ (Матвеев, Є., 2010), і 95% цього обсягу розміщується на полігонах ТПВ. На території країни існує приблизно 700 полігонів відходів, причому 80% цих об'єктів не оснащені системами контролю забруднення повітря і води (ЄЕК, 1999). Полігони відходів є джерелом розповсюдження неприємного запаху і дуже внеску в глобальне потепління, якого цілком можливо було б уникнути. На діючих полігонах відходів в Україні не застосовуються сучасні процедури поводження з відходами, до числа яких відносяться щоденна ізоляція засипаного шару відходів ізолюючим шаром ґрунту, ефективні методи ущільнення відходів, збір фільтрату і звалищного газу, і це унеможливує використання звалищного газу для виробництва електричної або теплової енергії.

За розрахунками спеціалістів, тільки 100 з 700 існуючих полігонів відходів є потенційно придатними для організації збору і утилізації ЗВ в обсягах, які в перерахунку на обсяги виробництва енергії і скорочення викидів парникових газів (ПГ) оцінюються на рівні 8.79 ПДж і 6.0 мільйонів тон еквіваленту CO<sub>2</sub> (Матвеев, Є., 2010). При цьому виробництво електроенергії може бути практично доцільним тільки на найбільших полігонах ТПВ в країні, оскільки одним з основних критеріїв економічної доцільності є здатність полігону виробляти достатню кількість ЗГ протягом 10-15 років для того, щоб забезпечити сталу і беззбиткову роботу встановленого енергетичного обладнання. Такі полігони функціонують біля міст з великою кількістю населення, яка прямо корелює з обсягами утворення і накопичення відходів, які можуть стати джерелом виробництва звалищного газу (дивіться Рисунок 2-1). Детальний перелік полігонів, потенційно придатних для організації збору і утилізації ЗВ, наводиться у Додатку А.

Загальний розрахунковий обсяг енергії, яка може вироблятися зі звалищного газу цих найбільш придатних полігонів, становить біля 48 МВт, коливаючись від 600 кВт до більш ніж 5 МВт на рівні індивідуальних майданчиків. Розрахунки потенційної енергетичної потужності базуються на даних щодо обсягів накопичених відходів, але рівні утворення ЗГ коливаються в широких межах в залежності від таких факторів як експлуатаційний вік полігону, річні обсяги складування відходів, кількість атмосферних опадів в районі розташування полігону, морфологічний склад відходів, товща шару відходів і особливості системи збору ЗГ. Не вдаючись до моделювання ситуації на кожному окремому полігоні, для розрахунку потенційної енергетичної потужності цих об'єктів використовуються приблизні оцінки, які базуються на даних щодо кількості накопичених на них відходів. Виключенням є ті полігони, для яких були виконані дослідження з техніко-економічного обґрунтування проектів в рамках Глобальної метанової ініціативи.

Одразу кілька проектів категорії «Метан – на ринки» (M2M) зараз перебувають на стадії розгляду / розробки під егідою Глобальної метанової

ініціативи. Для цих проектів, перелік яких наводиться в наступній таблиці (Таблиця 2-1), були виконані розрахунки з оцінки енергетичного потенціалу і коефіцієнту перетворення тепла.

**Таблиця 2-1. Дослідження з техніко-економічного обґрунтування проектів категорії M2M**

Назва проекту	Стан розробки
Полігон в місті Чернівці	Формулювання ідеї
Полігон в місті Дніпропетровськ	Формулювання ідеї
Полігон в місті Донецьк	Формулювання ідеї
Полігон в місті Орджонікідзе	Формулювання ідеї
Полігон в місті Хмельницький	Завершено
Полігон в місті Львів	Завершено
Закритий полігон в місті Маріуполь	Завершено

*Джерело:* <http://www.globalmethane.org/projects/index.aspx?expo=newdelhi>

## 2.2 Гній сільськогосподарських тварин

Утилізація гною сільськогосподарських тварин в установках анаеробного зброджування для виробництва метану є гарною альтернативою існуючим методам поводження з цим матеріалом в Україні, які переважно зводяться до внесення гною в сільськогосподарські угіддя, оскільки ця альтернатива дає можливість виробляти енергію і одночасно скорочувати обсяги викидів парникових газів. Значна частка поголів'я великої рогатої худоби (66%) і свиней (58%) припадає на індивідуальні селянські і малі фермерські господарства, і тому організація збору тваринного гною таким чином, який відповідатиме вимогам економічної доцільності, є питанням, яке потребує серйозного розгляду.

Гній сільськогосподарських тварин є значним джерелом виробництва біогазу – особливо у випадку великих молочнотоварних ферм. Гній великої рогатої худоби є сталим за складом, надійним, завжди і всюди наявним матеріалом. Інші джерела тваринного гною включають свиноферми і птахоферми. Завдяки своїм властивостям, гній забезпечує стабільність умов виробничого процесу, а існуючі системи збору рідкого гною значно спрощують процес поводження з цим матеріалом. В цілому, великі молочнотоварні ферми з великою кількістю голів мають найбільший потенціал в плані забезпечення установок на біогазі паливною сировиною, що обумовлюється дією ефекту масштабу. Підприємства, які спеціалізуються на інтенсивному вирощуванні і відгодівлі худоби (ІВХ), також можуть скористатись економічними перевагами, пов'язаними зі збором гною з метою його утилізації для потреб виробництва енергії. Спільне зброджування (використання матеріалів різного походження - наприклад, тваринного гною і харчових відходів) створює додаткові можливості для збільшення обсягів виробництва біогазу.

На основі даних Інституту економічних досліджень та політичних консультацій були визначені середні рівні виробництва біогазу з гною великої рогатої худоби,

свиней і домашньої птиці, які наведені в наступній таблиці (Таблиця 2-2). За розрахунками спеціалістів Інституту, загальний потенціал виробництва біогазу з гною сільськогосподарських тварин становить 2,536,000 м<sup>3</sup>/добу.

**Таблиця 2-2. Розрахункові обсяги виробництва біогазу з гною сільськогосподарської худоби**

	Поголів'я (000)*	Утворення навозу (ЛТР) на одиницю поголов'я (кг/добу)**	Рівень випаровуван ня ЛТР (%)	Утворення біогазу на кг ЛТР, (м <sup>3</sup> /добу)	Сумарний обсяг утворення біогазу, (000) (м <sup>3</sup> /добу)
<b>Велика рогата худоба</b>	1,720.1	0.88-5.29	35	0.4	824.6
<b>Свині</b>	2,730.9	0.041-0.93	40	0.8	461.7
<b>Домашня птиця</b>	85,720	0.036	45	0.9	1,249.8
<b>Всього</b>					<b>2,536.1</b>

Джерело: Кузнецова, А. і Куценко, К., 2010. «Біогаз і «зелені тарифи в Україні» - прибуткова інвестиція?» Німецько-український політичний діалог в сфері сільського господарства. Інститут економічних досліджень та політичних консультацій.

Примітки:  
 \*Цифри 2008 року.  
 \*\*Діапазон відображує рівні утворення навозу молодими і дорослими тваринами.

Карти, наведені на Рисунках 1-2 – 1-4, ілюструють розподіл чисельності поголів'я корів, свиней і домашньої птиці за регіонами України. Райони з великою чисельністю поголів'я є найбільш імовірними кандидатами на реалізацію проектів утилізації біогазу.

Виходячи з розрахунків рівнів утворення біогазу, для забезпечення виробництва метану в кількості 1000 м<sup>3</sup> на добу мінімальна необхідна чисельність поголів'я великої рогатої худоби має становити біля 1350 голів дорослих тварин. Для забезпечення виробництва 1000 м<sup>3</sup> біогазу на добу необхідна кількість поголів'я свиней, яка має бути зосереджена в одному місці, становить біля 3400 голів. Необхідна для цього чисельність поголів'я домашньої птиці становить більше 68,000 голів в одному районі, хоча послід домашньої птиці більш придатний до транспортування до централізованого пункту його переробки. Такі централізовані пункти повинні працювати як виробництва промислового масштабу.

Максимальний потенційний обсяг енергії, яка може вироблятися з усієї кількості відходів тваринництва, дорівнює 634 МВт, що, в свою чергу, передбачає необхідність виробництва біогазу в обсязі 4000 кубічних метрів на добу на кожен мегават енергії. Однак далеко не вся кількість відходів тваринництва є придатною для використання, що обумовлене особливостями економіки дрібнотоварного аграрного виробництва. Але оцінка розподілу тваринницьких ферм України за розміром є неможливою через відсутність відповідних даних. В якості консервативного припущення щодо реально можливого обсягу виробництва енергії з відходів тваринництва використовується величина, яка становить 25% від максимального потенційного обсягу, що приблизно дорівнює 160 МВт.





### 3. ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕХНОЛОГІЙ ВИКОРИСТАННЯ БІОГАЗУ

Цей розділ звіту містить огляд технологій утилізації біогазу, розглянутих у Звіті з визначення обсягів і складу робіт з СЕА, а саме:

- Звалищний газ
  - Мікротурбіни
  - Двигуни внутрішнього згорання
  - Газові турбіни простого циклу
- Зброджування відходів тваринництва
  - Двигуни внутрішнього згорання

#### 3.1 Проекти утилізації ЗГ

Виробництво енергії шляхом утилізації ЗГ наразі вважається однією з найбільш відпрацьованих і успішних технологій виробництва енергії з відходів. Зараз в 20 країнах світу працюють більше 600 установок виробництва енергії зі звалищного газу. Майданчик проекту утилізації звалищного газу зазвичай розташовується безпосередньо на полігоні відходів або поряд з ним. Для того, щоб забезпечити ефективний збір метану, робоча поверхня полігону має бути повністю або частково вкрита ізолюючим шаром.

До складу установки утилізації ЗГ входить система збору ЗГ, яка забезпечує збір та відведення газів, що містяться в тілі полігону, система очистки газу, яка як мінімум забезпечує видалення осадів і вологи, а також система генерації енергії, яка виробляє електроенергію і тепло шляхом спалювання газу. Також може бути встановлений додатковий котел для утилізації надлишкового тепла, що утворюється в процесі згорання, для потреб опалення або гарячого водопостачання. Типова схема сучасної установки утилізації звалищного газу наведена на наступному рисунку (Рисунок 3-1).

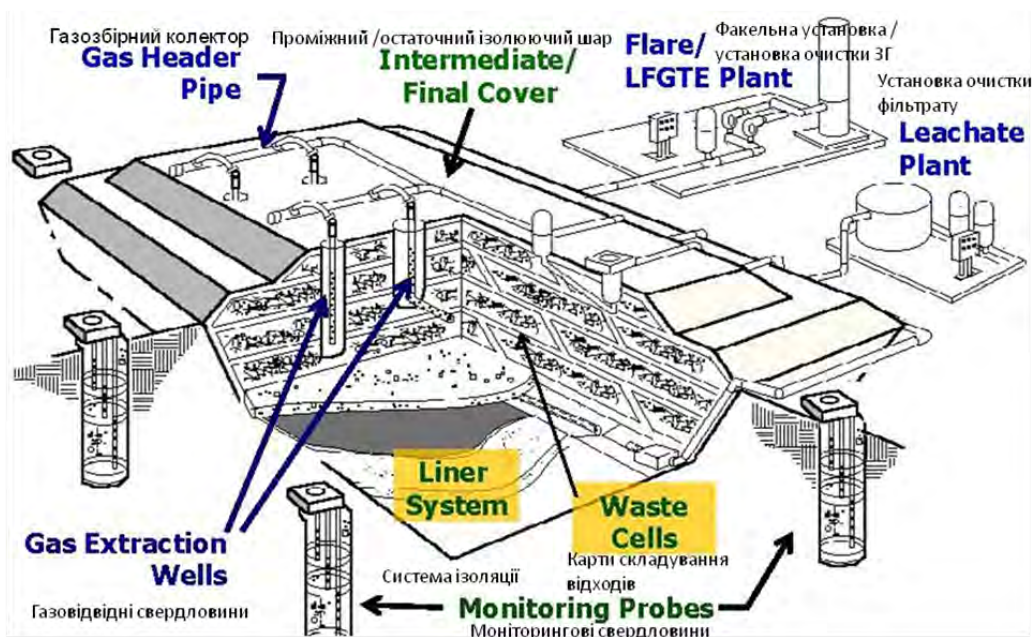


Рисунок 3-1. Схема установки утилізації ЗГ (матеріали АОНС США)

Система збору ЗГ включає велику кількість свердловин, з'єднаних з системою відповідного трубопроводу, яким газ надходить до головного колектору (дивіться Рисунок 3-1). Збір і надходження ЗГ зі свердловин до колектора і далі в систему очистки газу і виробництва енергії здійснюються за допомогою повітрорудовок. Необхідний розмір, тип і кількість повітрорудовок обираються в залежності від рівня витрат газу і відстані до наступних виробничих компонентів системи. Для контролю викидів ЗГ під час запуску та відключення системи утилізації енергії відходів встановлюються факельні установки, які також забезпечують спалення надлишкового газу, який перевищує потужність встановленого енергетичного обладнання.

Метан (45%-60%) і двоокис вуглецю (40%-60%) є основними складовими ЗГ, хоча газ часто містить різні мікродомішки, такі як амоній, сірководень і силосани. Склад і вміст мікробруднювачів дуже різняться від полігону до полігону в залежності від видів відходів, які складаються на кожному конкретному полігоні. Неочищений газ, утворений в масі побутових відходів, найімовірніше міститиме сполуки зі специфічним запахом (наприклад, терпени і карбоніли). Неочищений газ з промислових відходів містить миш'як у високих концентраціях. Сірка присутня у складі неочищеного звалищного газу у вигляді сірководню і органічних сульфідів і тіолів, розподіляючись між цими сполуками приблизно порівну. Таким чином, в залежності від видів забруднювачів, присутніх у складі ЗГ, та від типу використовуваної технології перетворення енергії, може виникнути необхідність в попередній очистці газу. При цьому будь-які спеціальні методи видалення неприємного запаху не застосовуються. Сірководень ( $H_2S$ ) є дуже реактивною сполукою, яка при контакті з водою в системі очищення газу утворює кислий розчин. Сірководень ( $H_2S$ ) присутній у складі газу метантенків, а ЗГ є ключовим фактором, що обумовлює скорочення терміну корисної експлуатації багатьох елементів системи утилізації біогазу. До того ж,  $H_2S$  є небезпечною сполукою, яка в концентраціях вище 700 часток на мільйон.

Без належного контролю ці забруднювачі можуть стати причиною зростання потреби в ремонті і технічному обслуговуванні обладнання, яке працює на біогазі, скорочення його експлуатаційного віку і непридатності газу для проходження через систему труб. Більшість систем первинної обробки газу включають принаймні такі елементи як установки зневоднення і фільтрації для видалення вологи і завислих речовин. Для нових систем типовим рішенням є використання охолоджувальних і компресорних систем для видалення водяної пари або вологи з маси ЗГ. При цьому очистка звалищного газу, призначеного для виробництва енергії, до рівня метану, придатного для проходження по системі трубопроводів, не є обов'язковою.

Обсяги виробництва енергії зі звалищного газу обмежуються рівнем надходження ЗГ з полігону, який, в свою чергу, залежить від обсягу накопичених на полігоні відходів, і зазвичай не перевищують 10 МВт. Найбільш розповсюджені технології перетворення енергії звалищного газу базуються на використанні поршневих двигунів внутрішнього згорання або газових турбін. Системи генерації енергії можуть дуже різнитись за масштабом і розміром, в рамках цієї оцінки розглядаються ті варіанти, які передбачають утилізацію ЗГ безпосередньо на майданчику полігону. В залежності від кількості зібраного газу, бажаних рівнів скорочення викидів і економічних характеристик кожного окремого проекту, можливий спектр вибору технологій включає такі варіанти як мікротурбіни, поршневі двигуни внутрішнього згорання (ДВЗ) і газові турбіни.

Очікуваний середній експлуатаційний вік системи утилізації ЗГ становить 15 років. Оскільки продуктивність виробництва ЗГ на закритих полігонах поступово скорочується, обсяги виробництва електроенергії або рівень використання виробничих потужностей енергетичної складової цієї системи з часом падають.

**(а) Поршневі двигуни внутрішнього згорання (100 кВт – 3 МВт)**

Поршневі двигуни внутрішнього згорання (ДЗГ) безсумнівно є найпоширенішою технологією, яка використовується для виробництва енергії. Ця технологія використовується на більшості установок виробництва електроенергії зі звалищного газу. Причинами такого широкого розповсюдження цієї технології є відносно невелика вартість, висока ефективність і відповідність виробничої потужності обсягам утворення звалищного газу на більшості полігонів. На наступному рисунку (Рисунок 3-2) показаний приклад установки утилізації ЗГ на базі поршневого двигуна.



**Рисунок 3-2. Установа утилізації ЗГ на базі поршневого двигуна внутрішнього згорання**

Типова схема установки зазвичай включає змонтований на окремій рамі блок поршневого двигуна і генератора з панеллю управління. Популярність двигун-генераторних установок обумовлена наявністю широкого вибору моделей і типів обладнання від різних виробників і обізнаністю виробничого персоналу про принцип роботи двигуна, який дуже схожий на автомобільний двигун. Зазвичай це двигун з іскровим запалюванням, який працює на природному газі, в модифікації, яка придатна працювати на газі з нижчою теплотворною спроможністю. Через свою високу ефективність і нижчі рівні викидів найчастіше обирається така модель двигун-генераторної установки як двигун на бідних палих сумішах з нагнітачем і синхронним генератором перемінного струму. Враховуючи те, що для роботи більшості таких двигунів необхідні компресори, які підвищують тиск газу до необхідного рівня, зараз випускаються новіші моделі двигунів на бідних палих сумішах (з нижчими рівнями викидів), що потребують невисокого тиску газу (від 14 до 35 кПа), в яких нагнітач стискає паливну суміш. Безнаддувні двигуни обираються дуже рідко і використовуються тільки в дуже малих системах, викиди від яких не є серйозною проблемою. Середня швидкість роботи двигунів перебуває в межах від 900 до 1,200 обертів на хвилину. З огляду на те, що більшість двигун-генераторних установок на звалищному газі і газі метантенків працюють в безперервному режимі, для довготривалого використання зазвичай обираються установки меншої швидкості. Основними видами викидів від таких установок є окиси азоту ( $\text{NO}_x$ ), окиси сірки ( $\text{SO}_x$ ), леткі органічні сполуки (ЛОС), окис вуглецю ( $\text{CO}$ ), двоокис вуглецю ( $\text{CO}_2$ ) і завислі тверді частки (ТЧ). Рівні викидів  $\text{SO}_x$  безпосередньо залежать від вмісту сульфідів у звалищному газі.



В залежності від обсягів виробництва газу можуть використовуватись установки з кількома двигунами. Двигун-генераторні установки зазвичай розміщуються в спеціальній будівлі, де існує можливість безперешкодного доступу і обслуговування всіх елементів цих установок. На наступному рисунку (Рисунок 3-3) зображений майданчик типової установки потужністю 1.6 МВт на базі поршневого двигуна. Системи охолодження зазвичай складаються з теплообмінників, які утилізують тепло водяної сорочки.



**Рисунок 3-3. Будівля установки утилізації ЗГ потужністю 1.6 МВт на базі поршневого двигуна (компанія DCO Energy)**

Для роботи системи потужністю 500 кВт в середньому необхідно порядку 5,000 м<sup>3</sup> ЗГ на добу, тоді як система потужністю 3 МВт вимагатиме біля 26,000 м<sup>3</sup> ЗГ на добу в залежності від якості газу і теплової потужності встановленого обладнання. Для належної роботи двигунів необхідно проводити періодичні техогляди і роботи з поточного обслуговування, які зазвичай включають незначні підгонки і заміну масел, фільтрів, охолоджувачів і свічок запалювання через кожні 500–2,000 годин роботи. Незначний ремонт (відновлення голівки циліндру і нагнітача) зазвичай проводиться через кожні 8,000–10,000 годин роботи. Якщо у складі біогазу присутні силоскани, які не видаляються в процесі очистки біогазу, міжремонтний період для дрібного ремонту має бути скорочений до 5,000 годин роботи. Заходи з крупного ремонту, включаючи заміну пістонів і прокладок, огляд колінчастого валу і заміну підшипників / пломб, зазвичай проводяться з регулярністю, яка становить від 30,000 до 72,000 годин роботи в залежності від типу обладнання і якості газу.

#### (b) Мікротурбіни (30-250 кВт)

Мікротурбіни є привабливим варіантом для невеликих полігонів, на яких утворюється від 400 до 3,000 м<sup>3</sup> біогазу на добу, де виробництво енергії безпосередньо на майданчику раніше було неможливим з економічних міркувань. Однак можливості для використання мікротурбін обмежуються досить високою вартістю одиниці виробничої потужності. Ця технологія використовується для виробництва електроенергії на полігонах відходів відносно недавно – перші промислові установки були введені в експлуатацію в 1998 році. Мікротурбіни представляють собою невеликі газові турбіни, які працюють на дуже великих швидкостях. Вони мають модульну конструкцію, до складу якої входять

аеростатичні підшипники і єдиний рухомий блок турбіни і генератора, номінальна потужність яких становить не більше 300 кВт. В рамках СЕА розглядаються установки потужністю від 30 до 250 кВт, оскільки системи більшої потужності (300 кВт+) стали з'являтися на ринку лише віднедавна. В своєму повному складі системи включають протишумовий екран і конструкції, що захищають обладнання від впливу несприятливих погодних явищ. До складу модуля входить мікротурбінний генератор разом з системами охолодження/утилізації тепла.

Якщо існує потреба у більш високих потужностях, на одному майданчику можуть бути встановлені кілька блоків. Невеликі блоки потужністю біля 30 кВт показані на наступному рисунку (Рисунок 3-4), а Рисунок 3-5 зображує типову установку відкритого типу, до складу якої входить блок очистки газу, бетонний підмурок і навіс для захисту від опадів.



Рисунок 3-4. Мікротурбіни Capstone (30 кВт)



**Рисунок 3-5. Відкрита установка у складі мікротурбін Capstone і блоку очистки газу**

Один блок потребує дуже мало місця – від менш ніж 1 м<sup>2</sup> для блоку потужністю 30 кВт до біля 9 м<sup>2</sup> для блоку потужністю 250 кВт. Очевидними перевагами мікротурбінних установок є мінімальний рівень шуму і відносно низький рівень викидів у порівнянні з установками на базі ДВЗ і газових турбін простого циклу. Всі газові мікротурбіни пристосовані для роботи на бідних паливних сумішах, що зазвичай є особливістю великих турбін, і тому характеризуються дуже малим потенціалом утворення викидів. Мікротурбіни сконструйовані таким чином, що найнижчі рівні викидів забезпечуються лише при роботі на повну потужність, а при частковому завантаженні часто спостерігаються вищі рівні викидів. Якщо вміст будь-якого забруднювача у складі ЗГ перевищує нормативний рівень, встановлений виробником, необхідно передбачити попередню очистку газу. Вміст силоксанів для мікротурбін вважається менш значною проблемою, ніж для поршневого ДВЗ.

Для роботи установки потужністю 30 кВт потрібно лише 400 м<sup>3</sup> ЗГ на добу, а система потужністю 250 кВт потребуватиме до 3,000 м<sup>3</sup> ЗГ на добу в залежності від концентрації метану в біогазі і теплової потужності встановлених блоків.

Стандартні процедури технічного обслуговування включають регулярні техогляди камери згорання і іншого обладнання, перевірку стану масляних підшипників і заміну повітряних і масляних фільтрів. Мікротурбіни, які працюють в дуже запиленому середовищі можуть потребувати частішої заміни фільтрів. Значний ремонт (заміна основного валу і техогляд / заміна камери згорання) зазвичай проводиться через кожні 20,000 годин роботи. Мікротурбіни часто працюють в режимі запуску, проходячи принаймні один цикл запуску-відключення на добу; існують певні застереження щодо тривалості експлуатаційного віку обладнання, яке працює в такому режимі.



### (с) Газові турбіни простого циклу (3-10 МВт)

На великих полігонах зі значними обсягами утворення ЗГ (на рівні 30,000 м<sup>3</sup> на добу і вище) можуть використовуватись газотурбінні генератори. Хоча виробники пропонують турбіни різної потужності – від 1 МВт до 50 МВт, в рамках СЕА розглядається можливість використання турбін потужністю від 3 МВт до 10 МВт. Газові турбіни досить стійко переносять присутність певних забруднювачів у складі газу. Такі забруднювачі як зола, лужні сполуки (натрій і калій) і сірка є причиною утворення лужних сульфатних відкладень, які перешкоджають проходженню газу, зменшують ефективність роботи обладнання і призводять до корозії деталей у гарячому відділенні турбіни.

Блок турбінного генератора включає газову турбіну, яка з'єднується з генератором за допомогою коробки передач. Блок зазвичай встановлюється на спільній рамі (модульна система кріплення) і має спеціальні засоби захисту від непогоди і шуму.

Ефективність роботи турбіни падає в умовах підвищеної температури навколишнього середовища. Існують такі моделі турбін, які здатні працювати на газі з відносно низьким запасом енергії, наприклад, на звалищному газі, який не придатний для транспортування трубопроводом. Крім блоку турбогенератора, установка може включати ще один модуль з допоміжним обладнанням. Рівні викидів від газових турбін є вищими, ніж від мікротурбін, але нижчими, ніж у ДВЗ.

Вимоги до щоденного поточного обслуговування передбачають необхідність візуального огляду фільтрів і загального стану обладнання. Планові техогляди мають проводитись через кожні 4,000 годин роботи для того, щоб переконатись у відсутності надмірної вібрації турбіни, яка може бути викликана зношеністю підшипників і роторів, або пошкодженням кромки лопатей турбіни. Значний ремонт зазвичай необхідно проводити з періодичністю, яка становить від 25,000 до 50,000 годин роботи. Такий ремонт передбачає повне обстеження і ремонт ключових елементів з метою повного або практично повного відновлення ефективності роботи турбіни. В якості альтернативи, власник турбіни може віддати перевагу повній заміні існуючого турбінного обладнання на нове.

## 3.2 Установки збродження гною сільськогосподарських тварин

Анаеробне збродження (АЗ) представляє собою процес мікробіологічного розкладу органічних відходів у вологому середовищі за відсутності повітря (кисню), в результаті чого утворюється газ, переважно у вигляді метану і двоокису вуглецю. Установки збродження зазвичай встановлюються в безпосередній близькості до тваринницьких ферм для того, щоб мати доступ до сировини. Типова схема установки збродження гною сільськогосподарських тварин зображена на наступному рисунку (Рисунок 3-6).





**Рисунок 3-6. Установа анаеробного зброджування гною великої рогатої худоби**

Існує багато видів установок зброджування, призначених для переробки відходів з певними властивостями. Найвні види установок зброджування сільськогосподарських відходів розглядаються далі. Слід мати на увазі, що більшість установок європейського виробництва є установками повного перемішування.

- **Критий анаеробний відстійник:** Великий земляний резервуар для збору біогазу з герметичним дном та стінками, частково чи повністю критий.



**Рисунок 3-7. Критий анаеробний реактор (матеріали компанії PSU)**

- **Реактор з пульсуючим потоком:** Криті прямиоточні або замкнені резервуари для збору біогазу. Відповідно до Тимчасових стандартів збору біогазу Служби охорони природних ресурсів Департаменту сільського господарства США (USDA-NRCS), реактор має наступну конфігурацію: співвідношення довжини до ширини в межах від 3.5:1 до 5:1 з мінімальною глибиною біля 2.5 метрів.



Рисунок 3-8. Реактор з пульсуючим потоком (матеріали компанії PSU)

- **Реактор повного перемішування:** Крилий металевий або бетонний резервуар круглої або квадратної форми для збору біогазу. До складу системи входять змішувачі для перемішування відходів. Мінімальна глибина становить біля 2.5 метрів. Ця система є найбільш розповсюдженою в країнах Європи.



Рисунок 3-9. Реактори повного перемішування – установка потужністю 526 кВт  
(матеріали компанії Biogas Nord)

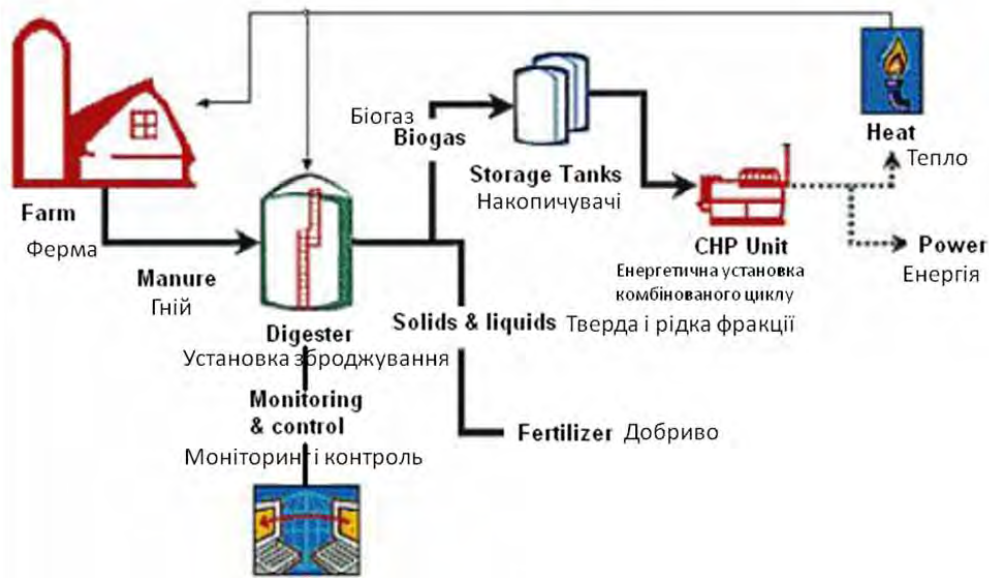


Рисунок 3-10. Приклад схеми процесу анаеробного збродження гною сільськогосподарських тварин.  
(Матеріали компанії Composting & Recycling Consultants Ireland)

Типові системи АЗ включають до чотирьох етапів: попередня очистка, стерилізація, збродження і остаточна обробка.

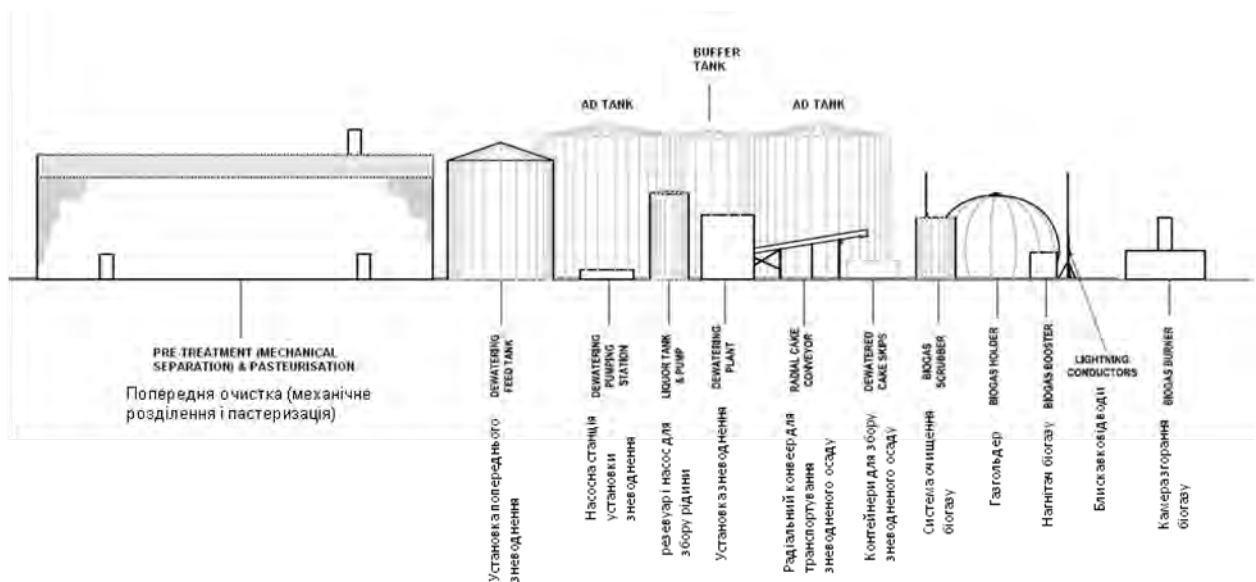


Рисунок 3-11. Схема типової установки АЗ

**Попередня очистка:** На стадії попередньої очистки відходи доводяться до такого фізичного і хімічного стану, який є придатним для процесу збродження. Попередня очистка сировини для установки анаеробного збродження передбачає видалення матеріалів, які не піддаються мікробіологічному розкладанню і не придатні для збродження, в результаті чого відходи перетворюються на однорідну суміш з невеликим розміром часток, яка дає можливість забезпечити максимальну ефективність процесу збродження завдяки видаленню матеріалів, здатних погіршити якість зброженого субстрату, а також захистити обладнання наступних

етапів від дії фракцій, які можуть заподіяти фізичної шкоди. Система попередньої очистки розміщується у окремій будівлі.

В залежності від складу відходів, матеріали, що не піддаються мікробіологічному розкладанню, можуть бути представлені металами, пластиком і склом. Ці матеріали можуть бути видалені за допомогою підвісних магнітних сепараторів і обладнання вихрового струму. Вилучені матеріали можуть стати предметом отримання додаткового прибутку, але це залежатиме від їхньої якості.

**Стерилізація (необов'язкова стадія):** В деяких країнах проводиться термічна стерилізація (або пастеризація) з метою видалення патогенних організмів з деяких матеріалів. Це насамперед стосується європейських країн, де діє вимога щодо того, що відходи тваринництва мають протягом 60 хвилин піддаватись дії високої температури (70°C). Термофільні температурні режими в установках зброджування в принципі не можуть вважатись достатніми для надійної стерилізації. Цей процес зазвичай проводиться у великих сталевих резервуарах і потребує додаткової теплової енергії, для чого часто використовується надлишкове тепло, що утворюється в системі генерації енергії, яка працює в комбінованому режимі виробництва тепла і електроенергії.

**Зброджування:** Відходи певний час перебувають в установці анаеробного зброджування, де відбувається їхнє перемішування і утворення біогазу. Зазвичай процес проходить в одному реакторі, але деякі розробники технологій і обладнання пропонують установки багатоступеневого зброджування. На першій стадії анаеробного зброджування відбувається розпад складних органічних сполук на їхні складові за допомогою процесу гідролізу. Приклади різних моделей установок зброджування показані на попередніх рисунках. За стадією гідролізу йде стадія кислотоутворення (кислотогенез), під час якої продукуючі кислоти бактерії перетворюють продукти гідролізу в прості органічні сполуки. Наступною стадією є ацетагенна стадія, під час якої відбувається утворення солей оцтової кислоти та інші обмінні процеси. Заключною стадією є метаногенна стадія або утворення метану з розчинних сполук за допомогою метан-продукуючих бактерій.

**Остаточна обробка:** Після зброджування проводиться обробка отриманого матеріалу з метою вилучення корисних супутніх продуктів. Окрім насиченого метаном біогазу, ще одним ключовим продуктом процесу АЗ є зброджений субстрат, який є сумішшю води і твердого осаду, який залишається після збродження. Для того, щоб отримати максимальний корисний ефект від обробки відходів в установці АЗ, необхідно забезпечити використання зброженого субстрату, який утворюється в процесі такої обробки. Хімічний склад і якість субстрату визначаються присутністю наступних сполук:

- Важкі метали та інші неорганічні домішки
- Стійкі органічні забруднювачі
- Біогенні речовини (фосфор, калій і азот, або PKN)

Може виникнути потреба у зневодненні субстрату шляхом розділення на тверду і рідку фракції. Тверда фракція може використовуватись безпосередньо після зневоднення або направлятись на компостування. Рідка фракція може використовуватись для розбавлення свіжої води, вноситись в ґрунт в якості рідкого добрива (що часто є предметом ліцензування), або направлятись на каналізаційні очисні споруди (часто після попереднього видалення завислих речовин).

Ключові характеристики і умови експлуатації цих установок узагальнені в наступній таблиці (Таблиця 3-1).



**Таблиця 3-1. Параметри роботи установок збродження**

<b>Характеристики</b>	<b>Критий анаеробний відстійник</b>	<b>Реактор з пульсуючим потоком</b>	<b>Реактор повного перемішування</b>
Бродильний резервуар	Глибокий відстійник	Прямокутний заглиблений в землю резервуар	Круглий/квадратний заглиблений/ наземний резервуар
Рівень технології	Низький	Низький	Середній
Додаткове тепло	Ні	Так	Так
Загальний вміст твердих речовин	0.5-3%	11-13%	3-10%
Характеристика твердих часток	Дрібні	Крупні	Крупні
ЧГУ* (діб)	40-60	15+	15+
Тип тваринницької ферми	Молочнотоварна, свиноферма	Тільки молочнотоварна	Молочнотоварна, свиноферма
Оптимальне розташування	Райони з помірним і теплим кліматом	Всі види клімату	Всі види клімату
<p><i>Джерело: Посібник AgSTAR, Програма AgSTAR АОНС США.</i></p> <p>Примітки:</p> <p>*Час гідравлічного утримання (ЧГУ) означає середню кількість діб, протягом яких певний обсяг рідини залишається в установці збродження.</p>			

В наступній таблиці (Таблиця 3-2) визначені розміри ключового обладнання для анаеробного збродження на установках, які обробляють відходи від поголів'я великої рогатої худоби приблизною чисельністю 7,000 голів.

**Таблиця 3-2. Розміри основного обладнання\***

<b>Параметр</b>	<b>Всього</b>
Субстрат (метричних тон на рік, волога вага)	116,000
Буферні резервуари	
Кількість	2
Діаметр (м)	16.5
Висота (м)	21.2
Установки анаеробного зброджування	
Кількість	6
Діаметр (м)	18.6
Висота (м)	21.9
Установки зневоднення	
Кількість	1
Діаметр (м)	18.5
Висота (м)	23.7
Загальна площа ділянки (га)	5.3
<i>Джерело: Компанія Black &amp; Veatch.</i>	
* Типова установка, яка обробляє відходи від дорослого поголів'я великої рогатої худоби приблизною чисельністю 7,000 голів	

Як вже згадувалось вище, біогаз в основному складається з метану і двоокису вуглецю, але може містити різні домішки, такі як піноутворюючі сполуки, осади, сірководень ( $H_2S$ ), амоній ( $NH_3$ ), інертні сполуки (переважно азот) і силікساني. Що стосується біогазу в установці зброджування, то він насичується вологою в умовах робочого температурного режиму, який існує в установці. Двоокис вуглецю, який входить до складу біогазу – так само, як і до складу ЗГ – розріджує запас енергії газу і зменшує його теплотворну спроможність, але в багатьох випадках він не видаляється з газу, який використовується для виробництва енергії безпосередньо на місці.

Біогаз зазвичай насичується вологою в умовах робочого температурного режиму, який існує в установці зброджування, а видалення вологи здійснюється так само, як і в процесі обробки ЗГ. Якщо волога не видаляється, в міру охолодження газу вона конденсується і накопичується в нижніх секціях труб, перешкоджаючи проходженню потоку газу. Що стосується проблем присутності забруднювачів і  $H_2S$ , то вони є аналогічними тим, які виникають в процесі роботи установок утилізації ЗГ.

#### (а) Проекти утилізації біогазу метантенків (250 кВт – 5 МВт)

Біогаз метантенків може використовуватись на місці для виробництва електроенергії або технологічного тепла. Для виробництва енергії можуть використовуватись двигуни внутрішнього згорання, газові турбіни, котли у поєднанні з паровою турбіною або паливні елементи. В рамках СЕА двигуни внутрішнього згорання були визначені як найкращий варіант.

Більшість локальних установок виробництва енергії з біогазу працює на базі двигунів внутрішнього згорання, спеціально спроектованих для роботи на біогазі з малою або середньою теплотворною спроможністю, які дають можливість скоротити обсяг газу, що потребує очистки. За типом і розміром двигуни внутрішнього згорання схожі на ті, які використовуються в проектах утилізації звалищного газу, про що вже згадувалось вище, хоча типові установки на біогазі при тваринницьких комплексах зазвичай мають меншу потужність. Умови експлуатації цього обладнання також аналогічні умовам, передбаченим для проектів утилізації звалищного газу на базі ДВЗ. Показники ефективності і навантаження аналогічні тим, які визначені в Розділі 3.1 (а). Як вже згадувалось вище, необхідно забезпечити видалення домішок з біогазу – у протилежному випадку їхня присутність скорочуватиме експлуатаційний вік обладнання.

### 3.3 Огляд технологій використання біогазу

Таблиця 2-3 містить ключові експлуатаційні і економічні показники роботи обладнання для виробництва енергії з біогазу, отриманого зі звалищного газу або газу метантенків.

Показники викидів, утворених в процесі спалення біогазу, наведені в наступній таблиці (Таблиця 3-4).

**Таблиця 3-3. Експлуатаційні і економічні показники роботи обладнання для виробництва енергії з біогазу (ЗГ і газ метантенків)**

	<b>Мікротурбіни</b>	<b>Поршневі двигуни внутрішнього згорання</b>	<b>Газові турбіни простого циклу</b>
<b>Розмір системи</b>			
Потужність (кВт)	30-250	250-3,000	3000-10,000
Площа майданчиків полігону (га)	<10	10-35	>35
Площа майданчиків установок анаеробного зброджування (га)	-	5**	-
<b>Експлуатаційні характеристики</b>			
Електричний ККД (%)	23-27	30-33	22-30
Сумарний ККД системи з утилізацією тепла (%)	64-73	74-81	68-71
Коефіцієнт використання потужностей	80%-90%	80%-90%	80%-90%
<b>Споживання газу (м<sup>3</sup>/добу)</b>	400-3,000	1,000-26,000	30,000-100,000
<b>Споживання води</b>			
ЗГ	Мізерно мале	Мізерно мале	Мізерно мале
Анаеробне зброджування	?		
<b>Типові рівні витрат</b>			
Капітальні витрати (\$/кВт)*	4,000-4,800	1,500-2,500	2,000-2,500
Витрати на ремонт і обслуговування (\$/МВт-годину)	25-30	16-20	12
Частота заміни двигунів/турбін (часи роботи)	20,000	30,000-72,000	25,000-50,000
Джерело: компанія Black & Veatch і АОНС США. *Не включають витрати на облаштування систем збору газу або установок анаеробного зброджування **Не включають площі, на яких вирощуються тварини, що продукують відходи			

**Таблиця 3-4. Показники викидів від процесу спалювання біогазу<sup>(a)</sup>**

<b>Забруднювач</b>	<b>Газові турбіни простого циклу</b>	<b>Поршневі двигуни внутрішнього згорання (ДВЗ)<sup>(b)</sup></b>	<b>Мікротурбіни</b>
NO <sub>x</sub> (г/МВт-годину)	490 – 1102	671 – 2,681	227 – 363
CO (г/МВт-годину)	240 – 322	2,409 – 3,751	136 – 662
SO <sub>2</sub>	Коливаються <sup>(c)</sup>	Коливаються <sup>(c)</sup>	Немає
ТЧ	Немає	Немає	Немає
ЛОС (г/МВт-годину)	Немає	838-894	9 – 454
CO <sub>2</sub> (кг/МВт-годину)	640 – 856	529 – 607	774 – 875
Джерело: АОНС США і Комітет повітряних ресурсів Каліфорнії. Примітки: (a) Без обладнання для контролю викидів. (b) Бідна паливна суміш. (c) Залежить від вмісту сірки в паливі. (d) Потребує очистки палива для видалення ТЧ.			



**(а) Особливості під'єднання до енергомереж і необхідні складові елементи**

Двигуни внутрішнього згорання і газові турбіни є генераторами реактивної потужності – це означає, що в залежності від рівня вихідної потужності і компенсації коефіцієнта потужності може виникати таке явище як самозбудження генератора, яке приводить до зростання вмісту вищих гармонік в струмі. Це, в свою чергу, може впливати на стабільність підключення до енергомережі, особливо у випадку енергетичних систем меншої потужності (наприклад, радіальних розподільчих мереж). Індукційні генератори також створюють зверхперехідний реактивний опір, який призводить до виникнення високого струму пошкодження за умов нижчої напруги. Існують різні моделі трансформаторів на бетонній подушці, які також можуть впливати на зростання або скорочення рівнів струму пошкодження в системі, і тому дуже важливо спроектувати таку систему, яка буде здатна утримувати опір нульової послідовності на мінімальному рівні і при цьому мати певну ємність відносно землі (для того, щоб уникнути стрибків напруги). Для збільшення опору нульової послідовності до з'єднань нейтралі мережі можуть бути підключені реактори нейтралі або резистори, які зменшуватимуть рівень струму пошкодження. Більш детальна інформація з цих питань міститься у Додатку В.

Станції на біогазі мають очевидну перевагу, оскільки можуть працювати в режимі базисного навантаження в умовах контрольованого і регульованого надходження палива. Це дає можливість відстежувати навантаження і зменшувати дисбаланси напруги в системі, які створюють в мережі ефект пульсації напруги.

Станції на біогазі зазвичай мають потужність не більше 5 МВт і можуть підключатись до низьковольтних розподільчих мереж, але при цьому необхідно уникнути перевищення максимально припустимого рівня навантаження на підстанцію. Підключення до мереж вищої напруги вимагає значних фінансових витрат, але будь-яких технічних перешкод для цього не існує. При підключенні до низьковольтних мереж більш надійним рішенням буде під'єднання до підстанції, а не безпосередньо до мережі, оскільки це дасть можливість уникнути утворення струму пошкодження в системі. Для підключення до підстанції необхідно передбачити прокладання з'єднувальної лінії між проектним майданчиком і підстанцією. Незалежно від масштабу і розміру, для всіх проектів утилізації біогазу необхідно передбачити проведення досліджень з вивчення таких питань як поточкорозподіл навантаження, струми короткого замикання і стабільність. Це дасть можливість уникнути будь-яких специфічних проблем, які можуть існувати в точці підключення.

**(б) Наявність необхідного обладнання в Україні**

Для того, щоб мати право на застосування «Зеленого тарифу» починаючи з 2012 року і далі, об'єкти використання відновлюваної енергії повинні використовувати принаймні 30% сировини, матеріалів, основних фондів, робіт і послуг українського походження (або «положення про питому вагу сировини і матеріалів українського походження») від загальної вартості будівництва. Починаючи з 2014 року, частка сировини і матеріалів українського походження повинна зрости до 50%.

Невеликі генераторні установки українського виробництва можуть бути в наявності, оскільки вони є типовим обладнанням. Система збору газу також складається зі стандартного обладнання. Що стосується елементів системи анаеробного зброджування, то може виникнути необхідність у використанні імпортного обладнання або у будівництві обладнання за індивідуальним замовленням.

### 3.4 Питання вибору майданчика

Ключові міркування, пов'язані з вибором майданчика, стосуються близькості його розташування до джерела сировини і наявності достатньої кількості субстрату для виробництва біогазу (тобто розміру і віку майданчиків полігонів у випадку ЗГ і кількості/близькості розміщення поголів'я худоби у випадку газу метантенків), розміру наявної ділянки для будівництва необхідних споруд для збору і очистки біогазу, доступу до цих споруд, близькості розташування відносно ліній електропередачі, близькості розташування відносно центрів споживання електроенергії і пропускна здатність існуючих ліній електропередачі. Такі питання як візуальні впливи і неприємні запахи навряд чи стануть великою проблемою, оскільки мова йде про вже діючі полігони і тваринницькі ферми.

### 3.5 Будівельні роботи

Конкретні види та обсяги будівельних робіт визначаються специфікою кожного окремого проекту і залежать від джерела біогазу (ЗГ, гній сільськогосподарських тварин і тип субстрату) і розміру об'єкту. В цьому розділі наводиться типовий перелік будівельних робіт, потреба в яких може виникнути під час реалізації проекту. Потреба у додаткових видах робіт може існувати у випадку значної віддаленості об'єктів або їхнього дуже великого розміру; в цьому випадку мова може йти про необхідність будівництва тимчасових офісних приміщень, санітарних служб або установки з приготування бетонної суміші.

- Будівництво під'їзних доріг, забезпечення системи безпеки і охорони на майданчику (огорожа, пропускні пункти)
- Розчистка майданчика і корчування/видалення рослинності
- Профілювання поверхні і земляні роботи (неглибокі),
- Укладання труб і підземних комунікацій (водопостачання, дренаж)
- Будівництво споруд збору газу (ЗГ)
  - Облаштування свердловин
  - Облаштування системи збору газу
  - Облаштування системи ізоляції / укладання ізоляційного шару
- Будівництво системи збору гною / субстрату (гній сільськогосподарських тварин)
  - Обсяг робіт визначається в індивідуальному порядку залежно від особливостей конкретного майданчика, обсягів і типу субстрату, і близькістю поголів'я тварин до майданчика установки анаеробного зброджування
  - До складу робіт можуть входити такі роботи як облаштування траншей та укладання труб, а також встановлення насосного обладнання
- Зведення сталевих і залізобетонних конструкцій,
  - Підмурки для газоочисного обладнання, механічних елементів енергетичного обладнання, резервуарів АЗ,
  - Встановлення опалубки
  - Заливка і ущільнення бетону, затвердіння бетону і зняття опалубки
  - Зведення сталевих конструкцій
- Встановлення механічного обладнання
  - Газоочисне обладнання (обладнання для видалення піноутворюючих сполук/осадів, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, зневоднення, видалення силоксану)
  - Енергетичне обладнання (турбіни, ДВЗ, мікротурбіни),
- Запуск, тестування і здача в експлуатацію.

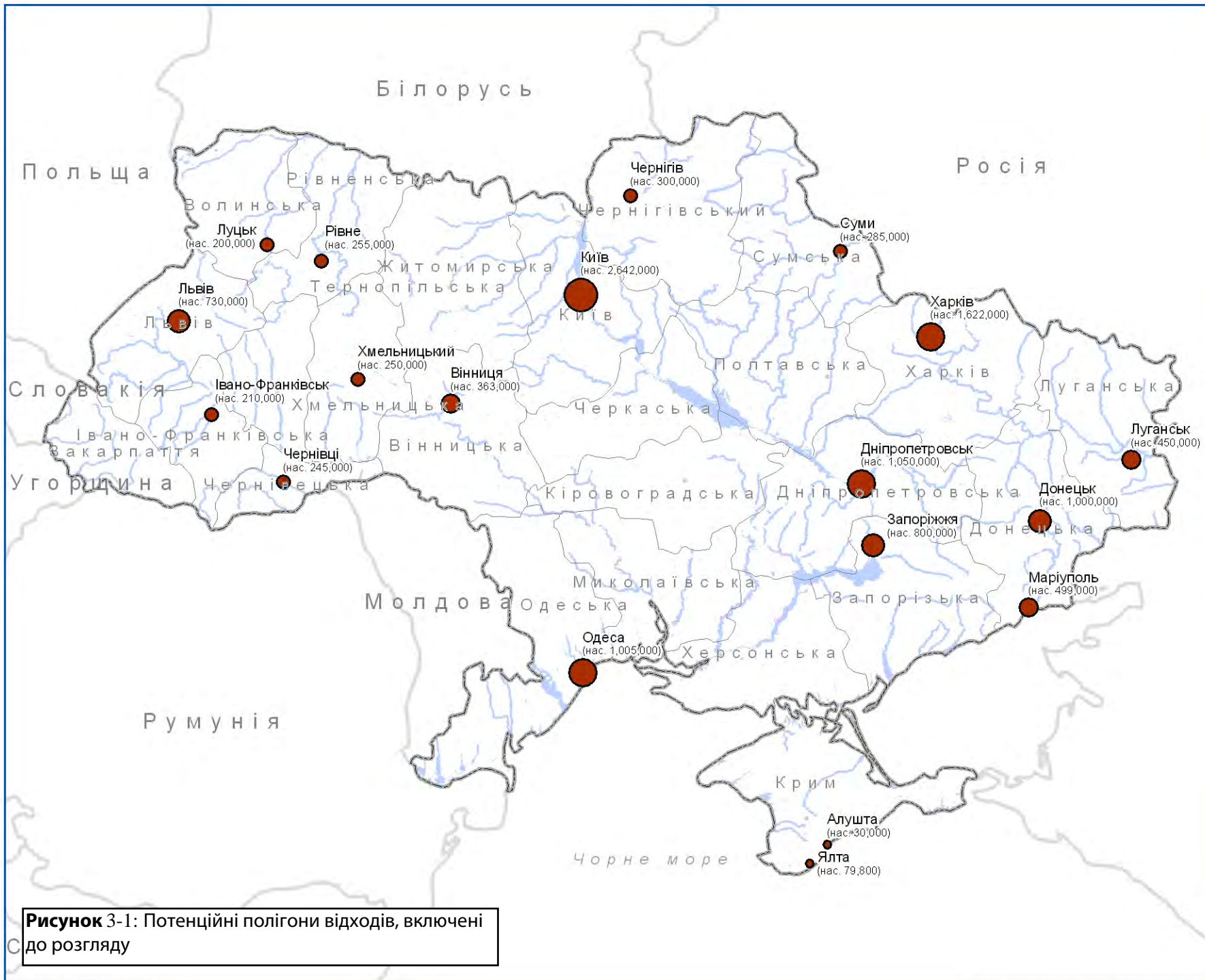
## РИСУНКИ

**Рисунок 3-1: Потенційні полігони відходів, включені до розгляду**

**Рисунок 3-1. Чисельність поголів'я великої рогатої худоби по регіонах України (2009)**

**Рисунок 3-1. Чисельність поголів'я свиней по регіонах України (2009)**

**Рисунок 3-1. Чисельність поголів'я домашньої птиці по регіонах України (2009)**



**Рисунок 3-1:** Потенційні полігони відходів, включені до розгляду

**Програма фінансування альтернативної енергетики в Україні**  
**Стратегічний екологічний аналіз**

**Потенційні полігони відходів**

**Умовні позначки**

**Населення**

- 30,000 - 100,000
- 100,001 - 300,000
- 300,001 - 500,000
- 500,001 - 1,000,000
- 1,000,001 - 2,000,000
- 2,000,001 - 2,642,000

0 50 100  
 Кілометри  
 1 cm = 60 km

USELF  
 Ukraine Sustainable Energy Lending Facility

**BLACK & VEATCH**  
 Building a world of difference!





**Програма  
фінансування  
альтернативної  
енергетики в Україні  
Стратегічний  
екологічний аналіз**

Ресурси біогазу

Умовні позначки

**Поголів'я свиней  
2009 рік**

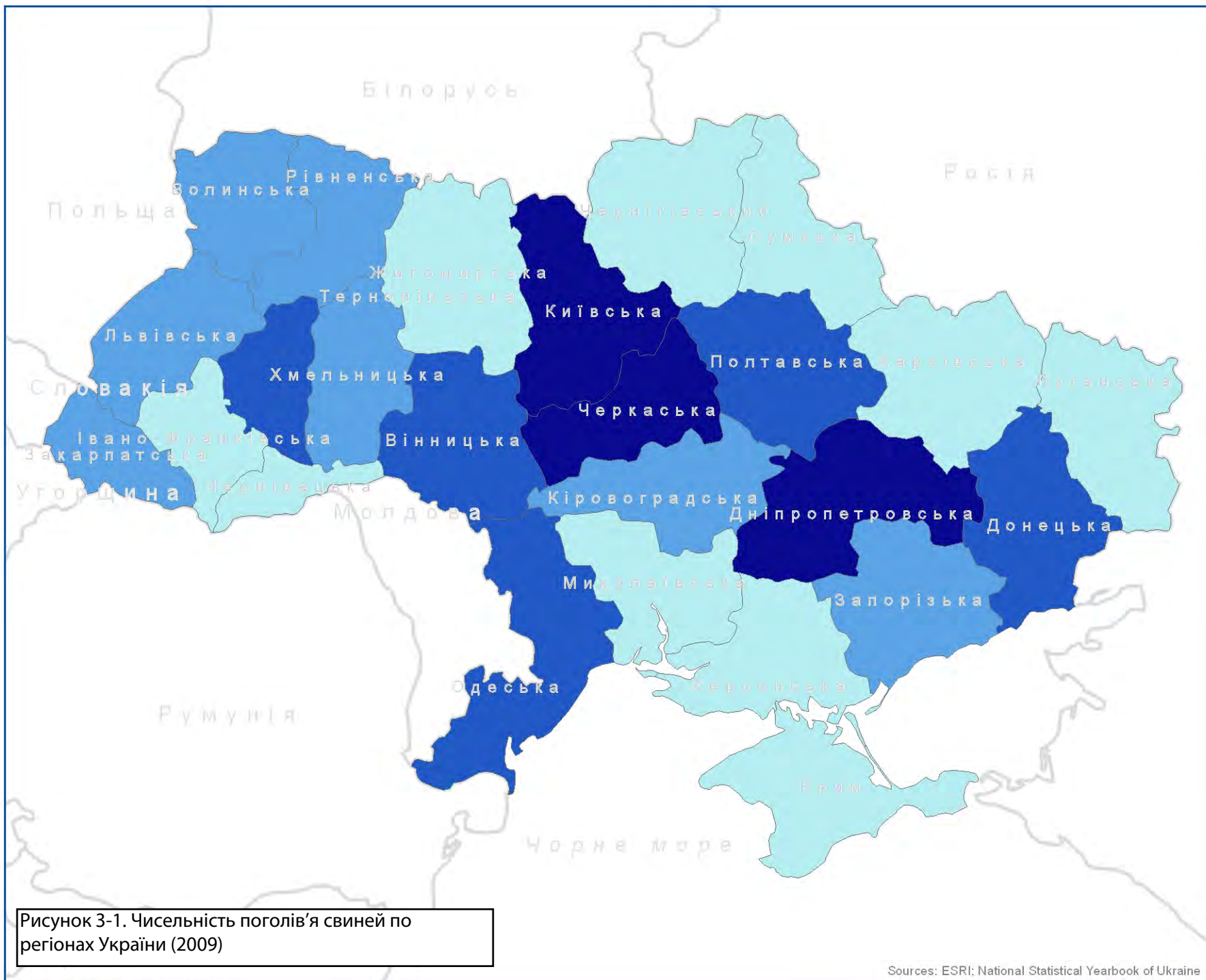
**Тисяч голів**



0 50 100

Кілометри

1 cm = 60 km



**Рисунок 3-1. Чисельність поголів'я свиней по регіонах України (2009)**

Sources: ESRI; National Statistical Yearbook of Ukraine



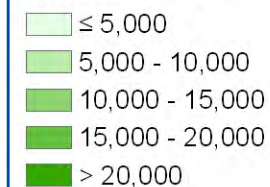
**Програма  
фінансування  
альтернативної  
енергетики в Україні  
Стратегічний  
екологічний аналіз**

Ресурси біогазу

Умовні позначки

**Поголів'я птиці  
2009 рік**

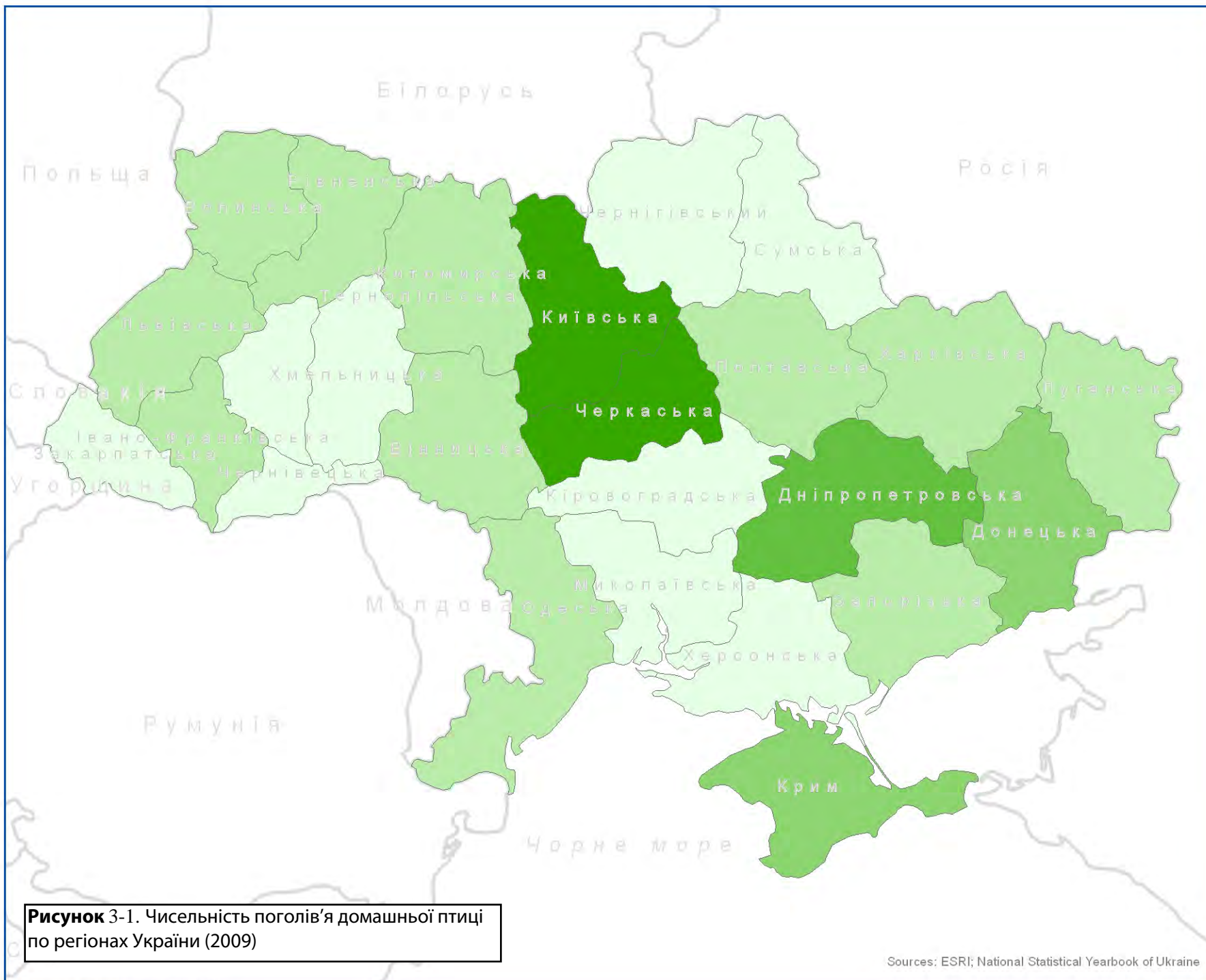
**Тисяч голів**



0 50 100

Кілометри

1 cm = 60 km



**Рисунок 3-1. Чисельність поголів'я домашньої птиці по регіонах України (2009)**

Sources: ESRI; National Statistical Yearbook of Ukraine

**ДОДАТОК А. ПЕРЕЛІК ПОТЕНЦІЙНИХ ПОЛІГОНІВ ВІДХОДІВ**

	Місто	Населення	Рік відкриття	Рік закриття	ТПВ (тон на рік)	Обсяг накопичення ТПВ (мільйонів тон)	Площа (га)	Товщина (м)	Розрахункова потужність (МВт)
1	Київ	2,642,000	1986		500,000	7.5	35.5	15 - 20	5.8
2	Харків	1,622,000	1975		200,000	2.2	20.8	30	1.7
3	Дніпропетровськ	1,050,000	1998		85,000	0.5	7.5	15	0.4
4	Одеса	1,005,000	1972		250,000	5.3	30	22 - 25	4.1
5	Донецьк	1,000,000	1991	2021	150,000	2.5	21.5	10 - 15	1.9
6	Запоріжжя	800,000	1952		270,000	8 - 12	47	25	7.8
7	Львів	730,000	1959	2008	230,000	8.4	33.3	35	6.5
8	Маріуполь – Орджонікідзевський р-н	480,000	1976	2008	100,000	2.5	12.3	20	1.9
9	Маріуполь		1967	1976		2.142	12.3	25	1.7
10	Луганськ	450,000	1979		80,000	2.5	8.4	20 - 25	1.9
11	Хмельницький	250,000	1956	2010	75,000	3	8.8	35	2.3
12	Рівне		1959	1989	120,000	2	22	15 - 25	1.6
13	Чернігів	300,000	1961		110,000 - 180,000	2 - 2.5	14	15 - 20	1.8
14	Луцьк	200,000	1992	2010			8.9	10 - 12	н/д
15	Алушта		1960			0.83		40	0.6
16	Чернігів		1961			4	24.6	20	3.1
17	Чернівці		1995		70,000- 80,000	0.8	25	15 - 18	0.6
19	Івано-Франківськ		1992	2012					0.0
20	Сумський полігон # 1		2007	2013		300,000 м <sup>3</sup>	7	14	н/д
21	Сумський полігон # 2		1998	2004			6	10	н/д
22	Сумський полігон # 3		2002	2007		1.1	6	22	0.9
23	Сумський полігон # 4		1980	1997		2.4	12	20	1.9
24	Вінниця		1985	1994					н/д
25	Ялта		1973	2006	110,000	1.2	4.15		0.9

Припущення: Кожен мільйон тон відходів містить 8.5 кубічних метрів ЗГ, які можуть бути утилізовані; ЗГ на 50% складається з метану.