

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

БІОТЕХНОЛОГІЯ

Методичні вказівки
до виконання лабораторних і практичних робіт
для студентів, які навчаються за напрямом підготовки
6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища
та збалансоване природокористування»

Київ 2012

ББК 35.50
Б63

Укладачі: В.М. Удод, доктор біологічних наук, професор
М.Ю. Яців, кандидат технічних наук, асистент

Рецензент В.В. Трофімович кандидат технічних наук, професор

Відповідальний за випуск В.В. Трофімович, кандидат технічних наук,
професор

*Затверджено на засіданні кафедри охорони праці та навколишнього
середовища, протокол № 8 від 14 квітня 2012 року.*

Біотехнологія: методичні вказівки до виконання лабораторних і
Б63 практичних робіт / уклад.: В.М. Удод, М.Ю. Яців. – К.: КНУБА, 2012. – 20 с.

Наведено методики вивчення сучасних біотехнологій.

Призначено для студентів, які навчаються за напрямом підготовки
6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване
природокористування».

© КНУБА, 2012

ЗМІСТ

Загальні положення.....	4
<i>Лабораторна робота № 1. Отримання біогазу в процесі анаеробної стабілізації осадів, що утворюються під час біологічного очищення господарсько – побутових стічних вод.....</i>	4
<i>Лабораторна робота № 2. Доочищення поверхневих стічних вод у біоплато нової конструкції.....</i>	8
<i>Лабораторна робота № 3. Визначення основних параметрів системи анаеробного зброджування гнійної біомаси (с/г) у бродильних камерах (БК)</i>	11
Список літератури.....	17

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Екологічна біотехнологія – новітній підхід до охорони навколишнього природного середовища за сумісного використання в інженерних методах захисту біосфери наукових досягнень біологічних і технічних наук. Тільки за таких умов можна отримати корисні для природи і людини явища та ефекти. Саме впровадження біотехнологій в практику змінює вектор взаємовідношень в системі «природа-людина-економіка» в сторону гармонізації взаємовідносин людини і природи.

У методичних вказівках на прикладі запропонованих лабораторних робіт показано можливість застосування біосферозаощадливих біотехнологій.

Науковою основою виконання робіт є попереднє вивчення матеріалу: лекції, посібник з біотехнології, особисті наукові видання авторів та інша допоміжна література. Робота завершується протоколом, який повинен містити такі дані:

- мета та завдання досліджень;
- наукове обґрунтування виконання певної роботи;
- висновки;
- відповіді на поставлені запитання.

Таким чином, лабораторні і практичні роботи, які залучені до виконання, прямо чи опосередковано пов'язані з глобальними проблемами, які стоять перед сучасною цивілізацією, такими як забруднення довкілля, використання альтернативних джерел енергії тощо.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

Тема. ОТРИМАННЯ БІОГАЗУ В ПРОЦЕСІ АНАЕРОБНОЇ СТАБІЛІЗАЦІЇ ОСАДІВ, ЩО УТВОРЮЮТЬСЯ ПІД ЧАС БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ ГОСПОДАРСЬКО-ПОБУТОВИХ СТІЧНИХ ВОД

Мета. Оволодіння методами розрахунку біогазу, який утворюється в процесі анаеробної стабілізації осадів під час біологічного очищення господарсько-побутових стічних вод (відповідно до СНиП 2.04.03 – 85).

Завдання для самопідготовки. Наукові засади отримання біогазу під час біологічного очищення стічних вод із осадів після первинного відстійника та надлишкового активного мулу після вторинних відстійників методом анаеробної стабілізації в метантенках; біометаногенез.

Основні наукові засади отримання біогазу на станціях аерації з біологічного очищення міських стічних вод. У процесі біологічного очищення стічних вод утворюються різні типи осадів, в тому числі, осад після первинних відстійників та надлишковий активний мул, які без їх стабілізації небезпечні у санітарному відношенні, а їх первинні властивості обмежують їх подальше

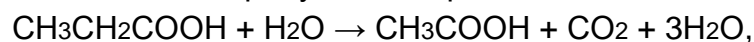
застосування. Для зневоднення осадів стічних вод застосовують різні методи, але біогаз, як правило, отримують в метантенках під час анаеробного зброджування осадів. Головними технологічними параметрами, що визначають ефективність стадії зброджування осадів, є їх хімічний склад, температура та тривалість зброджування, навантаження за органічною речовиною, концентрація завантаженого осаду, а також режим навантаження і перемішування вмісту камери бродіння.

Анаеробне метанове зброджування або біометаногенез – це послідовні стадії біохімічного розкладу органічних речовин до простих кінцевих продуктів реакцій, що здійснюються складними угрупованнями, які створюють просторово-часову сукцесію за період обробки осадів, коли продукти метаболізму одних груп мікроорганізмів використовуються іншими і так до утворення мінеральних сполук. За сучасними уявленнями анаеробне метанове зброджування включає чотири взаємопов'язані стадії:

1 стадія – гідроліз складних органічних сполук до жирів, вуглеводів, білків за участю бактерій родів *Bacillus*, *Micrococcus*, *Pseudomonas*, *Clostridium*.

2 стадія – кислотоутворення (кислотогенез), яке призводить до виділення летких жирних кислот (ЛЖК), амінокислот, спиртів, а також водню та вуглекислого газу і здійснюється за участю гетеротрофних бактерій.

3 стадія – оцетогенна стадія перетворення ЛЖК, амінокислот, спиртів в оцтову кислоту двома групами оцетогенних бактерій: перша група утворює ацетат з виділенням водню із продуктів попередніх стадій:

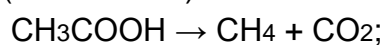


а друга група утворює ацетати і використовує водень до відновлення діоксиду вуглецю:

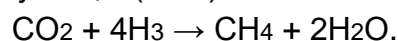


4 стадія – метаногенез – здійснюється анаеробними бактеріями (метаногени, сульфатредукуючі бактерії-СРБ) в певних межах рН та температури;

- розщеплення оцетата (метаногени):



- відновлення діоксиду вуглецю (СРБ):



Усі стадії анаеробного зброджування мають важливе значення, але кожна наступна стадія не може відбутися, поки для неї не будуть створені умови попереднім ходом біохімічного процесу. Це, в першу чергу, стосується оцетогенів та метаногенів, які мають низькі швидкості росту відносно гідролітичних бактерій та більш чутливі до умов процесу, і тому стадія утворення метану є досить залежною від цих умов.

У процесі метанового бродіння, окрім трофічних зв'язків між групами бактерій, повинні здійснюватися і фізичні взаємодії, тому що потрібен безпосередній контакт гідролітичних бактерій з твердим гідролітичним субстратом та просторовий симбіоз оцетогенів і метаногенів із субстратом. Втрата цих

зв'язків (інтенсивне перемішування при сильних динамічних навантаженнях) негативно впливає на ефективність процесу. Тому для створення збалансованої та ефективно працюючої системи метанового бродіння осаду необхідно розглядати не окремі групи бактерій, а всі угруповання в цілому у конкретних умовах його існування. Ефективність процесу анаеробного бродіння оцінюється за ступенем розпаду органічної речовини, кількості і складу створеного біогазу, які, в свою чергу, визначаються хімічним складом осаду, а також такими основними технологічними параметрами процесу, як доза загрузки метантенка, температура, концентрація осаду, що загрузається. Крім того, значну роль відіграють такі фактори, як режим загрузки та вигрузки осаду, системи його перемішування тощо.

Порядок виконання роботи

1. Взяти до уваги таке:

а) в органічній речовині досліджуваних осадів основну частину (до 80%) складають жири, вуглеводи, білки. Саме за рахунок їх розкладання утворюється біогаз, у тому числі 60 - 65% за рахунок розкладання жирів, відповідно 35 - 40% - доля вуглеводів і білків. Під час зброджування осадів первинних відстійників, до складу яких входить більше жиру, утворюється більше газу, ніж під час зброджування активного мулу, в якому більше білків. Максимальна границя зброджування і тому, відповідно, максимальний вихід газу із одиниці речовини, яка зруйнована, різний для жирів, вуглеводів, білків. Стосовно Бортницької станції аерації показники, що характеризують хід утворення біогазу наведені у табл. 1.

Таблиця 1

Показники біогазу та межі його розкладання при анаеробному розкладанні вуглеводів, жирів і білків (середньоарифметичні дані за I квартал 2012 р.)

Рівняння розкладу	Питомий вихід газу, м ³ /кг, який утворився внаслідок розкладу речовини	Склад газу, %		Щільність біогазу, кг/м ³ (за 20 °С та 760 мм рт. ст.)	Кількість газу, м ³ /кг при розкладі речовини	Межа розкладу по газу, %
		CH ₄	CO ₂			
Вуглеводи +H ₂ O → 3CH ₄ + 3CO ₂	0,790	50	50	1,25	0,985	62,5
Жири + H ₂ O → 2CH ₄ + CO ₂	1,250	68	32	1,05	1,31	70,0
Білки + H ₂ O → 2CH ₄ + 2CO ₂ + H ₂ S + NH ₃	0,704	71	29	1,01	0,71	48,0

б) обробка осадів, як правило, повинна забезпечувати знезараження (відсутність життєздатних яєць гельмінтів), стабілізацію (відсутність процесу гниття осадів), зневоднення (зниження вологості до нормативних показників, стабілізація досягається підняттям рН до 11 - 12). На метантенках необхідно досягати вихід газів бродіння не нижче 8 - 10 м³/м³ зброджувального осаду із вмістом не менше 50 - 60 % метану (об'ємних).

2. Розрахунок виходу газу R (м³ на 1кг беззольної речовини осаду, який подають на бродіння) визначають:

$$R = R_{\text{лім}} - K_r D,$$

де R_{лім} – максимально можливе збродження беззольної речовини осаду, %; K_r – коефіцієнт, що залежить від вологості осаду (табл. 2).

Таблиця 2

Значення коефіцієнта K_r

Температура бродіння, °С	Значення K _r , за вологості осаду, %				
	93	94	95	96	97
33	1,05	0,89	0,72	0,56	0,4
53	0,455	0,385	0,31	0,24	0,17

Величину R_{лім} визначають залежно від хімічного складу осадів за формулою:

$$R_{\text{лім}} = 100 (0,92ж + 0,62в + 0,34б),$$

де «ж», «б», «в» – вміст, відповідно, жирів, білків та вуглеводів, г/г беззольної речовини осадів.

За відсутності даних хімічного складу осадів для орієнтовних розрахунків приймають для осадів із первинних відстійників R_{лім} = 53%, а для надлишкового активного мулу R_{лім} = 44%. Для суміші осадів з активним мулом R_{лім} слід визначити за середньоарифметичним співвідношенням компонентів по беззольній речовині.

3. Добову дозу загрузки осадів в метантенках визначають відповідно до табл. 3.

Таблиця 3

Добова доза загрузки осадів в метантенках

Режим бродіння	Доза осаду, який надходить в метантенк (%), за вологості осадів, %				
	93	94	95	96	97
Мезофільний (t = 33°C)	7	8	8	9	10
Термофільний (t = 53°C)	14	16	17	18	19

4. Необхідний об'єм метантенків, м³, визначається залежно від об'єму фактичної вологості суміші сирого осаду та надлишкового активного мулу за формулою:

$$W = M_{\text{заг}} \cdot 100 / D,$$

де W – об'єм метантенка, м³;

$M_{\text{заг}}$ – загальна витрата сирого осаду та надлишкового активного мулу, т/добу;

D – добова доза загрузки в метантенк, %.

5. Час бродіння осадів у метантенку (доба) є зворотною величиною дози загрузки. Так, при дозі загрузки 8% час бродіння складає 13,5 діб.

6. Вихід газу за I квартал 2012 року за нашими розрахунками складає 11,4 м³/ м³ осаду, що надходить до метантенку (Бортницька станція аерації).

Контрольні запитання

1. Як впливає температура та перемішування на вихід біогазу при анаеробній стабілізації у метантенках?
2. Де використовується біогаз, отриманий в процесі анаеробної обробки на Бортницькій станції аерації?
3. Для яких цілей використовується газгольдер?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

Тема. ДООЧИЩЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ СТИЧНИХ ВОД У БІОПЛАТО НОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ

Мета. Показати ефективність доочищення поверхневих вод у біоплато з трьома режимами фільтрації води.

Завдання. Ознайомитися з принципами очищення в біоплато. Показати переваги доочищення в біоплато нової конструкції над її попередниками; охарактеризувати еколого-технологічні переваги використання нового типу біоплато.

Наукові основи застосування біоплато. Біоплато – це інженерна споруда, яка використовується для очистки та доочистки забрудненого поверхневого стоку і не вимагає (або майже не вимагає) затрат електроенергії та використання хімічних реагентів при незначному експлуатаційному обслуговуванні. Основою біотехнології є природні процеси самоочищення гідроекосистем або наземно-водних екосистем. Принцип технології біоплато полягає у використанні вищих водних рослин (ВВР) таких, як очерет озерний, рогіз вузьколистий і широколистий, айр, водний гіацинт тощо. Біоплато з ВВР відзначаються значною окислювальною спроможністю завдяки високій концентрації активного мулу, який перебуває в комбінованому стані. Активний мул створює плівку (перифітон) на поверхні рослин у воді, знаходячись з ними у стані симбіотичної взаємодії; перебуває у завислому стані у вигляді пластівців, а також утворює шар природних відкладень – бентос, в якому проходить активний процес анаеробного розкладу органічних забруднень. Значну роль в процесах очищення виконують сапрофітні бактерії. Діренко Г.О. запропоновано нову конструкцію споруди біоплато (захищено патентом України) з трьома режимами фільтрації води, яка забезпечує екологічно безпечне функціонування очисних

споруд. Завдяки можливості змінювати режими фільтрації води створюється можливість очищення стічної води різної забрудненості (поверхневий стік, господарсько-побутові та промислові стічні води). Конструкція біоплато не передбачає дзеркала води, завантаження займає весь об'єм корпусу. ВВР висаджують з густотою 4-6 рослин на 1м² у спеціальних патрубках так, що їх коренева система знаходиться нижче теплоізоляційного матеріалу. Відведення очищеної води з біоплато здійснюється на 10-15 см нижче від подачі води, що дозволяє конструктивно підтримувати необхідний рівень і запобігає пересиханню біоплато у період відсутності поверхневого стоку.

Запуск біоплато в експлуатацію здійснюють у режимі 1, як показано на рисунку, при цьому у біоплато вводиться бактеріальний препарат – деструктор нафтопродуктів, поверхнево-активних речовин, пестицидів «Еконадин», який сприяє формуванню кореневої системи рослин, покращує санітарно-гігієнічні показники води, сприяє «штучному» формуванню у прошарках гідробіоценозу і виконує функції очищення води в період укріплення рослин. Проведення процесу у режимі 2 доцільно здійснювати щонайменше через один рік експлуатації. При погіршенні якості очищеної води за рахунок вторинного забруднення води детритом або внаслідок надходження високо забруднених вод після аварійної ситуації здійснюється промивка біоплато. Промивні води відводяться у приймальний резервуар очисних споруд, чим досягається їх екологічно безпечне функціонування. Після промивки запуск біоплато в експлуатацію на відновленому рівні здійснюється в режимі 1.

Порядок виконання роботи

1. Зробити аналіз ефективності роботи очисних споруд та доочищення зворотних вод в біоплато за даними табл. 4.

Таблиця 4

Очищення та доочищення поверхневих стічних вод

Показники	Од. виміру	Концентрація в забруднених та очищених водах					
		Варіант 1			Варіант 2		
		забруднені	очищені	доочищені	забруднені	очищені	доочищені
Завислі речовини	мг/дм ³	1000	40	12	500	20	6
БСК5	мгО ₂ /дм ³ А	100	60	15	800	30	3
ХСК	мгО ₂ /дм ³ А	300	120	60	200	80	30
Нафтопродукти	мг/дм ³	70	0,6	0,3	30	0,3	0,05
Іони амонію	мг/дм ³	-	2,5	2,5	-	5,0	0,5
Нітрити	мг/дм ³	-	2,5	0,1	-	1,5	0,01
Нітрати	мг/дм ³	-	50	25	-	15,0	7,5
Фосфати	мг/дм ³	-	7,0	3,5	-	5,0	2,5
Мінералізація	мг/дм ³	-	2,5	2,0	-	1,5	1,0

Примітки до табл. 4:

1. Очищення поверхневих вод відбувалося в пісковловлювачах → нафтовловлювачах → гідроциклоні → флотаторі → відстійнику → фільтри з коалесцентним завантаженням та ін.;
2. Доочищення в біоплато нового типу (патент);
3. Потужність понад 20 л/с.

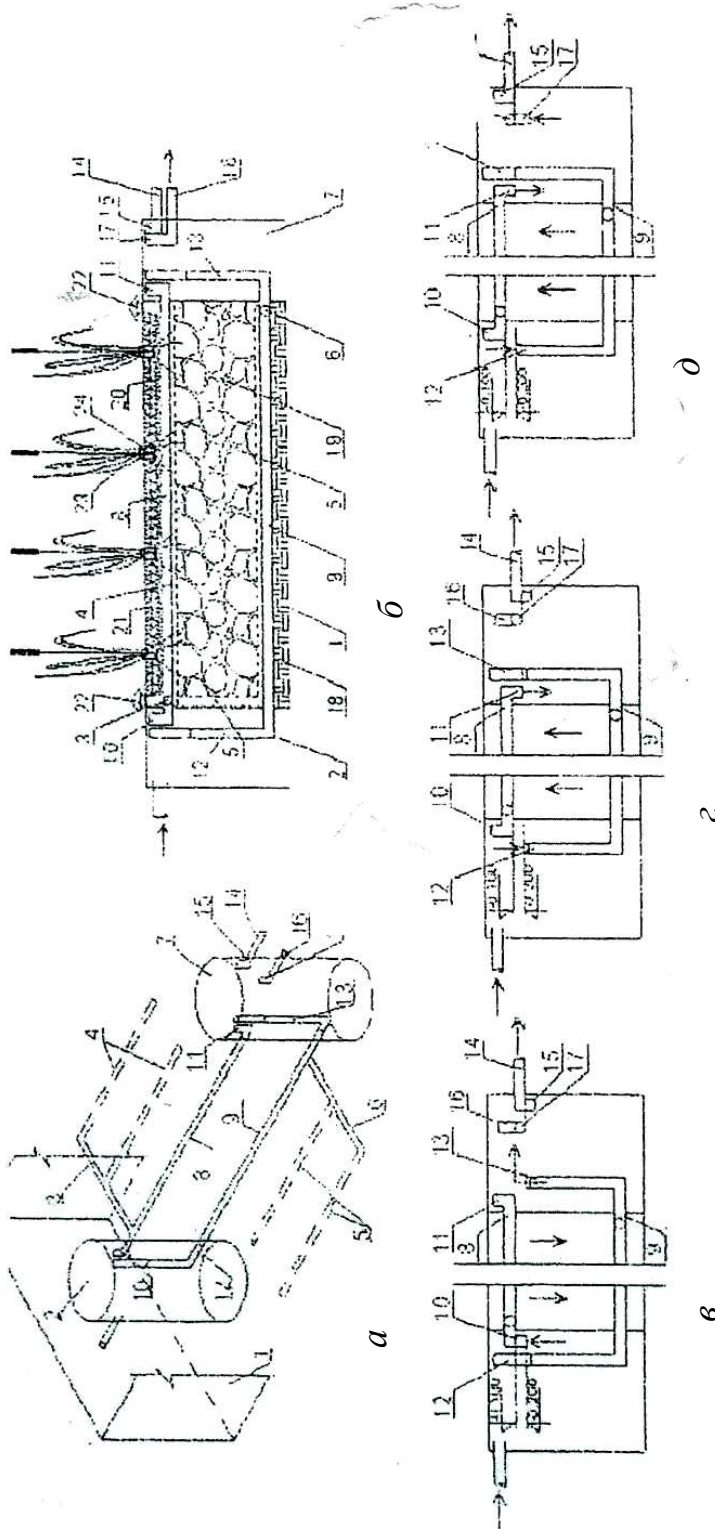


Рисунок. Принципова схема біоплато в аксонометричному вигляді (а) і у розрізі (б) та схема потоків під час фільтрації води у біоплато (режим 1 - фільтрація зверху донизу (в), режим 2 - фільтрація знизу доверху; (г)), режим промивки - фільтрація знизу доверху у напірному режимі (д): 1 - корпус біоплато; 2 - розподільчий колодязь; 3 - розподільча мережа; 4 - подавальні перфоровані трубопроводи; 5 - збірні перфоровані трубопроводи; 6 - збірна мережа; 7 - збірний колодязь; 8 і 9 - трубопроводи, що з'єднують колодязі 3 і 7, 10-13, 15, 17 - Г-подібні патрубки; 14 - трубопровід для відведення очищених вод; 16 - трубопровід відведення промивних вод; 18 - прошарок завантаження матеріалу фракції 10-20 мм; 19 - прошарок завантаження, фракція 40-70 мм; 20 - теплоізоляційний волоконний матеріал; 21 - прошарок завантаження, фракція 20-40 мм; 22 - пристрій для надходження кисню; 23 - вищі водяні рослини; 24 - патрубки для рослин

Принципова технологічна схема очищення поверхневого стоку потужністю < 20 л/с: колодязь – пісковловлювач з напівзануреною перегородкою; нафто-сепаратор, у складі седиментаційного відстійника, коалесцентної вставки – відділювача, сорбційного фільтру; біофільтр з біопрепаратом – деструктором «Еконадін»; нафтосорбційний бон; біоплато гідропонного типу.

Таблиця 5

Очищення поверхневого стоку потужністю < 20л/с

	Показники забруднення поверхневого стоку, мг/дм ³				Якість очищення № 1	Технологічна схема № 2
	Завислі речовини	Нафтопродукти	БСКп	ХСК		
1	1200	35	150	300	1	П + ВКС + біоплато
2	1200	35	200	400	2	П + ВКС + біоплато
3	1000	35	150	300	1	П + КС + біоплато
4	1000	35	200	400	2	П + КС + біоплато

Примітки до табл. 5:

1. Якість очищення: дуже висока (норми на скид для водойм р/г призначення) – 1; висока (норми на скид для водойм г/п водопостачання) – 2;
2. П – пісковловлювач; В – відстоювання; К – коалесценція; С – адсорбція.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

Тема. ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ АНАЕРОБНОГО ЗБРОДЖУВАННЯ ГНІЙНОЇ БІОМАСИ У БРОДИЛЬНИХ КАМЕРАХ (БК)

Мета. Оволодіти методиками розрахунків параметрів системи анаеробного зброджування гнійної біомаси в біогаз у бродильних камерах.

Завдання. Визначення основних параметрів анаеробного зброджування гнійної біомаси (тваринництво); визначення рентабельності с/г біогазового виробництва.

До найбільш значущих параметрів системи анаеробного зброджування гнійної біомаси належать: добова продуктивність реактора або його здатність пропускати кількість гною, який виходить з ферми; добовий обсяг завантаження бродильної камери; об'єм реактора БК, добовий та річний вихід біогазу залежно від хімічного складу гнійної біомаси та ін.

Обґрунтування виконання роботи. Переробка гнійної біомаси в біогаз ґрунтується на її властивості виділяти горючий газ у процесі розкладання при анаеробному бродінні у спеціальних камерах – біогазоустановках або бродильних камерах. Процес зброджування органічних речовин спеціалізованим угрупованням анаеробних бактерій. Біометаногенез тобто біохімічні основи процесу такі ж самі, як описано у лабораторній роботі № 1.

Співвідношення проміжних і кінцевих продуктів у процесі біометаногенезу залежать від хімічного складу біомаси, умов ферментації та певних мікробних угруповань.

Під час утилізації біомаси будь-якого походження шляхом анаеробної ферментації утворюються такі фракції:

- а) біогаз;
- б) не розщеплені мікроорганізмами органічні речовини – тверда фракція або шлам;
- в) рідка фракція або надосадова рідина.

Біогаз – це суміш газів із 50-80% метану, 20-50% діоксиду вуглецю, 1% сірководню і незначної кількості азоту, кисню, водню. Теплотворна спроможність біогазу становить в середньому 22 МДж/м³. Його можна використовувати як заміник природного газу в усіх енергетичних установках як пальне для двигунів, у тому числі і для мобільної техніки, для побутових цілей тощо. Під час проектування біогазової установки (БГУ) з метою утилізації гною, необхідно мати інформацію про кількість гнійної маси, яка утворюється щодобово і протягом року, її хімічний склад, який залежить від виду тварин, режиму роботи БГУ та кількості біогазу, яка може бути використана в господарстві.

Порядок виконання роботи

1. Добова продуктивність реактора або його пропускна здатність щодо вихідного гною визначається за кількістю вихідної гнійної біомаси за формулою:

$$G_{\text{доб.}} = Q_{\text{грічн}} / \tau_{\text{річн}} - t_3, \text{ т/добу,}$$

де $G_{\text{доб.}}$ – добова продуктивність щодо вихідного гною, т/добу; $Q_{\text{грічн}}$ – річна кількість гнійної біомаси на фермі, т; $\tau_{\text{річн}}$ – кількість діб у році (365); t_3 – тривалість випуску й обслуговування реактора, діб (у середньому 30 діб).

2. Добовий обсяг завантаження бродильної камери (БК), м³.

Добовий обсяг завантаження БК ($Q_{\text{доб.}}$, м³) дорівнює добовому виходу з ферми гною вологістю 88-92%.

Розраховується за формулою:

$$Q_{\text{доб.}} = \frac{W_{\text{Г1}} \cdot Q_{\text{доб.}}}{W_{\text{Г2}} \cdot q_{\text{Г}}} \quad Q = \frac{Q_{\text{дб}}}{W_{\text{Г2-гГ}}},$$

де $Q_{\text{доб}}$ – добовий обсяг завантаження БК, м³; $W_{Г1}$ – відносна вологість гною, який виходить з ферми, %; $W_{Г2}$ – відносна оптимальна вологість гною (88-92%); $Q_{Г\text{доб}}$ – добовий вихід гною на фермі, т; $q_{Г}$ – питома вага 1 м³ гною за певної оптимальної вологості (88-92%).

Для переведення маси гною з т в м³ користуються питомою вагою ($q_{Г}$) рідкого гною, залежно від вологості.

1 м³ відповідає 1080 кг гною вологістю 88%;

1070 -//-//-//-//-//-//-//- 89%;

1060 -//-//-//-//-//-//-//- 90%;

1050 -//-//-//-//-//-//-//- 91%;

1040 -//-//-//-//-//-//-//- 92%.

3. Місткість (об'єм) бродильної камери (БК).

Рентабельність біогазового виробництва значною мірою залежить від об'єму бродильної камери. Під час її проектування, перш за все, враховується кількість гнійної біомаси, яка підлягає утилізації, та режим роботи БК.

Об'єм бродильної камери визначається за формулою:

$$V_{к} = Q_{\text{доб}} \cdot 100 / p_{q},$$

де $V_{к}$ – місткість бродильної камери, м³; $Q_{\text{доб}}$ – добовий обсяг завантаження БК, м³; p – добова доза завантаження, % (для мезофільного процесу – 7%, для термофільного процесу – 15%); q – коефіцієнт заповнення камери (у межах 0,8-0,95).

4. Об'єм газогенерації, м³ (добовий вихід біогазу).

Максимальний вихід біогазу на стадії найбільш інтенсивного метаногенезу залежить від хімічного складу біомаси, який визначається видом тварин і відповідно раціоном, який вони одержують.

Дані про хімічний склад гною подані у табл. 6.

Таблиця 6

Хімічний склад гною сільськогосподарських тварин, % у сухій речовині (за В. Баолером, 1982)

Компонент	Вид тварин		
	ВРХ: корови	свині	кури
Органічна речовина	77-85	77-84	76-77
Сира клітковина	27,6-50,3	19,5-21,4	13,0-17,8
Сирий жир	2,9-4,3	3,5-4,0	2,4-5,0
Сирий протеїн	9,3-20,7	16,4-21,5	20,5-42,1
Компонент	Вид тварин	-	9,6-14,3
	ВРХ: корови	свині	кури
Фосфор	0,2-0,7	1,9-2,5	1,0-2,7
Кальцій	2,4	1,4-3,1	1,0-2,9
Калій	2,3-4,9	-	5,6-11,6
Магній	-	-	0,9-1,1

Із 1 кг сухої речовини гнійної біомаси, внесеної в реактор біогазової установки (БК), теоретично можна одержати в середньому 0,4-0,6 м³ біогазу. Враховуючи те, що лише 40-50% сухої речовини гною у процесі метаногенезу трансформується в біогаз, реальний вихід біогазу із 1 кг сухої речовини гною великої рогатої худоби становить у середньому 0,2-0,5 м³, а з еквівалентної маси свинячого гною – 0,3-0,7 м³ (реактор працює у мезофільному режимі). Із біомаси курячого посліду виходить більше, ніж із гною великої рогатої худоби або свиней (табл. 7).

Таблиця 7

Вихід біогазу (метану) під час анаеробного зброджування с/г відходів

Відходи	Вихід біогазу з 1 кг сухої органічної речовини, м ³	Вміст СН ₄ , %
Гній великої рогатої худоби	0,380	55,0
Свиней	0,580	77,5
Коней	0,250	60,0
Курячий послід	0,630	79,2
Солома	0,342	58,0
Силосні відходи	0,280	84,0
Молочні відходи	0,625	82,0

Під час ферментації екскрементів від однієї тварини можна отримати біогаз в середньому за добу: великої рогатої худоби (жива маса 500-600 кг) – 1,5 м³, свині (жива маса 80-100кг) – 0,2 м³, курки або кроля – 0,015 м³.

Крім кількості сухої речовини, суттєвим параметром, який впливає на вихід біогазу, є вміст та склад органічної речовини, особливо кількість жирів, білків, вуглеводів (табл. 8).

Таблиця 8

Вихід біогазу і вміст метану (CH₄) при метановому бродінні вуглеводів, жирів, білків

	CH ₄ , %	Вихід біогазу з 1 кг розкладеної органічної речовини, м ³	Степінь розкладу речовини, %
Вуглеводи	50-60,0	0,79-0,88	64,0-65,0
Жири	62,0-72,0	1,12-1,44	69,0-70,0
Білки	72,0-84,0	1,44-1,58	47,0-48,0

Вуглеводи, як правило, знаходяться у формі поліцукрів і тому вимагають більш тривалої ферментації. Помітно знижується утворення біогазу в присутності лігніну, тому що він в процесі метанового бродіння практично не розкладається.

Співвідношення кількості біогазу, який може бути виділений із органічної речовини гнійної біомаси дійних корів (Д), відгодівельних бичків (Б), свиней (С) і курей (К) в процесі метанового бродіння за мезофільної температури орієнтовно може бути таким: Д:Б:С:К = 5:7:8:10.

Добовий вихід біогазу розраховується за формулами з урахуванням вмісту в гнійній біомасі сухої (ф.19) або органічної (ф.20) речовин:

$$V_{г} = P_{a.c.p} \cdot Z / 100 \cdot K \cdot v, \text{ м}^3,$$

де: $V_{г}$ – добовий або річний вихід біогазу, м³; $P_{a.c.p}$ – добова або річна кількість сухої речовини; τ (кг); Z – стан розкладання органічної речовини, % (30); K – коефіцієнт розчинності біогазу (1,1-1,5); v – питома вага біогазу (при вмісті за об'ємом: метану 65% та діоксину вуглецю 35% дорівнює 0,00117 т/м³ або 1,17 кг/м³).

$$V_{г} = P_{a.c.p} \cdot K \cdot \rho, \text{ м}^3,$$

де $V_{г}$ – добовий або річний вихід біогазу, м³; $P_{a.c.p}$ – добова або річна кількість сухої речовини, т(кг); ρ – вихід біогазу з 1 кг органічної речовини: гній ВРХ – 0,2-0,5 м³; гній свиней – 0,3-0,6 м³; послід курей – 0,5-0,7 м³; K – коефіцієнт зброджування органічної речовини (0,3).

5. Визначення рентабельності біогазового виробництва.

Рентабельність біогазового виробництва визначається значною мірою конструктивними характеристиками БГУ, а також оптимізацією параметрів технологічного процесу з урахуванням конкретних природно-кліматичних і

технологічно-економічних передумов виробництва біогазу безпосередньо у господарстві (на фермі або тваринницькому підприємстві).

Рентабельність визначається за технологічними і економічними показниками.

До технологічних показників відносяться: V_g – обсяг газогенерації (річний та добовий) та вихід біогазу на:

- 1 гол.,
- 1 кг сухої речовини,
- 1 кг органічної речовини,
- 1 кг гнійної біомаси,
- 1 м³ корисної площі реактора

Економічна оцінка визначається можливістю одержати з біогазу певну кількість теплової та електроенергії і заміни біогазом природних носіїв енергії.

Під час проведення розрахунків необхідно врахувати енергетичні еквіваленти біогазу:

- теплотворна здатність м³ біогазу складає 20-22 МДж;
- енергетична цінність 1 м³ біогазу:
- 1 м³ біогазу дає можливість виробити 1,6 – 2,3 кВт/год. електроенергії;
- 1 м³ біогазу еквівалентний енергії, яка міститься в: 0,65 м³ природного газу, 0,7 л нафти, 0,65 л дизпального, 0,64 л бензину, 0,6 л керосину, 3,5 кг дрів та 1,5 кг кам'яного вугілля.

Найбільш рентабельним є виробництво із біогазу електроенергії (загальний ККД з урахуванням тепла, яке утворюється при електроенергії, досягає 80-85%, а безпосередньо в електроенергію перетворюється 33% хімічної енергії біометану).

За 200-250 атм. біометан придатний як пальне для двигунів внутрішнього згоряння (октанове число всього пального 110-115, а нижня границя спалаху – 645 °С).

Контрольні запитання.

1. Чи повинні бути засоби по захисту довкілля під час експлуатації бродильної камери і чому?
2. Конструктивні особливості бродильної камери, якими вони повинні бути із санітарно-гігієнічної, екологічної точок зору?

Список літератури

1. Ставская С. С., Удод В. М., Таранова Л. А., Кривец І. А. Микробиологическая очистка воды от поверхностно-активных веществ: монография. – К.: Наукова думка, 1988. – 182 с.
2. А.с. № 333135 МК СО2с5/10 Установка для очистки сточных вод/ Гвоздяк П. И., Удод В.М., Ротмистров М.Н. (СССР) - № 1340226/23-26, заявл. 23. VI. 72 г., Бюб. № 11,21.III.1972 г.
3. Форстер К. Ф. Экологическая биотехнология: монография [для научных и н/т работников, специалистов, специализирующихся в области биотехнологии] /Форстер К.Ф., Вейза Дж. – Л.: Химия, 1990. – 383 с.
4. Гелетуха Г. Г. Перспективы развития современных технологий анаэробного сбраживания биомассы в Украине (обзор) / Г.Г. Гелетуха, С. Г. Кобзар // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2002. - С. 3-9.
5. Сигал И.Я. Источники выбросов метана в Украине и особенности утилизации биогаза / Гуревич Н.А., Хворов М.М., Домбровская Э.П. // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2005. - № 3, - С. 3-40.
6. Діренко Г. О. Використання біоплато для очистки стічних вод // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки: Наук-техн. збірник. – К.: КНУБА, 2006. – Вип. 7., - С. 114-121.
7. Батлук В. А. Основи екології / А. В. Батлук – К.: Знання, 2007. – 519 с.
8. Удод В. М. Біотехнологія (екологічна): навч. посібник. – К.: КНУБА, 2010. – 60 с.
9. Очистка стічних вод від нафтопродуктів: методичні вказівки / Уклад.: В. М. Удод, О. С. Волошкіна, В. В. Трофімович, Л. О. Василенко, Г. О. Діренко. – К.: КНУБА, 2007. – 40 с.
10. Діренко Г. О. Екологічно безпечні технології очищення поверхневого стоку з урбанізованих територій: Автореф. дис. на здобуття наукового ступеня канд. техн. наук. – К.: ВЦ «Принт-центр», 2010. – 21 с.
11. Пат. 8.46-46 Україна. МПК.СО2F 3/32. Біоплато фітоочисного комплексу та спосіб його роботи / Г.О. Діренко, С.О. Подзерей; власники патенту Г. О. Діренко, С. О. Подзерей – На200704079, заявл. 12.04.2007; опубл. 10.11.2008. Біол. № 21/2008.
12. Біотехнологія: методичні вказівки до виконання лабораторно-практичних робіт / уклад.: В. Г. Герасименко, М. О. Мельниченко та ін. – Біла Церква, 2003. – 82 с.

ДЛЯ НОТАТОК

ДЛЯ НОТАТОК

Навчально-методичне видання

БІОТЕХНОЛОГІЯ

Методичні вказівки
до виконання лабораторних і практичних робіт
для студентів, які навчаються за напрямом підготовки
6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища
та збалансоване природокористування»

Редагування та коректура *В.С. Ясінської*
Комп'ютерне верстання *І.С. Аршинкіної*

Підписано до друку 2011. Формат 60 × 84 ^{1/16}
Ум. друк. арк. 2,23. Обл.-вид. арк.1,25.
Тираж 30 прим. Вид. № 48/III-12. Зам. № 48/1-13

КНУБА, Повітрофлотський проспект, 31, Київ, Україна, 03680

E-mail: red-isdat@knuba.edu.ua

Надруковано в редакційно-видавничому відділі
Київського національного університету будівництва і архітектури

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів
Видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002 р.