

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЧЕРНІГІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

ЕКОБІОТЕХНОЛОГІЯ
Методичні вказівки до практичних занять
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
освітньо-професійної програми «Екологія»

Обговорено і рекомендовано
на засіданні кафедри харчових
технологій
Протокол №6 від 26.06. 2023 р.

Чернігів 2023

Екобіотехнологія. Методичні вказівки до практичних занять для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня освітньо-професійної програми «Екологія» / Укл.: Ж.В. Замай.– Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», 2023. – 18 с.

Укладач:

Замай Жанна Василівна

кандидат технічних наук, доцент кафедри харчових технологій Національного університету «Чернігівська політехніка»

Рецензент:

Цибуля Сергій Дмитрович,

доктор технічних наук, професор, директор ННІ механічної інженерії, технологій і транспорту Національного університету «Чернігівська політехніка»

Відповідальний

Хребтань Олена Борисівна,

за випуск:

завідувач кафедри харчових технологій Національного університету «Чернігівська політехніка», кандидат технічних наук

Зміст

<u>ВСТУП.....</u>	<u>4</u>
<u>ПЛАН ПРОВЕДЕННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ.....</u>	<u>5</u>
<u>ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ.....</u>	<u>6</u>
<u>ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2 ВИЗНАЧЕННЯ ШВИДКОСТІ РОСТУ КУЛЬТУРИ ТА ВИХОДУ ПРОДУКТУ В ПРОЦЕСІ БІОТЕХНОЛОГІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА КОРМІВ.</u>	<u>7</u>
<u>ПРАКТИЧНА РОБОТА №3 БІОТЕХНОЛОГІЧНЕ ВИРОБНИЦТВО ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ ТА БІОЛОГІЧНОАКТИВНИХ РЕЧОВИН.....</u>	<u>10</u>
<u>ПРАКТИЧНА РОБОТА №4 ОЧИСТКА СТІЧНИХ ВОД. АКТИВНИЙ МУЛ.</u>	<u>13</u>
<u>ПРАКТИЧНА РОБОТА №5 АНАЕРОБНІ ПРОЦЕСИ В ЕКОЛОГІЧНІЙ БІОТЕХНОЛОГІЇ.</u>	<u>14</u>
<u>ПРАКТИЧНА РОБОТА №6 ЕКОБІОТЕХНОЛОГІЇ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ.....</u>	<u>16</u>
<u>ПРАКТИЧНА РОБОТА № 7 СПЕЦИФІЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА</u>	<u>17</u>
<u>РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА</u>	<u>18</u>

ВСТУП

В освітньо-професійній програмі «Екологія» передбачено вивчення вибіркової освітньої компоненти Екобіотехнологія. В дисципліні вивчаються біотехнологічні методи охорони навколишнього середовища, специфічне використання біотехнології для вирішення екологічних проблем. Метою її вивчення є засвоєння студентами основних понять екологічної біотехнології; отримання знань з проблем забруднення навколишнього середовища та знайомство із конкретними способами захисту довкілля із застосуванням біологічних технологій.

Цілі курсу

- 1) висвітлення біотехнологічних підходів у сфері захисту довкілля та біобезпеки суспільства;
- 2) розкрити шляхи удосконалення існуючих природоохоронних технологій;
- 3) поглибити знання щодо комплексного використання матеріальних та енергетичних ресурсів;
- 4) розширити прикладні екологічні знання студентів;
- 5) вивчення властивостей біоагентів, спрямованих на інтенсифікацію виробництва, створення нових джерел енергії, вирішення екологічних та продовольчих проблем;
- б) дати можливість студентам об'єднати теоретичні висновки фундаментальних дисциплін з питаннями біотехнології та практичним вирішенням екологічних задач.

Обсяг курсу.

Загальна кількість кредитів-3

Вид заняття	Загальна кількість годин
лекції	16
практичні	14
самостійна робота	60

План проведення практичних занять

Мо- дуль	Кіль- кість годин	Тема заняття	Вид конт- ролю	Кількість балів	
				за МРС	оде- р- жана
I	2	Вступне заняття. Техніко-економічні показники біотехнологічних виробництв.	ПЗ	5	
	2	Визначення швидкості росту культури та виходу продукту в процесі біотехнологічного виробництва кормів	РГР	5	
		Модульний контроль 1	тест	20	
II	2	Біотехнологічне виробництво харчових продуктів та біологічно активних речовин	ПЗ	5	
	2	Аеробний та анаеробний активний мул. Аеробні процеси в екологічній біотехнології Розрахунок технологічних показників активного мулу. Конструкції апаратів для очищення стоків. Особливості експлуатації.	ПЗ	5	
		Анаеробні процеси в екологічній біотехнології. Способи культивування анаеробів. Промислові апарати для збродження. Компостування та біодеградація відходів. Стадії та параметри процесу компостування.	ПЗ	5	
	2	Біотехнології у сільському господарстві Виробництво пробіотиків; силосування кормів; бактеріальні добрива.	ПЗ	5	
	2	Специфічне використання біотехнологічних процесів для вирішення проблем навколишнього середовища	Презе нтаці я	10	
		Модульний контроль 2	тест	20	
Всього:	14			75	

Практична робота № 1

Техніко-економічні показники біотехнологічних виробництв.

Приклади розв'язання задач

1. Визначити продуктивність утворення оцтової кислоти в процесі безперервного біосинтезу, якщо концентрація на виході з апарату 100 г/л, а швидкість розведення середовища 0,15 год⁻¹.

Розв'язання

$P = D \cdot x$, де

D-швидкість розведення системи

x-кількість продукту

$P = 100 \cdot 0,15 = 15$ г/л.

Розрахункові задачі:

1. Продуктивність заводу БВК 35 тис.т в рік. Знайти масу парафінів і нафти, необхідних для одержання такої маси БВК, якщо витратний коефіцієнт за парафіном дорівнює 1,4, а для одержання 1 т парафіну необхідно 2,3 т нафти.
2. Розрахувати інтенсивність ферментеру, якщо його продуктивність з корисним об'ємом 650 м³ досягає 31 тис. т БВК.
3. На гідролізному заводі виробляється за рік 3900 т кормових дріжджів з масовою часткою вологи 0,1, сирого (вологого) протеїну 0,6, ліпідів 0,05, вуглеводів 0,015, мінеральних речовин 0,08, нуклеїнових кислот 0,06. Визначте масу протеїну, ліпідів і нуклеїнових кислот, які накопичуються дріжджами, що виробляє завод за добу при його безперервній роботі
4. Яка маса сирого протеїну і вуглеводів може бути одержана при виробництві 50 тис. т кормових дріжджів, що мають наступний склад(у масових долях): волога 0,1. Сирий протеїн 0,55, ліпіди 0,05, вуглеводи 0,18, кислоти 0,05.
5. Визначте масу білка дріжджів, що мають наступний склад(у масових долях): лізин 0,07, метіонін 0,01, триптофан 0,02, аргінін 0,04, гістидин 0,015, треонін 0,03, валін 0,04, фенілаланін 0,02, лейцин 0,05, ізолейцин 0,03, яка може бути

одержана за рік заводом по виробництву БВК, якщо його продуктивність по лізину складає 8,5 тис. т.

6. Річний об'єм виробництва цеха біосинтезу фермента складає 11000 млн умов. од. Витрати на 1 млн умов. од α -аспарагінази наступний: амоній сульфату 2,2 кг, ортофосфатної кислоти-0,035, 100% -го натрій гідроксиду-3,7, натрій ацетату-12,1 та екстракта кукурудзи-53,4 кг. Визначте масу кожного виду сировини (в кг), що витрачається цехом за рік.

7. Проектна потужність заводу БВК 40 тис.т за рік. Визначте недовантаження заводу (у відсотках), якщо за рік він одержує рідкого парафіну масою 38 тис.т , а для одержання білка масою 1 т потрібно 1,4 т парафіну.

8. Розрахувати інтенсивність ферментеру, якщо його продуктивність досягає 19,5 тис.т тетрацикліну, а корисний об'єм – 650 м³.

Практична робота № 2

Визначення швидкості росту культури та виходу продукту в процесі біотехнологічного виробництва кормів.

Мета: Визначити абсолютний приріст біомаси, питому швидкість її росту (μ) і вихід біомаси за субстратом (y) при культивуванні дріжджів на меласі або гідролізаті та відходах харчової промисловості.

Теоретичні положення.

Ефективність мікробіологічного виробництва визначається абсолютним приростом біомаси (m_1) за одиницю часу (t_1-t_0):

$$m_1 = m_0 \cdot e^{\mu(t_1 - t_0)}, \text{ кг,}$$

де e – основа натурального логарифма ($e=2,71828$);

μ - швидкість росту культури.

Швидкість розмноження є постійною величиною для кожного виду мікроорганізмів при культивуванні на певному субстраті. Тому остання залежить від концентрації субстрату:

$$\mu = [S]/(K_S + [S]),$$

де S – концентрація субстрату, %;

K_S – константа Міхаеліса, мМ

Константа Міхаеліса визначається графічно побудовою залежності:

$$1/V = f(1/S),$$

Де V – швидкість розмноження при заданій концентрації (приклад графіку наведено на рисунку 2.1).

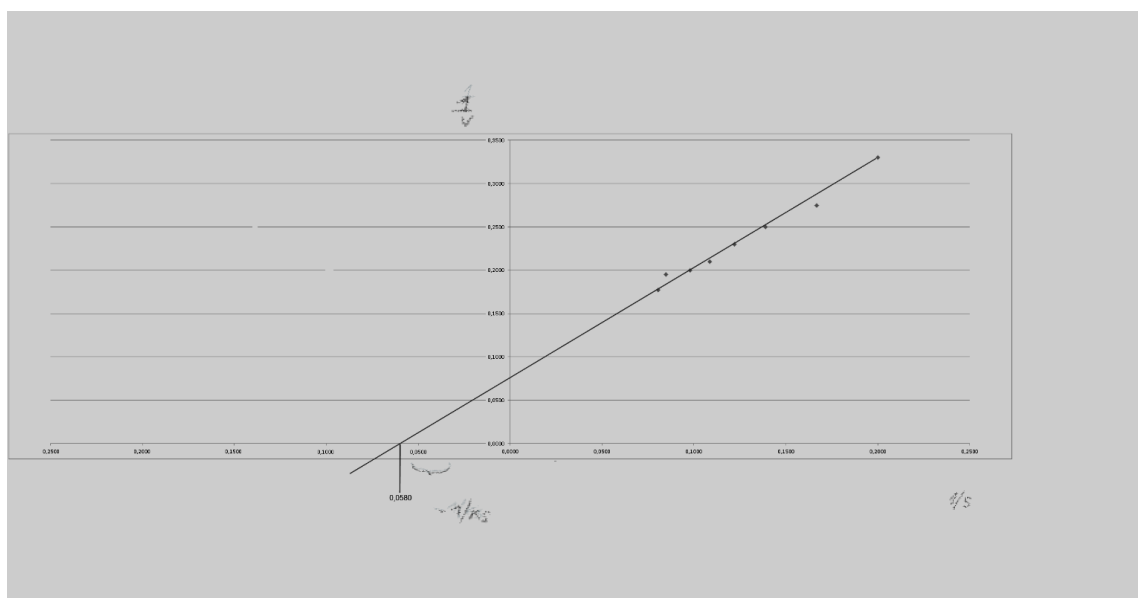


Рисунок 2.1. Приклад розрахунку константи Міхаеліса

На практиці важливо знати вихід біомаси по субстрату (y), що характеризує економічний ефект процесу (% виходу сухої біомаси на одиницю субстрату):

$$y = (m_1 - m_0) / (S_0 - S_1)$$

де m_0 і m_1 – кількість біомаси на початку і наприкінці культивування;

S_0 і S_1 – концентрація субстрату в середовищі на початку і наприкінці культивування.

Вихідні дані.

1. Культивування на меласі.

Концентрація сахарози в меласі, S (%).	12,4	11,8	10,2	9,2	8,2	7,2	6,0	5,0
1/S								
Швидкість розмноження, V (млн./мл за год).	5,65	5,13	5,00	4,76	4,35	4,00	3,64	3,03
1/V								

t=12 год.; m₀=0,5 кг.

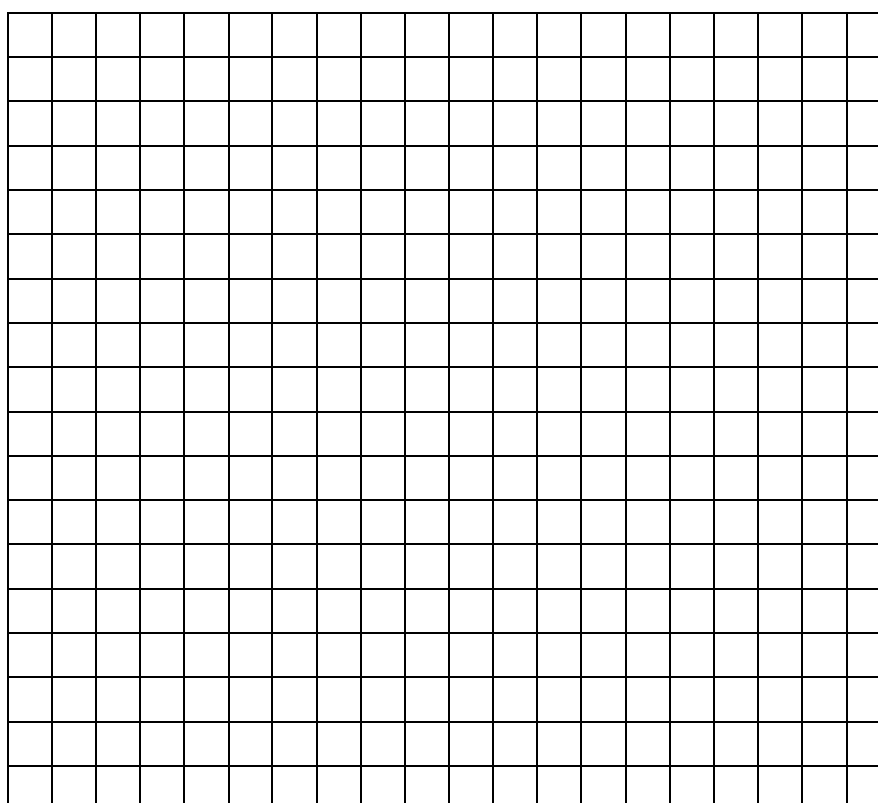
2. Культивування на гідролізаті та відходах промисловості.

Концентрація цукроподібних речовин, S (%).	7,2	6,2	5,2	4,1	3,0	1,8
1/S						
Швидкість розмноження, V (млн./мл за год).	2,56	2,35	2,04	1,64	1,40	0,80
1/V						

t=12 год.; m₀=0,5 кг.

Хід роботи.

1) Побудувати графік залежності $1/V=f(1/S)$.



2) Заповнити робочу таблицю, зробивши відповідні розрахунки.

Умови культивування	K_S	μ	m_1	y
меласа				
гідролізат				

3) Зробити висновки про ефективність вирощування дріжджів на кожному з субстратів.

Контрольні питання

1. Основні принципи біотехнологічних виробництв. Проблеми та перспективи розвитку біотехнології.
2. Внесок Луї Пастера в розвиток біотехнології.
3. Етапи розвитку біотехнології
4. Назвіть сучасні напрямки біотехнології та дайте їх кратку характеристику
5. Промислова мікробіологія. Промисловий синтез білку.
6. Наведіть показники, що характеризують ефективність мікробіологічного виробництва.

Практична робота №3

Біотехнологічне виробництво харчових продуктів та біологічноактивних речовин.

Приклади розв'язання задач

1. Визначити валову швидкість біосинтезу пеніциліну, якщо на 100 – тій годині вирощування в культуральній рідині накопичується 2000 одиниць активності антибіотику, а на 120-тій годині росту-12000 одиниць.

Розв'язання

$$V=(x-x_0)/(\tau-\tau_0)=(12000-2000)/(120-100)=500 \text{ од/год.}$$

2. Визначте час, за який відбувається приріст концентрації триптофану в культуральній рідині до 10г/л при валовій швидкості біосинтезу 0,5 г/год.

Розв'язання

$$V=(x-x_0)/(\tau-\tau_0)$$

$$\Delta\tau=\Delta x/V=10/0,5=20 \text{ годин.}$$

3. Визначити ефективність використання глюкози мікробною культурою, якщо приріст біомаси складає 2,4 г/л, а концентрація використаної глюкози 24 г/л.

Розв'язання

Ефективність використання поживного компоненту визначається економічним коефіцієнтом

$$Y=2,4/24=0,1 \text{ або } 10\%.$$

Розрахункові задачі:

1. Яку кількість сухої білкової маси можна одержати культивуванням дріжджів в ферментері об'ємом 400м³, якщо вихід продукту з клітинної маси складає 35%, а його зволоженість 20%, густина – 2,6 г/см³.

2. 1т дріжджів за вмістом протеїну замінює фуражне зерно масою 7,8 т і разом з іншими кормами дає додаткові прирости маси худоби 1,5т. Яку масу зерна замінюють дріжджі, що виробляється гідролізатно-дріжджовим заводом на протязі місяця, якщо його продуктивність складає 105 тис. т/рік.

3. Із 1т моркви вилучають 600мг каротину. Одна клітина мікроорганізму синтезує за годину 2,5·10⁻⁶мг каротину. В скільки разів вихід каротину мікробіальним шляхом вищий, ніж при його виділенні з моркви, якщо 1г сухої маси містить 10⁸ клітин.

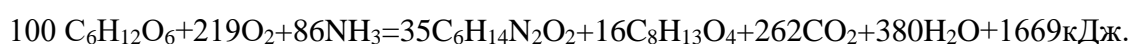
4. Яка маса дріжджових клітин необхідна для одержання 56 тис. т БВК, якщо 10 кг дріжджів необхідно для виробництва 1т білку. Визначити посівну площу, зайняту під горох для накопичення такої маси білку, якщо відомо, що для продукування горохом 1т білку необхідно 360 га.

5. Швидкість синтезу глютамінової (2-аміно-1,5-пентандіові) кислоти мікроорганізмами складає 600 обертів ферментативної системи за 1 хв. Яка кількість глютамінової кислоти (г) виробляється на протязі 1 доби при виході продукту 31% в 1 л культурального середовища, якщо вміст бактерій в 1 мл складає $1 \cdot 10^8$?

6. Швидкість синтезу лізину мікроорганізмами складає 400 обертів ферментативної системи за 1 хв. Яку масу лізину можна одержати на протязі 1 доби при виході продукту 27% в 1 л культурального середовища, якщо вміст бактерій в 1 мл $1 \cdot 10^7$?

7. Число клітин на протязі 24 годин культивування мікроорганізмів в стаціонарній фазі становить 800 млн./мл. Визначити абсолютний приріст біомаси за 1 год та питому швидкість росту, якщо початкова кількість клітин становила 20 млн./мл, а маса однієї клітини $1.6 \cdot 10^{-7}$ г.

8. Сумарне рівняння , що відображає перетворення глюкози, амоніаку та кисню в лізин, має вигляд:



Визначити інтенсивність аерації (в $г O_2$ за 1 год на 1 л середовища) та кількість повітря, необхідного для одержання 135 кг лізину.

9. Відомо, що для лікування карликовості використовують гормон росту соматотропін, який одержують з гіпофізу людини. З одного гіпофізу одержують 5 мг препарату, а при переробці 1 мл культуральної рідини- 2,5 мкг. Скільки необхідно переробити гіпофізу і культури мікроорганізмів для одержання 5 г соматотропіну?

10. За вмістом інсуліну 200 л культури замінюють 1 т підшлункової залози. Яку масу підшлункової залози замінить культуральна рідина, для

одержання 500 г інсуліну, якщо з 100 л культури виробляють 200 г цього гормону?

11. При застосуванні методів мікробної деградації целюлози із 200000 т соломи одержують 50000 т етанолу. Яку кількість фуражного зерна замінює така кількість соломи, якщо відомо, що вміст крохмалю в зерні-35%, а з 1 т крохмалю одержують 280 кг етанолу?

12. Водорості роду *Alcaligenes* в суміші з хлоропластами шпинату при використанні метилвіологену здатні виробляти водень в аеробних умовах. Встановлено, що використовуючи 240 Вт сонячної енергії на 1 м² поверхні в день, виробляється 96 л водню. Скільки літрів водню виробляють водорості на протязі 3 годин з 10 м² поверхні культури? Яка кількість сонячної енергії при цьому поглинається?

Практична робота №4

Очистка стічних вод. Активний мул.

1. Аеробні процеси в екологічній біотехнології.
2. Поняття “активний мул”. Основні організми та показники активного мулу.
3. Класифікація аеротенків. Переваги й недоліки різних типів аеротенків. Системи аерації в аеротенках.
4. Розрахунок технологічних показників активного мулу.
5. Конструкції апаратів для очищення стоків. Особливості експлуатації.
6. Загальна схема обробки стоків у аеробних умовах. Основні стадії біологічного очищення стічних вод в аеротенках.
7. Характеристика надлишкового мулу очисних станцій та основні способи його переробки, знезараження та ліквідації.
8. Проблема знешкодження та утилізації осадів виробничих стічних вод.

9. Проблема глибокого очищення стічних вод від сполук Нітрогену та Фосфору. 10. Фактори, що впливають на активність мікроорганізмів очисних споруд.

11. Біотрансформація стічних вод, що містять нафтопродукти.

12. Забезпечення живильного середовища киснем. Обладнання для аерації стоків.

13. Класифікація біофільтрів. Загальна характеристика крапельних біофільтрів.

14. Конструкційні та експлуатаційні відмінності високонавантажених біофільтрів. Класифікація високонавантажених біофільтрів.

Розрахункові задачі:

1. Визначити інтенсивність роботи аеротенка ($\text{м}^3/\text{доба}$) і його граничне навантаження за БВК (біологічно використовуваний кисень), якщо висота його шару 4 м, а питоме навантаження складає $2500 \text{ г}/\text{м}^3$. Продуктивність фільтру радіусом 6 м становить $8000 \text{ г}/\text{м}^3$ стічних вод за добу.
2. 200 мл очищеної в аеротенку води розвели до 1 л керованою чистою водою і помістили в термостат при 20°C на певний час. Вміст кисню до термостування становив 8% мг/л, після нього - 3.4 мг/л. Вирахувати БВК₅ і оцінити ступінь очищення забрудненої води аеротенком.
3. Біологічний фільтр об'ємом 300 м^3 при швидкості потоку $1200 \text{ л}/\text{м}^3$ за добу знижує БВК₅ стічних вод на 10 мг/л. Як слід змінити об'єм фільтру і швидкість потоку, щоб знизити БВК₅ ще в 5 разів?

Практична робота №5

Анаеробні процеси в екологічній біотехнології.

1. Способи культивування анаеробів. Промислові апарати для зброджування.
2. Шляхи інтенсифікації процесу метанової ферментації. UASB реактори.
3. Вплив фізико-хімічних факторів на метанову ферментацію. Основні показники технології метанового бродіння.

4. Мікробіологічні аспекти метаногенезу. Шляхи використання метанового бродіння.
5. Загальна схема анаеробного очищення стічних вод. Населення очисних споруд каналізації (найпростіші, черви, коловертки та інші організми): представники, джерела живлення, позитивна та негативна роль у процесі очищення стічних вод.
6. Біоіндикація. Мікробіологічний склад очисних споруд каналізації (бактерії, гриби і водорості): представники, джерела живлення, позитивна та негативна роль у процесі очищення стічних вод.
7. Біохімізм метаногенезу. Проміжні продукти метанового бродіння. Типи бродіння. Збудники метанової ферментації.
8. Анаеробне очищення стічних вод. Переваги і недоліки. Утилізація кінцевих продуктів бродіння.
9. Загальна схема анаеробного очищення стічних вод. Інтенсифікація процесу. Контроль перебігу процесу.

Розрахункові задачі:

1. При переробці намулистих відкладень природних біологічних ставків з допомогою мікроорганізмів в джайджестерах було одержано біогаз з вмістом CH_4 65%, CO_2 30%. Яка кількість енергії виділиться при спалюванні 100 м^3 газу?
2. Енергоконверсія відходів шляхом метанового бродіння на 1 кг сухої маси дає $7,542 \text{ кДж}$. При переробці якої маси відходів було одержано 3771 кДж теплоти?
3. Теоретично в мікробіальній батареї з 100 г вуглеводів одержують 1352930 Кл електрики. Яка кількість сахарози необхідна для одержання $2 \cdot 10^{12} \text{ Кл}$ електрики, якщо реальний ккд становить 40%?

Практична робота №6

Екобіотехнології в сільському господарстві

1. Біотехнології у сільському господарстві. Виробництво пробіотиків, силосування кормів, бактеріальні добрива.
2. Компостування та біодеградація відходів. Стадії та параметри процесу компостування. Організми, що беруть у цьому участь
3. Біотехнологічні альтернативи у сільському господарстві. Пробіотики.
4. Бактерії симбіонти бобових. Бактеріальні добрива – азотобактерин та фосфобактерин.
5. Виробництво силосу. Силосні добавки.
6. Загальна характеристика біологічних методів боротьби із шкідниками.
7. Мікробні пестициди.
8. Мікробна переробка відходів сільського господарства та промисловості. Проблема розкладу сировини, що містить целюлозу, геміцелюлозу та лігнін.

Розрахункові задачі:

1. При застосуванні методів мікробної деградації целюлози із 200000 т соломи одержують 50000 т етанолу. Яку кількість фуражного зерна замінює така кількість соломи, якщо відомо, що вміст крохмалю в зерні-35%, а з 1 т крохмалю одержують 280 кг етанолу?

2. Водорості роду *Alcaligenes* в суміші з хлоропластами шпинату при використанні метилвіологену здатні виробляти водень в аеробних умовах. Встановлено, що використовуючи 240 Вт сонячної енергії на 1 м²поверхні в день, виробляється 96 л водню. Скільки літрів водню виробляють водорості на протязі 3 годин з 10 м² поверхні культури? Яка кількість сонячної енергії при цьому поглинається?

Практична робота № 7

Специфічне використання біотехнологічних процесів для вирішення проблем навколишнього середовища

1. Переробка відходів, вилучення корисних речовин із відходів.
2. Перспективи біовилуговування металів. Загальні принципи біогеотехнології. Методи біовилуговування металів з мінералів. Методи біовилучення металів з розчинів, боротьба із забрудненнями, контроль за патогенною мікрофлорою.
3. Кріозбереження генофонду клітин живих організмів як один із шляхів вирішення проблеми збереження видової біорізноманітності.
4. Біотехнологічні альтернативи у сільському господарстві Біологічні методи боротьби з хворобами шкідниками рослин. Біопестициди.
5. Біотехнології очищення довкілля після радіоактивного забруднення.
6. ФітореMediaція. БіореMediaція ґрунтів. Виділення мікроорганізмів з ґрунту. Вплив антропогенних факторів на мікрофлору ґрунту.
7. Біодеградація ксенобіотиків.
8. Біоутилізація твердих відходів.
9. Біоочищення ґрунтів.
10. Біоочищення повітря.
11. Альтернативні продукти екобіотехнології

Рекомендована література

Основна

1. Кляченко О.Л., Мельничук М.Д., Іванова Т.В. Екологічні біотехнології: теорія і практика.: Навчальний посібник. – Вінниця, ТОВ «Нілан-ЛТД», 2015. – 254 с.
2. Пляцук Л. Д. Екологічна біотехнологія: принципи створення біотехнологічних виробництв : навчальний посібник / Л.Д.Пляцук, Є.Ю.Черниш. – Суми : Сумський державний університет, 2018. – 293 с.
3. Екологічна біотехнологія. Навчальний посібник у двох книгах. Книга II / О. В. Швед, Р. О. Петріна, О. З. Комаровська-Порохнявець, В. П. Новіков. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2018. -368 с
4. Біотехнології в екології : навч. посібник / А.І. Горова, С.М. Лисицька, Б 63 А.В. Павличенко, Т.В. Скворцова. – Д. : Національний гірничий університет, 2012. – 184 с.
5. Р. К. Mohapatra Textbook of Environmental Biotechnology.I. K. International Pvt Ltd, 2013 г. – 664 p.

Додаткова

1. Біотехнологія: Підручник / В.Г. Герасименко, М.О. Герасименко, М.І. Цвіліховський та ін.; Під ред. В.Г. Герасименка. – К.: Фірма «Інкос», 2006.– 647 с.
2. Мельничук М.Д., Новак Т.В., Кунах В.А. Біотехнологія рослин. – Київ: ПоліграфКонсалтинг, 2003. - 520 с.
3. Федоренко В.О., Осташ Б.О., Гончар М.В., Ребець Ю.В. Великий практикум з генетики, генетичної інженерії та аналітичної біотехнології мікроорганізмів. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2007. – 279 с.

Інформаційні ресурси

1. Система дистанційного навчання ЧНТУ. Курс: (Біотехнологічні процеси в харчових технологіях). – [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://eln.stu.cn.ua/>
2. Open Source Computer Vision Library. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://opencv.org/>
3. www.genome.jp/kegg/ KEGG: Kyoto Encyclopedia of Genes and Genomes. Pathway Database
4. БІОСТЕМ, Міжнародний центр біотехнологій / [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://medicina.ua/medcenter/clinics/1931/6466/>
5. Biotechnologia Acta / [Електронний журнал]. – Режим доступу: <http://biotechnology.kiev.ua/index.php?lang=uk>