



УКРАЇНА

(19) UA (11) 78110 (13) C2
(51) МПК (2006)
C12P 5/00
C12M 1/107
C02F 11/04

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) ФЕРМЕНТАТОР БІОГАЗУ

1

(21) а200503019
(22) 04.04.2005
(24) 15.02.2007
(46) 15.02.2007, Бюл. № 2, 2007 р.
(72) Адаменко Іван Олексійович, Адаменко Олексій Іванович
(73) Адаменко Іван Олексійович
(56) RU 2073360 C1, 10.02.1997
RU 2082682 C1, 27.06.1997
(57) Ферментатор біогазу, що має ізольований робочий об'єм метанового бродіння, герметизова-

2

ний газозбірник, насоси завантаження, придонного перемішування біомаси і вивантаження старого мулу, засоби плавучості і термостатування, який відрізняється тим, що герметизований газозбірник виконано світлопрозорим для видимого спектра і обладнано обертовим іммобілізатором метанових мікроорганізмів з щільними світло- і газопідводами, розміщеними на межі газ-суспензія, а насос завантаження обладнано бункером і шнековими подавачами мулу чи біомаси.

Винахід відноситься до поновлюваних джерел енергії і може бути використаний у сільському господарстві.

Ферментація органічної маси використовується у сільському господарстві, на очисних спорудах, при утилізації побутових і промислових викидів.

В Україні уже діє національна програма по використанню поновлюваних джерел енергії. Біогаз є складовою частиною цієї програми.

Даний винахід ставить мету використати енергію рослинних залишків, накопичуваних малими шарами у водоймах.

Україна має водойми з площею поверхні $2 \cdot 10^{10} \text{ м}^2$, великих річок з довжиною більше 5000 км - 14, довжиною 101-500 км - 123, довжиною 25-100 км - 968 довжиною 10-25 км - 3020, малих річок з довжиною до 10 км - 68790.

Озер є 20 тисяч, з них більше 7 тисяч мають площу поверхні води $0,1 \text{ км}^2$. Болота займають $1,2 \text{ млн. га}$. При цьому $0,9 \text{ млн. га}$ боліт мають поклади торфу. Ферментація мулу метановим бродінням має важливу перевагу: маса втратила клітинну структуру і підготовлена до метанового бродіння, продукти розділяються природно, без фільтрацій, сепарацій, відстоювання. Виділяється біогаз. Залишається шлам з важливими мінеральними речовинами, які підвищують родючість ґрунту.

Процес іде анаеробно в замкнутих об'ємах при температурі $30-60^\circ\text{C}$.

Перша біогазова установка в Україні була побудована на острові Хортиця в 1950 р. На очисних спорудах міст біогазові установки мають об'єми до 1000 м^3 . На фермах об'єм метантенків не перевищує 500 м^3 .

Приведено деякі дані біогазової установки Всесоюзного інституту електрифікації сільського господарства.

Ця установка є аналогом даного винаходу.

Якщо ферментер біогазу має об'єм 1 м^3 і завантажений біомасою з вологістю $K_b=0,9-0,96$, то сухої речовини ($K_c=1-K_b=0,04$), буде $100 \div 40 \text{ кг}$, які дадуть від 20 до 80 кг біогазу (коефіцієнт ферментації $K_f=0,5 \div 0,8$ за 22 доби). За добу з однієї тони суспензії одержуємо $0,9-3,6 \text{ кг}$ біогазу з енергією

$$(0,9 \div 3,6 \text{ кг}) \times (4 \div 6,6) \text{ кВт.г} = 3,6 \div 22,7 \text{ кВт.г}$$

Ферментер у повітрі при перепаді температур 50°C витрачає за добу

$$K_{\Delta O} \cdot h = 6 \text{ Вт/м}^2 \cdot 50^\circ\text{C} \cdot 24 \text{ г} \cdot 10^{-3} \text{ кВт.г} = 7,2 \text{ кВт.г/м}^2$$

Якщо ферментер має форму куба, то при $V=1 \text{ м}^3$ поверхня має площу $S=6 \text{ м}^2$, і загальні втрати енергії становитимуть $7,2 \times 6 = 43,2 \text{ кВт.г}$.

Ферментер об'ємом 1 м^3 явно недоцільний.

Одержати енергію з рослинних залишків можна при збільшенні масштабів установок, при зменшенні теплових втрат через бокові поверхні до значень $K=1 \div 2 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, при підвищенні вмісту сухої речовини, де $K_c=0,2$ прискоренню циклу бро-

(13) C2

(11) 78110

(19) UA

діння у 3-5 раз, використанні сонячної енергії для створення оптимальних умов для метанового бродиння.

Метанове бродиння викликає група мікроорганізмів, механізм взаємодії яких ще не досліджено, не виявлена роль дихання, джерел водню, вуглекислого газу.

Прототипом пристрою для ферментації служить біоенергетична установка для метанового бродиння. Описана в довіднику ["Теплиці та тепличні господарства", Київ, урожай, 1993р., стор.422, стор.177, автори Г.Г.Шишко, В.О. Потапов, Л.Г. Суліма, Л.С. Чебанов].

Прототип має метантенк з системою обігрівання, збірну ємність, ємність теплообміну, газгольдер, гнозбірник і насоси для перекачування гною, теплоносія, шлаку. Анаеробний процес здійснюється у затемненому об'ємі.

Прототип використовує органічну масу викидів тваринницьких ферм, яка повинна бути ізольована від довкілля. Тому метантенки виконуються стійкими до корозії, здатними утримувати масу. На метантенки відносяться транспортні затрати та затрати на зберігання маси на протязі всього періоду ферментації, 22 доби.

Задачею винаходу є використанні мулу водно-йм, річок, боліт у тонких шарах, скорочення періоду ферментації, підвищення ефективності біогазу, виростити повноцінну маточну культуру - старий мул, підвищити вміст метану у біогазі.

Це досягнуто тим, що ферментер біогазу має ізольований робочий об'єм метанового бродиння, насоси завантаження, придонного перемішування біомаси і вивантаження старого мулу, засоби плавучості і термостатування, який відрізняється тим, що герметизований газозбірник виконано світлопрозорим для видимого спектру і обладнано обертовим іммобілізатором метанових мікроорганізмів з щільними світло і газопідводами, розміщеними на межі газ-суспензії, а насос завантаження обладнано бункером і шнековими подавачами мулу чи біомаси.

Приведені креслення пояснюють суть винаходу.

При цьому: Фіг.1 - Схема ферментера біогазу

Фіг.2 - Схема розміщення мішалок і іммобілізатора

Фіг.3 - Підбирачі мулу.

Ферментер біогазу розміщений у воді і знаходиться на плаву при заповненому мулом остові (поз.1, Фіг.1). Остов має бокові стіни і днище, виконані із теплоізоляційного, плаваючого, з обігрівними елементами листового матеріалу, яким надана форма паралелепіпеда з розмірами b, l, h - шириною, довжиною, висотою, (м) об'ємом V і площею поверхнею

$$S = V \cdot 2 \left(\frac{1}{b} + \frac{1}{l} + \frac{1}{h} \right) m^2, \text{ якщо } V \text{ має вимір у } [m^3]$$

Остов обладнано бункером 2, підбирачем мулу 3, іммобілізатором 4, донним перемішувачем 5, герметичним газовим куполом із світлопрозорого матеріалу 6, вивантажником старого мулу (шламу) 7, завантажувачем мулу 8.

Газозбірник має патрубок 9 для приєднання до газгольдера, розміщеного на березі.

Підбирач мулу 3 закріплюється на бункері 2 з можливістю рухатися з двома ступенями вільності: вверх-вниз і вправо-вліво. Підбирач має придонне закінчення у вигляді розрихлювача мулу 10, Фіг 3, який направляє мул до подаючого шнеку. Цим забезпечується збирання мулу у радіусі досяжності підбирача і наповнення мулом бункера 2 і робочого об'єму ферментатора-маточника.

Ферментер біогазу працює при заповненні робочого об'єму мулом з вологістю 0,8-0,9 і заповненні об'єму до рівня, що нижче лінії газового купола на висоту хвилі.

Заповнений мулом об'єм перемішується придонним розрихлювачем і іммобілізатором. В об'ємі підтримується однорідна рухлива суспензія із води і залишків рослинної і водоростевої маси. Вводиться маточна культура метанового бродиння. Для цього використовується бункер і насос завантаження. Включаються пристрої обігріву і досягається температура 55°C. Включаються перемішувачі, розміщені на межі газ-суспензії, що служать іммобілізаторами і карболізаторами газу. Процес ферментації почався.

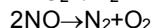
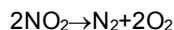
Аналоги і прототип використовують анаеробне метанове бродиння у закритому і затемненому об'ємі метантенків-циліндрів, висота яких досягає 10м.

Ферментер біогазу по даному винаходу виконується плаваючим. Це вирішує питання міцності. Внутрішній тиск зрівноважується зовнішніми силами.

Друга особливість винаходу полягає у збільшенні розмірів горизонтальних. Тонший шар суспензії має більшу поверхню світлосприймання.

Третя особливість: анаеробний процес здійснюється при освітленні сонцем. Остов ферментера біогазу прикривається герметизованим світлопрозорим для видимого спектру куполом-газозбірником.

Створюється газовий об'єм, у якому 67% метану і 33% вуглекислого газу. Це є недоліком. Метанові бактерії не можуть мати контактів з газовим середовищем. Винахід усуває цей недолік, розміщенням на межі газ-суспензії іммобілізатора із щільними світло і газопідведенням і переведенням об'ємного процесу бродиння у поверхневий. Іммобілізатор обертається і продовжує процес вивільнення вуглецю із CO₂ і зв'язування водню з вуглицем у метан CH₄. Вуглекислий газ захватується із газового купола і вноситься в суспензію. Метанові організми для свого росту в період дихання потребують кисню. Це є відомим фактором, який використовується в очисних спорудах для денітрифікації води. Метанові мікроорганізми в так званому старому мулі у затемненій частині очисника розривають молекули окислів азоту і забирають кисень



В очисних спорудах ці реакції проводяться в затемненій частині очисника тому, що у воді є водорості, які на світлі виробляють кисень і забезпечують ним метанових мікроорганізмів. У метантенку водоростей нема. Метанові мікроорганізми постійно потребують кисень і знаходять його у воді H₂O і у вуглекислом газі виробленого біогазу.

Енергія утворення метану із вуглецю і водню

$$\Delta H_{\text{CH}_4} = \Delta H_{\text{C}} + 4\Delta H_{\text{H}} - \Delta H_{\text{CH}_4} =$$

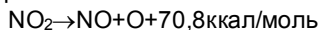
$$= 171 + 4 \cdot 52,1 - 17,9 = 397,5 \text{ ккал/моль}$$

Для порівняння:

$$\Delta H_{\text{CO}_2} = 192,2 \text{ ккал/моль}$$

$$\Delta H_{\text{H}_2\text{O}} = 221,6 \text{ ккал/моль}$$

Відщеплення кисню від окислу азоту потребує енергії



[В.Н. Кондратьев. Структура атомов и молекул. Москва. 1959 стр.524, стр.498].

Метанові мікроорганізми виконують велику роботу. Ферментери повинні створювати умови для їх росту і розвитку.

Молекули води мають менші сили зв'язку між атомами ніж молекули окислів азоту. Поживившись киснем, метанові мікроорганізми вивільняють водень і вуглець, які утворюють молекули метану, CH_4 . Вуглець вивільняється із вуглекислого газу. Сонячне світло своїми квантами збуджує молекули води. При достатній енергії кванта відбувається фотоліз води і утворення йонів O^{2-} і $2[\text{H}^+]$, які використовуються мікроорганізмами у всіх стадіях розкладу органічної маси. Збуджені молекули води швидше віддають кисень споживачам. Це підвищує швидкість ферментації. Сонячне світло постачає велику теплову енергію. Ця теплова енергія вноситься в масив суспензії.

Імобілізатор виконано із сіток, що утримують мікроорганізми, в робочому об'ємі.

Маточна культура мікроорганізмів вноситься один раз. Швидкість росту маси мікроорганізмів в імобілізаторах збільшується в 2 рази.

Імобілізатор обертається. Відбувається постійна зміна світлового і темпового періодів і заміна маси суспензії, яка виноситься на світло.

Відкритий до світла газозбірник сприймає сонячне випромінювання потужністю $1,3 \text{ кВт/м}^2$ на протязі 10-12 годин. Площа газозбірника $S = B \cdot l$.

Енергетичний баланс ферментера-підбирача має сумарне надходження енергії

$$Q_{\text{пр}} = P \cdot S \cdot h_g = 1,3 \text{ кВт/м}^2 \cdot 4 \cdot 10 \text{ м}^2 \cdot 12^2 = 624 \text{ кВт.г}$$

і втрати енергії

$$Q_{\text{втр}} = K \cdot S \cdot \Delta \theta \cdot h_{\text{доба}} = 2 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot 100 \text{ м}^2 \cdot 50^\circ\text{C} \cdot 24 = 240 \text{ кВт.г}$$

Влітку ферментер не потребує спалювання виробленого біогазу для підтримання оптимальної температури робочого об'єму.

Для паралелепіпеда відношення поверхні до об'єму

$$\frac{S}{V} = 2 \left(\frac{1}{B} + \frac{1}{l} + \frac{1}{H} \right)$$

обернено - пропорційне до лінійних розмірів.

Витрати енергії зменшуються. Приток енергії збільшується. Ферментер може накопичувати сонячну енергію у вигляді тепла. Цьому сприяє мала висота мулу і значна площа, що сприймає тепло сонця.

Коефіцієнт вологості мулу у ферментері повинен бути $K_2 = 0,8$. Кількість сухої маси

$$M_{\text{ch}} = (1 - K_2) \gamma V = 0,2 \cdot 1 \cdot 50000 = 100 \text{ кг}$$

Вихід газу

$$M_{\text{газ}} = 0,8 M_{\text{с.р}} = 80 \text{ кг}$$

Маточна культура із ферментера-маточника забирається із робочого об'єму через вивантажувальний насос. Біогаз накопичується у газозбірнику, який приєднується до патрубка газозбірника.

Функціональні особливості ферментера біогазу полягають у наступному:

1. Ферментер біогазу має плавучість. Зовнішні сили і внутрішні тиски зрівноважуються, що дозволяє зменшити капітальні затрати.

2. Зменшення висоти робочого об'єму забезпечує потужний приток світлової енергії.

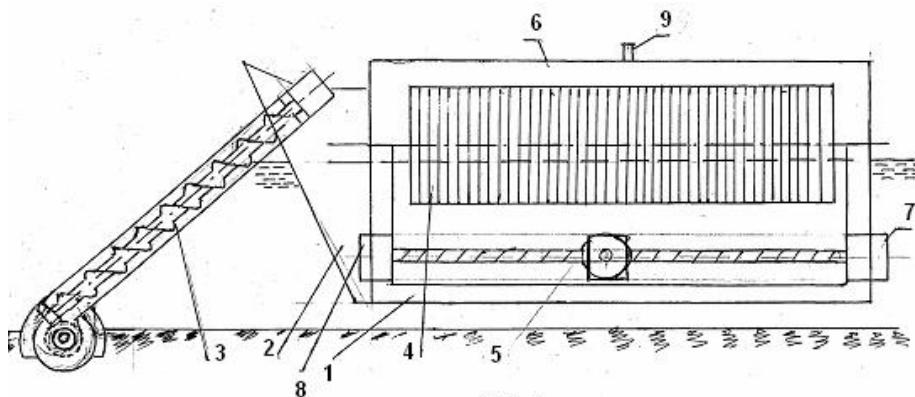
3. Світлова енергія у метановій ферментації прискорює ріст мікроорганізмів за рахунок фотолізу, підвищення розчинності і карболізації вуглекислого газу, що збільшує вихід біогазу і його цінність.

4. Ферментер біогазу пристосований до автономної роботи при малих товщинах шару мулу у водоймах і озерах.

5. Розвинений імобілізатор мікроорганізмів продовжує період дії метаноутворюючих мікроорганізмів, стимулює їх ріст, забезпечує киснем дихання і воднем для створення метану.

6. Освітлення метантенка не порушує його анаеробності.

7. Ферментер біогазу може бути використаний як маточник і для автономної роботи на водоймах і на суші.



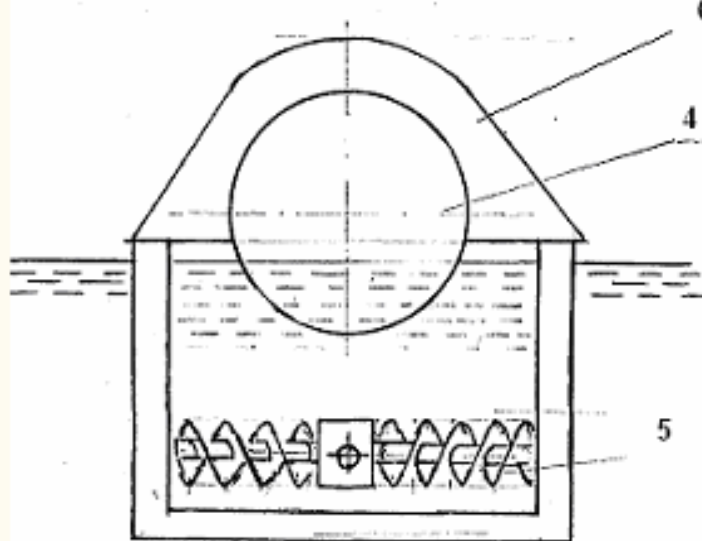


Fig. 2

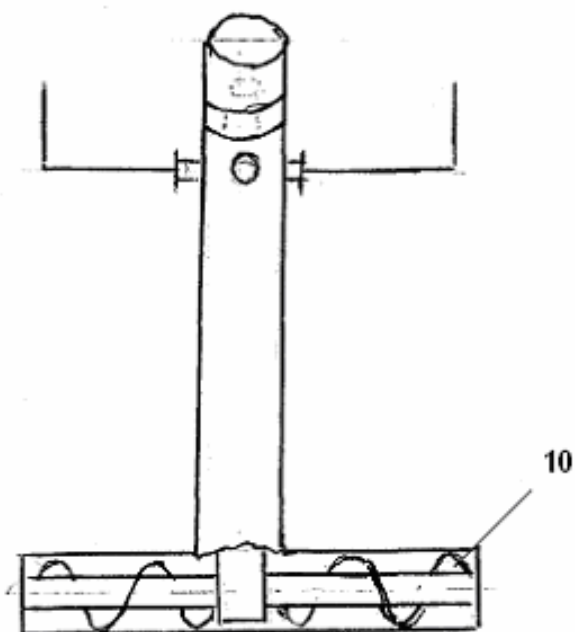


Fig. 3