

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ МИХАЙЛА ОСТРОГРАДСЬКОГО



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ЩОДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ
З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«БІОЕНЕРГЕТИКА»
ДЛЯ СТУДЕНТІВ ДЕННОЇ ФОРМИ НАВЧАННЯ
ЗА НАПРЯМОМ 6.051401– «БІОТЕХНОЛОГІЯ»

КРЕМЕНЧУК 2017

Методичні вказівки щодо практичних робіт з навчальної дисципліни
«Біоенергетика» для студентів денної форми навчання за напрямом 6.051401 –
«Біотехнологія»

Укладачі: старш. викл. С. В. Дігтяр

Рецензент д.б.н., проф. В. В. Никифоров,

Кафедра біотехнологій та біоінженерії

Затверджено методичною радою Кременчуцького національного університету
імені Михайла Остроградського

Протокол №__ від_____2017 р.

Голова методичної ради

проф. В. В. Костін

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 Перелік практичних занять.....	6
Лабораторна робота № 1 Оцінка енергетичного потенціалу біомаси...	6
Лабораторна робота № 2 Технологічні розрахунки біогазового виробництва.....	10
Лабораторна робота № 3 Розрахунок впливу вартості сировини на вартість біодизельного палива.....	13
Лабораторна робота № 4 Технологічні розрахунки виробництва біоетанолу.....	18
Лабораторна робота № 5 Порівняльний аналіз різних способів виробництва біоводню.....	20
2 Критерії оцінювання знань студентів.....	25
Список літератури.....	27

ВСТУП

Метою вивчення навчальної дисципліни є розкриття змісту, історичних традицій та перспектив розвитку біоенергетики як галузі енергетичної промисловості і на основі цього – висвітлення теоретичних положень та практичних рекомендацій щодо зміни в оцінці потенціалу альтернативної енергетики зокрема та енергетичної галузі в цілому, бережливого ставлення до біо- та енергоресурсів., висвітлення проблем енергетичних біотехнологій з погляду біобезпеки.

«Біоенергетика» як навчальна дисципліна:

– ґрунтується на висвітленні біофізичних та біохімічних аспектів енергетичної галузі, пов'язаних з розвитком технологічних наук, біології, екології, економіки тощо;

– закладає основи теоретичних положень та практичних рекомендацій щодо зміни оцінці енергетичного потенціалу регіону і держави в цілому, ставлення навколишнього середовища;

– закладає основи економного ставлення до біоресурсів.

У результаті вивчення дисципліни **студенти повинні**

знати:

- Основні поняття, теорії та закони біоенергетики;
- Властивості біофізичних систем;
- Біохімічні та біофізичні основи процесів, що протікають у системах, які піддаються біоконверсійному перетворенню;
- Теоретичні концепції сучасної альтернативної енергетики;
- Основи перетворення енергії в живому організмі;
- Сутність технологічних процесів енергетичної біоконверсії;
- Фундаментальну і сучасну літературу з даного напрямку.

вміти:

- Застосовувати знання у практичній діяльності;

- Вирішувати тестові завдання;
- Володіти основами системного підходу до аналізу складних явищ;
- Синтезувати знання в нових ситуаціях;
- Орієнтуватися у сучасних напрямках в біоенергетиці;
- Проводити енергетичний аналіз деяких біологічних процесів;
- Оцінювати енергетичний потенціал органічної речовини;
- Здобувати нові знання, використовуючи сучасні інформаційні освітні технології.

Міждисциплінарні зв'язки: дана дисципліна спирається на знання, здобуті студентами при вивченні біології, фізики, хімії, загальної мікробіології та вірусології, загальної біотехнології і є необхідною при формуванні природничого світогляду у майбутніх науковців при виконанні науково-дослідної роботи та для успішного виконання своїх професійних завдань.

ПЕРЕЛІК ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Практичне заняття № 1

Тема. Оцінка енергетичного потенціалу біомаси.

Мета: опрацювати методику оцінювання енергетичного потенціалу біомаси на прикладі відходів сільськогосподарського виробництва.

Навчальні елементи: енергетичний потенціал, енергетична цінність.

Короткі теоретичні відомості

Важливою передумовою успішного використання біомаси для енергетичних потреб є правильна оцінка її потенціалу. Розрізняють три основні види потенціалу біомаси – теоретично можливий (теоретичний), технічно доступний (технічний) та економічно доцільний (економічний).

Теоретичний потенціал – загальний максимальний обсяг наземної біомаси, теоретично доступної для виробництва енергії у фундаментальних біофізичних межах. Коли мова йде про біомасу сільськогосподарських та енергетичних культур та лісів, теоретичний потенціал являє собою максимальну продуктивність при теоретично оптимальному менеджменті з урахуванням обмежень, що впливають з температури, сонячної радіації та опадів. У випадку відходів та залишків різного виду теоретичний потенціал дорівнює максимально утвореному обсягу цих відходів та залишків.

Технічний потенціал – частка теоретичного потенціалу, доступна за певних технічно-структурних умов та поточних технологічних можливостях. Крім того, беруться до уваги просторові обмеження, викликані конкуренцією між різними користувачами землі, а також деякі екологічні та інші нетехнічні обмеження.

Економічний потенціал – частка технічного потенціалу, що задовольняє критеріям економічної доцільності за даних умов.

Європейські експерти з питань біоенергетики виділяють два основні підходи до оцінки потенціалу біомаси: ресурсно-орієнтований та орієнтований на енергетичні потреби. У першому випадку досліджується ресурсна база та

питання конкурентного використання біомаси різними кінцевими споживачами, тобто енергетичне та неенергетичне використання. У другому випадку оцінюється конкурентоспроможність різних технологій виробництва енергії з біомаси у порівнянні з іншими видами ВДЕ та традиційними паливами з точки зору найбільш ефективного задоволення енергетичних потреб.

Ресурсно-орієнтований підхід включає статистичні та просторові методи оцінки потенціалу біомаси. Простий статистичний метод дає результат оцінки тільки для країни в цілому, тоді як просторовий (поглиблений статистичний) – для окремих адміністративних одиниць, в результаті чого є можливість побудування карт та діаграм. В підході, орієнтованому на енергетичні потреби, використовуються методи енергетичного та економічного моделювання з урахуванням вартості постачання палив. Цей підхід є набагато складнішим, ніж ресурсно-орієнтований, оскільки моделювання вимагає великої кількості вихідних даних. Проте отримані результати можуть відображати не тільки поточний потенціал біомаси, але й прогнозувати його зміну в майбутньому в залежності від таких показників як чисельність населення, обсяги споживання продуктів харчування, структура сільськогосподарських земель та інших.

Для оцінки потенціалу біомаси в Україні видається доцільним застосування поглибленого статистичного методу з отриманням результатів розрахунку як для країни в цілому, так і для адміністративних одиниць – Автономної Республіки Крим та 24 областей.

Технічний потенціал розраховується з теоретичного через коефіцієнт технічної доступності (досяжності). Економічний потенціал розраховується з технічного за допомогою коефіцієнту енергетичного використання.

Коефіцієнт технічної доступності показує частку загального обсягу рослинних залишків і відходів та інших видів біомаси, що може бути фактично зібрана, тобто є доступною для подальшої обробки/застосування. Коефіцієнт енергетичного використання відображає частку фактично зібраного обсягу рослинних залишків і відходів та інших видів біомаси, що може бути використана для виробництва енергії.

Коефіцієнт відходів – це відношення сухої маси наземних залишків до маси зібраного з польовою вологістю врожаю. Наприклад, для зернових культур наземні залишки – це солома, а врожай – зерно. На основі даних Української академії аграрних наук та літературних даних для розрахунку прийнято коефіцієнти відходів, які наведено у табл. 1.1. Тоді, наприклад, для пшениці обсяг соломи становить $25,89 \times 1,0 = 25,89$ млн. т, що еквівалентно 13,25 млн. т у.п.

Табл. 1.1 Енергетичний потенціал відходів с/г України

С/г культура	Валовий збір, млн. т	КВ	Теоретичний потенціал, млн. т у.п.	КТД	Технічний потенціал, млн. т у.п.	КЕВ	Економічний потенціал, млн. т у.п.
пшениця	25,89	1,0	13,25	0,5	6,68	0,33*	2,17
ячмінь	12,61	0,8	5,17	0,5	2,56	0,33*	0,83
інші зернові	3,35	0,8	1,88	0,5	0,93	0,33*	0,30
ріпак	2,87	2,0	2,94	0,7	2,06	1,0	2,06
кукурудза на зерно	11,45	1,5	8,79	0,7	6,15	0,7	4,31
соняшник	6,53	2,0	6,68	0,67	4,48	1,0	4,48
всього			38,72		22,86		14,15

* Середнє значення по Україні. Для кожної області розраховується окремо.

Розрахований таким чином обсяг відходів для пшениці, ячменю, інших зернових, ріпаку, соняшнику та кукурудзи на зерно являє собою теоретично можливий потенціал біомаси, доступної для виробництва енергії. Технічно досяжний та економічно доцільний потенціали визначаються за допомогою відповідних коефіцієнтів.

Коефіцієнт технічної доступності відходів виробництва зернових культур визначається таким чином. Висота стебла залежить від сорту культур та кліматичних умов місцевості вирощування. Для степової зони України висота стебла злакових культур у середньому складає 75 см, для лісостепу та Полісся – 100 см (пшениця) і 90 см (ячмінь та інші зернові). Висота зрізу під час збирання, як правило, не перевищує 20 см. Найбільш поширеною технологією збору соломи є тюкування, при цьому втрачається ще 35 % зібраної соломи. Таким чином, коефіцієнт технічної доступності відходів, наприклад, для АР Крим (степова зона) складає $(75-20)/75 \times 0,65 = 0,48$. Аналогічно цей коефіцієнт

розраховується для інших областей. Для України в цілому коефіцієнт технічної доступності відходів визначається як середньоарифметичний по областях.

Хід роботи

Для здійснення розрахунків необхідно використовувати наступні дані:

ВДЕ – відновлювані джерела енергії; КВ – коефіцієнт відходів; КВВ – коефіцієнт вторинних відходів; КЕВ – коефіцієнт енергетичного використання; КТД – коефіцієнт технічної доступності; у.п. – умовне паливо.

1. Використовуючи дані з таблиці 1.1, надати оцінку економічного потенціалу (у млн. т у.п.) відходів виробництва певної сільськогосподарської культури.

2. Загальна формула для оцінки економічного потенціалу (у млн. т у.п.) відходів виробництва певної сільськогосподарської культури має вигляд:

$$P_e = C_r \cdot K_r \cdot K_t \cdot K_e \cdot K_{ce}, \quad (1)$$

де: C_r – валовий збір сільськогосподарської культури, млн. т; K_r – коефіцієнт відходів; K_t – коефіцієнт технічної доступності відходів; K_e – коефіцієнт енергетичного використання відходів; K_{ce} – коефіцієнт перерахунку в умовне паливо (теплота згорання відходів/теплота згорання умовного палива).

3. Зробити висновок про енергетичний потенціал біоресурсів держави в цілому та її регіонів, виходячи з природно-економічних умов.

Контрольні питання

1. Що таке теоретичний, технічний та економічний потенціал біомаси?
2. Яким чином визначається коефіцієнт технічної доступності відходів виробництва зернових культур?
3. Як вираховується загальнодержавний коефіцієнт технічної доступності відходів?
4. Які сільськогосподарські культури мають найбільшу енергетичну цінність?

Література: [1; 4; 5; 8; 9; 16]

Практичне заняття № 2

Тема. Технологічні розрахунки біогазового виробництва.

Мета: опрацювати методику розрахунків для технології виробництва біогазової суміші.

Навчальні елементи: біогаз, енергетична цінність.

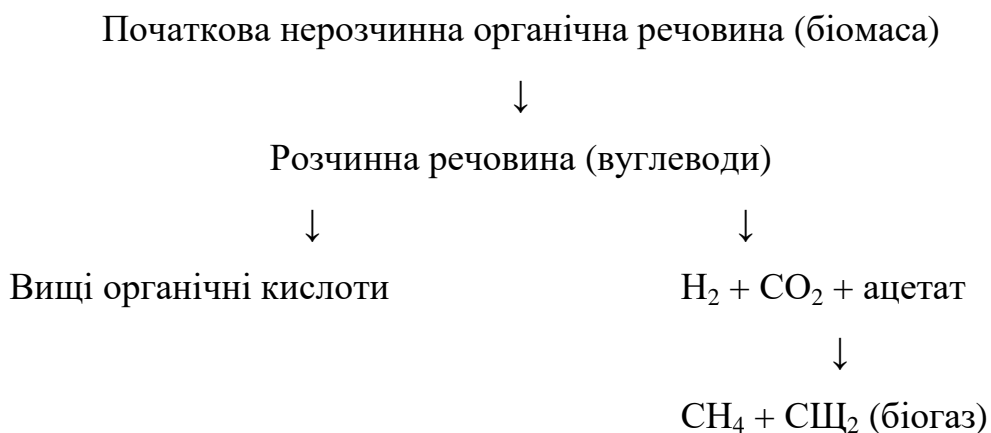
Короткі теоретичні відомості

Біогаз – це суміш горючого газу метану (70 – 80%), оксиду вуглецю (до 30%) та незначної кількості домішок – водню, сірководню, азоту. Біогаз утворюється в результаті розкладання органічних речовин в анаеробних умовах, тобто без доступу повітря.

Основні переваги анаеробних процесів:

1. Відсутня необхідність використання стерильних процесів.
2. Дешеве обладнання і незначна потреба у хімікатах.
3. Спрощена технологія виділення газоподібних продуктів.

Схема анаеробного процесу має наступний вигляд:



Здійснюється процес різними анаеробними метаногенними бактеріями (як мезофільними з температурним оптимумом 30 – 40°, так і термофільними – при 50 – 60°). Основною сировиною для виробництва біогазу є гній. На біогазових установках, що працюють у виробничих умовах, з 1 кг сухої речовини гною великої рогатої худоби отримують 0,2 – 0,5 м³, а з еквівалентної маси свинячого гною – 0,3 – 0,7 м³ біогазу. З біомаси курячого посліду біогазу створюється більше, ніж з гною великої рогатої худоби або свиней.

При проектуванні біогазової установки виходять з того, що від однієї корови масою 500 кг за добу отримують з гноєм 4,8 кг сухої органічної речовини, з якої під час 30-добової переробки у реакторі утворюється до 2,4 м³ біогазу. Еквівалентну кількість біогазу отримують з гною, що за добу виробляють дев'ять свиней на відгодівлі (жива маса тварини – 60 кг) або п'ять свиноматок.

Оптимізація умов, що забезпечують максимальну швидкість ферментативних реакцій при перетворенні органічних речовин біомаси гною на метан, потребує регламентації вмісту у поживному середовищі насамперед азоту та вуглецю. Найбільш сприятливим для розмноження бактерій, що утворюють метан, є середовище, у якому співвідношення C:N дорівнює 10-30:1. Для підтримки цього співвідношення у виробничих умовах біомасу гною з високим вмістом азоту змішують з відходами, в яких міститься багато вуглецю. Кращим інгредієнтом для оптимізації вмісту вуглецю і азоту у поживному середовищі є солома.

Енергетична цінність 1 м³ біогазу, що містить 70 % метану, складає 25 МДж, в той час як енергетична цінність звичайних енергоносіїв, таких як природний газ і паливо, у розрахунку на 1 м³ і 1 кг складає відповідно 34 і 42 МДж.

При проектуванні біогазової установки необхідно також визначити джерела, що будуть постійними споживачами біогазу. Проблема зберігання біогазу поки що не вирішена, а такий спосіб як переведення його в рідкий стан, з практичної точки зору визнаний недоцільним, причиною чому є різниця у фізичних властивостях окремих компонентів біогазу. Найбільш ефективним є використання біогазу для вироблення електроенергії (1 м³ біогазу еквівалентний 6 кВт енергії). В цьому випадку повністю вирішується проблема рівномірного використання біогазу. Тепло, що утворюється в процесі трансформації енергії біогазу в електричну, доцільно використовувати для підтримки на певному рівні температурного режиму у біореакторі, зігріванню води та інших потреб. Найбільш рентабельною вважають заміну біогазом

мазуту. Витрати відшкодовуються відносно швидко, оскільки одна й та сама кількість енергії, що отримана з мазуту й біогазу, при використанні біогазу виявляється на 30 % дешевше.

Хід роботи

Для здійснення розрахунків необхідно використовувати наступні дані:

З 1 кг сухої речовини гною отримують 0,3 м³ біогазу

Енергетична цінність 1 м³ біогазу складає 25 КДж

Енергетична цінність 1 м³ природного газу складає 34 КДж

З 1 м³ біогазу можна отримати 6 кВт електроенергії

1. Вирахувати, скільки може утворитися біогазу при утриманні 10 корів, від яких за добу отримують в середньому по 25 кг гною з вологістю 80 %.

2. Обчислити, скільки потрібно біогазу для родини з п'яти чоловік, які утримують 8 корів, якщо відомо, що одна людина за місяць використовує 24 м³ природного газу, а для 1 корови необхідно 2 м³ природного газу. Чи можуть 8 корів забезпечити цю потребу за умов, що вони продукують по 20 кг гною з вологістю 85 % кожна?

3. Зробити обрахунок, скільки потрібно утримувати свиней у фермерському господарстві, де працюють 12 чоловік, для забезпечення потреби в електроенергії, якщо одна людина за місяць використовує 20 кВт, на одну свиню витрачається 7 кВт, а для загальних потреб необхідно 100 кВт. За добу від однієї свині отримують 2 кг гною з вологістю 90 %.

4. Визначити, яку кількість населення міста здатний забезпечити (одна людина використовує за місяць 24 м³ природного газу і 50 кВт електроенергії) тваринницький комплекс на 1000 голів, якщо одна корова за добу утворює 30 кг гною з вологістю 80 %.

5. Тваринницький комплекс витрачає 40 % біогазу, що утворюється, на власні потреби. Яка кількість корів в ньому утримується, якщо решти біогазу вистачає для забезпечення 12000 чоловік? (Дані для розрахунку взяти із попереднього завдання)

Контрольні питання

1. Чому процес отримання біогазу вважають майже безвідходною технологією?
2. Які продукти крім біогазу можна отримати в кінці процесу?
3. Чому перетворення біогазу на електроенергію є ефективним способом його використання?
4. Які екологічні проблеми вирішуються за допомогою процесу отримання біогазу?
5. В чому полягає перевага анаеробних процесів, які протікають завдяки термофільним метанутворюючим бактеріям?

Література: [1; 2; 3; 6; 14; 15; 16]

Практичне заняття №3

Тема. Технологічні розрахунки виробництва біодизелю.

Мета: опрацювати методику розрахунків для технології виробництва біодизельного палива.

Навчальні елементи: біодизель, енергетична цінність.

Короткі теоретичні відомості

Біодизель – це рідке моторне біопаливо, що являє собою суміш моноалкільних етерів жирних кислот. Біодизель отримують із тригліцеридів (рідше із вільних жирних кислот) реакцією переестерифікації одноатомних спиртів (етанолу, метанолу та ін.). Джерелом тригліцеридів можуть слугувати різні рослинні олії та тваринні жири.

Біодизель найчастіше виробляють з ріпакової олії (84%), проте в залежності від географічного розташування і природно-кліматичних умов виробників використовується соняшникова олія (13%), конопляна, олія ятрофи (пляшкове дерево). Процес одержання біодизельного палива є досить простим. Рослинна олія є сумішшю тригліцеридів, ефірів, сполучених з молекулою гліцерину. Основне завдання при одержанні біодизелю полягає в тому, щоб

видалити гліцерин, замінивши його на спирт. Цей процес називають переетерифікацією. Переетерифікація є найпоширенішим способом отримання біодизелю з рослинної олії та тваринних жирів спиртами (етиловим, метиловим, ізопропіловим, бутанол). В результаті етерифікації утворюються ефіри жирних кислот (біодизель) та побічний продукт переетерифікації – триатомний спирт гліцерин в складі гліцеролової фази (в неочищеному стані його називають гліцерилем, а саму гліцеролову фазу – так званим «чорним» гліцерином).

Отже, під час реакції етерифікації рослинного жиру нижчим жирним спиртом (найчастіше – метиловим) утворюються складні ефіри, а також гліцеролова фаза, хімічний склад якої такий: гліцерин – 56 %, метанол (етанол) – 4 %, жирні кислоти – 13 %, вода – 8 %, неорганічні солі – 9 %, складні ефіри – 10 %. З 1 тонни олії та 0,1 тонни метанолу виробляють орієнтовно 1 тонну біодизелю то 0,1 тонну гліцерилу.

Якщо отриманий біодизель має низьку температуру спалаху, це свідчить про недостатність очищення від метанолу. Для запобігання мікробному псуванню біодизеля на стадії очищення і стабілізації біопалива використовують паливні присадки (біоциди), та проводять докладне зневоднення готового продукту, обробку ультразвуком.

При використанні етанолу буде отримано етилові ефіри біодизелю. Етанолова та ізопропанолова технології складніші (вимагають наявності каталізаторів та апаратури, яка б могла працювати при високому тиску).

Найпоширенішим для виробництва метилових ефірів є використання метанолу, оскільки він є найдешевшим зі спиртів. Під час реакції переетерифікації олії та жири вступають у реакцію з метиловим (етиловим) спиртом у присутності каталізатора (лугу), внаслідок чого утворюються складні ефіри (біодизель), а також гліцеролова фаза, що містить 45-56% гліцерину, 4% метанолу, що не прореагував, 13% жирних кислот, 8% води, 9% неорганічних солей, 10% ефірів. Одержану в результаті реакції суміш розділяють в сепараторах або ємностях-відстійниках. Очищений гліцерин використовується

для виробництва миючих засобів, а після глибокої очистки використовується в фармацевтії. Проте для проведення очистки гліцерину та утилізації відходів необхідні додаткові капіталовкладення на етапі проектування та будівництва переробного заводу.

Ці технології є дещо багатостадійними і пов'язані з нагромадженням відходів, зокрема гліцерилу, який не піддається етерифікації в цих умовах. Розробляються способи одержання біодизелю з використанням твердих гетерогенних каталізаторів, які відкривають перспективу створення одностадійних енергозберігаючих процесів переетерифікації олій та жирів та етерифікацію гліцерину навіть із застосуванням етанолу. Найбільше практичне застосування серед твердих кислот знаходять цеоліти, індивідуальні та змішані оксиди, активовані глини, органічні сульфокатіоніти.

Найсуттєвішою статтею витрат в собівартості біодизелю є сировина, а тому так важливо, щоб ріпак вирощувався в господарстві і надходив у виробництво за собівартістю виробництва, яка є значно нижчою за ринкову ціну, що буде мати значний вплив на собівартість виготовленої продукції та здешевлювати її порівняно з виробленою за допомогою придбаної сировини.

Велику роль в зниженні собівартості виробництва біодизелю має супутня продукція (шрот та гліцерин). Від того, наскільки вигідно буде організований збут даної продукції, залежатиме і кінцева собівартість виготовлення біодизелю.

Супутня продукція може мати такі шляхи використання: використання для відгодівлі худоби у власному господарстві; налагодження збуту шроту; налагодження збуту гліцерину.

Хід роботи

1. Здійснити розрахунок собівартості виробництва 1 тонни біодизелю з використанням двох баз оцінок 1 тонни ріпаку як сировини для виробництва: із застосуванням фактичної собівартості виробництва у довільному

господарстві та із використанням ринкової вартості на вказану сировину (ріпак) (таблиця 3.1).

2. Врахувати, що:

- вартість основних фондів – 700 грн./т
- середньомісячна заробітна плата – 1570 грн.
- ціна метанолу – 5 грн./кг
- ціна лужного каталізатору – 4,5 грн./кг
- ціна електроенергії – 0,92 грн./кВт
- вартість автопослуг (в т.ч. нафтопродукти) – 150 грн/т
- вартість інших матеріальних витрат – 295 грн/т
- плата за користування кредитами – 90 грн/т
- витрати на збут – 160 грн/т
- загальногосподарські витрати – 140 грн./т
- інші витрати – 81 грн./т
- собівартість шроту – 650 грн./т
- собівартість гліцерину – 5100 грн/т

3. Врахувати наступні статті витрат:

Собівартість виробництва 1 тонни біодизелю включає в себе такі статті витрат:

- оплата праці,
- матеріальні витрати,
- амортизація,
- плата за користування кредитами,
- інші витрати.

4. Результати обчислень внести до відповідних позицій таблиці 3.1

5. Зробити висновок про основні витратні статті біодизельного виробництва. Визначити, які з них надають виробнику більше можливостей для економічної варіативності.

Таблиця 3.1 Розрахунок собівартості виробництва 1 т. біодизелю, грн.

№ п/п	Статті витрат	Ріпак за ціною 2300 грн./т	Ріпак за очікуваною собівартістю 1750 грн./т
1.	Оплата праці з нарахуваннями (10 чол.: 1 технік-лаборант, 9 змінних працівників, продуктивність – 55,5 т/місяць)		
2.	Матеріальні витрати: - сировина: ріпак (2,382 т) - метанол (166,8 кг) - лужний каталізатор NaOH (7,5 кг) - електроенергія (504 кВт) - запасні частини, ремонтні матеріали (10% вартості основних фондів) - автопослуги (в т.ч. нафтопродукти) - інші матеріальні витрати		
3.	Амортизація (10% вартості основних фондів)		
4.	Плата за користування кредитами (25% на 6 міс.)		
5.	Інші витрати		
6.	Виробничі витрати – всього		
7.	Витрати на супутню продукцію – всього в т.ч. шрот (2 т) гліцерин (0,1 т)		
8.	Виробнича собівартість продукції		
9.	Витрати на збут		
10.	Загальногосподарські витрати		
11.	Повна собівартість продукції		
12.	Повна собівартість виробництва 1 кг біодизелю		
13.	Ціна реалізації 1 кг біодизелю при 15% рентабельності		

Контрольні питання

1. Що собою являє біодизель?
2. Від чого найбільше залежить собівартість біодизелю?
3. Яка сільськогосподарська культура є традиційним джерелом для синтезу біодизельного палива?
4. Отриманням якої продукції може супроводжуватися виробництво біодизелю? Як вона може використовуватися?

Література: [1; 4; 7; 9]

Практичне заняття № 4

Тема. Технологічні розрахунки виробництва біоетанолу.

Мета: навчитися розраховувати економічну конкурентоспроможність технології виробництва біоетанол залежно від використовуваної сировини.

Навчальні елементи: біоетанол, зброджування

Короткі теоретичні відомості

Біоетанол – це зневоднений етанол, вироблений з біологічно поновлюваної сировини головним чином для використання як моторне паливо для двигунів внутрішнього згорання. Біоетанол виробляється із сільськогосподарської продукції, в якій в достатній кількості є крохмаль або цукор, наприклад, із кукурудзи, зернових культур або цукрової тростини. Аналіз літературних даних показав, що для виробництва біоетанолу здебільшого використовують фуражне зерно пшениці, тритікале, кукурудзи. Біоетанол – це високооктанове паливо, яке використовується як самостійно, так і в якості добавки до бензину. Біоетанол є відновлювальним ресурсом. Біоетанол – це рідке спиртове паливо, пари якого важчі за повітря. Як джерело парникових газів біоетанол є більш нейтральним, ніж палива вуглеводневого походження; він знижує токсичність вихлопу на 21%; добре розчинюється у воді і тому майже не забруднює природні водні системи.

У більшості країн біоетанол виробляється із зернових культур (кукурудза, пшениця, ячмінь), але процес видобутку спирту не обмежений лише цими культурами. Сучасні технології виробництва біоетанола дозволяють використовувати практично будь-яку вихідну сировину з високим вмістом цукроносного крохмалю (картопля, цукровий буряк). Наприклад, Бразилія і Колумбія, як найбільші в світі виробники біоетанолу, використовують для видобутку етанолу цукрову тростину. Виробництво біоетанолу з вищезгаданої сировини вимагає достатніх кількостей родючих ґрунтів і води на їх зрошення. На жаль, це не вихід для щільно заселених і промислово розвинених областей, подібних до Західної Європи. Технологія виробництва біоетанолу з целюлози

дозволяє виробляти біоетанол із стебел або соломи, зерна, целюлозних відходів і інших целюлозних джерел без додаткових земель.

На відміну від бензину, який виробляється з вичерпних природних ресурсів (нафти), спирт – поновлюване паливо, яке виробляється з крохмалю, що утворюється в процесі кругообіг вуглеводів певних рослин.

Виробництво спирту – це поновлюваний кругообіг вуглеводу, де вуглекислий газ в атмосфері перетворюється на вуглець в процесі фотосинтезу рослин. Деякі рослини зберігають вуглеводи у вигляді крохмалю. В кінці кругообігу крохмаломістку частину рослин збирають і використовують як сировину для виробництва спирту. Крохмаль під дією ферментів перетворюється в зброджуваний цукор, необхідний для дріжджів в процесі обміну речовин для виробництва спирту і вуглекислого газу.

Існує два основних способи отримання етанолу – спиртове зброджування і гідратація етилену.

У США в процесі виробництва спирту «сухим» або «мокрим» способом зазвичай використовується мелене кукурудзяне зерно або кукурудзяний крохмаль. При «сухому» процесі цілісне зерно спочатку перемелюється, а потім переробляється без відділення яких-небудь компонентів самого зерна. Розмолоте зерно перетворюється на рідку масу за допомогою води, додається фермент альфа-амілаза, потім ця маса обробляється (розварюється) при високій температурі (105-150°C) до клейстеризації крохмалю в процесі, який називається розрідженням. Дія високих температур також скорочує рівень мікробного зараження в отриманому продукті. Після розрідження маса остужується, в неї додається другий фермент (глюкоамілаза) для перетворення рідкого крохмалю на зброджуваний цукор (глюкозу, також відому як декстрозу) в процесі оцукрювання. Дріжджі додаються в масу, щоб цукор перетворився на спирт і вуглекислий газ. Цей процес називається ферментацією.

Хід роботи

1. Використовуючи табличні дані (таблиця 4.1), розрахувати собівартість виробництва біоетанолу із різних видів сировини.

Таблиця 4.1 Конкурентоспроможність виробництва біоетанолу залежно від біосировини

Вид біосировини	Середня ціна 1 т біосировини, грн	Потреба біосировини для виробництва 1 т біоетанол, т	Собівартість біоетанолу, грн	
			1 т	1 л
Цукрові буряки	440	12,6 – 13,5	11680,4	9,2
Меляса	660	4,2 – 4,5	7507,3	5,9
Пшениця	1545	3,2 – 4,2	10455,5	8,2
Кукурудза	1507	2,9 – 3,1	9418	7,4

2. Визначити, використання якої сировини робить технологію найбільш конкурентоспроможною.

3. З'ясувати, які чинники найбільше впливають на вартість біоетанолу.

4. Зробити висновок про основні переваги та недоліки даного виду палива.

Контрольні питання

1. Що собою являє біоетанол?

2. Від чого найбільше залежить собівартість біоетанолу?

3. Що є традиційним джерелом для виробництва біоетанолу?

4. Яким чином використовується більша частина біоетанолу?

Література: [1; 7; 8; 9; 16]

Практичне заняття № 5

Тема. Порівняльний аналіз різних способів виробництва біоводню.

Мета: навчитися розпізнавати способи отримання біоводню, відповідно до умов визначати найбільш ефективний спосіб біоконверсії.

Навчальні елементи: біоводень, біофотоліз

Короткі теоретичні відомості

Біоводень – це різновид біопалива. Сировиною для його виробництва виступає біомаса. Використання біоводню дає кількість енергії в три рази більшу, ніж виділяється при використанні традиційного палива. Враховуючи сучасні проблеми з екологією, використання біоводню повністю екологічне, оскільки при його згорянні не утворюються шкідливі речовини.

Біоводень виробляють двома основними методами:

1. Термохімічний метод – заснований на тому, що біомасу піддають термічній обробці при температурі 500 – 800 °С. Нагрівання відбувається за відсутності кисню. Температурний режим процесу нижче температури газифікації вугілля. В результаті цього процесу виділяється водень та інші газоподібні продукти. Планується удосконалити цей процес, а, отже, знизити вартість виробництва.

2. Біохімічний метод – це виробництво біоводню з біомаси за допомогою спеціальних бактерій. Якщо біомаса багата крохмалем або в ній міститься значна кількість целюлози, то доцільно застосовувати спеціальні ферменти, які прискорюють процес переробки біомаси. Для ефективного проходження процесу потрібно підтримувати стабільні параметри (температура 30°C і нормальний тиск).

Однак розробки ідеального методу видобутку біоводню не припиняються. І поступово набирає популярність виробництво цього виду палива з водоростей. Цей метод називається фотоліз. Так як було встановлено, що водорості виробляють біоводень за певних умов, цей процес відбувається в спеціальному біореакторі. За наявності малої кількості сірки в середовищі у водоростей процес фотосинтезу призупиняється. У цьому випадку водорості переходять на виробництво водню замість кисню.

Ще одним не менш цікавим способом отримання даного палива є риформінг біогазу, який зараз вже добре вивчений і широко використовується. Процес виробництва біоводню методом парового риформінгу є ефективною альтернативою в регіонах, де є брак традиційного палива.

На сьогодні біохімічний метод виробництва біоводню найпопулярніший і поширений. Враховуючи, що сировиною можуть бути відходи сільського господарства (лушпиння, шрот тощо) побутове органічне сміття, стічні і каналізаційні води, кількість її невичерпна. При виробництві водню цим методом не потрібні спеціальні умови і обладнання. Для ефективного виробництва потрібний лише відповідний комплекс бактерій. Найбільш придатними для цього є пурпурові бактерії. Їх можна використовувати повторно після кожного циклу виробництва. Біоводень екологічно чисте паливо, в кілька разів ефективніше нафти і газу.

Хід роботи

1. За даними таблиці 5.1 порівняти способи отримання біоводню.

Таблиця 5.1 Мікробіологічні способи продукування водню

Вид перетворення енергії	Вид процесу	Назва процесу	Мікроорганізми-продуценти	Реакція, за якої синтезується водень
Сонячна → → хімічна	Світло-залежне виділення біоводню	Фотоавтотрофне продукування водню – біофотоліз	<i>Synechococcus</i> , <i>Scenedesmus</i> , <i>Chlamydomonas</i>	$4\text{H}_2\text{O} +$ “сонячне світло” → → $2\text{O}_2 + 4\text{H}_2$
		Фотогетеротрофне продукування водню – фотоферментативний розклад органічних кислот	<i>Rhodospseudomonas</i> , <i>Rhodobacter</i> , <i>Rhodospirillum</i> , <i>Rubrum</i> , <i>Rhodovulum</i>	$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_{2\text{рід.}} +$ $2\text{H}_2\text{O}_{\text{рід.}}$ + “сонячне світло” → $2\text{CO}_{2\text{газ}} + 4\text{H}_{2\text{газ}}$
Хімічна → → хімічна	Темнове анаеробне виділення біоводню	Бродіння	<i>Clostridium</i> , <i>Eubacterium</i> , <i>Sarcina</i> , <i>Ruminococcus</i> , <i>Selenomonas</i> , <i>Enterobacter</i> , <i>Escherichia</i> , <i>Clostridium</i> , <i>Streptococcus</i>	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 4\text{H}_2\text{O}$ → $2\text{CH}_3\text{COO}^- +$ $2\text{HCO}_3^- + 4\text{H}^+ +$ 4H_2
		Шифф-реакція	<i>Methanosarcina</i> , <i>Citrobacter</i> , <i>Rhodospseudomonas</i>	$\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ $\text{CO}_2 + \text{H}_2$
Біоелектрична → хімічна	Виділення біоводню в ММРЕ	Біоелектричне продукування водню	<i>Geobacter</i> , <i>Shewanella</i> , <i>Pseudomonas</i>	Анод: $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2 +$ $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow$ $2\text{CO}_2 + 8\text{e}^- +$ 8H^+ Катод: 8H^+ $+ 8\text{e}^- \rightarrow 4\text{H}_2$

2. Визначити переваги і недоліки кожного способу.
3. Обґрунтувати, який спосіб з наведених і за яких умов може бути найбільш ефективним.
4. Встановити систематичне положення основних біологічних агентів даного технологічного процесу.
5. Зробити висновок щодо перспектив широкого впровадження кожного способу у промислове виробництво.

Контрольні питання

1. Що собою являє біоводень?
2. Які основні способи виробництва біоводню?
3. Завдяки якому біологічному агенту відбувається синтез біоводню?
4. Які основні переваги використання біоводню в якості палива?

Література: [1; 4; 7; 10; 11; 16]

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

Контроль з дисципліни «Біоенергетика»

Поточний контроль здійснюється на кожному практичному занятті відповідно до конкретних цілей теми, на практичних підсумкових заняттях – відповідно до конкретних цілей змістових модулів. Рекомендується застосовувати на всіх практичних заняттях види об'єктивного контролю, контроль засвоєння практичних навичок.

Підсумковий контроль засвоєння модуля здійснюється після закінчення вивчення блоку відповідних змістових модулів за допомогою контрольного опитування.

Модульний підсумковий контроль

Модульний підсумковий контроль здійснюють після завершення вивчення модуля. До підсумкового контролю допускаються студенти, які виконали всі види робіт, передбачені навчальною програмою, та при вивченні модуля набрали кількість балів, не меншу за мінімальну.

Оцінювання дисципліни «Біоенергетика»

Оцінювання поточної навчальної діяльності

При засвоєнні кожної теми модуля за поточну навчальну діяльність студента виставляють оцінки за 4-бальною традиційною шкалою, які потім конвертують у бали залежно від кількості тем у модулі.

Максимальну кількість балів, яку може набрати студент при вивченні модуля, визначають множенням кількості балів, що відповідають оцінці «5», на кількість тем у модулі з додаванням балів за індивідуальну самостійну роботу.

Мінімальна кількість балів, яку може набрати студент при вивченні модуля, визначають множенням кількості балів, що відповідають оцінці «3», на кількість тем у модулі з додаванням балів за індивідуальну самостійну роботу.

Оцінювання індивідуальної самостійної роботи

Кількість балів за індивідуальну самостійну роботу студента (СРС)

визначають як різницю між максимальною кількістю балів за поточну навчальну діяльність і максимальною кількістю балів за поточну успішність студента при засвоєнні тем модуля. Бали за індивідуальну СРС нараховуються при успішному її захисті.

Оцінку з дисципліни «Біоенергетика» виставляють лише студентам, яким зарахований модуль з дисципліни.

Кількість балів, яку студент набирає з дисципліни, відповідає кількості балів за модуль.

Об'єктивність оцінювання навчальної діяльності студентів перевіряють статистичними методами (коефіцієнт кореляції між поточною успішністю та результатами підсумкового модульного контролю).

Конвертація кількості балів з дисципліни в оцінки за шкалами *ECTS* та 4-бальною (традиційною) шкалою

Кількість балів з дисципліни, яка нарахована студентам, конвертують у шкалу *ECTS* таким чином:

Оцінка <i>ECTS</i>	Оцінка за 4-бальною шкалою
A	«відмінно»
B, C	«добре»
D, E	«задовільно»
FX, F	«незадовільно»

Статистичний показник визначають вибірково для студентів даного курсу в межах відповідної спеціальності.

Кількість балів з дисципліни, яка нарахована студентам, конвертують у 4-бальну шкалу таким чином:

Оцінка <i>ECTS</i>	Статистичний показник
A	Найкращі 10 % студентів
B	Наступні 25 % студентів
C	Наступні 30 % студентів
D	Наступні 25 % студентів
E	Останні 10 % студентів

Оцінку з дисципліни *FX, F* («2») виставляють студентам, яким не зараховано хоча б один модуль з дисципліни після завершення її вивчення.

Оцінку *FX* («2») виставляють студентам, які набрали мінімальну кількість балів за поточну навчальну діяльність, але не склали модульний підсумковий контроль. Вони мають право на повторне складання підсумкового модульного контролю не більш ніж два рази під час зимових канікул та впродовж двох (додаткових) тижнів після закінчення весняного семестру за графіком, затвердженим ректором.

Студенти, які одержали оцінку *F* («2») після завершення вивчення дисципліни (не виконали навчальну програму хоча б з одного модуля або не набрали за поточну навчальну діяльність з модуля мінімальну кількість балів), повинні пройти повторне навчання за індивідуальним навчальним планом.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

Основна

1. Быстрицкий Г. Ф. Основы энергетики. – М.: ИНФРА-М, 2006. – 278 с.
2. Дігтяр С.В., Козловська Т.Ф., Никифорова О.О., Новохатько О.В., Пасенко А.В. Основні підходи до математичного моделювання біологічної продуктивності ціаней як сировинної бази біоконверсії // Екологічна безпека, Кременчук, 2016,– № 2 (22). С. 118 – 127
3. Єлізаров О.І., Луговой А.В., Никифоров В.В. Про можливість використання гідробіонтів для отримання біогазу.//Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету, Кременчук, 2006.–№ 6(41).С. 43–44
4. Клименко А. В., Реутов Б.Ф. Биомасса – важнейший источник энергии для России // Энергетика России: проблемы и перспективы. Тр. науч сессии РАН. – М.: Наука, 2006. С. 336–340.
5. Ларин В., Ларин И., Кокорин А. Производство топливных пеллет как экологически чистый бизнес // Энергия: экономика, техника, экология, №12. 2005. С. 45–51.
6. Никифоров В.В., Козловская Т.Ф., Дегтярь С.В. Химическая біологія метаногенеза синезелёных водоростей и положительные эффекты их утилизации. // Екологічна безпека, Кременчук, 2008,– № 2 (2). С. 83 – 91
7. Панцхава Е. С., Кошкин Н.Л. Биоэнергетические установки по конверсии органических отходов в топливо и органические удобрения // Теплоэнергетика. 1993. №4. С. 20–23.
8. Панцхава Е. С., Пожарнов В.А. Биотопливо и энергетика, Возможности России // Теплоэнергетика. 2006. №3. С. 65–72.
9. Панцхава Е. С., Шипилов М.М. Биоэнергетика в агропромышленном комплексе России//Энергия: экономика, техника, экология. 2007.№8.С.30–34.
10. Попель О. С., Фрид С. Е., Шпильрайн Э. Э. и др. Автономные водородные энергоустановки с возобновляемыми источниками энергии // Теплоэнергетика. 2006. №3. С. 42–50.

11. Шпильрайн Э. Э., Малышенко С.П., Кулешов Г. Г. Введение в водородную энергетику. – М.: Энергоатомиздат, 1984.

12.Додаткова

13. Alferov V.P.,Pronin V.M., Shmandiy V.M., Nikiforov V.V., Degtyar S.V., Kharlamova E.V. Some ways for using of pollution biomass. // Екологічна безпека, Кременчук, 2010,– № 1 (9). С. 9 – 13

14. Digtar S. Qualitative and quantitative characteristics of biogas of cyanea organic mass. // Environmental Problems. Lviv Polytechnic Publishing House, 2016, – V. 1 № 2 (2) – P. 149 – 153

15. Malovanyy M., Nykyforov V., Kharlamova O., Synelnikov O. Mathematical model of the process of synthesis of biogas from blue-green algae. // Ecological Safety – Kremenchuk: KrNU, 2015. – № 1 (19). – P. 58–63.

16. Sasson A. Biotechnologies: Challenges and Promises. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris, 1984. – 315 p.

Методичні вказівки щодо практичних робіт з навчальної дисципліни
«Біоенергетика» для студентів денної форми навчання за напрямом 6.051401 –
«Біотехнологія»

Укладачі: старш. викл. С. В. Дігтяр

Відповідальний за випуск заст. зав. кафедри к.х.н., доц. О. В. Новохатько

Підп. до др. _____ 2017 р. Формат 60x84 1/16. Папір тип. Друк ризографія.

Ум. друк. арк. _____. Наклад _____ прим. Зам. № _____. Безкоштовно.

Видавничий відділ
Кременчуцького національного університету
імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева 20, м. Кременчук, 39600