

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

хімічний факультет

Кафедра хімії високомолекулярних сполук

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник декана  
з навчальної роботи

Павленко В.О.



« 30 » грудня 2018 року

ПРОГРАМА  
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ЗЕЛЕНА ХІМІЯ

галузі знань 10 Природничі науки  
спеціальність 102 Хімія  
освітній рівень “бакалавр”  
освітня програма Хімія  
вид дисципліни Вибіркова

Форма навчання денна  
Навчальний рік 2018/2019  
Семестр III  
Кількість кредитів ECTS 4 кредити (III семестр  
програми підготовки за ОР «бакалавр»)  
Мова викладання, навчання та оцінювання  
українська  
Форма контролю залік

Викладач (лектор): Вретік Людмила Олександрівна

Пролонговано: на 2019/2020 н.р. Д. Савченко « 3 » 04 2019 р.

на 2020/2021 н.р. ( ) « » 20 р.

КИЇВ – 2018

затверджена на засіданні кафедри хімії високомолекулярних сполук  
Протокол № 12 від "11" травня 2018 року

Завідувач кафедри Савченко І.О. (Савченко І.О.)

Схвалено науково - методичною комісією факультету за напрямом підготовки  
0401 Природничі науки, спеціальністю 04010101 Хімія

Голова науково-методичної комісії Амірханов В.М. (Амірханов В.М)

Протокол № 6 від "30" 05 2018 року

Голова науково-методичної комісії Ройк О.С. ( Ройк О.С. )

« 3 » 04 2019 року

Протокол № ..... від "....." 20\_\_ року

Голова науково-методичної комісії \_\_\_\_\_ ( \_\_\_\_\_ )

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

## ВСТУП

Навчальна дисципліна **Зелена хімія** є складовою освітньо-професійної програми підготовки фахівців за освітньо-кваліфікаційним рівнем «бакалавр» галузі знань **хімія** з напрямку підготовки 0401 Природничі науки, спеціальності – **8.040101 Хімія**.

Викладається у 3 семестрі 2 курсу ОКР «Бакалавр» в обсязі – 120 год.<sup>1</sup>

**(4,0 кредити ECTS<sup>2</sup>)** зокрема: лекції – 40 год., практичні роботи – 10 год., самостійна робота – 70 год. У курсі передбачено 2 змістових модулі. Завершується дисципліна – **заліком**.

**Мета дисципліни** – надати студентам знання щодо основних принципів та практичної реалізації підходів «зеленої хімії» як нової методології розробки та використання хімічних продуктів і процесів, що зменшують або виключають використання та утворення шкідливих речовин; надати знання щодо можливості використання відновлюваної сировини та альтернативних джерел енергії; спонукати студентів спиратися на основні принципи зеленої хімії при виборі підходу до синтезу хімічних речовин.

### **Завдання** –

- надати уявлення про основний зміст принципів «зеленої» хімії та про розвиток відповідних наукових напрямків;
- сформулювати уявлення про відповідні методи синтезу (синтези без використання органічних розчинників, мікрохвильовий синтез, синтез у надкритичних та йонних рідинах, тощо);
- надати уявлення про новітні технології, що дозволяють зменшити утворення відходів/витрат реагентів/витрат енергії/небезпек і ризиків аварійних ситуацій;
- надати знання підходів до дизайну матеріалів, що не призначені до довготривалого використання та легко розкладаються у природних умовах.

### *Структура курсу*

В результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

- знати:** - шляхи мінімізації утворення відходів;
- основні принципи «зеленої хімії»;
  - критерії оцінки ефективності хімічних реакцій;
  - основні наукові напрямки, що розвиває «зелена» хімія;
  - ознаки «зелених» хімічних реакцій;
  - альтернативні реакційні середовища;
  - підходи до проведення реакцій у відсутності розчинника;
  - джерела відновлюваної сировини;
  - матеріали, здатні до біодеградації;

<sup>1</sup> Зазначається загальна кількість годин, які виділено на дану дисципліну згідно навчального плану відповідного освітньо-кваліфікаційного рівня.

<sup>2</sup> кредитів ECTS – кредит кратний 36 годинам (Наприклад, 3 кредити ECTS відповідає 108 год.).

- альтернативні джерела енергії.

**вміти:**

- застосовувати загальні принципи «зеленої» хімії;
- обирати найбільш безпечні методи синтезу/виділення/очищення цільового хімічного продукту;
- критично оцінювати ефективність хімічної реакції.

**Місце дисципліни** (в структурно-логічній схемі підготовки фахівців відповідного напрямку).

**Зв'язок з іншими дисциплінами.**

Навчальна дисципліна **Зелена хімія** базується на знаннях, отриманих студентами під час вивчення нормативних курсів «Неорганічна хімія», «Фізика» (1 курс) та у загальноосвітній школі з дисципліни «Хімія».

## Контроль знань і розподіл балів, які отримують студенти.

Контроль здійснюється за модульно-рейтинговою системою.

У змістовий модуль 1 (ЗМ1) входить теми 1-3, у змістовий модуль 2 (ЗМ2) – теми - 4-7. Обов'язковим для заліку є набрати не менше як 65 балів за 2 змістовні модулі.

*Оцінювання за формами контролю:*

	ЗМ1		ЗМ2	
	Min. – 24 балів	Max. – 40 балів	Min. – 24 балів	Max. – 40 балів
Усна відповідь	3	5	3	5
Доповнення	1	1	1	1
Самостійна робота	2	4	2	4
Практична робота	2	5	2	5
Модульна контрольна робота 1	16	25		
Модульна контрольна робота 2			16	25

Для студентів, які набрали сумарно меншу кількість балів ніж *критично-розрахунковий мінімум – 48 балів* для складання іспиту обов'язково відпрацювати всі лабораторні роботи і написати модульні контрольні роботи (*слід зазначити умови, які висуває лектор*).

У випадку відсутності студента з поважних причин відпрацювання та перездачі МКР здійснюються у відповідності до „Положення про порядок оцінювання знань студентів при кредитно-модульній системі організації навчального процесу” від 1 жовтня 2010 року.

*При простому розрахунку отримаємо:*

	Змістовий модуль 1	Змістовий модуль 2	залік	Підсумкова оцінка
<i>Мінімум</i>	24	24	12	60
<b>Максимум</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>20</b>	<b>100</b>

*При цьому, кількість балів:*

- **1-34** відповідає оцінці «незадовільно» з обов'язковим повторним вивченням дисципліни;
- **35-59** відповідає оцінці «незадовільно» з можливістю повторного складання;
- **60-64** відповідає оцінці «задовільно» («достатньо»);
- **65-74** відповідає оцінці «задовільно»;
- **75 - 84** відповідає оцінці «добре»;
- **85 - 89** відповідає оцінці «добре» («дуже добре»);

- **90 - 100** відповідає оцінці «відмінно».

**Шкала відповідності** (за умови заліку)

За 100 – бальною шкалою	За національною шкалою
90 – 100	Зараховано
85 – 89	
75 – 84	
65 – 74	
60 – 64	
1 – 59	не зараховано

# ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

## Змістовий модуль 1 Основні принципи «зеленої» хімії

### Вступ (2 год.)

Обґрунтування необхідності нових підходів щодо дизайну хімічних продуктів та процесів: загальна характеристика глобальних екологічних проблем, їх наслідків та ролі хімічного виробництва.

### ТЕМА 1. Основні принципи «зеленої» хімії (8 год.)

Концепція, на якій базується «зелена хімія»; передумови виникнення та історія розвитку. Основні поняття «зеленої» хімії. Основні принципи «зеленої хімії»: принцип упередження; принцип економії атомів; вимога зниження небезпечності процесів та продуктів синтезу; конструювання «зелених» матеріалів; використання нешкідливих допоміжних речовин; вимога енергозбереження; використання відновлюваної сировини; зменшення кількості проміжних стадій при синтезі; використання каталітичних процесів; розробка продуктів, здатних до біорозкладу; попередження можливих аварій.

Проблема загальної кількісної оцінки утворення побічних продуктів (відходів) в результаті синтезу («E-фактор») та впливу на оточуюче середовище всіх компонентів реакції («EQ-фактор»).

### ТЕМА 2. Відходи хімічного виробництва – попередження утворення (4 год.)

Відходи хімічної промисловості – основні джерела/причини утворення. Варіанти поводження з відходами. Фізична, хімічна, біологічна переробка відходів. «Проблемні» відходи. Трансформація технологій у боротьбі з відходами. Економічний аспект.

### ТЕМА 3. Полімерні відходи (28 год.)

Уявлення про «життєвий цикл» полімерів, проблеми, пов'язані з виробництвом, використанням та утилізацією високополімерів. Особливості впливу полімерних відходів на природне середовище. Загальні підходи до боротьби з негативними наслідками виробництва, експлуатації та накопиченням відходів ВМС. Вторинна переробка поліолефінів та поліестерів/поліамідів – механічна, хімічна, рекуперація енергії.

## Змістовий модуль 2 Практична реалізація принципів «зеленої хімії» - новітні підходи

### ТЕМА 4. Розв'язання проблеми «економії» атомів (14 год.)

Розв'язання проблеми «економії атомів»: зменшення кількості стадій, збільшення загального виходу цільового продукту та виключення формування відходів. Уявлення про органічні реакції, що проходять з «економією» атомів: реакції приєднання, циклоприєднання, перегрупування, багатокomпонентні реакції конденсації, каскадні реакції, метатезис.

Уявлення про «зелені» каталітичні системи: «безсольові» процеси з використанням водню, кисню, пероксиду водню, оксидів Карбону та амоніаку

як джерел Гідрогену, Оксигену, Карбону та Нітрогену. Каталітичне гідрування, каталітичне окислення. Уявлення про біокаталіз.

#### **ТЕМА 5. Альтернативні реакційні середовища (18 год.)**

Загальна характеристика проблем, пов'язаних з використанням органічних розчинників. «Життєвий цикл» органічного розчинника. Розв'язання проблеми застосування органічних розчинників: синтези без розчинників, синтези у воді, у «надкритичних» та йонних рідинах. Флуоровмісні розчинники, рідкі полімери як розчинники.

#### **ТЕМА 6. Полімерні матеріали з відновлюваної сировини та здатні до біорозкладу (24 год.)**

Визначення поняття «біодеградація», фактори, що впливають на здатність ВМС до біорозкладу. Класифікація полімерів, здатних до розкладу у природних умовах. Методи оцінки рівня біодеградації полімерів – класифікація та загальна характеристика. Структурні особливості, що сприяють біорозкладу полімерів. Природні полімери та матеріали, створені на їх основі. Матеріали на основі полісахаридів. Целюлоза – проблема переробки, гідрофобізація поверхні. Термопласти на основі крохмалю. Матеріали на основі хітозану. Синтез полімерних матеріалів з хімічною будовою, подібною до будови природних полімерів. Синтетичні полімери, що біорозкладаються: поліпептиди, поліптери, поліестери, поліуретани. Оксикислоти як вихідні речовини для синтезу полімерів, що біологічно розкладаються. Уявлення про біосинтез поліоксикислот. Полімолочна кислота як приклад «зеленого» полімерного матеріалу.

#### **ТЕМА 7. Альтернативні джерела енергії та сировини (22 год.).**

Енергія в хімічному синтезі. Альтернативні джерела енергії: біопаливо. Уявлення про фотохімічні реакції, мікрохвильовий синтез. Джерела відновлюваної сировини для органічного синтезу.



**СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ І СЕМІНАРСЬКИХ ЗАНЯТЬ**

№ п/п	Назва лекції	Кількість годин		
		лекції	Практичні роботи	С/Р
<i>Змістовий модуль 1 Основні принципи «зеленої» хімії</i>				
1	<b>Вступ.</b> Обґрунтування необхідності нових підходів щодо дизайну хімічних продуктів та процесів	2		
2	<b>Тема 1.</b> Основні принципи «зеленої» хімії. <b>Лекція 1.</b> 12 принципів «зеленої» хімії - загальна характеристика	4		
3	<b>Тема 1.</b> –«- <b>Лекція 2.</b> Основні поняття «зеленої» хімії. Оцінка ефективності хімічної реакції.	2	2	
4	<b>Тема 2.</b> Відходи хімічного виробництва – попередження утворення <b>Лекція 1.</b> Відходи хімічної промисловості – основні джерела/причини утворення.	2		
5	<b>Тема 2.</b> –«- <b>Лекція 2.</b> Поводження з відходами, попередження утворення	2		
6	<b>Тема 3.</b> Полімерні відходи <b>Лекція 1.</b> «Життєвий цикл» полімерів, вплив на оточуюче середовище.	2	4	20
7	<b>Тема 3.</b> –«- <b>Лекція 2.</b> Вторинна переробка полімерів – види переробки, проблеми.	2		
	<i>Модульна контрольна робота 1</i>			
<i>Змістовий модуль 2 Практична реалізація принципів «зеленої хімії»- новітні підходи</i>				
8	<b>Тема 4.</b> Розв’язання проблеми економії атомів <b>Лекція 1.</b> Органічні реакції, що проходять з максимальним використанням атомів	2		
9	<b>Тема 4.</b> –«- <b>Лекція 2.</b> «Зелені» каталітичні системи	2		10
10	<b>Тема 5.</b> Альтернативні реакційні середовища <b>Лекція 1.</b> Загальна характеристика проблем, пов’язаних з використанням органічних розчинників	2		
11	<b>Тема 5.</b> –«-	2		

	<b>Лекція 2.</b> Синтези без розчинників			
12	<b>Тема 5.</b> –«- <b>Лекція 3.</b> Синтези у воді, «надкритичних» та йонних рідинах.	2		10
13	<b>Тема 5.</b> –«- <b>Лекція 4.</b> Флуоровмісні розчинники, рідкі полімери як розчинники.	2		
14	<b>Тема 6.</b> Полімерні матеріали з відновлюваної сировини та здатні до біорозкладу <b>Лекція 1.</b> Фактори, що впливають на здатність ВМС до біорозкладу.	2	4	10
15	<b>Тема 6.</b> –«- <b>Лекція 2.</b> Природні полімери та матеріали, створені на їх основі.	4		
16	<b>Тема 6.</b> –«- <b>Лекція 3.</b> Синтетичні полімери, що біологічно розкладаються	4		
17	<b>Тема 7.</b> Альтернативні джерела енергії та сировини. <b>Лекція 1.</b> Альтернативні джерела енергії та сировини.	2		20
	<i>Модульна контрольна робота 2</i>			
	<b>ВСЬОГО</b>	<b>40</b>	<b>10</b>	<b>70</b>

Загальний обсяг **120 год.**<sup>3</sup>, в тому числі:

Лекцій – **40 год.**

Практичних робіт – **10 год.**

Самостійна робота – **70 год.**

### **ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1**

**Вступ.** Обґрунтування необхідності нових підходів щодо дизайну хімічних продуктів та процесів (**2 год.**)

**Тема 1.** Основні принципи «зеленої» хімії. (**8 год.**)

**Лекція 1.** 12 принципів «зеленої» хімії - загальна характеристика (**4 год.**)

**Лекція 2.** Основні поняття «зеленої» хімії. Оцінка ефективності хімічної реакції (**2 год.**)

**Практична робота 1 (2 год.)**

Критерії оцінки ефективності хімічного синтезу.

<sup>3</sup> Загальна кількість годин, відведених на дану дисципліну згідно навчального плану.

### ***Контрольні запитання та завдання***

1. Базові ідеї «зеленої» хімії.
2. Принцип упередження.
3. Принцип економії атомів.
3. Принцип зниження шкідливості процесів та продуктів синтезу.
4. Принцип конструювання «зелених» матеріалів.
5. Принцип використання менш шкідливих допоміжних реагентів.
6. Принцип енергозбереження.
7. Параметри оцінки ефективності синтезу.

### ***Рекомендована література<sup>4</sup>:***

1. Anastas, Paul T., and Warner, John C. (1998). *Green Chemistry Theory and Practice*. New York: Oxford University Press.
2. Anastas, Paul and Eghbali, Nicolas *Green Chemistry: Principles and Practice* // Chem. Soc. Rev. -2010.-39.- 301-312.
3. Kirchhoff, Mary, and Ryan, Mary Ann, eds. (2002). *Greener Approaches to Undergraduate Chemistry Experiments*. Washington, DC: American Chemical Society.
4. Кустов Л.М., Белецкая И.П. «Green chemistry» - новое мышление // Ж. Рос. Хим. Об-ва им. Д.И. Менделеева.- 2004.- т. XLVIII, №6.-С.3-12.

**Тема 2.** Відходи хімічного виробництва – попередження утворення (4 год.)

**Лекція 1.** Відходи хімічної промисловості – основні джерела/причини утворення (2 год.)

### ***Контрольні запитання та завдання***

1. Основні види промислових відходів.
2. Уявлення про фізичну, хімічну, біологічну переробку відходів.
3. Методики хімічної переробки відходів.
4. Вартість відходів.

### ***Рекомендована література<sup>5</sup>:***

1. О.В. Суберляк, Т.Т. Яковенко, Т.Г. Бабаханова, І.Г. «Атлас технологічних схем виробництва полімерів та пластичних мас на їх основі». Навч.посібн.- Львів., 2002.-239с.
2. Ян Я. Піліховський, Анджей А. Пушинський «Технологія пластичних мас», К. ІСДО, 1995.-312 с.
3. К. А. Андріанов, Л. М. Хананашвили «Технология элементарорганических мономеров и полимеров», М. «Химия», 1973.-400 с.

**Лекція 2.** Поводження з відходами - попередження утворення (2 год.)

---

<sup>4</sup> Зазначається до десяти джерел, які є найбільш важливими для/при опануванні даної теми.

<sup>5</sup> Зазначається до десяти джерел, які є найбільш важливими для/при опануванні даної теми.

### ***Контрольні запитання та завдання***

1. Трансформація технологій у боротьбі з відходами: содове виробництво.
2. Трансформація технологій у боротьбі з відходами: синтез фенолу.

### **Тема 3. Полімерні відходи (28 год.)**

#### **Лекція 1. «Життєвий цикл» полімерів, вплив на оточуюче середовище (2 год.)**

#### **Практична робота 2 (4 год.)**

Трансформація технологій у боротьбі з відходами

### ***Контрольні запитання та завдання***

1. Пластмаси як багатокомпонентні системи.
2. Уявлення про структурні особливості полімеризаційних та поліконденсаційних ВМС.
3. Проблеми накопичення полімерних відходів.

#### ***Завдання для самостійної роботи***

**(20 год.)**

«Життєвий цикл» стиролу, полістиролу, вінілхлориду, ПВХ, поліолефінів, полікапролактаму, силіконів [5, № 29-48, 48-71, 170-171, 199-201, 6, № 75-89, 90-99, 214-220, 238-247, 7 20-248, 262-267].

#### **Лекція 2. Вторинна переробка полімерів – види переробки, проблеми (2 год.)**

### ***Контрольні запитання та завдання***

1. Поводження з полімерними відходами – загальна характеристика.
2. Уявлення про розділення полімерних відходів.
3. Ідентифікаційне маркування.
4. Механічна переробка полімерних відходів.
5. Хімічна переробка полімерних відходів.
6. Рекуперація енергії.

### ***Рекомендована література<sup>6</sup>:***

1. Mike Lankaster, Green Chemistry: An Introductory Text, RSC publishing, 2010, 328 pp ISBN 9781847558732 1847558739.
2. Paul Anastas and Nicolas Eghbali, Green Chemistry: Principles and Practice // Chem. Soc. Rev. 2010, 39, 301-312.
3. Anastas, Paul T., and Warner, John C. (1998). *Green Chemistry Theory and Practice*. New York: Oxford University Press.
4. Легонькова О.А., Сухарева Л.А. Тысяча и один полимер от биостойких до биоразлагаемых. - М.: РадиоСофт, 2004.

---

<sup>6</sup> Зазначається до десяти джерел, які є найбільш важливими для/при опануванні даної теми.

5. Кустов Л.М., Белецкая И.П. «Green chemistry» - новое мышление // Ж. Рос. Хим. Об-ва им. Д.И. Менделеева.- 2004.- т. XLVIII, №6.-С.3-12.

## **ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2**

**Тема 4.** Розв'язання проблеми економії атомів (14 год.)

**Лекція 1.** Органічні реакції, що проходять з «економією» атомів (2 год.)

### **Контрольні запитання та завдання**

1. Органічні реакції, що проходять з «економією» атомів: реакції приєднання.
2. Органічні реакції, що проходять з «економією» атомів: циклоприєднання,
3. Органічні реакції, що проходять з «економією» атомів: перегруповання,
4. Багатокомпонентні реакції конденсації,
5. Каскадні реакції

**Лекція 2.** «Зелені» каталітичні системи (2 год.)

### **Контрольні запитання та завдання**

1. «Зелені» каталітичні системи – базові принципи.
2. Каталітичне гідрування,
3. Каталітичне окислення.
4. Уявлення про біокаталіз.

**Завдання для самостійної роботи**

(10 год.)

Біохімічні методи синтезу [4, №82-90, пошук в мережі Internet].

### **Рекомендована література<sup>7</sup>:**

1. Roger A. Sheldon, Fundamentals of Green chemistry: efficiency in reaction design // Chem. Soc. Rev., 2012, 41, 1437-1451.
2. Roger A. Sheldon, E factors, green chemistry and catalysis: an odyssey // Chem. Commun., 2008, 3352-3365.
3. Paul Anastas and Nicolas Eghbali, Green Chemistry: Principles and Practice // Chem. Soc. Rev. 2010, 39, 301-312.
4. Т.Г. Волова «Биотехнология»- Изд-во СО РАН Новосибирск – 1999.- 252 с.

**Тема 5.** Альтернативні реакційні середовища (18 год.)

**Лекція 1.** Загальна характеристика проблем, пов'язаних з використанням органічних розчинників (2 год.)

---

<sup>7</sup> Зазначається до десяти джерел, які є найбільш важливими для/при опануванні даної теми.

### ***Контрольні запитання та завдання***

1. Основні напрямки використання органічних розчинників.
2. Ознаки безпечного органічного розчинника.
3. Методологія вибору найбільш безпечного органічного розчинника.
4. Зв'язок молекулярна маса, полярності та леткості органічного розчинника.

### ***Рекомендована література<sup>8</sup>:***

1. Francesca M. Kerton Alternative Solvents for Green Chemistry // RSC Publishing.-2009.- pp. 349 Print ISBN: 978-0-85404-163-3.
2. Dunn and Perry, et. al. Green chemistry tools to influence a medicinal chemistry and research chemistry based organization // Green Chem.- 2008.- 10.- 31-36.
3. Paul Anastas and Nicolas Eghbali, Green Chemistry: Principles and Practice // Chem. Soc. Rev. 2010, 39, 301-312.

## **Лекція 2. Синтези без розчинників (2 год.)**

### ***Контрольні запитання та завдання***

1. Підходи до проведення твердофазного синтезу.
2. Уявлення про механохімію.

### ***Рекомендована література<sup>9</sup>:***

1. Francesca M. Kerton Alternative Solvents for Green Chemistry // RSC Publishing.- 2009, pp. 349 Print ISBN: 978-0-85404-163-3.
3. Paul Anastas and Nicolas Eghbali, Green Chemistry: Principles and Practice // Chem. Soc. Rev. 2010, 39, 301-312.

## **Лекція 3. Синтези у воді, «надкритичних» та йонних рідинах (2 год.)**

### ***Контрольні запитання та завдання***

1. Уявлення про синтези у воді.
2. Циклодекстрини – синтези у воді.
3. Уявлення про йонні рідини.
4. Синтез у йонних рідинах.

### ***Завдання для самостійної роботи (10 год.)***

Мікрохвильовий синтез – фізичні основи методу. Базові принципи синтезу. [2-4].

### ***Рекомендована література<sup>10</sup>:***

1. Francesca M. Kerton Alternative Solvents for Green Chemistry // RSC Publishing .-2009, pp. 349 Print ISBN: 978-0-85404-163-3.

<sup>8</sup> Зазначається до десяти джерел, які є найбільш важливими для/при опануванні даної теми.

<sup>9</sup> Зазначається до десяти джерел, які є найбільш важливими для/при опануванні даної теми.

<sup>10</sup> Зазначається до десяти джерел, які є найбільш важливими для/при опануванні даної теми.

2. Paul Anastas and Nicolas Eghbali, Green Chemistry: Principles and Practice // Chem. Soc. Rev. 2010, 39, 301-312.
3. Lidstroem, P., Tierney, J., Wathey, B. and Westman, J. Microwave assisted organic synthesis- a review // Tetrahedron.-57.-9225-9283.
4. M. Nuchter, B. Ondruschka, W. Bonrath and A. Gum Microwave assisted synthesis – a critical technology overview // *Green Chem.*, 2004, 6, 128 – 141

---

**Лекція 4.** Флуоровмісні розчинники, рідкі полімери як розчинники (2 год.)

**Контрольні запитання та завдання**

1. Флуоровмісні розчинники – загальна характеристика.
2. Синтези у флуоровмісних розчинниках.
3. Рідкі полімери як «зелені» розчинники

**Рекомендована література<sup>11</sup>:**

1. Francesca M. Kerton Alternative Solvents for Green Chemistry // RSC Publishing .-2009, pp. 349 Print ISBN: 978-0-85404-163-3.
2. Paul Anastas and Nicolas Eghbali, Green Chemistry: Principles and Practice // Chem. Soc. Rev. 2010, 39, 301-312.

**Тема 6.** Полімерні матеріали з відновлюваної сировини та здатні до біорозкладу (24 год.)

**Лекція 1.** Фактори, що впливають на здатність ВМС до біорозкладу (2 год.)

**Контрольні запитання та завдання**

1. Структурні особливості природних полімерів, що обумовлюють їх здатність до біорозкладу.
2. Уявлення про мікробіологічно синтезовані полімери.
3. Композиційні матеріали, здатні до біорозкладу.
4. Визначення поняття «біодеградація». Первинна та повна біодеградація.
5. Методи оцінки рівня біодеградації полімерів- класифікація.
6. Лабораторні методи оцінки біодеградації полімерів.
7. Механізм біодеградації. Загальні підходи до створення «біодеградабельних» полімерів.

**Рекомендована література<sup>12</sup>:**

---

<sup>11</sup> Ззначається до десяти джерел, які є найбільш важливими для/при опануванні даної теми.

<sup>12</sup> Ззначається до десяти джерел, які є найбільш важливими для/при опануванні даної теми.

1. Paul Anastas and Nicolas Eghbali, Green Chemistry: Principles and Practice // Chem. Soc. Rev. 2010, 39, 301-312.
2. О.А. Ермолович, А. В. Макаревич, Е.П. Гончарова, Г.М. Власова «Методы оценки биоразлагаемости полимерных материалов» - *Биотехнология-2005.*- №4.-с.47-54.
3. Т.Г. Волова «Биотехнология»- Изд-во СО РАН Новосибирск – 1999.- 252 с.
4. Буряк В.П. Биополимеры - настоящее и будущее//Полимерные материалы. 2005. N 12 (79). С. 22-27.
5. Макаревич А.В. Саморазлагающиеся полимерные упаковочные материалы // Пластические массы. 1996. № 1. С. 34 – 37.
6. Легонькова О.А., Сухарева Л.А. Тысяча и один полимер от биостойких до биоразлагаемых. - М.: РадиоСофт, 2004.
7. Суворова А.И., Тюкова И.С., Труфанова Е.И. Биоразлагаемые полимерные материалы на основе крахмала // Успехи химии. 2000. Т. 69. N 5. С. 498-503.

***Завдання для самостійної роботи***

***(10 год.)***

Визначення поняття «біодеградація» стандартами різних країн, методики визначення [стандарт ISO° 472-1988, ASTM° D20-96, DIN° 103,2-1993; 7; пошук в мережі Internet ].

**Практична робота 3 (4 год.)**

«Життєвий цикл» матеріалів з відновлюваної та невідновлюваної сировини.

**Лекція 2. Природні полімери та матеріали, створені на їх основі (4 год.)**

***Контрольні запитання та завдання***

1. Целюлоза, підходи до одержання матеріалів, що здатні до біодеградації.
2. Крохмаль, термопласти крохмалю.
3. Хітозан, матеріали на його основі.

**Лекція 3. Синтетичні полімери, що біологічно розкладаються (4 год.)**

***Контрольні запитання та завдання***

1. Структурні фактори, що сприяють біорозкладу полімерів.
2. “Гідробіодеградабельні” (НВР) пластики
3. “Оксобіодеградабельні” пластики (ОВР).

***Завдання для самостійної роботи***

***(10 год.)***

Синтетичні полімери, здатні до біорозкладу. Структурні особливості. Поліоксиданканоати.

***Рекомендована література<sup>13</sup>:***

<sup>13</sup> Ззначається до десяти джерел, які є найбільш важливими для/при опануванні даної теми.



1. Буряк В.П. Биополимеры - настоящее и будущее//Полимерные материалы. 2005. N 12 (79). С. 22-27.
2. Макаревич А.В. Саморазлагающиеся полимерные упаковочные материалы // Пластические массы. 1996. № 1. С. 34 – 37.
3. Легонькова О.А., Сухарева Л.А. Тысяча и один полимер от биостойких до биоразлагаемых. - М.: РадиоСофт, 2004.

**Тема 7.** Альтернативні джерела енергії та сировини (22 год.)

**Лекція 1.** Альтернативні джерела енергії та сировини (2 год.)

***Контрольні запитання та завдання***

1. Особливості мікрохвильового нагріву.
2. Переваги та недоліки мікрохвильового синтезу.
3. Фотохімічні реакції – загальна характеристика.
4. Біопаливо.

***Завдання для самостійної роботи***

(20 год.)

Джерела відновлюваної сировини [2,3].

***Рекомендована література<sup>14</sup>:***

1. Anastas, Paul T., and Warner, John C. (1998). *Green Chemistry Theory and Practice*. New York: Oxford University Press.
2. Paul Anastas and Nicolas Eghbali, *Green Chemistry: Principles and Practice* // *Chem. Soc. Rev.* 2010, 39, 301-312.
3. *Monomers, polymers and composites from renewable resources* Ed. by Belgacem, M.N. and Gandinini, A.-Elsevier.-2008.-552 pp.

## ***ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1***

### **Контрольні запитання до 1 змістового модуля**

1. Принцип упередження.
2. Принцип економії атомів.
3. Принцип зниження шкідливості процесів та продуктів синтезу.
4. Принцип конструювання «зелених» матеріалів.
5. Принцип використання менш шкідливих допоміжних реагентів.
6. Принцип енергозбереження.
7. Використання відновлюваної сировини.
8. Зменшення кількості проміжних стадій.
9. Використання каталітичних процесів.
10. Дизайн продуктів, що біорозкладаються.
11. Забезпечення аналітичного контролю в реальному часі.
12. Попередження аварій.
13. АЕ-фактор
14. Е-фактор.

---

<sup>14</sup> Значається до десяти джерел, які є найбільш важливими для/при опануванні даної теми.

15. SE-фактор.
16. MI-фактор.
17. Основні відходи хімічної індустрії.
18. Варіанти поводження з відходами.
19. Трансформація технологій у боротьбі з відходами - приклади.
20. Проблема накопичення пластиків.
21. Пластмаси як багатокомпонентні системи.
22. Ідентифікаційне маркування пакувальних полімерних матеріалів.
23. Вторинна переробка поліолефінів.
24. Вторинна переробка фторвмісних полімерів.
25. Вторинна переробка поліестерів.
26. Вторинна переробка поліамідів.
27. Механічний рециклінг.
28. Хімічний рециклінг.
29. Рекуперація енергії.

## **ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2**

### **Контрольні запитання до 2 змістовного модуля**

1. Органічні реакції, що проходять з «економією» атомів: реакції приєднання.
2. Органічні реакції, що проходять з «економією» атомів: циклоприєднання,
3. Органічні реакції, що проходять з «економією» атомів: перегрупування,
4. Багатокомпонентні реакції конденсації,
5. Уявлення про каскадні реакції
6. «Зелені» каталітичні системи: «безсольові» процеси
7. Каталітичне гідрування,
8. Каталітичне окислення.
9. Уявлення про біокаталіз.
10. Синтези у воді.
11. Синтези у надкритичних рідинах.
12. Мікрохвильовий синтез.
13. Уявлення про механохімію.
14. Уявлення про соно-хімію.
15. Синтез у йонних рідинах.
16. Флуоровмісні розчинники – загальна характеристика.
17. Класифікація полімерів, здатних до біорозкладу.
18. Уявлення про механізм біодеградації.
19. Загальні підходи до створення «біодеградабельних» полімерів.
20. Структурні фактори, що сприяють біорозкладу.
21. Целюлоза, підходи до одержання «зелених» матеріалів.

22. Крохмаль, термопласти крохмалю
23. Хітозан, матеріали на його основі.
24. Структурні фактори, що сприяють біорозкладу полімерів.
25. Уявлення про “Гідробіодеградабельні” (НВР) пластики.
26. “Оксобіодеградабельні” пластики (ОВР).

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА:

### *Основна: (Базова)*

1. Anastas, P. T., Warner, J. C.-1998-. Green Chemistry Theory and Practice. New York: Oxford University Press.
2. Anastas, P. and Eghbali, N. Green Chemistry: Principles and Practice // Chem. Soc. Rev. -2010.-39.- p.301-312.
3. Lankaster, M. Green Chemistry: An Introductory Text, RSC publishing.- 2010.- 328 pp.
4. Sheldon R.A., Fundamentals of Green chemistry: efficiency in reaction design // Chem. Soc.Rev.-2012.- 41.- p.1437-1451.
5. Sheldon R. A., E factors, green chemistry and catalysis: an odyssey // Chem. Commun.- 2008.- p.3352-3365.
6. Franceska M. Kerton Alternative Solvents for Green Chemistry // RSC Publishing – 2009.- 349 pp.
7. Monomers, polymers and composites from renewable resources Ed. by Belgacem, M.N. and Gandinini, A.-Elsevier.-2008.-552 pp.
8. Lidstroem, P., Tierney, J., Wathey, B. and Westman, J. Microwave assisted organic synthesis- a review // Tetrahedron.-57.-p. 9225-9283.
9. Nuchter M., Ondruschka B., Bonrath W. and Gum A. Microwave assisted synthesis – a critical technology overview // *Green Chem* .- 2004.-6.- p.128 – 141.
10. Woods H. M., Silva M. C. G., Nouvel C., Shakesheff K. M. and Howdl S. M. Materials processing in supercritical carbon dioxide: surfactants, polymers and biomaterials // *J. Mater. Chem.*- 2004- 14- p.1663–1678
11. Кустов Л.М., Белецкая И.П. «Green chemistry» - новое мышление // *Ж. Рос. Хим. Об-ва им. Д.И. Менделеева.*- 2004.- т. XLVIII, №6.-С.3-12.
11. Ермолович О.А., Макаревич А. В., Гончарова Е.П., Власова Г.М. Методы оценки биоразлагаемости полимерных материалов - *Биотехнология*-2005.-№4.- с.47-54.
12. Волова Т.Г. Биотехнология // Изд-во СО РАН Новосибирск – 1999.- 252 с.
13. Буряк В.П. Биополимеры - настоящее и будущее // *Полимерные материалы.* - 2005. -12 (79).- с. 22-27.
14. Макаревич А.В. Саморазлагающиеся полимерные упаковочные материалы // *Пластические массы.* -1996. № 1.- с. 34 – 37.
15. Легонькова О.А., Сухарева Л.А. Тысяча и один полимер от биостойких до биоразлагаемых // 2004.-М.: РадиоСофт.

16. Суворова А.И., Тюкова И.С., Труфанова Е.И. Биоразлагаемые полимерные материалы на основе крахмала // Успехи химии. -2000.- 69,5. -с. 498-503.
17. Интернет-ресурс: "Next Generation Environmental Technologies: Benefits and Barriers" [http://www.rand.org/pubs/monograph\\_reports/MR1682.html](http://www.rand.org/pubs/monograph_reports/MR1682.html)
18. Интернет-ресурс: <https://www.epa.gov/greenchemistry>

***Додаткова:***

1. Яновська Е.С. Хімія атмосфери Навч. Посібник // К.: Київський університет-2004.-114 с.
2. Циганенко О.І., Матасар І.Т., Торбін В.Ф. Основи загальної, екологічної та харчової токсикології // К.: Чонобильінтерінформ.- 1998.- 173 с.
3. Голуб О.А., Дрозд В.О. Небезпечні хімічні речовини // К., ВПЦ.: Київський університет.- 2004.-67с.

### *Питання на залік*

1. Предмет «зеленої» хімії. Завдання «зеленої хімії».
2. Принцип упередження.
  1. Принцип економії атомів.
  2. Принцип зниження шкідливості процесів та продуктів синтезу.
  3. Принцип конструювання «зелених» матеріалів.
  4. Принцип використання менш шкідливих допоміжних реагентів.
  5. Принцип енергозбереження.
  6. Кількісні оцінки хімічного процесу в «зеленій» хімії.
  7. Використання відновлюваної сировини.
  8. Зменшення кількості проміжних стадій.
  9. «Зелені» каталітичні процеси - окислення.
  10. «Зелені» каталітичні процеси - відновлення.
  11. Дизайн матеріалів, що біорозкладаються.
  12. Разв'язок проблеми попередження аварій.
  13. Джерела відходів, варіанти поводження з відходами.
  14. Переробка відходів – загальна характеристика.
  15. Трансформація технологій у боротьбі з відходами.
  16. Поводження з пластиковими відходами – загальна характеристика.
  17. Вторинна переробка полімерів- загальна характеристика.
  18. Переробка ПЕТ і Найлона.
  19. Рекуперація енергії.
  20. Класифікація полімерів, здатних до біорозкладу.
  21. Механізм біодеградації.
  22. Визначення поняття «біодеградація». Первинна та повна біодеградація.
  23. Загальні підходи до створення полімерів, придатних до біорозкладу.
  24. Біодеградабельні поліестери: полімолочна кислота.
  25. Біодеградабельні поліестери: поліоксиалканоати
  26. «Гідробіодеградабельні» (НВР) пластики та «оксобіодеградабельні» пластики (ОВР). Порівняльна загальна характеристика.
  27. Целюлоза, підходи до одержання екологічно безпечних матеріалів.
  28. Крохмаль, термопласти крохмалю
  29. Хітозан, матеріали на його основі.
  30. Структурні фактори, що сприяють біорозкладу полімерів.
  31. Альтернативні реакційні середовища – загальна характеристика.
  32. Правила вибору безпечнішого розчинника.
  33. Синтези у воді.
  34. Застосування надкритичних рідин.
  35. Застосування йонних рідин.
  36. Переваги та застосування флуоровмісних розчинників.
  37. Рідкі полімери, евтектичні суміші як альтернативні реакційні середовища.
  38. Альтернативні джерела сировини – загальна характеристика.

39. Альтернативні джерела енергії – загальна характеристика.
40. Уявлення про механохімію.
41. Мікрохвильовий синтез.
42. Біопаливо.