



## ВОДНЕВА ЕНЕРГЕТИКА

### Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

#### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	другий (магістерський)
Галузь знань	16 «Хімічна та біоінженерія»
Спеціальність	162 –Біотехнології та біоінженерія
Освітня програма	ОНП Біотехнології
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	Очна
Рік підготовки, семестр	1 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	5 кредитів ЄКТС, в т.ч. 18 лекційних годин та 18 годин лабораторних занять
Семестровий контроль/ контрольні заходи	іспит/МКР/ДКР
Розклад занять	Лекції: 1 год./тиждень; лабораторні : 1 год./тиждень згідно розкладу
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: доктор.техн.наук, доцент Голуб Наталія Борисівна golubnb@ukr.net; 095-601-40-65 (Телеграм) Лабораторні: к.техн.наук, доц. Щурська К.О.
Розміщення курсу	Матеріали курсу розміщені в Електронному Кампусі та на платформі Сікорський Дистанс

#### Програма навчальної дисципліни

##### 1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Актуальність дисципліни «Воднева енергетика » для студентів другого рівня вищої освіти полягає у наданні знань з культивування мікроорганізмів для отримання водню за використання різних середовищ живлення, зміни метаболізму клітин під дією хімічних та фізичних факторів середовища. Такі знання є підґрунтям для створення біотехнології отримання водню біологічним шляхом.

Метою дисципліни є формування у студентів здатностей: оволодіння сучасними знаннями щодо процесів, які перебігають в мікроорганізмах під дією факторів середовища, для вдосконалення біологічних агентів і підвищення їх біологічної активності для отримання водню; використовувати знання щодо шляхів біосинтезу водню для вдосконалення біотехнологій їх одержання; проведення аналізу біологічних процесів на молекулярному і клітинному рівнях; аналізу існуючих фізико-хімічних та біологічних методів одержання водню за використання сировини різноманітного походження; пошуку нових видів мікроорганізмів-продуцентів водню.

Завдання курсу – вибір способів і прийомів та обладнання для одержання біоводню з урахуванням процесів, що перебігають в мікроорганізмах при утворення водню за використання різного живильного середовища та умов його отримання; проведення контролю основних

показників процесу і готової продукції.

В результатів вивчення курсу студенти отримують такі програмні результати навчання:

знання:

- хімічні та біологічні процеси, що застосовуються для одержання водню;
- механізми утворення водню в біологічних об'єктах;
- методи аналізу компонентів газу,
- проблеми зберігання водню,
- одержання водню в мікробному паливному елементі,
- конструювання обладнання для видобутку водню. уміння:
- одержувати водень в біологічній системі за використання різних типів поживного середовища;
- готувати поживне середовище для одержання біоводню;
- проводити аналіз одержаного газу. досвід:
- проведення біо – фізико - хімічного експерименту за заданою інструкцією та відповідним завданням;
- роботи з сучасними фізичними та фізико-хімічними методами дослідження біологічних об'єктів;
- роботи з лабораторним обладнанням, реактивами та найбільш поширеними речовинами біологічного походження;
- приготування деяких типів електродів, що використовуються в біопаливних елементах.

**2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**

Дисципліна "Воднева енергетика" базується на знаннях, що викладаються в циклах фундаментальних та професійно-орієнтованих дисциплін з хімії, біології клітини, біохімії, промислової біотехнології, знання англійської мови на рівні А. Одержані знання є базовими для проведення досліджень за використання мікроорганізмів для отримання водню.

Знання, отримані на основі даного курсу, студенти використовують при обробці результатів лабораторних робіт, проведенні досліджень будови та властивостей біологічних об'єктів – продуцентів водню за використання сучасних (освоєних в рамках вивчення цієї дисципліни) методів та методик, при участі у науково-дослідній роботі, при виконанні дипломної роботи чи проекту, а також при виконанні дослідної роботи в наукових установах, лабораторіях та науково-дослідних інститутах.

**3. Зміст навчальної дисципліни**

<b>Розділ 1. Розвиток водневої енергетики</b> <b>Тема 1.1. Методи одержання водню</b>
<b>Розділ 2. Біологічні методи одержання водню</b> Тема 2.1. Шляхи утворення водню мікроорганізмами Тема 2.2 Утворення водню в темряві Тема 2.3 Одержання водню за використання світла Тема 2.4. Мікробний паливний елемент
<b>Розділ 3 Системи зберігання та транспортування водню</b> Тема 3.1. Перспективи розроблюваних систем для транспортування та зберігання водню

#### 4. Навчальні матеріали та ресурси

##### Рекомендована література

###### Базова

1. Фундаментальні аспекти відновлювано-водневої енергетики і паливнокомірчаних технологій : монографія / за ред. Ю.М. Солоніна ; НАН України. – К. : «Вид-во КІМ», 2018. – 260 с. [http://www.materials.kiev.ua/Hydrogen/Book\\_printVer.pdf](http://www.materials.kiev.ua/Hydrogen/Book_printVer.pdf)
2. Відновлювані джерела енергії /за ред.Кудрі С.О. /к.: Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 2020, 392с. Роздал 8
3. Bio-methane & Bio-hydrogen Edited by: J.H. Reith, R.H. Wijffels and H. Bartenfile, 2003, Netherlands, Dutch Biological Hydrogen Foundation P.167
4. *Venemann J.R.* Hydrogen production by microalgae //J.Appl. Phycol., 2000.-v.12.-N3-5.-P.291- 300.
5. Кузьмінський Є.В. Біоелектрохімічне продукування електричної енергії та водню / Є.В. Кузьмінський, К.О. Щурська, І.А. Самаруха. – К.: «Видавничий дім «Комп'ютер-прес», 2012. – 226с.;
6. Gönül Vardar-Schara,, Toshinari Maeda, and Thomas K. Wood Metabolically engineered bacteria for producing hydrogen via fermentation Microb Biotechnol. 2008; 1(2): 107–125.

###### Допоміжна

1. Logan B.E. Microbial Fuel Cells // New York: John Wiley & Sons.-2008.-216p.
2. Журнал Int.J. Hydrogen Energy 2003-2022

###### Інформаційні ресурси

*uk.wikipedia.org/wiki/Категорія:Енергетика*  
[http://www.materials.kiev.ua/hydrogen\\_2011-2015/tezy\\_2014.pdf](http://www.materials.kiev.ua/hydrogen_2011-2015/tezy_2014.pdf) <https://avenston.com/articles/hydrogen/>

5. **Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

**Лекційні заняття**

Застосовуються стратегії активного і колективного навчання, які визначаються наступними методами і технологіями: методи проблемного навчання (проблемний виклад, частково-пошуковий (евристична бесіда); інформаційно-комунікаційні технології, що забезпечують проблемно-дослідницький характер процесу навчання та активізацію самостійної роботи студентів (електронні презентації для лекційних занять, використання аудіо-, відео-підтримки навчальних занять, розробка і застосування на основі комп'ютерних і мультимедійних засобів творчих завдань, і ін.).

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
1	<p><b>Концепція розвитку водневої енергетики.</b>                      Концепція розвитку водневої енергетики. Розвиток водневої енергетики в світі. Перспективи розвитку водневої енергетики в Україні. Переваги та недоліки використання водню як енергетичного джерела. Інфраструктура для використання водню як джерела палива для двигунів. Задачі, які необхідно вирішити для впровадження водневої енергетики. Сценарії розвитку водневої енергетики.                      Література: [2]</p>
2	<p><b>Хімічні методи одержання водню.</b>                      Особливості фізико-хімічних властивостей водню. Способи виробництва водню. Парофазна конверсія метану (природного газу). Термохімічні цикли. Парофазна конверсія водню з кам'яного, бурого вугілля і торфу. Підземна газифікація вугілля.                      Література: [1,2]</p>
3	<p><b>Електрохімічні методи одержання водню. Водень з біомаси</b>                      Електроліз води і пари. За допомогою енергоакумуючих речовин. Фотоліз води з отриманням водню і кисню (сонячно-воднева енергетика).</p>
	<p>Література: [1,2].</p>
4	<p><b>Біологічні методи одержання водню.</b>                      Шляхи утворення водню мікроорганізмами (водорості, бактерії, ціанобактерії, пурпурові бактерії). Види мікроорганізмів, що продукують водень. Загальні умови утворення водню. Термодинаміка процесів утворення водню. Вплив середовища на продукування водню мікроорганізмами. Продукування водню в залежності від субстратів. Парціальний тиск водню. Інгібування процесу продукування водню.                      Література: [3,4]</p>

5	<p><b>Шляхи утворення водню мікроорганізмами.</b></p> <p>Ферменти, що використовуються для продукування водню мікроорганізмами. Донори та акцептори електронів, що взаємодіють з гідрогеназами. Кінетика реакцій, що каталізуються гідрогеназами. Дія факторів оточуючого середовища на активність гідрогеназ ( кисень, відновники, іони металів, температура). Будова нітрогеназ. Донори та акцептори електронів, що взаємодіють з нітрогеназами. Кінетика реакцій, що каталізуються нітроген азами в процесі утворення водню. Дія факторів оточуючого середовища на активність нітрогеназ ( кисень, відновники, іони металів, температура) Література: [3,4,6]</p>
6	<p><b>Продукування водню в темряві</b></p> <p>Умови продукування водню в темряві ( рН, наявність кисню, парціальний тиск водню в зоні реактора, гідродинамічні умови, склад середовища). Субстрати для одержання водню (відходи сільгосппродукції, стічні води, відходи харчової та деревообробної промисловості). Попередня підготовка сировини. Будова кластрідій та механізм утворення водню. Умови, які необхідні для продукування водню кластрідіями. Інгібітори процесу утворення водню. Способи інтенсифікації процесу отримання водню. Технологічні особливості підвищення ступеня утилізації сировини. Література: [3,6] .</p>
7	<p><b>Одержання водню за використання світла</b></p> <p>Одержання водню за використання світла. Умови культивування пурпурових бактерій Субстрати для одержання водню пурпуровими бактеріями ( гліцерол, стічні води тощо). Види водоростей, що утворюють водень. Механізми утворення водню водоростями. Культивування водоростей для одержання водню. Умови, за яких відбувається утворення водню водоростями. Будова ціанобактерій, специфіка продукування водню у ціанобактерій. Вплив факторів середовища на механізм та швидкість продукування водню ціанобактеріями Література: [3]</p>
8	<p><b>Мікробний паливний елемент для одержання біоводню.</b></p> <p>Принцип дії мікробного паливного елемента. Характеристика мікроорганізмів – електрогенів. Процеси утворення біоплівки на поверхні аноду у МПЕ. Субстрати для утворення водню у МПЕ. Процеси, що перебігають у МПЕ. Механізм утворення водню на катоді МПЕ. Конструкції МПЕ. Визначення ефективності роботи МПЕ (катодна рекомбінація водню, кулонівська ефективність, об'ємна швидкість продукування водню. Література: [5]</p>
9	<p><b>Системи зберігання та транспортування водню</b></p> <p>Матеріали для зберігання водню. Металгідриди, що використовуються для зберігання водню. Критерії їх використання (співвідношення між вмістом водню і об'ємною густиною для різних класів гідридів). Цільові показники для систем зберігання водню. Умови зберігання водню. Балони та системи для зберігання водню. Література [1,2]</p>

## Лабораторні заняття

Основні завдання циклу лабораторних занять:

- студенти повинні навчитись проводити біохімічний експеримент за заданою інструкцією та відповідним завданням,
- працювати з лабораторним обладнанням, реактивами та найбільш поширеними біохімічними речовинами;
- приготувати розчини заданої концентрації, аналізувати властивості біомолекул тощо;
- визначати властивості біологічного матеріалу.

№ з/п	Назва лабораторної роботи	Кількість ауд. годин
1	Правила роботи і застережні заходи при роботі в лабораторії. Методи підготовки сировини та інокуляту. Інструкція	2
2	Видобування водню за використання мікроорганізмів в темряві. Вплив температури, тиску біогазу, концентрації сировини та методу її підготовки. Інструкція	6
3	Визначення вмісту компонентів біогазу методом газової хроматографії. Інструкція	2
4	Підготовка аноду для одержання біоводню за використання МПЕ. Одержання біоплівки на аноді. Одержання біоводню за використання МПЕ. Інструкція	6
5	Модульна контрольна робота	2

## 6. Самостійна робота

*Самостійна робота студента по дисципліні включає підготовку до аудиторних занять (36 годин), модульної контрольної (4 години), підготовка до іспиту (30 годин), підготовка до ДКР (10 год.) 34 год для вивчення тем, що виносяться для самостійного опрацювання.*

## 6. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми, що виносяться на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1	Програми розвитку водневої енергетики в ЄС. <i>Література: [1]</i>	4

2	Використання АЕС для одержання водню <b>Література: [1]</b>	2
3	Залізопарофазний метод одержання водню <b>Література: [1]</b>	2
4	Одержання водню за допомогою енергоакуюлюючих речовин <i>Література: [1]</i>	2
5	Ферментні системи, що каталізують виділення водню <i>Література: [3]</i>	2
6	Мікроорганізми – консументи водню <i>Література: [3]</i>	2
7	Вплив умов середовища на зміну метаболізму мікроорганізмів на інший тип бродіння (без утворення водню, або його споживання) <i>Література: [3] гл.5.</i>	4
8	Умови за яких відбувається продукування водню на світлі <i>Література: [3,4] гл.б.</i>	2
9	Перспективи використання водоростей для одержання водню <i>Література: [4]</i>	2
10	Вплив умов середовища на процес утворення біоплівки <i>Література: [5]</i>	4
11	Вплив живильних речовин та їх компонентного складу на процес одержання водню. <i>Література: [3-5]</i>	4
12	Високо- і низькотемпературні метал гідриди <i>Література [2]</i>	4

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

**Політика щодо дедлайнів та перескладання:** Роботи, які здаються із порушенням термінів без поважних причин, оцінюються на нижчу оцінку. Перескладання тем (модулів) відбувається за наявності поважних причин.

**Політика та принципи академічної доброчесності** визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>. Використання додаткових джерел

інформації під час оцінювання знань заборонено (у т.ч. мобільних девайсів). Мобільні пристрої дозволяється використовувати лише під час он-лайн тестування та виконання розрахунків.

**Норми етичної поведінки:** Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

**Політика щодо відвідування:** Відвідування лекцій, практичних занять, та лабораторних робіт, а також відсутність на них, не оцінюється. Однак, студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для формування компетентностей, визначених стандартом освіти. Система оцінювання орієнтована на отримання балів за активність студента, а також виконання завдань, які здатні розвинути практичні уміння та навички. За

об'єктивних причин (наприклад, хвороба, працевлаштування, міжнародне стажування тощо) навчання може відбуватися в он-лайн формі за погодженням із керівником курсу.

#### **8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)**

**Поточний контроль:** виконання та захист лабораторних робіт (20 бали), МКР(20 балів) ДКР (10 балів). Загальна сума балів за семестрову роботу – 50 балів. Докладніша інформація щодо поточного контролю та критеріїв оцінювання наведена в PCO з дисципліни. (Додаток 1)

**Календарний контроль:** проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

**Семестровий контроль:** залік. Загальна сума балів за іспит – 50 балів. Докладніша інформація щодо проведення та оцінювання наведена в PCO з дисципліни.

**Умови допуску до семестрового контролю:** семестровий рейтинг від 40, написання МКР, ДКР, захист усіх лабораторних робіт.



**ПОЛОЖЕННЯ**  
**про рейтингову систему оцінки успішності студентів**  
з дисципліни "Воднева енергетика"  
для спеціальності 162 "біотехнології та біоінженерія",  
Факультету біотехнології і біотехніки  
(Другий магістерський рівень, денна форма навчання)

Розподіл навчального часу за видами занять і завдань з дисципліни згідно з робочим навчальним планом

Семестр	Навчальний час		Розподіл навчальних годин				Контрольні заходи		
	Кредити	Акад. год.	Лекції	Практичні і	Лаб. роботи	СРС	МКР	ДКР	Семес. атестац.
2	5	150	18		18	114	1	1	Іспит

Рейтинг студента складається з балів, що він отримує за:

1. виконання та захист 4 лабораторних робіт;
2. контрольної роботи (МКР поділяється на дві контрольні роботи тривалістю по 1 годині);
3. ДКР;
4. відповідь на екзамені.

**Система рейтингових (вагових) балів занять і рейтингових оцінок по видах контролю за рік**

№ п/п	Вид контролю	Бал	Кількість	Сума балів
	Лабораторні роботи			
	- ваговий бал $r_k$	5	4	20
	- допуск	1		
	- обробка результатів і захист*	0-4		
2.	Модульна контрольна робота			
	- ваговий бал $r_k$	10	2	20
	- якість виконання**	0-10		
3.	ДКР	10	1	10
	Якість виконання ***	0-10		
4	Всього			50

\* - **лабораторні роботи** Обробка результатів і захист (захист включає знання з лекційного матеріалу за темою):

правильно оформлена робота з повним висновком

– 1 бал; повна відповідь на експрес контроль -

4 бали;

неповна відповідь - 3 бали;

незадовільна відповідь - 0-2 балів.

\*\* - Якість виконання модульних контрольних робіт:

повна розкрита відповідь -9-10 балів ;  
помилка в одному завданні або неповна відповідь в двох завданнях -7-8 балів ; помилка в двох завдань або неповна відповідь в 4 завданнях - 6 балів; робота не зарахована - 0 – 5 балів.

\*\* - Якість виконання ДКР:

повна розкрита відповідь -9-10 балів ;  
помилка у відповідід або не достатньо розкриті питання -7-8 балів ;  
грубі помилки у відповіді - 6 балів;  
робота не зарахована - 0 – 5 балів.

### Штрафні бали

№ п/п		Бал
1.	Неготовність до лабораторних занять	-0,5
2.	Несвоєчасний захист лабораторних робіт (без поважної причини)	-1

### Розрахунок шкали (R) рейтингу

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру

складає:  $R_c = 20+20+10 = 50$  балів:

Екзаменаційна складова шкали дорівнює 50% від R, а саме:

$$R_e = R_c \cdot 0.5 / 0.5 = 50;$$

Рейтингова шкала з дисципліни складає  $R = R_c$

+  $R_e$  100 балів;

Необхідною умовою допуску до екзамену є зарахування усіх лабораторних робіт, виконання на позитивну оцінку модульних контрольних робіт та ДКР. Стартовий рейтинг  $r_c$  не менше 60% від  $R_c$ , тобто 30 балів.

Рубіжні (планові атестації). Студент повинен набрати балів:: 1 атестація – «зараховано» - 12 балів

( 24 – максимум), 2 атестація – 21 балів (42 – максимум).

Підсумкова оцінка якості знань з дисципліни визначаються за традиційною 4-рівневою шкалою на базі індивідуальних поточних оцінок за такою шкалою:

Рейтинг	Традиційна оцінка
$47,5 < R_c < 50$	відмінно
$42,5 < R_c < 47,5$	Дуже добре
$37,5 \leq R_c < 42,5$	добре
$32,5 \leq R_c < 37,5$	задовільно
$30 < R_c < 32,5$	Достатньо
$R_c < 30$	незадовільно
$r_c < 30$ або не виконані інші умови допуску до екзамену	недопущений

Екзамінаційний білет складається з 5 питань, 1 питання оцінюється у 10

балів. Повна відповідь на питання – 5 (9-10) балів

Зроблені незначні помилки – 4 (7-8)

балів Суттєві помилки у відповіді – 3 (6)

балів Відповіді не вірні – 0-2 (0-5) бали.

Шкала екзаменаційних оцінок:

Рейтинг	Традиційна оцінка
$47,5 < R_e < 50$	Відмінно
$42,5 < R_e < 47,5$	Дуже добре
$37,5 \leq R_e < 42,5$	Добре
$32,5 \leq R_e < 37,5$	Задовільно
$30 < R_e < 32,5$	Достатньо
$R_e < 30$	незадовільно

Загальний рейтинг:

Рейтинг	Традиційна оцінка
$95 \leq R < 100$	відмінно
$85 \leq R < 94$	Дуже добре
$75 \leq R < 84$	добре
$65 \leq R < 74$	задовільно
$60 \leq R < 64$	достатньо
$R < 60$	незадовільно

## Додаток 2

Питання на модульну контрольну роботу № 1

1. Концепція розвитку водневої енергетики.
2. Особливості фізико-хімічних властивостей водню.
3. Парофазна конверсія метану (природного газу).
4. Термічне розкладання вуглеводнів.
5. Термохімічні цикли.
6. Електрохімічні методи одержання водню.
7. Електроліз води і пари.
8. Фотоліз води з отриманням водню і кисню (сонячно-воднева енергетика).
9. Біологічні методи одержання водню.
10. Види мікроорганізмів, що продукують водень.
11. Шляхи утворення водню мікроорганізмами ( зелені бактерії, ціанобактерії, пурпурові бактерії).
12. Ферментні системи, що каналізують виділення водню
13. Ферменти, що використовуються для продукування водню мікроорганізмами.
14. Донори та акцептори електронів, що взаємодіють з гідрогеназами.
15. Кінетика реакцій, що каталізуються гідрогеназами.
16. Дія факторів оточуючого середовища на активність гідрогеназ ( кисень, відновники, іони металів, температура)
17. Мікроорганізми – консументи водню

18. Умови продукування водню в темряві ( рН, наявність кисню, парціальний тиск водню в зоні реактора, гідродинамічні умови, склад середовища).

19. Субстрати для одержання водню (відходи сільгосппродукції, стічні води, відходи харчової та деревообробної промисловості).

20. Попередня підготовка сировини.

21. Вплив умов середовища на зміну метаболізму мікроорганізмів на інший тип бродіння (без утворення водню, або його споживання)

22. Одержання водню за використання світла.

23. Умови культивування пурпурових бактерій

24. Субстрати для одержання водню пурпуровими бактеріями ( гліцерол, стічні води тощо).

25. Умови за яких відбувається продукування водню на світлі

26. Одержання водню за допомогою водоростей.

27. Види водоростей, що утворюють водень.

28. Механізми утворення водню водоростями.

29. Культивування водоростей для одержання водню.

30. Умови, за яких відбувається утворення водню водоростями.

Модульна контрольна робота 2

1. Мікробний паливний елемент для одержання біоводню.

2. Принцип дії мікробного паливного елемента.

3. Характеристика мікроорганізмів – електрогенів.

4. Процеси утворення біоплівки на поверхні аноду у МПЕ.

5. Вплив умов середовища на процес утворення біоплівки

6. Субстрати для утворення водню у МПЕ.

7. Процеси, що перебігають у МПЕ. Механізм утворення водню на катоді МПЕ.

8. Вплив поживного середовища на процес одержання водню.

9. Визначення ефективності роботи МПЕ (катодна рекомбінація водню, кулонівська ефективність, об'ємна швидкість продукування водню.

10. Конструкції МПЕ.

11. Переваги та недоліки конструкцій МПЕ.

12. Системи зберігання та транспортування водню.

13. Металгідридні акумулятори.

14. Матеріали для зберігання водню.

15. Металгідриди, що використовуються для зберігання водню.

16. Критерії їх використання (співвідношення між вмістом водню і об'ємною густиною для різних класів гідридів).

17. Перспективи розроблюваних систем для транспортування та зберігання водню.

18. Цільові показники для систем зберігання водню.

19. Умови зберігання водню.

20. Балони та системи для зберігання водню.
21. Умови використання газопроводів для транспортування водню.
22. Галузі застосування водню.
23. Проблеми та перспективи використання водню на транспорті.

### *Додаток 3*

#### *Питання ДКР*

1. Запропонуйте та опишіть технологічну схему одержання водню асоціацією мікроорганізмів в темновому режимі за використання відходів кукурудзи як субстрату.
2. Запропонуйте та опишіть технологічну схему одержання водню асоціацією мікроорганізмів в темновому режимі за використання гною як субстрату.
3. Запропонуйте та опишіть технологічну схему одержання водню асоціацією мікроорганізмів в темновому режимі за використання стічної води як субстрату.
4. Запропонуйте та опишіть технологічну схему одержання водню пурпуровими бактеріями.
5. Запропонуйте та опишіть технологічну схему одержання водню за застосування темного та світлого режимів використання відходів кукурудзи.
6. Запропонуйте та опишіть технологічну схему одержання водню за застосування темного та світлого режимів використання гною.
7. Запропонуйте та опишіть технологічну схему одержання водню за застосування темного режиму бродіння та МПЕ за використання відходів кукурудзи.
8. Запропонуйте та опишіть технологічну схему одержання водню ціанобактеріями.
9. Запропонуйте та опишіть технологічну схему одержання водню за поєднання процесів бродіння з МПЕ за використання стічної води молокозаводів.

### *Додаток 4*

#### *Питання до іспиту*

1. Концепція розвитку водневої енергетики.
2. Біологічні методи одержання водню.
3. Види мікроорганізмів, що продукують водень.
4. Шляхи утворення водню мікроорганізмами (зелені бактерії, ціанобактерії, пурпурові бактерії).
5. Ферментні системи, що каналізують виділення водню
6. Донори та акцептори електронів, що взаємодіють з гідрогеназами.
7. Умови продукування водню в темряві (рН, наявність кисню, парціальний тиск водню в зоні реактора, гідродинамічні умови, склад середовища).
8. Субстрати для одержання водню (відходи сільгосппродукції, стічні води, відходи

харчової та деревообробної промисловості).

9. Вплив умов середовища на зміну метаболізму мікроорганізмів на інший тип бродіння (без утворення водню, або його споживання)

10. Одержання водню за використання світла.

11. Умови культивування пурпурових бактерій

12. Умови за яких відбувається продукування водню на світлі

13. Одержання водню за допомогою водоростей.

14. Мікробний паливний елемент для одержання біоводню.

15. Вплив умов середовища на процес утворення біоплівки

16. Процеси, що перебігають у МПЕ. Механізм утворення водню на катоді МПЕ.

17. Вплив поживного середовища на процес одержання водню.

18. Системи зберігання та транспортування водню.

19. Металгідриди, що використовуються для зберігання водню.

20. Цільові показники для систем зберігання водню.

21. Умови зберігання водню.

22. Галузі застосування водню.

**Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

**Складено** доктором техн. наук, в.о.зав.кафедри біоенергетики, біоінформатики та екобіотехнології Голуб Наталією Борисівною

**Ухвалено** кафедрою біоенергетики, біоінформатики та екобіотехнології (протокол № 15 від 29.06.22)

**Погоджено** Методичною комісією факультету (протокол № 9 від 30.06.22)