

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ім. Ігоря Сікорського»
Інженерно-хімічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан інженерно-хімічного факультету
(назва інституту/факультету)

_____ Панов Є.М.
(підпис) (ініціали, прізвище)

« _____ » _____ 2017 р.

Фізико-хімічні основи процесів очищення води - 2. Фізико-хімічні методи

РОБОЧА ПРОГРАМА
кредитного модуля

освітній рівень _____ бакалавр
(назва освітньо-кваліфікаційного рівня)

за напрямом (спеціальністю) _____

Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування (101 Екологія)
(шифр і назва)

Програмам професійного спрямування (спеціалізація)
Екологія та охорона навколишнього середовища (Екологічна безпека)
(шифр і назва)

Ухвалено методичною комісією
інженерно-хімічного факультету
(назва інституту/факультету)

Протокол від _____ р. № _____

Голова методичної комісії
_____ Д.Е. Сідоров
(підпис) (ініціали, прізвище)

« _____ » _____ 2017 р.

Київ – 2017

Робоча програма кредитного модуля «Фізико-хімічні основи процесів очищення води - 1. **Фізико-хімічні** методи» для студентів, які навчаються за напрямом підготовки 6.040106 – Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування, спеціальності 101 Екологія, спеціалізації Екологічна безпека, освітнього ступеня бакалавр, за денною формою навчання складена відповідно до програми навчальної дисципліни «Фізико-хімічні основи процесів очищення води».

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

Завідувач кафедри Е та ТРП, професор, д.т.н. Гомеля Микола
Дмитрович

_____ (підпис)

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Програму затверджено на засіданні кафедри екології та технології рослинних
полімерів

_____ (повна назва кафедри)

Програму затверджено на засіданні кафедри екології та технології рослинних
полімерів

_____ (повна назва кафедри)

Протокол від «___» _____ 2017 року № ____

Заступник завідувача кафедри

В.М. Радовенчик

(підпис)

(ініціали, прізвище)

«___» _____ 2017 р.

1. Опис кредитного модуля

Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Загальні показники	Характеристика кредитного модуля
Галузь знань <u>10 Природничі науки</u> (шифр і назва)	Назва дисципліни, до якої належить кредитний модуль <u>«Фізико-хімічні основи процесів очищення води»</u>	Форма навчання <u>денна</u> (денна / заочна)
Напрямок підготовки <u>6.040106 Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування</u> (шифр і назва)	Кількість кредитів ECTS <u>8</u>	Статус кредитного модуля <u>Цикл професійної підготовки</u>
Спеціальність <u>101 Екологія</u> (шифр і назва)	Кількість розділів <u>4</u>	Цикл, до якого належить кредитний модуль <u>професійної та практичної підготовки (за вибором студентів)</u>
Спеціалізація <u>Екологічна безпека</u> (назва)	Індивідуальне завдання <u>--</u> (вид)	Рік підготовки <u>3</u>
		Семестр <u>6</u>
Освітній рівень <u>бакалавр</u>	Загальна кількість годин <u>240</u>	Лекції <u>36 год.</u>
		Практичні (семінарські) <u>18 год.</u>
		Лабораторні (комп'ютерний практикум) <u>90 год.</u>
	Тижневих годин: аудиторних – <u>8</u> СРС – <u>5,3</u>	Самостійна робота <u>96 год.</u> , у тому числі на виконання індивідуального завдання <u>-- год.</u>
		Вид та форма семестрового контролю <u>екзамен письмовий</u> (екзамен / залік / диф. залік; усний / письмовий / тестування тощо)

Робоча програма кредитного модуля «Фізико-хімічні основи процесів очищення води - 1. Фізико-хімічні методи» складена для студентів, які навчаються за напрямом підготовки (спеціальністю) 6.040106 – Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування (101 Екологія), спеціалізацією Екологічна безпека, освітнього рівня бакалавр, за денною формою навчання складена відповідно до програми навчальної дисципліни «Фізико-хімічні основи процесів очищення води».

Кредитний модуль належить до дисциплін вибору студентів цикл професійної та практичної підготовки.

Предмет кредитного модуля – фізико-хімічні процеси освітлення та знебарвлення води, очищення води від розчинних органічних та неорганічних домішок.

Міждисциплінарні зв'язки: навчальній дисципліні «Фізико-хімічні основи процесів очищення води» передують навчальні дисципліни, такі як: «Гідрологія», «Хімія з основами біогеохімії», «Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище», «Спеціальні розділи біогеохімії», «Хімія навколишнього середовища», «Органічна хімія», «Аналітична хімія», «Фізична хімія». Навчальна дисципліна «Фізико-хімічні основи процесів очищення води» забезпечує дисципліни «Техноекологія», «Екологічна безпека», «Технологія та обладнання захисту гідросфери».

2. Мета та завдання кредитного модуля

2.1. Мета кредитного модуля.

Метою вивчення даного кредитного модуля є формування у студентів комплексу знань в області сучасних фізико-хімічних методів очищення води, комплексу умінь та навиків, необхідних для проведення наукових досліджень в даному напрямку, для створення сучасних технологій водопідготовки та очищення стічних вод, для кваліфікованого управління існуючими технологічними процесами. Відповідно до мети підготовка бакалаврів вимагає формування наступних здатностей:

- проведення простих хімічних учбово-дослідних експериментів, володіння основними прийомами роботи в хімічній лабораторії;
- вибір технології щодо очищення та знезараження води деструктивними методами;
- забезпечення процесу очищення природних та стічних вод сорбційними методами;
- забезпечення процесу очищення природних та стічних вод іонообмінним методом.

2.2. Основні завдання кредитного модуля.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти після засвоєння кредитного модуля мають продемонструвати такі результати навчання:

знання:

- фізико-хімічні методи очищення води.

уміння:

- використовуючи теоретичні положення загальної та аналітичної хімії, довідкові дані, лабораторне обладнання та реактиви, проводити хімічний експеримент;
- використовуючи теоретичні уявлення та експериментальні дані, визначати умови ефективного пом'якшення та демінералізації води;
- на основі аналізу характеристик вихідної води, вимог до очищеної води та об'єму води, визначати спосіб та умови знезараження води;
- на підставі визначення компонентів у стічних водах та виходячи зі ступеня складності їх руйнування, вибирати деструктивний метод очищення води та умови його реалізації;
- використовуючи теоретичні положення процесу сорбції та експериментальні дані, визначати характеристики сорбентів при очищенні води від органічних та неорганічних домішок;
- виходячи з характеристик вихідної води, вимог до очищеної води та характеристик сорбентів, визначати умови сорбції очищення води;

- виходячи з техніко-економічного аналізу, визначати методи регенерації сорбентів або шляхи їх утилізації;
- використовуючи наукові положення іонного обміну та експериментальні дані, визначати характеристики іонообмінних смол;
- виходячи з характеристик вихідної води, вимог до очищеної води та характеристик іонітів, визначати умови очищення води іоннообмінним методом;
- виходячи з техніко-економічного аналізу, визначати методи регенерації іонітів;
- на основі аналізу хімічного складу відпрацьованих регенераційних розчинів та їх об'ємів, визначати спосіб переробки даних розчинів;
- використовуючи теоретичні основи мембранних процесів та експериментальні дані, визначати характеристики мембран;
- виходячи з характеристик вихідної води, вимог до очищеної води та характеристик мембран, визначати умови очищення води мембранним методом;
- на основі техніко-економічного аналізу, визначати методи регенерації мембран;
- виходячи з хімічного складу концентратів та їх об'ємів, визначати спосіб переробки розчинів.

досвід:

- Застосування технологій пом'якшення і демінералізації води;
- Застосування технологій очищення води методом сорбції;
- Застосування технологій очищення води методом іонного обміну;
- Застосування технологій очищення води мембранним методом;
- Проведення хімічного експерименту.

3. Структура кредитного модуля

Назви розділів і тем	Кількість годин				
	Всього	у тому числі			
		Лекції	Практичні	Лабораторні	СРС
Розділ 4. Адсорбція в очищенні води.	67	10	4	38	15
Розділ 5. Іонний обмін в очищенні води.	59	10	8	24	17
Розділ 6. Мембранні методи очищення води.	39	10	2	12	15
Розділ 7. Деструктивні методи очищення води.	39	6	2	16	15
Модульна контрольна робота з розділів 4-7	6		2		4
Екзамен	30				30
Всього годин за семестр	240	36	18	90	96

4. Лекційні заняття

Лекційні заняття спрямовані на:

- надання сучасних, цілісних, взаємозалежних знання з дисципліни «Фізико-хімічні основи процесів очищення води», рівень яких визначається цільовою установкою до кожної конкретної теми;
- забезпечення в процесі лекції творчої роботи студентів спільно з викладачем;
- виховання у студентів професійно-ділових якостей і розвиток у них самостійного творчого мислення;
- формування у студентів необхідного інтересу та надання напрямку для самостійної роботи;
- визначення на сучасному рівні розвитку науки в області сучасних фізико-хімічних методів очищення води, прогнозування розвитку на найближчі роки;
- відображення методичної обробки матеріалу (виділення головних думок і положень, підкреслення висновків, повторення їх у різних формулюваннях);
- набуття наочної, поєднання по можливості з демонстрацією матеріалів і зразків;
- викладання чіткою і ясною мовою, роз'яснення всіх нововведених термінів і понять;
- доступність для сприйняття даної аудиторією.

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	<u>Очистка води адсорбцією.</u> Фізико-хімічні основи очистки води адсорбцією. Адсорбція. Основні поняття та визначення. Адсорбенти. <i>Література: [12] с. 98-105; [3] с. 239-246.</i> Завдання на СРС. Фізична, активована адсорбція та хемосорбція. Пористість органічних, неорганічних, природних та синтетичних адсорбентів.
2	<u>Виведення рівняння ізотерми адсорбції.</u> Ізотерма адсорбції розчиненої речовини. Зміна хімічного потенціалу компоненту при його адсорбції з розчину. Константа адсорбційної рівноваги. Рівняння ізотерми адсорбції. <i>Література: [12] с. 105-109; [3] с. 246-266; [19] с. 93-141.</i> Завдання на СРС. Вибірковість адсорбції. Вплив характеристик розчинника, його взаємодії з компонентом на процеси адсорбції.
3	<u>Теоретичний розрахунок ізотерми адсорбції.</u> Обчислення ізотерми адсорбції. Основні допущення. Оцінка основних технологічних параметрів адсорбційного очищення води від розчинених органічних речовин. <i>Література: [12] с. 110-116; [3] с. 246-266; [9] с. 93-141; [7] с. 14-25; 29-69.</i> Завдання на СРС. Залежність енергії адсорбції від структури функціональних груп та структурних елементів молекул органічних речовин.
4	<u>Вплив природи органічних молекул на величину їх адсорбції.</u> Вплив іонізації та асоціації молекул на їх адсорбцію. Залежність величини адсорбції від іонізації молекул. Вплив міцелоутворення на величину адсорбції. <i>Література: [12] с. 117-123; [3] с. 239-266; [7] с. 14-69.</i> Завдання на СРС. Оцінка ступеню дисоціації органічних молекул. Зміна

	стану розчинів ПАР в залежності від їх концентрації.
5	<u>Кінетика та динаміка процесів адсорбції.</u> Кінетика і динаміка адсорбції органічних речовин з водних розчинів. Зовнішнє та внутрішнє масоперенесення. Критерій БіО. Товщина примежового шару. Динаміка адсорбції. Формування стаціонарного фронту адсорбційної хвилі. Зона масоперенесення. Параметри динаміки адсорбції. Рівняння Шилова. Час та коефіцієнт захисної дії шару адсорбенту. Регенерація адсорбенту. Література: [12] с. 117-129; [3] с. 266-299; [7] с. 70-169; [9] с. 141-197. Завдання на СРС. Визначення сорбційної ємності адсорбентів в статичних та динамічних умовах. Сорбційна ємність адсорбенту до проскоку, повна адсорбційна ємність.
6	<u>Знесолення води іонообмінним методом.</u> Іонообмінний метод очищення води. Визначення методу. Загальні поняття. Селективність іонітів. Теорія Грегора. Література: [12] с. 130-136; [3] с. 193-228; [7] с. 173-190. Завдання на СРС. Радіуси гідратованих іонів. Набрякання іонітів. Вплив радіусів гідратації іонів на їх сорбцію на іонітах.
7	<u>Характеристики іонообмінних матеріалів.</u> Обмінна ємність іоніту. Визначення обмінної ємності в динамічних і статичних умовах. Регенерація іоніту Література: [12] с. 136-143; [3] с. 193-228; [9] с. 204-220. Завдання на СРС. Застосування теорії «жорстких» та «м'яких» кислот та основ до оцінки селективності іонообмінних смол.
8	<u>Катіонообмінні матеріали.</u> Іонообмінні матеріали. Класифікація іонітів. Синтетичні іоніти, основні способи отримання. Література: [12] с. 143-152; [3] с. 220-232; [7] с. 198-211. Завдання на СРС. Специфіка синтезу кат іонітів різної кислотності.
9	<u>Синтез аніонітів та поліамфолітів.</u> Аніоніти та поліамфоліти. Методи їх отримання. Основні методи отримання аніонітів, типи та марки аніонітів. Характеристика поліамфолітів. Література: [12] с. 143-152; [3] с. 220-232; [7] с. 198-211. Завдання на СРС. Сучасні методи синтезу хлорметилованих сополімерів стиrolу та дивініл бензолу.
10	<u>Вплив кінетичних факторів на динаміку іонного обміну.</u> Кінетика та динаміка іонного обміну. Стадії іонного обміну, лімітуюча стадія. Зовнішня та внутрішня дифузія. Динаміка іонного обміну. Література: [12] с. 153-159; [3] с. 287-299; [7] с. 84-146. Завдання на СРС. Визначення робочої обмінної ємності іоніту з урахуванням кінетичних факторів.
11	<u>Мембранні методи очищення води.</u> Очищення води мембранними методами. Загальні положення та визначення. Селективність та продуктивність мембран. Баромембранні методи. Література: [12] с. 181-188; [3] с. 337-354. Завдання на СРС. Особливості очищення води на механічних фільтрах та мембранними методами.
12	<u>Застосування непористих мембран. Мембранна дистиляція.</u> Мембранні процеси з використання непористих мембран. Діаліз, первапорація.

	Мембранна дистиляція. Мембрани. Одержання мембран. Література: [12] с. 188-195; [3] с. 337-354. Завдання на СРС. Конструкції установок для очищення води методом мембранної дистиляції.
13	<u>Ефективність мембранного очищення води.</u> Фактори, що впливають на процеси мембранного розділення води. Вплив робочого тиску, температури, природи розчинених речовин, концентраційної поляризації на роботу мембран. Література: [12] с. 195-199; [3] с. 337-354. Завдання на СРС. Застосування антискалантів в баромембранних процесах очищення води.
14	<u>Електродіаліз.</u> Очищення води електродіалізом. Суть методу. Іонообмінні мембрани та їх фізико-хімічні властивості. Гомогенні та гетерогенні мембрани. Література: [12] с. 199-203; [3] с. 340-367. Завдання на СРС. Отримання кислот, лугу та активного хлору електродіалізом. Застосування методу для переробки концентратів.
15	<u>Характеристики іонообмінних мембран.</u> Вимоги до якості іонообмінних мембран. Характеристики мембран. Числа перенесення іонів. Селективність мембран. Електропровідність, дифузійна, осмотична та електроосмотична проникність мембран. Поляризація мембран. Література: [12] с. 204-209; [3] с. 340-367. Завдання на СРС. Основні методи отримання іонообмінних мембран та дифузійних мембран.
16	<u>Застосування хімічних окисників для очищення води.</u> Очищення води деструктивними методами. Класифікація методів. Окисно-відновні процеси з використанням хімічних речовин. Література: [12] с. 210-216; [1] с. 255-313; [3] с. 452-478. Завдання на СРС. Озонування води. Використання озонідів.
17	<u>Деструкція домішок у воді з допомогою кисню.</u> Окислення домішок у воді з допомогою кисню. Термоокислювальні методи знешкодження стічних вод. Механізм глибокого окислення. Рідкофазне окислення. Література: [12] с. 216-220; [3] с. 460-468. Завдання на СРС. Каталітичне паро фазне окислення органічних домішок у воді.
18	<u>Електрохімічна та радіаційна обробка води.</u> Електрохімічне та радіаційне очищення води. Електрохімічне окислення води. Окислення на аноді. Електрокоагуляція, електрофорез, електрофлотація. Іонізуюче випромінювання. Головні стадії радіолізу. Поглинена доза, радіаційно-хімічний вихід. Література: [12] с. 220-224; [3] с. 460-478. Завдання на СРС. Конструкції електролізерів. Джерела іонізуючого випромінювання.

5. Практичні заняття

У системі професійної підготовки студентів практичні заняття займають 13 % аудиторного навантаження. Будучи доповненням до лекційного курсу, вони закладають

і формують основи кваліфікації організатора природокористування. Зміст цих занять і методика їх проведення повинні забезпечувати розвиток творчої активності особистості. Вони розвивають наукове мислення і здатність користуватися спеціальною термінологією, дозволяють перевірити знання, у зв'язку з чим даний вид роботи виступає важливим засобом оперативного зворотного зв'язку. Тому практичні заняття повинні виконувати не тільки пізнавальну і виховну функції, але й сприяти зростанню студентів як творчих працівників в області охорони навколишнього природного середовища.

Основні завдання циклу практичних занять:

- ♦ допомогти студентам систематизувати, закріпити і поглибити знання теоретичного характеру в області сучасних фізико-хімічних методів очищення води;
- ♦ навчити студентів прийомам вирішення практичних завдань, сприяти оволодінню навичками та вміннями виконання розрахунків, графічних та інших видів завдань;
- ♦ навчити їх працювати з науковою та довідковою літературою і схемами;
- ♦ формувати вміння вчитися самостійно, тобто опановувати методами, способами і прийомами самонавчання, саморозвитку і самоконтролю.

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	<u>Адсорбція. Ізотерма адсорбції.</u> Сорбція в статичних умовах. Розрахунок ізотерми адсорбції на основні експериментальних даних. <i>Література: [12] с. 98-129; [3] с. 239-299; [19] с. 93-141; [7] с. 14-16; [9] с. 141-197.</i> Завдання на СРС. Математичні моделі процесів адсорбції.
2	<u>Розрахунок константи адсорбційної рівноваги.</u> Ізотерма адсорбції. Теоретичний розрахунок ізотерми адсорбції. <i>Література: [12] с. 98-129; [3] с. 239-299; [19] с. 93-141; [7] с. 14-16; [9] с. 141-197.</i> Завдання на СРС. Розрахунок енергії адсорбції різних органічних речовин.
3	<u>Динаміка адсорбції.</u> Визначення сорбційної ємності іоніту в динамічних умовах, використання ізотерм адсорбції. <i>Література: [12] с. 130-159; [3] с. 193-232, с. 287-299; [7] с. 84-146, с. 173-190, с. 198-211; [9] с. 204-220.</i> Завдання на СРС. Розрахунок часу захисної дії адсорбенту за Шиловим.
4	<u>Визначення обмінної ємності іоніту.</u> Розрахунок обмінної ємності іоніту в статичних та динамічних умовах. Розрахунок робочої обмінної ємності. Розрахунок часу захисної дії шару іоніту. <i>Література: [12] с. 130-159; [3] с. 193-232, с. 287-299; [7] с. 84-146, с. 173-190, с. 198-211; [9] с. 204-220.</i> Завдання на СРС. Застосування іонного обміну в енергетиці.
5	<u>Іонообмінні технології знесолення води.</u> Вибір іонообмінних матеріалів для очищення води із заданими характеристиками. Обґрунтування технологічної схеми очищення води іонами. <i>Література: [12] с. 130-159; [3] с. 193-232, с. 287-299; [7] с. 84-146, с. 173-190, с. 198-211; [9] с. 204-220.</i>

	Завдання на СРС. Іонообмінне вилучення з води іонів важких та кольорових металів.
6	<u>Регенерація іонітів.</u> Розрахунок витрати реагентів на регенерацію іонітів в залежності від типу іонів та іоніту. Визначення витрати води на промивку іоніту. <i>Література: [12] с. 130-159; [3] с. 193-232, с. 287-299; [7] с. 84-146, с. 173-190, с. 198-211; [9] с. 204-220.</i> Завдання на СРС. Відновлювальна регенерація аніонітів в хроматній формі.
7	<u>Продуктивність та селективність мембран. Баромембранне очищення води.</u> Визначення коефіцієнту затримання на мембрані розчинних речовин з розчинів заданої концентрації. Визначення об'ємного потоку через мембрану. Визначення залежності параметрів мембранного очищення від робочого тиску. Вибір та обґрунтування схеми мембранного очищення води. <i>Література: [12] с. 181-209; [3] с. 337-367.</i> Завдання на СРС. Керамічні мембрани. Отримання та застосування їх. Стабілізаційна обробка води в мембранних процесах очищення.
8	<u>Озонування води.</u> Визначення виходу озону від напруги на електродах озонатора. Розрахунок питомої витрати озону на окислення органічних домішок. <i>Література: [12] с. 210-224; [1] с. 255-313; [3] с. 452-478.</i> Завдання на СРС. Озоніди. Методи отримання та способи використання їх.
9	Модульна контрольна робота

6. Лабораторні заняття

У системі професійної підготовки студентів лабораторні заняття займають 65 % аудиторного навантаження. Будучи доповненням до лекційного курсу, вони закладають і формують основи кваліфікації організатора природокористування. Метою лабораторно-практичних занять є розвиток у студентів експериментальних навичок, дослідницького підходу до вивчення предмету, закріплення теоретичного матеріалу.

№ з/п	Назва лабораторної роботи	Кількість аудиторних годин
1	Вступ. Інструктаж з техніки безпеки, ознайомлення з програмою лабораторних робіт, видача методичної літератури.	2
2	Адсорбція органічних речовин вугіллям в статичних умовах.	6
3	Адсорбційна очистка води активованим вугіллям в динамічних умовах.	6
4	Мінеральні сорбенти в процесах очищення води.	12
5	Мінеральні сорбенти в процесах очищення води від неіоногенних ПАР.	12
6	Іонообмінне очищення води.	24
7	Очищення стічних вод баромембранним методом.	12
8	Використання озонування в процесах водо підготовки.	12
9	Заключне заняття.	4
Всього годин		90

7. Самостійна робота

Самостійна робота студентів займає 44 % часу вивчення кредитного модуля, включає також підготовку до екзамену. Головне завдання самостійної роботи студентів – це опанування наукових знань в області, що не ввійшли у перелік лекційних питань, шляхом особистого пошуку інформації, формування активного інтересу до творчого підходу у навчальній роботі. У процесі самостійної роботи в рамках кредитного модуля студент повинен навчитися глибоко аналізувати сучасні реагентні методи очищення води і, виходячи з характеристик вихідної води і вимог до якості води, обирати найбільш ефективні методи очищення води.

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
Розділ 4. Адсорбція в очищенні води		
1	Фізична, активована адсорбція та хемосорбція. Пористість органічних, неорганічних, природних та синтетичних адсорбентів. Вибірковість адсорбції. Вплив характеристик розчинника, його взаємодії з компонентом на процеси адсорбції. Залежність енергії адсорбції від структури функціональних груп та структурних елементів молекул органічних речовин. <i>Література:</i> [12] с. 98-116; [3] с. 239-266; . [19] с. 93-141; [7] с. 14-25; 29-69. . Оцінка ступеню дисоціації органічних молекул. Зміна стану розчинів ПАР в залежності від їх концентрації. Визначення сорбційної ємності адсорбентів в статичних та динамічних умовах. Сорбційна ємність адсорбенту до проскоку, повна адсорбційна ємність. Математичні моделі процесів адсорбції. <i>Література:</i> [12] с. 98-129; [3] с. 239-299; [7] с. 14-16, 70-169; [9] с. 141-197; [19] с. 93-141. Розрахунок енергії адсорбції різних органічних речовин. Розрахунок часу захисної дії адсорбенту за Шиловим. <i>Література:</i> [12] с. 130-159; [3] с. 193-232, с. 287-299; [7] с. 84-146, с. 173-190, с. 198-211; [9] с. 204-220.	15
Розділ 5. Іонний обмін в очищенні води		
2	Радіуси гідратованих іонів. Набрякання іонітів. Вплив радіусів гідратації іонів на їх сорбцію на іонітах. Застосування теорії «жорстких» та «м'яких» кислот та основ до оцінки селективності іонообмінних смол. <i>Література:</i> [12] с. 130-143; [3] с. 193-228; [7] с. 173-190; [9] с. 204-220. Специфіка синтезу катіонітів різної кислотності. Сучасні методи синтезу хлорметилованих сополімерів стиролу та дивініл бензолу. <i>Література:</i> [12] с. 143-159; [3] с. 220-232, 287-299; [7] с. 84-146, 198-211. Визначення робочої обмінної ємності іоніту з урахуванням кінетичних факторів. Застосування іонного обміну в енергетиці. Іонообмінне вилучення з води іонів важких та кольорових металів. Відновлювальна регенерація аніонітів в хроматній формі.	17

	<i>Література: [12] с. 130-159; [3] с. 193-232, с. 287-299; [7] с. 84-146, с. 173-190, с. 198-211; [9] с. 204-220.</i>	
Розділ 6. Мембранні методи очищення води		
3	Особливості очищення води на механічних фільтрах та мембранними методами. <i>Література: [12] с. 181-188; [3] с. 337-354.</i> Конструкції установок для очищення води методом мембранної дистиляції. <i>Література: [12] с. 188-195; [3] с. 337-354.</i> Застосування антискалантів в баромембранних процесах очищення води. <i>Література: [12] с. 195-199; [3] с. 337-354.</i> Отримання кислот, лугу та активного хлору електродіалізом. Застосування методу для переробки концентратів. <i>Література: [12] с. 199-203; [3] с. 340-367.</i> Основні методи отримання іонообмінних мембран та дифузійних мембран. Керамічні мембрани. Отримання та застосування їх. Стабілізаційна обробка води в мембранних процесах очищення. <i>Література: [12] с. 181-209; [3] с. 337-367.</i>	15
Розділ 7. Деструктивні методи очищення води		
5	Озонування води. Використання озонідів. <i>Література: [12] с. 210-216; [1] с. 255-313; [3] с. 452-478.</i> Каталітичне парофазне окислення органічних домішок у воді. <i>Література: [12] с. 216-220; [3] с. 460-468.</i> Конструкції електролізерів. Джерела іонізуючого випромінювання. <i>Література: [12] с. 220-224; [3] с. 460-478.</i> Озоніди. Методи отримання та способи використання їх. <i>Література: [12] с. 210-224; [1] с. 255-313; [3] с. 452-478.</i>	15
6	Контрольна робота з розділів 4-7	4
7	Екзамен	30
	Всього годин	96

8. Індивідуальні завдання

Згідно робочого навчального плану виконання індивідуального завдання студентом не передбачено. Навантаження по самостійній роботі студенти реалізують при підготовці до проведення практичних занять та лабораторних робіт, а також при обробці результатів лабораторних досліджень.

9. Контрольні роботи

З метою контролю рівня засвоєння матеріалу та сприйняття його студентами, протягом семестру проводиться 3 модульні контрольні роботи по 30 хвилин (Додаток А). Кожний варіант містить 2 запитання. Максимальна кількість балів за контрольну роботу дорівнює 5 балів.

10. Рейтингова система оцінювання результатів навчання¹

За денною формою навчання пропонується впровадження м'якої рейтингової системи оцінки успішності засвоєння студентами навчального матеріалу з кредитного модуля. Рейтинг студента з кредитного модуля «Фізико-хімічні основи процесів очищення води - 2. Фізико-хімічні методи» складається з балів, що отримуються за:

- 1) три контрольні роботи (запланована за робочим планом МКР поділяється на 3 роботи тривалістю по 30 хвилин);
- 2) виконання 7 лабораторних робіт;
- 3) роботу на практичних заняттях;
- 4) відповідь на екзамені (письмово).

Максимальна сума балів стартової складової складає 58 балів. Необхідною умовою допуску до екзамену є зарахування всіх лабораторних робіт і стартовий рейтинг не менше 34 балів.

На екзамені студент відповідає на питання білета. Кожен білет містить 3 питання. Кожне питання оцінюється у 14 балів.

Положення про рейтингову систему оцінки успішності студентів з кредитного модуля «Фізико-хімічні основи процесів очищення води - 2. Фізико-хімічні методи» наведено в додатку В.

11. Методичні рекомендації

Лекційні, лабораторні та практичні заняття проводяться у навчальних групах чисельністю 20-35 студентів.

Дисципліна вивчається шляхом аудиторного прослуховування лекцій, повторення та практичного закріплення пройденого матеріалу в аудиторні години, детального вивчення пройденого матеріалу в домашніх умовах, уточнення окремих моментів на практичних та лабораторних заняттях, самостійного вивчення окремих тем.

Для забезпечення студентів методичною літературою розроблено курс лекцій, а також виданий навчальний посібник, рекомендований Міністерством освіти і науки України [1], методичні вказівки до виконання лабораторних робіт [2-3], методичні вказівки до проведення практичних занять та до виконання самостійної роботи з дисципліни [4], рекомендовані Вченою Радою ІХФ.

12. Рекомендована література

12.1. Базова

Базова

1. Гомеля М.Д., Крисенко Т.В., Омельчук Ю.А. Методи та технології очищення стічних вод: Навч. посіб. – Севастополь, 2012. – 244 с.
2. Гомеля М. Д., Шаблій Т. О., Носачова Ю.В. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу «Фізико-хімічні основи процесів очищення води. Частина 1. Реагентні методи очищення води» для студентів напряму підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 75 с.
3. Гомеля М. Д., Шаблій Т. О., Носачова Ю.В. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу «Фізико-хімічні основи процесів очищення води. Частина 2. Фізико-хімічні методи очищення води» для студентів напряму підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 74 с.
4. Гомеля М.Д., Глушко О.В., Носачова Ю.В. Методичні вказівки до проведення практичних занять та до виконання самостійної роботи з дисципліни «Фізико-хімічні основи очистки води» для студентів напрямку підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування», 2012.- 50 с.

5. А.К. Запольський, Н.А. Мішкова-Клименко, І.М. Астрелін, М.Т. Брик, П.І. Гвоздик, Т.В. Князькові. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод: Підручник.-К. Лібра. 2000 – 552 с.
6. Ю.П. Беляченко. Замкнутые системы водообеспечения химических производств. Москва: «Химия», 1990 – 208 с.

Допоміжна

1. Л.А. Кульский. Теоретические основы и технология кондиционирования воды. Киев: Наук. думка, 1983-560 с.
2. Л.А. Кульский, П.П. Строкач. Технология очистки природных вод. Киев: «Вища школа», 1986-352 с.
3. Л.А. Кульский, В.Д. Гребенюк, В.К. Колосов и др. /Под. общ. ред. Л.А. Кульского/ Определения воды. Киев, Наук. думка, 1980 – 96 с.
4. Л.С. Стерман, В.К. Покровский. Химические и теоретические методы обработки воды на ТЭС. М.: «Энергия», 1981 – 232 с.
5. А.М. Когановський. Адсорбция и ионный обмен в процессах водоподготовки и очистки сточных вод. Киев: Наук. думка, 1983–239 с.
6. Сенявин М.М. Ионный обмен в технологии и анализе неорганических веществ.- М.: Химия, 1980 – 272 с.
7. А.М. Когановский, К.А.Клименко, Т.М. Левченко и др. Очистка и повторное использование промышленных сточных вод в промышленном водоснабжении. М: Химия, 1983 – 288 с.
8. С.В. Яковлева, Я.А. Карелик, Ю.М. Ласков, Ю.В. Воронов. Очистка производственных сточных вод. М.: Стройиздат. 1985 – 335 с.
9. М.К. Ротмистров и др. Микробиологическая очистка воды. Киев: Наук. думка, 1978 – 268 с.
- 10.П.И. Гвоздяк. 50 вопросов и 49 ответов по новой биотехнологии очистки воды. - К.: Знание, 1990 – 28 с.
- 11.В.Д. Семенюк, А.М. Когановский, А.К. Волоников. Эксплуатация бессточных промышленных комплексов водоснабжения. Киев: «Техніка», 1985 – 168 с.
- 12.В.В. Гончарук, Э.Б. Страхов, А.М. Волошинова. Водно-химическая технология ядерных энергетических установок. Киев, Наук. Думка, 1993-448 с.
- 13.І.Г. Вахнін, В.І. Максін, Ю.А. Рахманні та ін.. Кондиціонування опрісненої дистиляцією води. – Київ. Наук. Думка, 1990 – 120 с.
- 14.Вейцер Ю.И., Минц Д.М. Высокомолекулярные флокулянты в процессах очистки природных и сточных вод. – М.: Стройиздат, 1984 – 200 с.
- 15.Костюк В.И. Бессточное нефтеперерабатывающее производство. – К.: «Техніка», 1979 – 123 с.
- 16.Гончарук В.В. и др. Экологические аспекты современных технологий охраны водной среды. - К.: Наукова думка, 2005.-399 с.
- 17.Щукин Е.Д., Перцов А.В., Амелина Е.А. Коллоидная химия. – М.: Высшая школа.-445 с.

13. Інформаційні ресурси

Електронні ресурси з дисципліни «Фізико-хімічні основи процесів очищення води», а саме:

- навчальну програму дисципліни,
- робочу навчальну програму кредитного модуля «Фізико-хімічні основи процесів очищення води - 1. Реагентні методи»,

- робочу навчальну програму кредитного модуля «Фізико-хімічні основи процесів очищення води -2. Фізико-хімічні методи»,
- методичні вказівки до виконання лабораторних робіт,
- методичні вказівки до проведення практичних занять та до виконання самостійної роботи з дисципліни.

розміщено за адресою <http://www.eco-paper.kpi.ua/for-student>, а також у електронному кампусі.

Питання до контрольних робіт

Частина 1

Варіант 1.

1. Поясніть кінетику процесу адсорбції.
2. Розкрийте поняття: енергія адсорбції. Сформулюйте правило Траубе.

Варіант 2.

1. Опишіть динаміку адсорбції.
2. Поряснійте фізичну, активовану адсорбцію та хемосорбцію.

Варіант 3.

1. Поясніть вплив іонізації молекул на їх адсорбцію.
2. Розкрийте поняття: вибірковість адсорбції, питома адсорбційна ємність. Дайте визначення поняттю:ізотерма адсорбції.

Варіант 4.

1. Поясніть вплив міцелоутворення на адсорбцію органічних речовин.
2. Наведіть алгоритм виведення рівняння ізотерми адсорбції розчиненої речовини.

Варіант 5.

1. Проведіть оцінку основних технологічних параметрів адсорбційного очищення води від розчинних органічних речовин.
2. Охарактеризуйте існуючі адсорбенти.

Варіант 6.

1. Наведіть алгоритм визначення коефіцієнту захисної дії сорбенту за рівнянням Шилова.
2. Наведіть основні поняття та визначення методу адсорбції.

Варіант 7.

1. Розкрийте поняття: лімітуюча стадія в процесі адсорбції. Наведіть критерій БЮ.
2. Наведіть алгоритм обчислення ізотерми адсорбції.

Частина 2

Варіант 1.

1. Охарактеризуйте основні типи аніонітів.
2. Поясніть селективність іонітів.

Варіант 2.

1. Наведіть класифікацію іонітів.
2. Розкрийте поняття: еквівалентність іонного обміну.

Варіант 3.

1. Поясніть кінетику іонного обміну. Поясніть лімітування зовнішньої та внутрішньої дифузії.
2. Представте форми іонітів і способи їх регенерації.

Варіант 4.

1. Охарактеризуйте основні типи катіонітів.
2. Наведіть основні поняття та визначення методу іонного обміну.

Варіант 5.

1. Охарактеризуйте поліамфоліти.
2. Охарактеризуйте ємність іоніту в динамічних умовах.

Варіант 6.

1. Наведіть параметри, що впливають на швидкість процесу іонного обміну.

2. Наведіть алгоритм визначення ємності іоніту в статичних умовах. Дайте визначення поняттю: ізотерма адсорбції.

Варіант 7.

1. Опишіть динаміку іонного обміну.
2. Наведіть основні положення теорії Грегора.

Частина 3

Варіант 1.

1. Поясніть вплив температури на процеси мембранного розділення розчинів.
2. Розкрийте поняття: концентраційна поляризація іонообмінних мембран.

Варіант 2.

1. Опишіть механізм напівпроникності мембран.
2. Поясніть сутність методу електродіалізу.

Варіант 3.

1. Охарактеризуйте мембрани і методи їх отримання.
2. Поясніть вплив концентраційної поляризації на роботу мембран.

Варіант 4.

1. Представте сфери застосування непористих мембран. Охарактеризуйте метод мембранної дистиляції.
2. Зробіть аналіз електропровідності та селективності іонообмінних мембран.

Варіант 5.

1. Порівняйте баромембранні процеси.
2. Охарактеризуйте дифузійну, осматичну та електроосматичну проникність мембран.

Варіант 6.

1. Зробіть аналіз селективності та продуктивності мембран.
2. Поясніть вплив концентрації та природи компоненту на мембранні процеси розділення.

Варіант 7.

1. Охарактеризуйте мембранні методи очищення води.
2. Наведіть електрохімічні характеристики іонообмінних мембран.

Перелік питань на екзамен

1. Наведіть основні поняття та визначення методу адсорбції.
2. Поясніть поняття: адсорбційна рівновага, енергія адсорбції.
3. Охарактеризуйте існуючі адсорбенти.
4. Дайте визначення поняттю: ізотерма адсорбції органічних речовин.
5. Наведіть алгоритм обчислення ізотерми адсорбції.
6. Розкрийте поняття: вибірковість адсорбції, питома адсорбційна ємність.
7. Розкрийте поняття: енергія адсорбції.
8. Охарактеризуйте формування фронту адсорбції.
9. Наведіть вихідну криву адсорбції.
10. Розкрийте поняття: лімітуюча стадія в процесі адсорбції. Наведіть критерій БЮ.
11. Визначте вплив розчинності речовини на її адсорбцію. Сформулюйте правило Траубе.
12. Порясніть фізичну, активовану адсорбцію та хемосорбцію.
13. Дайте визначення довжини робочого шару адсорбенту, невикористаного шару адсорбенту.
14. Проведіть оцінку основних технологічних параметрів адсорбційного очищення води.
15. Поясніть вплив іонізації речовин на величину їх адсорбції.
16. Поясніть вплив міцелоутворення на адсорбцію органічних речовин.
17. Поясніть кінетику процесу адсорбції органічних речовин.
18. Опишіть динаміку адсорбції органічних речовин.
19. Наведіть основні поняття та визначення методу іонного обміну.
20. Розкрийте поняття: еквівалентність іонного обміну.
21. Охарактеризуйте швидкість реакції іонного обміну.
22. Поясніть селективність іонітів. Наведіть основні положення теорії Грегора.
23. Охарактеризуйте обмінну ємність іоніту в динамічних та статичних умовах.
24. Наведіть алгоритм визначення коефіцієнту захисної дії сорбенту за рівнянням Шилова.
25. Наведіть константи рівноваги іонного обміну.
26. Охарактеризуйте катіоніти, аніоніти, поліамфоліти, форми іоніту.
27. Охарактеризуйте протиіони і коіони.
28. Охарактеризуйте основні типи і способи синтезу високоосновних аніонітів.
29. Охарактеризуйте основні типи і способи синтезу низькоосновних аніонітів.
30. Охарактеризуйте основні типи і способи синтезу слабокислотних катіонітів.
31. Охарактеризуйте основні типи і способи синтезу кат іонітів середньої сили.
32. Охарактеризуйте основні типи і способи синтезу сильно кислотних катіонітів.
33. Порівняйте гелеві та пористі синтетичні іоніти.
34. Представте форми іонітів і способи їх регенерації.
35. Охарактеризуйте іонообмінні матеріали.
36. Наведіть класифікацію іонітів.
37. Поясніть кінетику іонного обміну при лімітуванні процесу внутрішньою дифузиею.
38. Поясніть кінетику іонного обміну при лімітуванні процесу зовнішньою дифузиею.

39. Опишіть динаміку іонного обміну.
40. Наведіть основні поняття та визначення мембранних методів.
41. Зробіть аналіз селективності та продуктивності мембран.
42. Наведіть класифікацію мембран.
43. Охарактеризуйте основні типи і способи одержання мембран.
44. Наведіть коефіцієнти фільтрування та відбивання.
45. Порівняйте баромембранні процеси.
46. Охарактеризуйте процес нанофільтрування.
47. Охарактеризуйте процес ультрафільтрування.
48. Охарактеризуйте метод зворотного осмосу.
49. Охарактеризуйте метод діалізу та первапорації.
50. Охарактеризуйте метод мембранної дистиляції.
51. Поясніть вплив тиску на роботу мембран.
52. Поясніть вплив температури на мембранне розділення речовин.
53. Поясніть вплив природи речовин на мембранні процеси.
54. Розкрийте поняття: концентраційна поляризація іонообмінних мембран.
55. Поясніть сутність методу електродіалізу.
56. Наведіть характеристики іонообмінних мембран.
57. Наведіть вимоги до якості іонообмінних мембран.
58. Охарактеризуйте іонообмінних мембран.
59. Зробіть аналіз селективності іонообмінних мембран.
60. Поясніть поняття: число перенесення, селективність та специфічна селективність іонообмінних мембран.
61. Зробіть аналіз електропровідності іонообмінних мембран.
62. Охарактеризуйте дифузійну проникність мембран.
63. Опишіть механізм напівпроникності мембран.
64. Охарактеризуйте осмотичну проникність мембран.
65. Порівняйте гомогенні та гетерогенні мембрани.
66. Поясніть явище набрякання мембран.
67. Опишіть механізм електроосмотичної проникності мембран.
68. Поясніть вплив концентраційної поляризації на роботу мембран.
69. Наведіть класифікацію деструктивних методів очищення води.
70. Обґрунтуйте застосування кисню при очищенні води.
71. Обґрунтуйте окислення органічних домішок хлором та його сполуками.
72. Обґрунтуйте застосування озону при очищенні води.
73. Обґрунтуйте використання пероксиду водню, сполук марганцю при очищенні води.
74. Поясніть механізм окислення домішок у воді киснем.
75. Охарактеризуйте термоокислювальні методи очищення води.
76. Опишіть механізм глибокого окислення домішок у воді.
77. Охарактеризуйте рідкофазне окислення.
78. Охарактеризуйте електрохімічне окислення домішок у воді.
79. Охарактеризуйте радіаційні методи очищення води.

ПОЛОЖЕННЯ

про рейтингову систему оцінки успішності студентів з кредитного модуля
 «Фізико-хімічні основи процесів очищення води - 2. Фізико-хімічні методи»
 за напрямком підготовки 6.040106 “Екологія, охорона навколишнього середовища та
 збалансоване природокористування”
 спеціальності 101 Екологія
 спеціалізації Екологічна безпека
 інженерно-хімічного факультету

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

Семест р	Навчальний час		Розподіл навчальних годин				Контрольні заходи		
	кредити	акад.год	Лекц.	Практ.	Л/р	СРС+екз	МКР	КР	Семестрова атестація
6	8	240	36	18	90	96	1	--	екзамен

Рейтинг студента з кредитного модуля складається з балів, що він отримує за:

1. три контрольні роботи (запланована за робочим планом МКР поділяється на 3 роботи тривалістю по 30 хвилин);
2. виконання 7 лабораторних робіт;
3. роботу на практичних заняттях;
4. відповідь на екзамені (письмово).

Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

1.1. Відповіді при опитуванні на практичних заняттях.

Ваговий бал – 5. Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях дорівнює: 5 бал x 3 відп = 15 балів

Критерії оцінювання відповідей

Повнота та ознаки відповіді	Бали
Повна відповідь на запитання	5
У відповіді не наведено другорядні чи залежні від основних параметри (матеріали)	4
У відповіді не наведено половину основних і кілька другорядних параметрів чи матеріалів	2-3
Відповідь поверхнева без наведення параметрів, умов, фактів, не зроблено висновки	1
Відповідь не зарахована	0

1.2. Модульні контрольні роботи

Ваговий бал – 5 балів. Максимальна кількість балів за всі контрольні роботи дорівнює:

5 балів x 3 роботи = 15 балів

Критерії оцінювання контрольних робіт

Повнота та ознаки відповіді	Бали
-----------------------------	------

Повна відповідь	5
У відповіді не наведено другорядні чи залежні від основних параметри (матеріали)	3-4
У відповіді не наведено половину основних і кілька другорядних параметрів чи матеріалів	2
Відповідь поверхнева без аналізу параметрів, умов, матеріалів, фактів, неповні висновки	1
Контрольна робота не зараховане	0

1.3. Робота на лабораторних заняттях:

Ваговий бал – 4. Максимальна кількість балів на всіх лабораторних заняттях дорівнює: 4 бал x 7 робіт = 28 балів

Критерії оцінювання знань студентів

Повнота та ознаки відповіді	Бали
Своєчасне повне виконання лабораторних робіт, проведення розрахунків за даними експериментами, оформлення та захист лабораторних робіт	4
Незначні недоліки за пунктом 1	3
Несвоєчасне оформлення та захист роботи	2
Несвоєчасне виконання роботи	1
Невиконання лабораторної роботи	0

Штрафні та заохочувальні бали:

Підказування студенту під час його відповіді	1 бал
Підглядкування в підручник чи конспект під час контрольної роботи	-2 бала
Доповідь по темі одного з розділів предмету	+2 ÷ +4
Розробка дидактичного матеріалу курсу	+2 ÷ +5

Таким чином, рейтингова семестрова шкала з кредитного модуля складає:

$$R_C = 15 + 15 + 28 = 58 \text{ бал}$$

Складова екзамену дорівнює 42 % від R:

$$R_{EK3}=42 \text{ бали}$$

Таким чином, рейтингова шкала з кредитного модуля складає:

$$R=R_C+R_{EK3}=58+42=100 \text{ балів}$$

Максимальна сума балів стартової складової складає 58 балів. Необхідною умовою допуску до екзамену є зарахування всіх лабораторних робіт і стартовий рейтинг не менше 34 балів.

За результатами навчальної роботи за перші 7 тижнів «ідеальний студент» має набрати 29 балів. На першій атестації (8-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 14 балів.

За результатами навчальної роботи за 13 тижнів навчання «ідеальний студент» має набрати 58 балів. На другій атестації (14-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 29 балів.

На екзамені студент відповідає на питання білета. Кожен білет містить 3 питання. Кожне питання оцінюється у 14 балів.

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації) – 14-12 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації або незначні неточності) – 11-8 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації та деякі помилки) – 7-1 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь – 0 балів.

Сума стартових балів і балів за екзаменаційну контрольну роботу переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею.

Бали $R = R_C + R_{\text{ЕКЗ}}$	ECTS оцінка	Екзаменаційна оцінка
95-100	A	відмінно
85-94	B	добре
75-84	C	добре
65-74	D	задовільно
60-64	E	задовільно
Менше 60	Fx	незадовільно
Незараховані лабораторні роботи або $R_C < 34$	F	не допущено

Склав: завідувач кафедри екології та технології рослинних полімерів Гомеля М.Д.
(посада викладача, прізвище та ініціали, підпис)

Затверджено на засіданні кафедри екології та технології рослинних полімерів
(назва кафедри)

Протокол № _____ від _____ 2017

Заступник завідувача кафедри
_____ Радовенчик В.М. _____
(підпис) (ініціали, прізвище)