

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Київський національний університет будівництва і архітектури

БІОТЕХНОЛОГІЯ

Методичні вказівки
до виконання практичних робіт
для студентів спеціальностей 101 «Екологія»
та 183 «Технології захисту навколишнього середовища»
усіх форм навчання

Київ 2021

УДК 502/504

Б63

Укладачі: А.Р. Перебинос, канд. техн. наук, асистент;

Т.І. Кривомаз, д-р техн. наук, професор;

О.Г. Жукова, канд. техн. наук, доцент

Рецензент М.В. Кравченко, канд. техн. наук, доцент

Відповідальний за випуск О.С. Волошкіна, д-р техн. наук,
професор

*Затверджено на засіданні кафедри охорони праці
і навколишнього середовища, протокол № 12 від 18 травня 2021 року.*

В авторській редакції.

Біотехнологія: методичні вказівки до виконання практичних
Б63 робіт / уклад.: А.Р. Перебинос, Т.І. Кривомаз, О.Г. Жукова. – Київ:
КНУБА, 2021. – 36 с.

Містять зміст, порядок оформлення і рекомендації до
виконання практичних робіт.

Призначено для студентів спеціальностей 101 «Екологія»
та 183 «Технології захисту навколишнього середовища» усіх форм
навчання.

© КНУБА, 2021

ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ.....	4
Практична робота № 1. Загальні біотехнологічні методи	5
Практична робота № 2. Виявлення мутагенів у навколишньому середовищі і непряма оцінка можливого їх впливу на організм	11
Практична робота № 3. Визначення кількості гнойової біомаси для одержання біогазу	17
Практична робота № 4. Визначення основних параметрів системи анаеробного зброджування гнойової біомаси (метантенка) БГУ	26
Практична робота № 5. Визначення виходу товарного біогазу	31
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	33
ДОДАТОК.....	34

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Навчальна дисципліна «Біотехнологія» присвячена вивченню загальних і спеціальних відомостей про закономірності біотехнологічних процесів, типових задач та методів вирішення проблем навколишнього середовища.

Мета дисципліни – отримання фундаментальних знань і актуальних уявлень про основи дослідження та розробки сучасних біотехнологічних методів охорони навколишнього середовища.

Завдання дисципліни:

- ознайомити з основними напрямками науково-дослідної та науково-технічної діяльності у галузі біотехнології відповідно до сучасних тенденцій розвитку науки, техніки та суспільства;

- охарактеризувати традиційні і сучасні біотехнологічні методи та їх значення для різних сфер життя людини;

- розкрити роль живих організмів у переробці відходів, знешкодженні токсичних речовин у природних середовищах, відновленні родючості земель, очищення води і повітря;

- продемонструвати значення генетично модифікованих організмів у медицині, фармацевтиці, сільському господарстві та промисловості;

- знати тенденції розвитку новітніх біотехнологій у передових країнах та оцінювати ефективність передових біотехнологій.

Практикум складається з п'яти робіт. Матеріал до кожного заняття викладається в такій послідовності: коротко сформульовано мету заняття, наведено перелік необхідного обладнання та матеріалів, викладено теоретичний матеріал по темі, визначено завдання і порядок його виконання, подані рекомендації з оформлення результатів досліджень. За кожною темою розроблено контрольні питання, які допоможуть студентам добре підготуватися до захисту практичних робіт.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1

Тема: загальні біотехнологічні методи.

Мета роботи: навчитися розрізняти біотехнологічні методи.

Матеріали для проведення заняття: інформаційні джерела.

Теоретичні відомості

Біотехнологія – наука про способи створення продуцентів біологічно активних речовин на основі живих організмів і використанні біологічних об'єктів і біологічних процесів у техніці, промисловому виробництві, охорони навколишнього середовища.

Людина використовувала біотехнологію багато тисяч років: пивоваріння, випічка хліба, зберігання і переробка продуктів шляхом ферментації (сир, оцет, соус, мило, найпростіші ліки, переробка відходів). Розробка методів генної інженерії, заснованих на створенні рекомбінантних ДНК, призвела до «біотехнологічного буму» і значно прискорила розвиток основних галузей біотехнології. У 50-60-х рр. ХХ ст. стали інтенсивно розвиватися багато напрямків біотехнологічної промисловості: сільське господарство, виробництво хімічних речовин, енергетика, контроль за станом навколишнього середовища, харчова промисловість, матеріалознавство, медицина. Використання досягнень науки в біотехнології пов'язано з фундаментальними дослідженнями, які здійснюються на самому високому сучасному рівні. Можна перерахувати найважливіші галузі науки, які внесли і вносять великий вклад в здійснення того чи іншого біотехнологічного процесу: мікробіологія, генетика, біохімія, хімічна технологія, технологія харчової промисловості, електроніка та ін.

Розвиток окремих перспективних розділів біотехнології здійснюється за тісної міжнародної співпраці фахівців, вчених і технологів. Наприклад, в області генної інженерії лише деякі наукові колективи в світі володіють достатнім досвідом роботи, але їх розробки швидко стають надбанням світової наукової громадськості. Виникнення сучасної біотехнології було б неможливо і без успіхів у розробці інструментальних методів досліджень, заснованих на використанні найсучасніших приладів як вітчизняного, так і зарубіжного виробництва. У будь-якому біотехнологічному процесі необхідна обов'язкова участь і взаємодія між собою організмів (бактерії, гриби, дріжджі тощо) із субстратом (живильне середовище або речовина, розкладається тим чи іншим мікроорганізмом).

Сучасні біотехнологічні методи побудовано на інтеграція біології, медицини, фармацевтики та інформаційних методологій. Класичну схему типового біотехнологічного виробничого процесу подано на рис. 1.

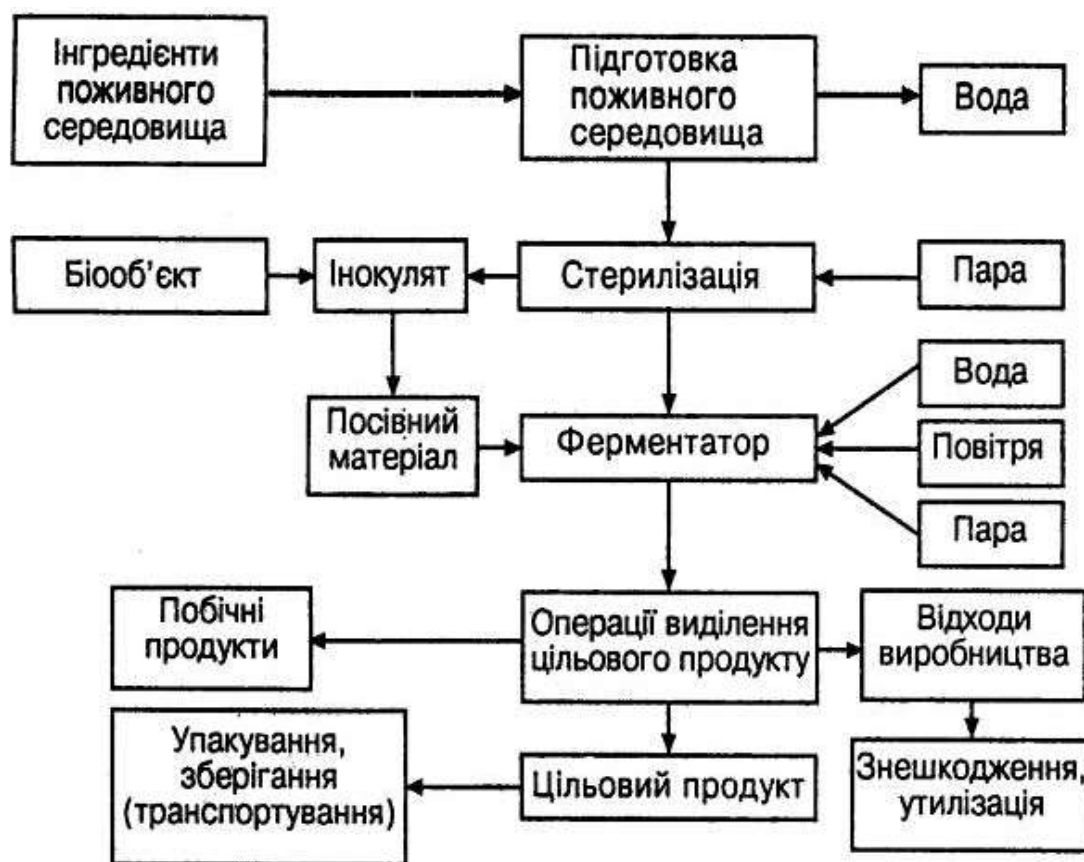


Рис. 1. Схема типового біотехнологічного виробничого процесу

Сучасна промислова біотехнологія включає чотири основні стадії:

1. Вибір штаму мікроорганізму або культури клітин, що володіють підвищеною продуктивністю.
2. Підбір живильного середовища, що забезпечує оптимальний біосинтез цільового продукту.
3. Культивування клітин-продуцентів.
4. Виділення цільового продукту, його обробка, очищення, отримання товарної форми цього продукту.

За способом проведення біотехнологічні методи поділяються на три категорії:

1. *in vivo* (наживо) – у біологічній системі, у живому об'єкті, у колонії штучно вирощених клітин.
2. *in vitro* (у склі, у пробірці) – експерименти поза живим організмом у штучно змодельованому середовищі.

3. *in silico* (в кремнії) – моделювання в комп'ютер, у віртуальному просторі.

Сам термін «біотехнологія» не відразу став загальноприйнятим. Слово «біо» у перекладі з грецького «життя», «technos» – спосіб, метод індустриального виробництва. Для використання найбільш тісно пов'язаних з біологією різноманітних способів отримання біологічно активних речовин застосовували такі терміни, як «прикладна мікробіологія», «прикладна біохімія», «технологія ферментів», «біоінженерія», «прикладна генетика» і т.д. Раніше не було наукових уявлень про процеси, що лежать в основі різних технологій, однак протягом тисячоліть успішно використовувався метод мікробіологічної ферментації для збереження їжі: отримання сиру, оцту, поліпшення смаку, випічка хліба і приготування соєвого соусу, виробництво спиртних напоїв.

Найбільш давня і нині важлива в грошовому обчисленні галузь харчової промисловості – пивоваріння. Перший рецепт пива був виявлений 6000 р. до нашої ери в стародавньому Вавилоні, а близько 3000 р. до н.е. було відомо 20 сортів пива. Наразі в усьому світі щорічно виробляється близько 1011-1012 л пива різних сортів і найменувань.

Завдяки працям Л. Пастера в кінці XIX ст. були створені реальні передумови для подальшого розвитку прикладної мікробіології. Пастер встановив, що мікроорганізми відіграють основну роль у процесах бродіння, і показав, що в освіті окремих продуктів беруть участь різні їх види. Його дослідження послужили основою розвитку на початку XX ст. бродильного виробництва органічних розчинників (ацетону, етанолу, бутанолу та ізопропанолу). У всіх цих процесах мікроорганізми в безкисневому середовищі здійснюють перетворення вуглеводів рослин у цінні продукти. Як джерело енергії для зростання мікроби в цих умовах використовують зміни ентропії при перетворенні речовин.

Значним етапом у розвитку біотехнології була організація промислового виробництва антибіотиків. Підставою для цього послугувало відкриття в 1940 р. Флемінгом, Флорі і Чейном хіміотерапевтичної активності пеніциліну. Як відомо, цей антибіотик і його виробництво займали одне з провідних місць у медичній біотехнології до справжнього часу.

Найбільш інтенсивно біотехнологічна промисловість стала розвиватися після Другої світової війни. Поштовхом до її розвитку послугували такі відкриття:

- Уотсон і Крік у 1953 р. встановили просторову структуру ДНК;

- завдяки роботам Сенгера за структурою білків (структурою інсуліну), а також Едмана і Бегг (1967 р.) за деградацією білків, з'явилися прилади автоматичного визначення структури білків (послідовності амінокислот, 1978 р.);

- у 1980 р. у Каліфорнійському університеті був сконструйований секвенатор білків, який міг визначати послідовність більше 200 амінокислот у день;

- за встановленою структурою ДНК почалися дослідження з синтезу біополімерів. У 1977 р. у медичному національному центрі «Хоуп» (Каліфорнія) синтезований ген соматостатину (Ітакура); у 1979 р. – ген інсуліну людини; у 1980 р. – Ітакура створив синтезатор генів.

Основні поняття

Генна інженерія – розділ молекулярної генетики, пов'язаний з цілеспрямованим створенням нових комбінацій генетичного матеріалу; нові технології селекції; біотехнологічний прийом, спрямований на конструювання рекомбінантних молекул ДНК на основі ДНК, взятої з різних джерел.

Генетична модифікація – цілеспрямована зміна генотипу організму на відміну від випадкового, характерного для природного та штучного мутагенезу; перенесення чужорідного фрагменту ДНК до ДНК того суб'єкта, який перетворюється в генетично модифікований організм (ГМО).

Генетично модифікований організм (ГМО) – будь-який організм, в якому генетичний матеріал був змінений за допомогою штучних засобів переносу генів, що не відбуваються в природних умовах (законодавство України).

Клонування – процес створення ідентичних копій (тиражування) організмів або інших об'єктів у біології.

Молекулярне клонування – група методів у молекулярній біології та біотехнології, пов'язаних зі створенням рекомбінантних молекул ДНК і отриманням багатьох копій цієї молекули *in vivo*. Термін «клонування» у цьому випадку означає, що з однієї клітини, що містить рекомбінантну молекулу ДНК, шляхом мітотичного поділу утворюється велика кількість ідентичних за генетичною інформацією клітин-клонів.

Клітинне клонування – клонування, за якого відбувається виведення популяції клітин із однієї клітини. У випадку простих одноклітинних організмів, чи то бактерій, чи то дріжджів, цей процес є

достатньо простим. Однак, для клонування клітин багатоклітинних організмів потрібно докласти значно більше зусиль – це набагато важче завдання, окрім того, такі клітини розвиваються дуже повільно у звичайних умовах.

Технологія CRISPR/Cas9 – високоточна генна модифікація для заміни послідовностей ДНК, що функціонує за принципом системи адаптивного бактеріального імунітету.

Полімеразна ланцюгова реакція (ПЛР або PCR) – спосіб збільшення числа копій ДНК у біологічному матеріалі (пробі), що дає змогу проведення маніпуляцій з генетичним матеріалом: введення мутацій, зрощення фрагментів ДНК, клонування генів, виділення нових генів, секвенування для створення і визначення генетично модифікованих організмів, діагностики захворювань (спадкових, інфекційних), ідентифікації малих кількостей ДНК, встановлення батьківства.

Секвенування біополімерів (білків і нуклеїнових кислот – ДНК і РНК) – визначення їх амінокислотної або нуклеотидної послідовності (від лат. *Sequentum* – послідовність). У результаті секвенування отримують формальний опис первинної структури лінійної макромолекули у вигляді послідовності мономерів у текстовому вигляді.

Секвенування ДНК – набір біохімічних методів встановлення послідовності нуклеотидних основ ДНК: аденіну, гуаніну, цитозину і тиміну.

Оптогенетика базується на методиці доставки світлочутливих білків до потрібних клітин, імплементації їх у мембрани та можливості впливати на них світлом у живому організмі. За допомогою онтогенетичних методик можливо штучно запускати імпульс, впроваджуючи в нейрон або м'язову клітку білки-транспортери, які переносять позитивні іони всередину і реагують на світлові імпульси.

Кріоконсервація – метод заморожування і тривалого зберігання біологічних об'єктів у рідкому азоті (196 °). Широко використовується для заморожування сперми, ембріонів тощо.

Екобіотехнологія

На даному етапі біотехнологія пропонує ряд шляхів, здійснення яких в широких масштабах, можна розпочати наразі. Сюди відноситься:

1. Переробка відходів метановим бродинням, у результаті якого утворюється легко транспортується паливо метан.

2. Заміна хімічних пестицидів на пестициди мікробного походження, використовуючи віруси, гриби, найпростіші, спороутворюючі бактерії. Наприклад, виготовлені таким шляхом інсектициди діють тільки на певні шкідливі комахи, залишаючи неушкодженими корисні.

3. Для індикації забруднень різного походження замість хімічних реагентів, можливе використання біосенсорів – ферментних електродів або іммобілізованих клітин мікроорганізмів. Наразі лідерами у виробництві біодатчиків і біочипів є японські компанії.

4. До відходів сільського господарства, що зустрічаються найбільш часто і повсюдно, відноситься солома. У зв'язку з низькою швидкістю розкладання солону практично не використовують. Біотехнологія пропонує інокуляцію соломи з асоціацією целюлотичних грибів і бактерій, що фіксують азот та утворюють полісахариди. Таку солону можна заорювати в землю як органічне добриво, а також через деякий час використовувати як високобілковий вітамінізований корм.

5. У біотехнології ведуться роботи зі створення біополімерів. Біополімери – екологічно чистий продукт, вони не токсичні, схильні до біодеградації, не забруднюють навколишнє середовище.

6. Вже сьогодні багато країн відчувають брак чистої прісної води. Біотехнологія, пропонує два метода очищення води. Перший за допомогою бактерій роду *Pseudomonas*, які можуть утилізувати нафталін, толуол, алкани, камфору, інсектициди, гербіциди та інші ксенобіотики. В основі другого методу лежить застосування в очищенні води активного мулу. Активний мул на 70 % складається із живих організмів і на 30 % – із твердих частинок неорганічної природи.

7. Забруднення ґрунту – одна із серйозних екологічних проблем, з якою зіткнулася сучасна людина. Біотехнологія пропонує методи очищення за допомогою бактерій і грибів. Економічно вартість бактеріального і грибного очищення однакові, проте застосування грибів зазвичай скорочує терміни деградації, а тому істотно здешевлює її.

Хід роботи:

1. Скласти перелік базових джерел про біотехнологічні методи та посилань на діючі підприємства та організації, в яких вони застосовуються.

2. Намалювати схему основних етапів розвитку біотехнології.

3. Навести приклади застосування генної інженерії.

4. Представити історію відкриття технологія CRISPR/Cas9 та перспективи її застосування.
5. Навести приклади практичного використання секвенування та ПЛР.
6. Охарактеризувати підходи *in vitro*, *in vivo*, *in silico*.
7. Скласти історичну діаграму розвитку технології клонування.
8. Заповнити таблицю для порівняння біотехнологічних методів (табл. 1).

Таблиця 1

Порівняння біотехнологічних методів

№ пор.	Метод	Опис	Приклад застосування
1			
...			

Контрольні питання:

1. Які найбільш поширені методи біотехнології?
2. Що таке генна інженерія?
3. Що таке ГМО?
4. Що таке ПЛР і де її застосовують?
5. Чому методику CRISPR/Cas9 вважають найбільшим проривом у сучасних біотехнологічних методах?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2

Тема: виявлення мутагенів у навколишньому середовищі і непряма оцінка можливого їх впливу на організм.

Мета роботи: навчитися визначати джерела мутагенів в побуті.

Матеріали для проведення заняття: інформаційні джерела, упаковки (пакет з-під молока, сухариків, соку), упаковки косметичної продукції (крем для рук, шампунь, дезодорант), таблиця кодів харчових добавок.

Хід роботи:

1. Вивчіть матеріал і запишіть основну інформацію за планом: речовини, визначення, класифікація, значення для використання у виробництві і для організму, особливо.

2. Розгляньте уважно етикетку запропонованого вам продовольчого товару. Які речовини входять до складу продукту? Чи є в складі речовини, занесені в список харчових добавок?

3. Вивчіть етикетки різних продуктів і випишіть назви та позначення харчових добавок. Використовуючи довідковий матеріал, визначте які з них надають несприятливу дію на організм, а які нешкідливі. Зробіть висновок про якість продукту і ступінь небезпеки для людини.

4. Розгляньте уважно етикетку запропонованого вам непродовольчого товару. Які речовини входять до складу продукції? Чи є в складі речовини, які занесені в список канцерогенів? Зробіть висновок про якість продукту і ступінь небезпеки для людини.

Теоретичні відомості

Біологічно активні добавки. У 60-70-ті рр. були створені методичні посібники з оцінки потенційної мутагенної небезпеки промислових забруднювачів, пестицидів та ін. Однак при визначенні цієї небезпеки крім встановлення гранично допустимих концентрацій хімічних речовин у питній воді, атмосферному повітрі та повітрі робочої зони, в харчових продуктах необхідно пам'ятати і про так звані віддалені наслідки, тобто вивчати мутагенну, канцерогенну, тератогенну (побічну) активність цих сполук. Крім тригалометанів, які були виявлені ще в 1974 р., до теперішнього часу в питній воді було виявлено чимало інших з'єднань, які мають мутагенну та канцерогенну активність. Є мутагени у воді плавальних басейнів, у стічних водах (промислових і побутових), а також у тканинах риб і гідробіонтів, що населяють забруднені водойми.

Зрозуміло, що в організм людини мутагени можуть надходити не тільки з питною водою, але і з харчовими продуктами. Тестування продуктів харчування на мутагенність призвело до виявлення багатьох мутагенів: природних інгредієнтів (флавоноїдів, фуранів, гідразину), харчових контамінантів (пестицидів, мікотоксинів) і мутагенних сполук, що утворюються в процесі приготування їжі. Цей список можна продовжити. Стало очевидним, що не можна обмежуватися вивченням мутагенних властивостей окремих речовин. Необхідно оцінювати сумарне забруднення всіх компонентів навколишнього середовища. Значною мірою було створено стандартизовану методичну базу досліджень, розроблено методологію моніторингу забруднення навколишнього середовища екоксикантами, причому такого роду роботи ведуться не тільки за кордоном, але і в нашій країні.

Як стверджують фахівці, здоров'я людей на 12 % залежить від рівня охорони здоров'я, на 18 % – від генетичної схильності, а 70 % – від способу життя, не останнє місце в якому посідає харчування. Медичні погляди, не відрізняючись стабільністю в цілому, протягом всієї людської історії сходилися в одному: чим гірше харчування, тим більше хвороб. Фахівці стверджують, що раціон людини в наші дні повинен містити понад 600 різних речовин (нутрієнтів). На жаль, збалансований раціон можуть собі дозволити далеко не всі.

Ось тут і приходять на допомогу біологічно активні добавки (БАД) – концентрати натуральних природних речовин, виділених із харчової сировини тваринного (у тому числі морського), мінерального, рослинного походження або ж отриманих шляхом хімічного синтезу речовини, ідентичного природним аналогам.

Біологічно активні добавки до їжі увійшли в сучасну медицину і технологію виробництва харчових продуктів порівняно недавно. Однак, емпіричний і культовий пошук різних природних компонентів рослинного, тваринного і мінерального походження, їх застосування із профілактичними і лікувальними цілями відомі з глибокої давнини. Ще до нової ери в Єгипті, Китаї, Тибеті, Індії та інших країнах Сходу існували досить стрункі системи виготовлення препаратів тваринного походження, а на початку нової ери давньогрецьким лікарем Клавдієм Галеном вперше були розроблені біологічні приклади виготовлення ліків із природної сировини.

Біологічно активні добавки є джерелами незамінних харчових речовин, мінорних компонентів їжі, про- і пребіотичних природних компонентів, які містяться в них у межах фізіологічних особливостей людини і / або на рівні їх змісту в раціоні за умови оптимального харчування. БАД заповнюють дефіцит харчових і біологічно активних речовин у організмі; сприяють асиміляції їжі, підтримання нормального стану травної системи; регулюють неспецифічні і психоемоційні навантаження, дії несприятливих екологічних умов під час вагітності, лактації та інших станах; знижують ризик розвитку захворювань.

Харчові добавки. Індекс Е. Харчові добавки (ПД) – це речовини природного і синтетичного походження, які додають у продукти харчування для досягнення певного смаку, кольору, запаху, консистенції і збереження протягом тривалого часу.

На кожному етапі виробничого процесу до харчових продуктів додають харчові добавки. Вони покращують якість сировини і кінцевого

продукту, терміни й умови зберігання, спрощують виробничі процеси і здешевлюють продукти харчування, не є продуктами харчування, вони не впливають на склад і харчову цінність продукту. Людина використовує харчові добавки дуже давно, наприклад, кухонну сіль, оцет, харчову соду, різні спеції і прянощі. Наразі в промисловості використовується понад 2000 харчових добавок.

Харчові добавки поділять на функціональні класи. Розроблено міжнародну систему кодифікації ПД.

Спочатку вказується функціональний клас харчової добавки, наприклад, антиокислювач. Потім слідує велика буква E (Europe). Буква E означає, що дана ПД дозволена до застосування Європейським співтовариством і перевірена Міністерством охорони здоров'я. Іноді має індекс INS – це міжнародний код. Кожна харчова добавка має цифровий код (три або чотири цифри). Цифровий код означає хімічну назву речовини. Наприклад, 300 – це аскорбінова кислота. Таким чином, позначення даної ХД виглядає так: антиокислювач (E 300).

Сучасні технології виготовлення продуктів харчування часто допускають застосування консервантів, есенцій, які можуть шкодити здоров'ю покупців. На етикетках якісних товарів виробники вказують індекс, представлений буквою E і тризначною цифрою. Кожен індекс відповідає речовині, яка може завдати шкоди.

Відомо, що одна і та ж компанія може виробляти три категорії одного і того ж продукту:

- для внутрішнього використання;
- для експорту в інші країни;
- для вивезення в країни, що розвиваються.

Згідно з даними продовольчої комісії ЄС, деякі західні фірми розширюють виробництво та експорт не тільки екологічно небезпечних, а й заборонених у розвинених країнах сільськогосподарських товарів.

Так, кока-кола і маргарин, які виробляються в Німеччині та Голландії і постачаються в СНД і Східну Європу, у великій кількості консервовані ракоутворювальним емульгатором, позначеним на упаковках символом E-330. Ця продукція заборонена для реалізації в країнах – членах Організації економічного співробітництва і розвитку. Заборонені для використання в багатьох країнах такі консерванти і продукти, що викликають хвороби.

Класифікація харчових добавок:

1. Е (100-182) – барвники, що підсилюють або відновлюють колір продукту.

2. Е (200-299) – консерванти, що підвищують термін зберігання продукту; хімічні стерилізуючі добавки при дозріванні вин, дезінфектанти.

3. Е (300-399) – антиокислювачі, які захищають від окислення, прогорання і зміни кольору продукту.

4. Е (400-499) – стабілізатори, які зберігають задану консистенцію продукту. Загусники – підвищують в'язкість.

5. Е (500-599) – емульгатори, що створюють однорідну суміш речовин, які не змішуються, наприклад, вода і масло.

6. Е (600-699) – підсилювачі смаку та аромату;

7. Е (700-800) – запасний діапазон позначень.

8. Е (900-999) – піногасник, який попереджає або знижує утворення піни.

9. Е 1000 і далі – глазурувачі, підсолоджувачі соків і кондитерських виробів; розпушувачі, що перешкоджають утворенню грудок у цукрі, солі, борошна, крохмалі; регулятори кислотності та інші добавки.

Е 103 К, 3! Е 102 3!, жовтий барвник Е 105 К, 3! Е 106 3 Е 110 небезпечний, помаранчевий барвник Е 111 3! Е 120 небезпечний Е 121 К,3!, пінопогашувач – викликає рак, барвник цитрусовий червоний Е 122 червоний барвник Е 123 дуже небезпечний, К, пінопогашувач – викликає рак, барвник амарант Е 124 небезпечний Е 125 К, ! Е 126 К, ! Е 127 небезпечний, !	Е 210 К, може спровокувати напади астми Е 211 К, викликає рак, натрію бензоат Е 212 викликає рак Е 213 К, викликає рак Е 214 К Е 215 К, викликає рак Е 216 К, барвник ковбас, викликає рак Е 217 К, барвник ковбас, викликає рак Е 221 ЖК, НП Е 222 ЖК, НП Е 223 ЖК, НП Е 224 ЖК, НП Е 225 ЖК, НП Е 226 ЖК, НП Е 230 А, шкідливий для шкіри Е 231 А, шкідливий для шкіри	Е 320 ПП,ЖК, Х, викликає рак Е 321 ПП,ЖК, Х Е 322 ПП, ЖК, ліцитин Е 321 ПП, ЖК, Х Е 330 К, харчова лимонна кислота Е 338 ПП, ЖК Е 339 ПП, ЖК Е 399 Е 340 ПП, ЖК, НП Е 341 ПП, ЖК Е 400 Е 422 гліцерин Е 407 ПП, ЖК, НП Е 450 пірофосфат натрію Е 470 ПП, ЖК Е 461 ПП, ЖК, НП Е 462 ПП, ЖК, НП Е 463 ПП, ЖК, НП Е 464 ПП, ЖК
---	---	---

<p>Е 130 К, ! Е 131 К, !, викликає рак Е 133 синій барвник Е 141 підозрілий Е 142 К, викликає рак Е 150 – підозрілий Е 152 К, ! Е 171 ПП, підозрілий Е 175 ПП Е 173 ПП Е 180 підозрілий Е 181 З! Е 182 Е 200 викликає рак, сорбінова кислота Е 202 натрій двовуглекислий, консервант</p>	<p>Е 232 А, шкідливий для шкіри Е 238 шкідливий для шкіри Е 239 А Е 240 К, викликає рак, консервант, формальдегід Е 241 підозрілий Е 250, 251 заборонені при гіпертонії Е 260 оцет Е 299 Е 300 аскорбінова кислота Е 311 А, висип Е 312 А, висип Е 313 А, висип</p>	<p>Е 465 ПП, ЖК, НП Е 466 ПП, ЖК Е 467 К Е 468 НП Е 477 НП, підозрілий Е 499 Е 500 сода харчова Е 621 глутамат, підсилювач смаку Е 924 пінопогашувач – викликає рак; при певних концентраціях викликає руйнування вітамінів групи В Е 951 підсолоджувач на основі аспартаму (фенілаланін)</p>
--	--	--

Примітка. Умовні позначення: К – канцероген, ПП – викликає захворювання печінки і нирок, ЖК – викликає захворювання шлунково-кишкового тракту, А – алерген, З! – товар, заборонений до реалізації і дуже небезпечний; НП – викликає порушення травлення; Х – товар із підвищеним вмістом холестерину.

Заборонені добавки (добавки, по яких доведено, що їхня дія приносить шкоду організму):

- Е121 – цитрусовий червоний 2 (барвник);
- Е123 – червоний амарант (барвник);
- Е128 – червоний 2G (барвник);
- Е216 – пара-гідроксібензойної кислоти пропіловий ефір, група парабенів (консервант);
- Е217 – пара-гідроксібензойної кислоти пропілового ефіру натрієва сіль (консервант);
- Е240 – формальдегід (консервант).

За ДСТУ допускається наявність 3-4 харчових добавок, а дітям до 5 р. продукти із вмістом харчових добавок – заборонені. У сучасних умовах без харчових добавок обійтися неможливо. І все ж слід уважно дивитися на те, що ми купуємо в якості їжі. За статистикою, за рік жителі багатьох країн «з’їдають» разом з їжею кілька кілограмів харчових добавок.

Контрольні питання:

1. Що таке мутації? Які причини мутацій?
2. Що таке харчові добавки?
3. Що таке біологічно активні добавки?
4. Що таке індекс E?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3

Тема: визначення кількості гнойової біомаси для одержання біогазу.

Мета роботи: визначити кількість гнойової біомаси для одержання біогазу.

Матеріали для проведення заняття: інформаційні джерела, додаток (завдання).

Зміст роботи:

1. Узагальнити теоретичний матеріал за темою.
2. Розрахувати добовий та річний вихід гнойової біомаси.
3. Розрахувати вплив якісних параметрів гнойової біомаси на вихід біогазу (вологість, вміст сухої речовини, вміст органічної речовини).

Теоретичні відомості

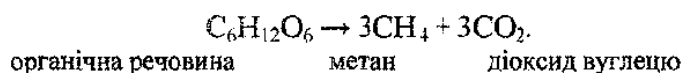
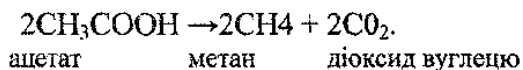
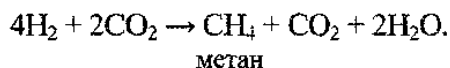
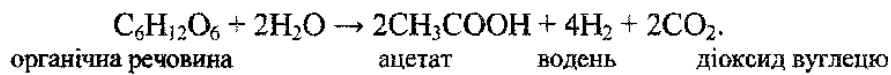
Біоконверсія – це трансформація речовин з однієї форми в іншу біологічними агентами (живими організмами або ферментами). За допомогою біоконверсії з відходів різного походження (рослинництва, тваринництва, побутових, промислових) можна одержати різноманітну продукцію альтернативні носії енергії, високоякісне органічне добриво, білкові і вітамінні кормові добавки.

Біотехнологія одержання біогазу

Переробка біомаси в біогаз ґрунтується на її властивості виділяти горючий газ у процесі розкладання при зберіганні без доступу повітря (в анаеробних умовах). Процес зброджування органічних речовин відбувається за допомогою складної асоціації різних анаеробних бактерій. З участю перших двох груп анаеробних мікроорганізмів відбувається перетворення складних високомолекулярних сполук відходів в ацетат, водень і діоксид вуглецю, які потім власне метаногенами (3-я група бактерій) перетворюються в метан.

Для всіх метанобактерій характерна здатність до росту в присутності водню і діоксиду вуглецю, а також висока чутливість до кисню та

інгібіторів. Із біохімічної точки зору метанове бродіння є не що інше, як анаеробне дихання, в ході якого електрони з органічних речовин переносяться на діоксид вуглецю, який відновлюється до метану. Суть процесу біометаногенезу можна виразити такими реакціями:



Співвідношення проміжних і кінцевих продуктів у процесі метанового бродіння: залежить від хімічного складу біомаси, умов ферментації і наявної мікрофлори.

У природі зустрічаються різні метаноутворювальні мікроорганізми, які відрізняються між собою за температурним оптимумом – психрофіли (0-20 °С), мезофіли (20-40 °С) і термофіли (40-60 °С), які виживають навіть при температурі 97 °С.

Розрізняють три температурних режими одержання біогазу:

- психрофільний – від 0 °С до 20 °С;
- мезофільний – від 20 °С до 40 °С;
- термофільний – від 40 °С до 60 °С.

Кожен із температурних режимів сприяє росту і підвищенню метаболічної активності певної групи метаногенів. Краще зброджування біомаси проходить за 30-40 °С і 50-60 °С (під час розвитку мезофільної і термофільної мікрофлори).

При утилізації біомаси в термофільних умовах швидкість зброджування біомаси і утворення біогазу у 2,5-3 рази вища, ніж при мезофільному режимі, а тому необхідний об'єм метантенка буде меншим при термофільному режимі роботи БГУ.

Для нормальної життєдіяльності метанутворювальних мікроорганізмів необхідні оптимальні умови. До факторів, які впливають на функціонування метанутворювальних бактерій, а отже і на вихід біогазу, належать: склад і властивості сировини (біомаси), концентрація поживних речовин, температура і тривалість зброджування, рН середовища, анаеробні умови, наявність інгібіторів, каталізаторів тощо.

Анаеробне метанове зброджування гною відбувається у спеціальних біогазових установках (БГУ), де за рахунок анаеробної біоконверсії органічних речовин одержують енергоносії у вигляді біогазу, високоякісне знешкоджене концентроване органічне добриво і навіть кормові добавки.

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

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

Біогаз – це суміш газів із 50-80 % метану, 20-50 % діоксиду вуглецю, 1 % сірководню і незначною кількістю азоту, кисню, водню і закису вуглецю. Теплотворна спроможність біогазу становить в середньому 22 МДж/м³. Його можна використовувати як замітник природного газу та практично в усіх енергетичних установках як пальне для двигунів, у тому числі і для мобільної техніки.

У сільській місцевості біогаз придатний як замітник природного газу для приготування їжі, опалення житлових приміщень, одержання гарячої води тощо. За підрахунками спеціалістів 1 м³ біогазу дає можливість приготувати обід на 6-7 осіб або освітлювати приміщення середніх розмірів протягом 6-8 год.

Використання БГУ дає можливість вирішувати, крім енергетичної і економічної, екологічні і санітарно-гігієнічні проблеми, оскільки проходить дезодорація гною, загибель патогенної мікрофлори, яєць і личинок гельмінтів, насіння бур'янів. Дослідженнями встановлено, що бактеріальна стерилізація, при анаеробному зброджуванні оцінюється на 99,98 %. Цей напрям біоконверсії в умовах відсутності або поступового виснаження традиційних енергетичних ресурсів (нафти, газу, вугілля тощо) і особливо зростаючого дефіциту пального в сільській місцевості має велике значення для України.

Беручи до уваги потенціал гною, придатного для анаеробного зброджування, і світовий досвід, була визначена необхідна кількість БГУ для України, яка становить орієнтовно 2865 установок з ємністю реактора 1000 м³.

Хід роботи:

Одним із важливих факторів, що впливають на об'єм біогазу, є вид біомаси, яка зброджується. Це пояснюється значними відмінностями в

хімічному складі гнойової біомаси від різних видів сільськогосподарських тварин. Тому проектування об'єму метантенка (бродильної камери) БГУ починають зі збору даних про вид тварин, поголів'я та об'єм гнойової біомаси, яка підлягає утилізації. Потенціал гною, який придатний для анаеробного зброджування в Україні, наведений в табл. 2.

Таблиця 2

Потенціал гною, придатний для анаеробного зброджування в Україні (вид гною)	Загальна к-ть гною, млн. т/рік	Коефіцієнт доступності	К-сть гною, придатного для зброджування, млн. т/рік	Виробіток біогазу 10^9 м ³ /рік	Теплотворна здатність біогазу, МДж/м ³	Енергетичний потенціал гною, млн. т у.п./рік
ВРХ (W 88-89 %)	94,2	0,62**	58,4	1,46	23	1,144
Свині (W 90 %)	7,7	0,62**	4,79	0,124	21	0,088
Птиця (W 70 %)	2,8	1,0	2,8	0,11	21	0,079
Разом	104,7	-	65,99	1,694	-	1,311

Примітка: * У розрахунках брали до уваги лише тварин, що утримувалися на підприємствах без врахування поголів'я особистих підсобних господарств.
** Коефіцієнт доступності 0,62 враховує зменшення кількості гною ВРХ, який втрачається під час літнього утримання на пасовищах: для свинячого гною цей коефіцієнт враховує зменшення кількості придатного для зброджування гною на фермах гідрозмиванням та гідроплавленням.

1. Розрахунок добового та річного виходу гнойової біомаси

Вихід гнойової біомаси залежить від багатьох факторів; виду та віку тварин, типу годівлі, способу утримання, технології видалення та накопичення гнойової маси.

Добовий вихід безпідстилкового гною (у тоннах) визначається як сума екскрементів і кількості води, що надходить з усіх джерел систему гноєвидалення; у випадку утримання тварин із використанням підстилки, враховується її кількість.

1.1. Добовий вихід безпідстилкового гною

Визначається за формулою:

$$Q_{\Gamma} = (M_e + B) \frac{n}{1000}, \quad (1)$$

де Q_{Γ} – добовий вихід гною, т; M_e – добова маса екскрементів від однієї голови, кг (табл. 3); B – добова кількість води, яка потрапляє в систему гноєвидалення, кг; n – поголів'я тварин чи птиці виробничої групи, що одночасно утримується на фермі чи комплексі, гол.

Таблиця 3

Добовий вихід екскрементів ($M_e \cdot \Gamma$) від тварин, кг

Вікові групи тварин	Вихід на 1 гол., кг за добу		
	кал	сеча	усього
1	2	3	4
Велика рогата худоба			
Корови	35	20	55
Нетелі	20	7	27
Телята 0-6 міс.	5	2,5	7,5
Молодняк на відгодівлі			
6 міс.	10	5	15
9 міс.	10	9	19
12 міс.	14	12	26
Свині			
Свиноматки	3,1	3,0	6,1
Поросята 2 міс.	0,8	2,5	3,3
Поросята 3-4 міс.	1,4	2,2	3,6
Підсвинки: 6 міс	1,6	2,6	4,2
Свині на відгодівлі	1,5	3,5	5,0
Кури	-	-	0,27-0,32
Індики	-	-	0,45-0,40
Качки	-	-	0,40-0,50
Гуси	-	-	0,6-0,70

Добова кількість води (В), яка потрапляє в систему гноєвидалення, розраховується за формулою:

$$B = K \cdot M_e, \quad (2)$$

де К – коефіцієнт (табл. 4).

Таблиця 4

Добова кількість води, яка потрапляє в систему гноєвидалення

Система видалення	Коефіцієнт, який розраховується від добового виходу екскрементів тварин
Транспортерна(конвеєрна)	0,7-0,2
Самосплавна	0,3-0,5
Лотково-змивна з сухою чисткою	2,0-2,5
Лотково-змивна з вологою чисткою	5,0-6,0
Гідрозмив	7,0-8,0

1.2. Добовий вихід гнойової біомаси з використанням підстилки

Визначається за формулою:

$$Q_{\Gamma} = (M_e + B + M_n) \frac{n}{1000}, \quad (3)$$

де Q_{Γ} – добовий вихід гною, т; M_e – добова маса екскрементів від однієї голови, кг (табл.2); B – добова кількість води, яка потрапляє в систему гноевидалення, кг; n – поголів'я тварин чи птиці виробничої групи, що одночасно утримується на фермі чи комплексі, гол.; M_n – добова кількість підстилки на 1 гол., кг (табл. 5).

Добова кількість води, яка потрапляє в систему гноевидалення, розраховується за формулою 2.

Таблиця 5

**Норми витрат підстилкового матеріалу (соломи), кг
на 1 голову на добу**

Вид тварин	Спосіб утримання тварин		
	Привязний	Боксовий	У групових клітках
ВРХ: корови	1,5	0,5	-
Відгодівельне поголів'я	1,0	-	-
Молодняк	1,5	0,5	1,0
Свині	-	-	0,5
Птахи	-	0,1	-

1.3. Річний вихід гнойової маси

При цілорічному утриманні тварин з використанням підстилки або без неї цей показник розраховується за формулою:

$$Q_{\Gamma \text{річний}} = Q_{\Gamma \text{доб}} \cdot t, \quad (4)$$

де t – днів у році (365 діб).

1.4. Річний та добовий вихід гною при стійлово-табірному утриманні

При стійлово-табірному утриманні з використанням підстилки у приміщеннях (245 діб) і без підстилки в таборах (120 діб) річний та добовий вихід гнойової маси розраховується за формулою:

$$Q_{\Gamma} = [(M_e + B + M_n) \cdot t_n + (M_e + B) \cdot t_l] \frac{n}{1000}, t;$$
$$Q_{\Gamma \text{доб}} = \frac{Q_{\Gamma \text{річ}}}{t}, t, \quad (5)$$

де t – обліковий час, діб (час утримання тварин у приміщенні – $t_{п}$; у літніх таборах $t_{л}$, $t=365$ діб).

1.5. Річний та добовий вихід гною при стійлово-пасовищному утриманні

При застосуванні в господарстві стійлово-пасовищного утримання з використанням вигульно-кормових майданчиків річне накопичення гною скорочується на 30 % і розраховується за формулою:

$$Q_{Гріч} = [(M_e + B + M_n) * t_{ст} + (M_e + B) * 0,3 * t_{пс}] \frac{n}{1000}, T ;$$
$$Q_{Гдоб} = \frac{Q_{Гріч}}{t}, T . \quad (6)$$

Примітка. Стійлове утримання – 245 діб; пасовищне – 120 діб.

2. Розрахунок впливу якісних параметрів гнойової біомаси на вихід біогазу

На вихід біогазу істотно впливає хімічний склад гнойової біомаси. У досліджах встановлена залежність між об'ємом одержаного біогазу і вмістом сухої речовини в біомасі. Для гною великої рогатої худоби ця залежність була прямою; для курячого посліду – оберненою, що пояснюється інгібуючою дією високих концентрацій аміаку на метанутворювальні мікроорганізми.

Оптимальними для вихідної гнойової біомаси є такі фізико-хімічні параметри: концентрація сухої речовини на рівні 8-12 % (не більше 12 %), вміст органічної речовини – не менше 80 %, співвідношення C:N=10-30:1, рН=6,5-7,5.

Для визначення вмісту сухої речовини в гнойовій біомасі необхідно мати дані щодо вологості гною, яка значною мірою залежить від способу утримання тварин та системою гноєвидалення.

2.1. Вологість гнойової біомаси, яка виходить з ферми

Вологість безпідстилкового гною

При безпідстилковому утриманні тварин одержується рідкий гній, до складу якого входять екскременти тварин, деяка кількість кормів, а також вода, яка потрапляє в систему гноєвидалення при прибиранні гною, митті обладнання, витіканні із автонапувалок і водопровідної мережі тощо.

Вологість безпідстилкового гною визначається за формулою:

$$W_{\Gamma} = \frac{W_E + 100Z}{1+Z}, \quad (7)$$

де W_{Γ} – відносна вологість гною, %;

W – відносна вологість екскрементів, % (табл. 6);

Z – показник, який враховує кількість води, що потрапляє в систему гноєвидалення (табл. 7).

Таблиця 6

Відносна вологість екскрементів, тварин, %

Вид тварин	Вологість, %		
	кал	сеча	суміш
Велика рогата худоба	83-84	94-95	86-87
Свині	76-78	94-95	87-88
Вівці	76-79	94-95	74-75
Коні	71-72	95-96	77-79
Кури	-	-	73-76
Індики	-	-	73-76
Качки, гуси	-	-	83-85

Таблиця 7

Показник, який враховує кількість води, що потрапляє в систему гноєвидалення

Спосіб видалення гною	Z
Транспортерний(конвеєрний)	0,2-0,3
Самосплавний	0,4-0,5
Лотково-змивний з сухим чищенням підлоги	2,0-2,5
Лотково-змивний з вологим чищенням підлоги	5,0-6,0
Гідрозмив	7,0-8,0

Вологість підстилкового гною

Визначається за формулою:

$$W_{\Gamma} = W_E - 0.01 \cdot P_{\Pi} (W_E - W_{\Pi}) + 0.01 \cdot P_{\text{В}} (100 - W_E), \quad (8)$$

де W_{Γ} – відносна вологість гною, %; W_E – вологість екскрементів, % (табл. 6); W_{Π} – вологість підстилки (соломи) – 19,6 %; P_{Π} , $P_{\text{В}}$ – процентне співвідношення в гнойовій масі підстилки і води, %.

Для визначення P_{Π} , $P_{В}$ розраховуємо, скільки води за добу потрапило в систему гноєвидалення за формулами:

$$V = K \cdot M_E, \quad (9)$$

де V – добова кількість води, яка потрапляє в систему гноєвидалення, кг; M_E – добова маса екскрементів від однієї голови, кг (табл. 3); K – коефіцієнт (табл. 4).

$$P_{В} = \frac{V \cdot 100}{M_E + V + M_{\Pi}}, \% , \quad (10)$$

де M_{Π} – добова кількість підстилки, кг (табл. 5).

$$P_{\Pi} = \frac{M_{\Pi} \cdot 100}{M_E + V + M_{\Pi}}. \quad (11)$$

Вологість гною при стійлово-табірній та стійлово-пасовищній системі утримання

При цій системі тварини можуть утримуватися 245 діб в приміщеннях з використанням підстилки і 120 діб – у таборах без використання підстилки. Вологість гною у цьому випадку розраховується за формулою:

$$W_{Г} = \frac{(W_1 \cdot 2) + W_2}{3}, \quad (12)$$

де $W_{Г}$ – відносна вологість гною, який поступає з ферми, %; W_1 – відносна вологість гною при підстилковому утриманні, %; W_2 – відносна вологість гною при безпідстилковому утриманні, %.

Вологість гною, який поступає з ферми від різних виробничих груп

$$W_{С} = \frac{W_1 + W_2 + \dots + W_n}{n}. \quad (13)$$

2.2. Вміст сухої речовини в гнойовій біомасі

Для забезпечення рентабельності біогазового виробництва вміст сухої речовини в гнойовій біомасі має становити 8-12 %, а органічної речовини – 85 %. Це зазвичай забезпечують скребкові (транспортні) системи прибирання гною і, навпаки, не забезпечують системи гідрозмивання та гідроплавлення. Визначається вміст сухої речовини розрахунковим методом за формулою:

$$P_{\text{а.с.р.}} = \frac{Q_{Г} + (100 - W_{Г})}{100}, \quad (14)$$

де $P_{a.c.p.}$ – вміст абсолютно сухої речовини в гнойовій біомасі; Q – вихід гною з ферми (добовий або річний), т; W – відносна вологість гною, який виходить з ферми, %.

2.3. Вміст органічної речовини в гнойовій біомасі

Дослідження установлено, що в гної різних видів сільськогосподарських тварин міститься у середньому 80 % органічної речовини і близько 20 % – неорганічної. Кількість органічної речовини в гнойовій біомасі, яку одержують від тварин за добу та за рік, визначається за формулою:

$$Q = P \cdot 0,8, \text{ т}, \quad (15)$$

де Q – добова або річна кількість органічних речовини в гною, т (кг);
 P – добова або річна кількість абсолютно сухої речовини, т (кг).

Контрольні питання:

1. У чому полягає біотехнологія отримання біогазу?
2. Що таке біогаз?
3. Які є температурні режими одержання біогазу?
4. Принцип роботи біогазових установок.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4

Тема: визначення основних параметрів системи анаеробного зброджування гнойової біомаси (метантенка) БГУ.

Мета роботи: визначити основні параметри системи анаеробного зброджування гнойової біомаси.

Матеріали для проведення заняття: інформаційні джерела, додаток (завдання).

Зміст роботи:

1. Узагальнити теоретичний матеріал за темою.
2. Розрахувати добову продуктивність реактора.
3. Розрахувати добовий обсяг завантаження метантенка.
4. Розрахувати місткість бродильної камери БГУ.
5. Розрахувати об'єм газогенерації.

Теоретичні відомості

Використання мікроорганізмів при переробці відходів не вимагає створення стерильних умов, навпаки, чим більше різних мікроорганізмів бере участь у такому процесі, тим краще. Процес мінералізації органічних відходів в аеробних умовах, заснований на використанні мікроорганізмів активного мулу, був розроблений в 1914 р. З тих пір він істотно модернізований, став більш складним і продуктивним, і використовується у всьому світі для переробки стічних вод. Утилізація стоків в анаеробних умовах змішаною мікрофлорою викликає утворення біогазу (CH_4 і CO_2), який використовується як дешева енергія. Одне з перших місць з виробництва біогазу займає Китай (близько 20 млн генераторів біогазу). Останніми роками застосовуються невеликі установки, призначені для переробки відходів сільського господарства.

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

Хід роботи:

1. Добова продуктивність реактора, або його пропускна здатність щодо вихідного гною

Визначається за кількістю вихідної гнойової біомаси за формулою:

$$G_{\text{доб}} = \frac{Q_{\text{Г річн}}}{t_{\text{річн}} - t_3}, \quad (16)$$

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

2. Добовий обсяг завантаження метантенка, м³

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

$$Q_{\text{М доб}} = \frac{W_{\text{Г1}} \cdot Q_{\text{Г доб}}}{W_{\text{Г1}} \cdot q_{\text{Г}}}, \quad (17)$$

де $Q_{\text{Мдоб.}}$ – добовий обсяг завантаження метантенка, м^3 ; $W_{\text{Г1}}$ – відносна вологість гною, який виходить з ферми, %; $W_{\text{Г2}}$ – відносна оптимальна вологість гною (88-92 %); $Q_{\text{Гдоб}}$ – добовий вихід гною на фермі, т; q – питома вага 1 м^3 гною при певній оптимальній вологості (88-92 %).

Для переведення маси гною з т в м^3 користуються питомою вагою (q) рідкого гною, залежно від вологості.

1 м^3 відповідає:

- 1080 кг гною вологістю 88 %;
- 1070 кг гною вологістю 89 %;
- 1060 кг гною вологістю 90 %;
- 1050 кг гною вологістю 91 %;
- 1040 кг гною вологістю 92 %.

3. Місткість (об'єм) бродильної камери (метантенка) БГУ

Рентабельність біогазового виробництва значною мірою залежить від об'єму бродильної камери. При її проектуванні перш за все враховується кількість гнойової біомаси, яка підлягає утилізації, та режим роботи БГУ.

Об'єм бродильної камери визначається за формулою:

$$V_{\text{К}} = \frac{Q_{\text{Мдоб.}} \cdot 100}{p \cdot q}, \quad (18)$$

де $V_{\text{К}}$ – місткість бродильної камери, м^3 ; $Q_{\text{М доб.}}$ – добовий обсяг завантаження метантенка, м^3 ; p – добова доза завантаження, % (для мезофільного пронесу – 7 %, для термофільного процесу – 15 %); q – коефіцієнт заповнення камери (у межах 0,8-0,95).

4. Об'єм газогенерації, м^3 (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 подано у табл. 8.

Із 1 кг сухої речовини гнойової біомаси внесеної в реактор біогазової установки, теоретично можна одержати в середньому $0,4-0,6 \text{ м}^3$ 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 $0,2-0,5 \text{ м}^3$, а з еквівалентної маси свинячого гною – $0,3-0,7 \text{ м}^3$ (реактор працює на мезофільному режимі). Із біомаси курячого посліду біогазу виходить більше, ніж із гною великої рогатої худоби або свиней (табл. 9).

Таблиця 8

**Хімічний склад гною с/г тварин, % у сухій речовині
(за В. Баолером, 1982 р.)**

Компонент	Вид тварин		
	ВРХ корови	свині	кури
Органічні речовини	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
Лігнін	16-30	-	9,6-14,3
Азот	1,9-6,5	4,0-10,3	2,3-5,7
Фосфор	0,2-0,7	1,9-2,5	1,0-2,7
Калій	2,4	1,4-3,1	1,0-2,9
Кальцій	2,3-4,9	-	56-11,6
Магній	-	-	0,9-1,1

Таблиця 9

**Вихід біогазу (метану) при анаеробному зброджуванні
сільськогосподарських відходів**

Відходи	Вихід біогазу на 1 кг сухої органічної речовини м ³	Вміст СН ₄ .%
1	2	3
Гній ВРХ	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	0,620	82,0

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

Крім кількості сухої речовини, суттєвим параметром, який впливає на вихід біогазу, є вміст і склад органічної речовини, особливо кількість жирів, білків, вуглеводів (табл. 10).

**Вихід біогазу і вміст при метановому бродінні жирів,
білків, вуглеводнів**

	СН ₄ ,%	Вихід біогазу на 1 кг розкладеної органічної речовини, м ³	Ступінь 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 зазвичай знаходяться у формі поліцукрів і тому вимагають більш тривалої ферментації. Помітно знижується утворення біогазу в присутності лігніну, тому що він у процесі метанового бродіння практично не розкладається.

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

Добовий вихід біогазу розраховується за формулами з врахуванням вмісту в гнойовій біомасі сухої (формула 19) або органічної (формула 20) речовин:

$$V_{\Gamma} = \frac{P_{a.c.p} \cdot Z}{100 \cdot K_p \cdot v}, \quad (19)$$

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

$$V_{\Gamma} = P_{a.c.p} \cdot K_3 \cdot \rho, \quad (20)$$

де V_{Γ} – добовий або річний вихід біогазу, м³, $P_{a.c.p}$ – добова або річна кількість сухої речовини, 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_3 – коефіцієнт зброджування органічної речовини (0,3).

Контрольні питання:

1. Що таке анаеробне зброджування?
2. Основні параметри системи анаеробного зброджування.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5

Тема: визначення виходу товарного біогазу.

Мета роботи: визначити вихід товарного біогазу.

Матеріали для проведення заняття: інформаційні джерела, додаток (завдання).

Теоретичні відомості

Товарний біогаз – це частка біогазу від загальної кількості біогазу, який отримують у процесі анаеробного бродіння, з якого можна одержати теплову або електроенергію, або замінити біогазом природні носії енергії (природний газ, нафту, дизпаливо, бензин тощо). Частина отриманого біогазу використовується для підігрівання біомаси, що зброджується.

Вихід товарного біогазу залежить від кількості біогазу, який використовується для підігрівання зброджувальної біомаси та витрат теплової енергії при анаеробному бродінні, які у свою чергу залежать від природно-кліматичних умов, розміщення господарства, режиму роботи, складу і конструкційних особливостей БГУ.

Хід роботи:

1. Визначенням теплової енергії, необхідної для підігрівання біомаси

Визначається за формулою:

$$\varepsilon_{\text{БГУ}} = C \cdot Q_{\text{Грічн}} \cdot \Delta t, \quad (21)$$

де $\varepsilon_{\text{БГУ}}$ – теплова енергія, необхідна для підігріву гною до температури бродіння, МДж; $Q_{\text{Грічн}}$ – річна кількість гною, яка виходить з ферми, кг; Δt – різниця температури зброджування і температури вихідного гною ($t_{\text{збр}} - t_{\text{гною}}$) °С; C – питома теплоємність рідкого гною (4,19 КДж/кг · град).

Примітка: $t_{\text{збр}}$ залежить від режиму роботи БГУ, а t° вихідного гною становить у теплий період року (245 діб) в середньому +20 °С; в холодний – +10 °С (120 діб).

Цей показник визначається спочатку окремо для теплого і холодного періоду року за формулами:

$$\varepsilon_{\text{б теплий період}} = C \cdot Q_{\text{Г доб}} \cdot 245 \cdot \Delta t; \quad (22)$$

$$\varepsilon_{\text{б холодний період}} = C \cdot Q_{\text{Г доб}} \cdot 120 \cdot \Delta t; \quad (23)$$

$$\varepsilon_{\text{бгу річн.}} = \varepsilon_{\text{бгу теплий період}} + \varepsilon_{\text{бгу холодний період}} \cdot \quad (24)$$

2. Визначення кількості біогазу, необхідного для підігріву біомаси

$$Q_{\text{бг}} = \frac{\varepsilon_{\text{БГУ}}}{q}, \quad (25)$$

де $Q_{\text{бг}}$ – кількість необхідного для підігріву біомаси біогазу, м³; q – чиста теплотворна здатність біогазу ($q=22$ МДж/м³).

3. Частка біогазу, необхідного для підігріву гною, визначається за формулою:

$$\eta = \frac{Q_{\text{бг}}}{V_{\text{річ}}}, \quad (26)$$

де $Q_{\text{бг}}$ – необхідна кількість біогазу для підігріву біомаси, м³; $V_{\text{річ}}$ – річний вихід біогазу, м³.

4. Максимально-теоретичний коефіцієнт виходу товарного біогазу

Визначається таким чином:

$$K_{\text{тб}}=1-\eta_{\text{n}}, \quad (27)$$

де $K_{\text{тб}}$ – коефіцієнт виходу товарного біогазу.

5. Визначення виходу товарного біогазу:

$$V_{\text{тг}}=V_{\text{Г річн}} \cdot K_{\text{тб}}, \quad (28)$$

6. Визначений коефіцієнта ефективності БГУ

Коефіцієнт ефективності характеризує енергетичний і техніко-технологічний рівень БГУ. Визначається за формулою:

$$K_{\text{еф}} = \frac{Q_{\text{бгу.повн}}+E_{\text{БГУ}}}{Q_{\text{бгу.повн}}}, \quad (29)$$

де $Q_{\text{бгу.повн}}$ – теплова енергія, яка виробляється БГУ, МДж; $E_{\text{БГУ}}$ – теплова енергія, необхідна для підігріву гною до температури бродіння, МДж.

Визначається таким чином: $V_{\text{Г річ}}=22$ МДж.

Контрольні питання:

1. Що таке товарний біогаз?
2. Від яких умов залежить вихід товарного біогазу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *12 методів в картинках: клітинні технології.* – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://biomolecula.ru/articles/metody-v-kartinkakh-kletochnye-tehnologii>.
2. *12 методів в картинках: полімеразна ланцюгова реакція.* – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://biomolecula.ru/articles/metody-v-kartinkakh-polimeraznaia-tsepnaia-reaktsiia>.
3. *12 методів в картинках: секвенування нуклеїнових кислот.* – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://biomolecula.ru/articles/metody-v-kartinkakh-cekvenirovanie-nukleinovyx-kislot>.
4. *In vivo - in vitro - in silico.* – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://biomolecula.ru/articles/in-vivo-in-vitro-in-silico>.
5. *Биоэтика* клинических испытаний / Т. Кривомаз // Фармацевт Практик. – 2017. – № 1. – С. 24-25.
6. *Горова А.І.* Біотехнології в екології: навч. посібник / А.І. Горова, С.М. Лисицька, А.В. Павличенко, Т.В. Скворцова. – Д. : Національний гірничий університет, 2012. – 184 с.
7. *Жукова О.Г.* Біотехнологія: конспект лекцій / О.Г. Жукова, Л.О. Василенко, Т.І. Кривомаз. – К.: КНУБА, 2017. – 48 с.
8. *Визначення* шкодочинності грибів для вирішення проблем екобезпеки дерев'яних конструкцій в будівництві / Т.І. Кривомаз, А.Р. Перебинос // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. – 2016. – № 1. – С. 101-110.
9. *Как* биохакеры «одомашнивают» биотехнологии / Т. Кривомаз // Фармацевт Практик. – 2018. – № 2. – С. 60-61.
10. *Зелені* стандарти для покращення офісної діяльності в нових умовах / Т.І. Кривомаз, Н.С. Карпенко // Екологічна безпека та природокористування. – 2020. – 34(2) – С. 5-21.
11. *Шляхи* підвищення екобезпеки урбанізованого середовища у зв'язку з пандемією COVID-19 / Т.І. Кривомаз, Д.В. Варавін // Екологічна безпека та природокористування. – 2020. – 36 – С. 41-55.
12. *Просто* про складне: CRISPR/Cas. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://biomolecula.ru/articles/prosto-o-slozhnom-crispr-cas>.
13. *Эпигенетика: читая* поверх строк ДНК / Т. Кривомаз // Фармацевт Практик. – 2015. – № 10. – С. 14-15.

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Ферма ВРХ																	
Корови	22			32			38			51			43			50	
Нетелі	30			11			36			10			21			19	
Телята 0-6 міс.	32			27			12			17			15			14	
Молодняк на відгодівлі																	
6 міс.	3			11			2			3			12			2	
9 міс.	5			12			4			7			0			6	
12 міс.	8			7			8			12			9			9	
Свиноферма																	
Свиноматки		8			7			10			23			11			12
Поросята 2 міс.		28			26			25			33			25			27
Поросята 3-4 міс.		13			12			14			21			13			15
Підсвинки: 6 міс.		2			10			11			8			3			5
Свині на відгодівлі		49			45			40			15			48			41
Птахоферма																	
Кури			100			25			48			32			63		
Індики			0			25			6			11			0		
Качки			0			25			22			29			37		
Гуси			0			25			24			28			0		

Спосіб утримання	Стойло пасовищ	У груп.клітк.	У груп.клітк	Стойло пасовищ	У груп.клітк	У груп.клітках	Стойло пасовищ	У груп.клітках	У груп.клітках	Стойло пасовищ	У груп.клітк	У груп.клітках	Стойло пасовищ	У груп.клітк	У груп.клітках	Стойло пасовищ	У груп.клітках
Використання підстилки																	
Кількість голів	1000	600	3800	2300	3700	860	1500	700	2400	1200	650	2100	920	640	1300	800	750
Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Спосіб видалення гною	Гідрозмив	транспортерний	лотково-змивна з сух. чисткою підлоги	Гідрозмив	самосплавна	лотково-змивна з мокр. чисткою підлоги	Гідрозмив	транспортерний	лотково-змивна з мокр. чисткою підлоги	самосплавна	Гідрозмив	лотково-змивна з сух. чисткою підлоги	транспортерний	самосплавна	лотково-змивна з мокр. чисткою підлоги	транспортерний	транспортерний

Навчально-методичне видання

БІОТЕХНОЛОГІЯ

Методичні вказівки
до виконання практичних робіт
для студентів спеціальностей 101 «Екологія»
та 183 «Технології захисту навколишнього середовища»
усіх форм навчання

Укладачі: **ПЕРЕБИНОС** Альона Ростиславівна
КРИВОМАЗ Тетяна Іванівна
ЖУКОВА Олена Григорівна

Випусковий редактор *В.С. Сасько*
Комп'ютерне верстання *А.І. Яцемирської*

Підписано до друку 2021. Формат 60x84_{1/16}
Ум. друк. арк. 2,09. Обл.-вид. арк. 2,25.
Електронний документ. Вид. № 102/III-21.

Видавець і виготовлювач:
Київський національний університет будівництва і архітектури
Повітрофлотський проспект, 31, Київ, Україна, 03037

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