

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА
ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра неорганічної хімії



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник декана
навчальної роботи

Наталія УСЕНКО

« 11 » червня 2024 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ВОДООЧИСНІ ТЕХНОЛОГІЇ

для здобувачів освіти

галузь знань	10 Природничі науки
спеціальність	102 Хімія
освітній рівень	магістр
освітня програма	Хімія
вид дисципліни	вибіркова

Форма навчання	заочна
Навчальний рік	2024/2025
Семестр	<u>2</u>
Кількість кредитів ECTS	<u>4</u>
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	залік

Викладач: к.х.н., доц, доцент Фесич І.В.

Пролонговано: на 20__/20__ н. р. _____ (_____) «__» _____ 20__ р.
на 20__/20__ н. р. _____ (_____) «__» _____ 20__ р.


КИЇВ - 2024

Розробник:

Фесич Ігор Володимирович, к.х.н., доцент, кафедра неорганічної хімії _____

ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри неорганічної хімії

 Ростислав ЛАМПЕКА

Протокол № 8 від « 13 » березня 2024 р.

Схвалено науково-методичною комісією хімічного факультету

Протокол від « 9 » квітня 2024 року № 8

Голова науково-методичної комісії  Олександр ПОІК

« 9 » квітня 2024 року

1. Мета дисципліни – надати майбутнім фахівцям систематизоване уявлення про теоретичні основи процесів очищення виробничих стічних вод, сформувані у здобувачів комплекс умінь та навичок, необхідних для проведення наукових досліджень в даному напрямку, для створення сучасних технологій водопідготовки та водоочистки.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

Вивчення дисципліни «Водоочисні технології» базується на знаннях та навичках, отриманих здобувачами під час навчання на бакалавраті. Для успішного опанування дисципліни здобувачі повинні знати основи «Загальної хімії», «Неорганічної хімії», «Колоїдної хімії», «Екології», «Основи аналітичної хімії і охорони праці в хімії», «Моніторинг довкілля», «Хімія атмосфери», «Координаційна хімія та довкілля», використовувати набуті раніше знання з дисципліни «Хімія природних і стічних вод» для опису хімізму процесів формування складу природних водних екосистем та методів водоочистки. Для опанування даної дисципліни необхідно пам'ятати основні хімічні та фізичні властивості промислових газів, токсичних металів та сполук на їх основі. Володіти навичками пошуку необхідної інформації у науковій літературі, наукометричних базах та інтернет-просторі.

3. Анотація навчальної дисципліни:

Захист довкілля від негативного впливу є складною та важливою проблемою. При існуючих темпах розвитку промисловості значна частина природних водойм та повітря забруднені внаслідок антропогенного та техногенного навантаження. Це стосується, насамперед, скиду стічних вод промислових підприємств та викидів токсичних промислових газів в атмосферу. Тому, забезпечення населення чистим повітрям, якісною водою, яка використовується для споживчих, виробничих потреб, та збереження екосистем потребує сучасних інноваційних рішень.

Навчальна дисципліна «Водоочисні технології» є комплексною навчальною програмою, спрямованою на формування глибоких знань та практичних навичок у сфері раціонального використання, охорони та очищення водних ресурсів. Курс охоплює як теоретичну, так і практичну інформацію з акцентом на національні, регіональні та міжнародні наукові й статистичні дані. Під час опанування теоретичного блоку дисципліни здобувачі матимуть змогу детально ознайомитися з основними фізико-хімічними методами підготовки, очищення води. Розглядатимуться теоретичні основи та апаратурне оформлення ключових процесів: механічні методи (осадження, фільтрування, флотація), хімічні та фізико-хімічні методи (хімічна коагуляція, адсорбція, іонний обмін), мембранні технології (мікро-, ультра-, нанофільтрація та зворотний осмос), окисні методи (хлорування, озонування, застосування сполук марганцю та пероксиду водню). Аналізуватимуться типові прийоми та технологічні схеми очищення промислових і побутових стічних вод, включаючи біологічне очищення. Особлива увага буде присвячена обробленню, знешкодженню та утилізації осадів стічних вод, що є важливою складовою сучасного водоочисного комплексу. Наводитимуться характерні недоліки в роботі водоочисних систем та методи їх усунення. Під час виконання лабораторної роботи здобувачі отримають практичні навички очищення модельних стічних вод від небажаних органічних розчинних домішок з використанням окисних технологій та реактиву Фентона.

4. Завдання (навчальні цілі):

- а) поглибити знання про хімічні основи процесів очищення природних та стічних вод, вміти аналізувати хімічні властивості забруднювачів у воді та їх взаємодію з реагентами;
- б) сформувані навички застосування сучасних реагентних та фізико-хімічних технологій водоочищення (мембранні, фотокаталітичні, адсорбційні тощо);
- в) сприяти розвитку аналітичного та критичного мислення в оцінці якості води, інтерпретувати результати аналізів відповідно до санітарних норм і екологічних стандартів;
- г) оцінювати екологічні та соціальні наслідки застосування різних хімічних технологій, потенційні екотоксикологічні ризики побічних продуктів водоочищення;

д) підготувати здобувачів до використання набутих знань при проведенні наукових дослідження з удосконалення існуючих або створення інноваційних та ефективних методів очищення вод.

Згідно з вимогами Стандарту вищої освіти України (другий (магістерський) рівень вищої освіти (сьомий рівень НРК України), галузь знань 10 «Природничі науки», спеціальність 102 «Хімія») дисципліна забезпечує набуття здобувачами таких *компетентностей*:

інтегральної:

Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми у галузі хімії або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень, здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов і вимог.

загальних:

ЗК 2. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК 4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК 13. Здатність до активного збереження довкілля.

фахових:

ФК 1. Здатність використовувати закони, теорії та концепції хімії у поєднанні із відповідними математичними інструментами для опису природних явищ.

ФК 2. Здатність будувати адекватні моделі хімічних явищ, досліджувати їх для отримання нових висновків та поглиблення розуміння природи, в тому числі з використанням методів молекулярного, математичного і комп'ютерного моделювання.

ФК 7. Здатність дотримуватися етичних стандартів досліджень і професійної діяльності в галузі хімії (академічна доброчесність, ризику для людей і довкілля тощо).

5. Результати навчання за дисципліною:

Результати навчання (1 – знати; 2 – вміти; 3 – комунікація, 4 – автономність та відповідальність)	Форми викладання і навчання	Методи оцінювання	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
1.1. Знати класифікацію забруднень водного середовища та їх хімічну природу.	Лекції, самостійне опрацювання рекомендованої літератури.	Дистанційна модульна контрольна робота, Підсумкова модульна контрольна робота,	10
1.2. Знати принципи роботи, особливості та хімічні процеси, що лежать в основі сучасних методів фізико-хімічного та біологічного очищення вод.	Лекції, самостійне опрацювання рекомендованої літератури.	Дистанційна модульна контрольна робота, Підсумкова модульна контрольна робота, оцінювання реферату та літературного пошуку.	15
1.3. Знати сучасні тенденції у хімічному водоочищенні: зелена хімія, екотехнології, мембранні, окисні та фотохімічні процеси.	Лабораторна робота, самостійне опрацювання рекомендованої літератури.	Підсумкова модульна контрольна робота, захист звіту з лабораторної роботи, оцінювання реферату, оцінювання літературного пошуку.	15
2.1. Вміти аналізувати інформацію, яка стосується вивченню процесів очищення природних та стічних різними методами по наукометричним та патентним базам, презентувати результати свого дослідження.	Лекції, самостійне опрацювання рекомендованої літератури	Дистанційна модульна контрольна робота, оцінювання літературного пошуку та реферату	15

Результати навчання (1 – знати; 2 – вміти; 3 – комунікація, 4 – автономність та відповідальність)	Форми викладання і навчання	Методи оцінювання	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
2.2. Вміти аналізувати хімічний склад води з використанням класичних та інструментальних методів.	Лабораторна робота, самостійне опрацювання рекомендованої літератури.	Захист звіту з лабораторної роботи	10
2.3. Вміти обирати оптимальні хімічні технології для обробки природної чи стічної води в різних умовах.	Лекції, самостійне опрацювання рекомендованої літератури	Підсумкова модульна контрольна робота, оцінювання реферату, оцінювання літературного пошуку.	15
2.4. Вміти оцінювати ефективність очищення та коригувати технологічні параметри процесу.	Лабораторна робота, самостійне опрацювання рекомендованої літератури.	Захист звіту з лабораторної роботи, оцінювання реферату, оцінювання літературного пошуку.	10
3.1. Здатність обговорювати з викладачем та колегами отримані дані.	Лабораторна робота.	Оцінювання реферату та літературного пошуку, захист звіту з лабораторної роботи.	5
4.1. Вміти самостійно працювати з науковою та навчально-методичною літературою, здійснювати пошук та узагальнювати науково-технічну інформацію.	Самостійне опрацювання рекомендованої літератури.	Захист реферату та літературного пошуку.	5

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Результати навчання дисципліни	Програмні результати навчання									
	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	2.4	3.1	4.1	
ПРН1. Знати та розуміти наукові концепції та сучасні теорії хімії, а також фундаментальні основи суміжних наук.	+	+	+	+	+	+	+		+	
ПРН6. Знати методологію та організації наукового дослідження.		+	+		+	+	+	+	+	
ПРН11. Складати технічне завдання до проекту, розподіляти час, організувати свою роботу і роботу колективу, складати звіт.		+		+			+	+	+	
ПРН12. Оцінювати ризики у професійній діяльності та здійснювати запобіжні дії.		+	+	+	+		+			

7. Схема формування оцінки

7.1. Форми оцінювання студентів:

Семестрове оцінювання:

Максимальна/мінімальна кількість балів, які можуть бути отримані здобувачем: **100 балів /60 балів**, а саме:

- семестрове оцінювання:

1. Модульна контрольна робота (дистанційно) – РН 1.1, 1.2, 2.1 – 15 балів/9 балів
2. Літературний пошук (дистанційно) – РН 1.2-1.5, 2.1, 2.3, 2.4, 3.1, 4.1 – 15 балів/6 балів
3. Реферат (усна доповідь + презентація; дистанційно) – РН 1.2, 1.3, 1.5, 2.1, 2.3, 2.4, 3.1, 4.1 – 20 балів/12 балів
4. Оцінювання звіту по лабораторній роботі – РН 1.3, 1.4, 2.1-2.4, 3.1 – 10 балів/9 балів
5. Підсумкова модульна контрольна робота – РН 1.1-1.3, 2.3 – 40 балів/24 бали

- підсумкове оцінювання: у формі заліку

Підсумкова оцінка за залік виставляється як сума балів за всіма успішно оціненими результатами навчання (дистанційно та під час проведення аудиторних занять; оцінки нижче мінімального порогового рівня до підсумкової оцінки не додаються). Позитивну оцінку за залік (зараховано) здобувач отримує лише за умови здійснення пошуку наукових публікацій на запропоновану викладачем тематику, виконання лабораторної роботи, написання модульних контрольних робіт і реферату з усною доповіддю та презентацією.

7.2. Організація оцінювання:

Оцінювання лабораторної роботи здійснюється впродовж проведення аудиторних занять, модульна контрольна робота проводиться дистанційно, підсумкова модульна контрольна робота – після завершення лекцій. Оцінка реферату з усною доповіддю та презентацією проводиться дистанційно. Літературний пошук передбачає проведення здобувачами аналізу літератури, що стосується синтезу та вивчення фотокаталітичної активності каталізаторів, фотокаталітичним процесам знебарвлення стічних вод, забруднених барвниками, деструктивним методам знезараження модельних стічних вод, дослідженню впливу технологічних параметрів на процеси водоочистки та в підсумку узагальнення та захист знайденого матеріалу.

7.3. Шкала відповідності оцінок

Зараховано / Passed	60-100
Не зараховано / Fail	0-59

8. Структура навчальної дисципліни.

Тематичний план лекцій, лабораторних робіт та самостійної роботи

№ п/п	Назва теми	Кількість годин		
		лекції	Лабораторні роботи	Самостійна робота
<i>Змістовий модуль 1. Основи, керування та традиційні фізико-хімічні методи очищення</i>				

№ п/п	Назва теми	Кількість годин		
		лекції	Лабораторні роботи	Самостійна робота
1	Самостійна робота. Теоретичні основи, водні ресурси та керування. Вода в біосфері та фізико-хімічні властивості. Фізичні та хімічні властивості води. Кругообіг води в природі. Роль води в житті людини та виробничій діяльності. Аналіз утворення водневих зв'язків та їхній вплив на фізичні властивості води. Вивчення світових та регіональних водних ресурсів (за вибором).			9
2	Самостійна робота. Характеристика процесів у природних водах. Кисотно-основні рівноваги в природних водах (карбонатна система). Окисно-відновні процеси в гідросфері. Вільні радикали та їхня роль. Форми існування та міграція важких металів у природних водах. Детальне вивчення механізмів самоочищення природних вод: фізичні, хімічні та мікробіологічні процеси.			5
3	Самостійна робота. Основи керування водними ресурсами. Нормування. Водне господарство як об'єкт управління. Регламентуюча та законодавча база (в т.ч. Європейська Водна Рамкова Директива). Нормування якісних і кількісних показників питної води. Нормування скидів хімічних речовин у водні об'єкти (ГДК). Порівняльний аналіз принципів моніторингу природних вод в Україні та ЄС. Вивчення інтегрованого та басейнового управління водними ресурсами.			5
4	Самостійна робота. Термічні характеристики матеріалу. Сучасні прилади теплового аналізу. Технічні характеристики, можливості та сфери застосування. Чинники, що впливають на точність аналізу. Програмне забезпечення сучасних термоаналітичних пристроїв.			5
5	Лекція 1. Класифікація домішок та процеси осадження. Класифікація домішок води та основні методи їх видалення. Теоретичні основи процесу осадження. Класифікація й конструкції відстійників (первинні, вторинні). Фільтрування: теорія та конструкції фільтрів. Деталізація розрахунку первинних відстійників (узагальнений метод). Вивчення конструкцій решіток, пісковловлювачів.	1		7
6	Самостійна робота. Процес флоатації. Область застосування методу флоатації. Фізико-хімічні основи флоатації (роль ПАВ, прилипання). Основні види технологічних схем та апаратурне оформлення флоатації. Поглиблене вивчення впливу поверхнево-активних речовин на процес. Схеми установок напірної та вакуумної флоатації.			7
7	Лекція 2. Хімічна коагуляція та флокуляція. Визначення та ключові терміни. Стійкість колоїдних систем (електричний подвійний шар). Механізм коагуляції (нейтралізація заряду, утворення містків). Механізми видалення фосфатів та природних органічних речовин. Неорганічні коагулянти та органічні флокулянти. Вплив чинників (рН, доза). Хімізм взаємодії основних коагулянтів (сульфат алюмінію, хлорид заліза) з водою. Аналіз практичного застосування процесів коагуляції (швидке перемішування, камера флокуляції).	1		5
8	<i>Модульна контрольна робота</i>			
Змістовий модуль 2. Інноваційні процеси, сорбційні технології та інженерні рішення				
9	Лекція 3. Адсорбційні процеси. Сорбенти та схеми регенерації.	1		7

№ п/п	Назва теми	Кількість годин		
		лекції	Лабораторні роботи	Самостійна робота
	Основні поняття й визначення (адсорбція, сорбент, адсорбат). Область застосування методу. Види та основні характеристики сорбентів (активоване вугілля). Схеми адсорбційних установок (фільтри з нерухомим шаром, реактори з псевдозрідженим шаром). Регенерація сорбентів. Детальне вивчення ізотерм адсорбції (Ленгмюра, Фрейндліха). Проблеми та методи термічної та хімічної регенерації.			
10	Самостійна робота. Іонний обмін. Іоніти, кінетика та технології демінералізації. Класифікація іонітів (катіоніти, аніоніти, амфоліти). Фізико-хімічні основи іонного обміну: іонообмінна рівновага, кінетика та динаміка. Основні іонообмінні процеси: пом'якшення та демінералізація. Розширене вивчення спеціальних іонообмінних процесів (вибіркове вилучення, очищення стічних вод)38. Методи регенерації іонітів та проблеми утилізації регенераційних розчинів.			7
11	Самостійна робота. Мембранні процеси. Фільтрація, осмос та забруднення мембран. Мембрани та мембранні елементи. Мікро- та ультрафільтрація (МФ, УФ). Нанофільтрація та зворотний осмос (НФ, ЗО). Забруднення мембран (фоулінг) і методи боротьби з ним. Застосування мембранних технологій у водопідготовці. Порівняльна характеристика мембранних процесів за рушійною силою, розміром пор та сферою застосування. Вивчення конструкцій мембранних апаратів (рулонні, порожнисті волокна).			7
12	Лекція 4. Окисні методи очищення. Озонування, хлорування, АОР. Окиснення киснем повітря (аерація). Застосування хлору та його сполук. Озонування (хімізм, апаратура). Розширені окисні процеси (АОР): пероксид водню, фотокаталітичні та електрохімічні методи. Деталізація механізмів окиснення стійких органічних забруднювачів за допомогою озону та УФ-опромінення. Екологічні аспекти використання сильних окисників.	1		7
13	Лабораторна робота 1. Видалення органічних барвників з води із застосуванням реактиву Фентона.		2	6
14	Лекція 5. Типові прийоми та методи підготовки питної води й очищення стічних вод. Основні підходи до вибору методів очищення питної води. Типові технологічні схеми очищення промислових і побутових стічних вод. Апаратурне оформлення і схеми очищення комунальних та промислових стоків. Аналіз характерних (типових) неполадок у роботі очисних споруд і методи їх усунення. Порівняння механічного, хімічного та біологічного очищення стічних вод	2		4
15	Самостійна робота. Оброблення, знешкодження осадів та нові тенденції в технологіях. Оброблення, знешкодження, утилізація осадів стічних вод. Склад і властивості осадів. Кондиціонування, ущільнення та зневоднення осадів. Чинники, що впливають на технологічний розвиток у водоочисних технологіях. Вивчення методів стабілізації, використання та захоронення осадів. Огляд нових тенденцій та розробок (наприклад, мембранні біореактори, удосконалені технології сорбції).			5
17	Підготовка та захист літературного пошуку. Підсумкова контрольна робота			18
18	Підготовка реферату з усною доповіддю та презентацією			8

Загальний обсяг 120 год, в тому числі:

Лекції – 6 год.

Лабораторні заняття – 2 год.

Консультації – 0 год.

Самостійна робота – 112 год.

9. Рекомендовані джерела

Основні

1. Фізико-хімічні методи очищення води. Керування водними ресурсами: підручник / І. Астрелін, Є. Герасимов, М. Гіроль та ін.; вид. «Water Harmony Project». – Київ: Вольф, 2015. – 577 с.
2. Джигирей В.С., Папостолук А.С. та ін. Промислова екологія. – К.: Знання, 2005. – 474 с.
3. Нікітченко О. Ю. Промислова екологія: конспект лекцій для студентів 3 курсу денної форми навчання за напрямом підготовки 6.170202 «Охорона праці» / О. Ю. Нікітченко; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2013. – 164 с.
4. Pichat P, ed. Photocatalysis and Water Purification: From Fundamentals to Recent Applications. Wiley-VCH; 2013. DOI: <https://doi.org/10.1002/9783527645404>
5. Запольський А.К., Мішкова-Клименко Н.А., Астрелін І.М., Брик М.Т., Гвоздяк П.І., Князькова Т.В. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод: підручник. – К.:Лібра. 2000 – 551 с.

Додаткові

6. Айрапетян Т. С. Технологія очистки стічних вод : конспект лекцій для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю 194 – Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології) / Т. С. Айрапетян; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 120 с.
7. Деструктивні методи очищення води. Лабораторний практикум [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 101 «Екологія», 161 «Хімічні технології та інженерія» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: М. Д. Гомеля, Т. О. Шаблій, М. М. Твердохліб, О. М. Терещенко – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 64с.
8. Радовенчик Я.В., Гомеля М.Д. Фізико-хімічні методи доочищення води. Підручник. – К.: Кондор-Видавництво, 2016. – 264 с.
9. Радовенчик В. М., Іваненко О. І., Радовенчик Я. В., Крисенко Т. В. Застосування феритних матеріалів в процесах очищення води. – К: Кондор-Видавництво, 2020. – 215 с.
10. Герасимов О.І. Теоретичні основи технологій захисту навколишнього середовища: навчальний посібник. Одеса: Одеськ. держ. еколог. ун-т., ТЕС, 2018. 228 с.
11. Адсорбція, адсорбенти та каталізатори на їх основі. Лабораторний практикум. [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», спеціалізації «Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення» / Іваненко І.М., Донцова Т.А., Янушевська О.І., КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 108 с.
12. Ковальчук В.А. Очистка стічних вод. Рівне: ВАТ «Рівненська друкарня», 2002. – 622 с.
13. Сторожук В.М., Батлук В.А., Назарук М.М. Промислова екологія: Підручник. – Львів: Українська академія друкарства, 2006. – 574 с.
14. Навчальний посібник Сучасні методи кондиціювання та очищення води: Лабораторний практикум для здобувачів вищої освіти рівня «магістр» хімікотехнологічного факультету за освітньою програмою: Хімічні технології неорганічних, електродних матеріалів та водоочищення спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія / Уклад.: Т.Є. Мітченко, І.В. Косогіна. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 122 с.
15. Гіроль М. М. Технології водовідведення промислових підприємств : навч. посіб. / М. М. Гіроль, А. М. Гіроль, А. М. Гіроль. – Рівне : НУВГП, 2013. – 625 с.

10. Інформаційні ресурси в Інтернеті

16. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України – <https://mepr.gov.ua/>
17. Професійна Асоціація Екологів України (ПАЕУ) – <https://paeu.com.ua/>
18. Екологічний портал України – www.ecologya.com.ua