

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
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
(назва навчальної дисципліни)

ПРОГРАМА
навчальної дисципліни

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

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

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

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

(підпис)

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.

Вступ

Програму навчальної дисципліни «Фізико-хімічні основи процесів очищення води» складено відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалаврів напряму підготовки 6.040106 Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування, спеціальності 101 Екологія, спеціалізації Екологічна безпека.

Навчальна дисципліна належить до дисциплін вибору студентів професійної та практичної підготовки.

Предмет навчальної дисципліни – 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».

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

1.1. Мета навчальної дисципліни.

Метою вивчення даної дисципліни 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;
- забезпечення освітлення води фізико-хімічними методами;
- забезпечення утилізації відходів водоочищення на станціях очищення води;
- забезпечення процесу реагентного пом'якшення води різного рівня мінералізації та жорсткості при використанні композиційних реагентів;
- 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.

1.2. Основні завдання навчальної дисципліни.

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

знання:

- реагентні методи очищення води;
- фізико-хімічні методи очищення води.

- **уміння:**

- використовуючи теоретичні положення загальної та аналітичної хімії, довідкові дані, лабораторне обладнання та реактиви, проводити хімічний експеримент;

- спираючись на сучасні технології водоочищення, виходячи з характеристик води та її об'ємів, обирати спосіб освітлення води;

- виходячи з характеристик води, визначати умови освітлення води фізико-хімічними методами;

- виходячи з характеристик вихідної води, вимог до очищеної води та типу реагентів, що використовуються, визначати необхідне співвідношення реагентів для проведення ефективного освітлення води;

- базуючись на теоретичних та експериментальних даних, оцінювати ефективність застосування реагентів в процесах освітлення води;

- на основі аналізу сучасних методів зневоднення осадів, характеристик вихідного осаду, вибрати метод та умови зневоднення осаду;

- на основі теоретичних та експериментальних даних, оцінювати ефективність процесу зневоднення осадів;

- на основі аналізу хімічного складу зневоднених осадів, їх об'ємів та попиту на продукцію, визначати вид вторинних продуктів та спосіб їх отримання із зневодненого осаду;

- використовуючи теоретичні уявлення та експериментальні дані, визначати умови ефективного пом'якшення та демінералізації води;

- виходячи з характеристик вихідної води, вимог до очищеної води та типу реагентів, що використовуються, визначати необхідне співвідношення реагентів для ефективної демінералізації води;

- базуючись на теоретичних та експериментальних даних, оцінювати ефективність застосування реагентів в процесах демінералізації та пом'якшення 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, вибрати 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 освітлення води;
- Зневоднення осадів та їх утилізація;
- 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.

2. Структура навчальної дисципліни

На вивчення навчальної дисципліни відводиться 540 годин/ 18 кредитів ECTS.

Навчальна дисципліна містить кредитні модулі:

1) Фізико-хімічні основи процесів очищення води - 1. Реагентні методи
(назва кредитного модуля)

1) Фізико-хімічні основи процесів очищення води - 2. Фізико-хімічні методи
(назва кредитного модуля)

Рекомендований розподіл навчального часу

		Всього	Розподіл навчального часу за видами занять	
--	--	---------------	---	--

Форма навчання	Кредитні модулі	кредитів	годин	Лекції	Практичні заняття (семінарські)	Лабораторні роботи (комп'ютерні практикуми)	СРС	Семестрова атестація
Денна	Всього	18	540	72	36	198	234	
	1	9,0	270	36	18	108	138	екзамен
	2	8,5	255	36	18	90	96	екзамен

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Показники якості води.

Фізичні та хімічні властивості води. Особливості води пов'язані з хімічною будовою, кластерні структури.

Основні показники якості господарсько-питних та технічних вод. Санітарно-бактеріологічна характеристика джерел водопостачання. Хімічні показники якості води. Норми якості питної води, норми якості води для живлення парових котлів ТЕС та АЕС. Норми якості води для теплообмінних систем. Класифікація домішок води на основні їх фазово-дисперсного стану.

Розділ 2. Реагентні методи очищення води.

Коагуляція в процесах очищення води та водопідготовки. Колоїдні частки, будова, фізичне пояснення стабільності колоїдних систем. Будова подвійного електричного шару. Теорія стійкості іонстабілізованих колоїдних систем. Умови коагуляції ліофобних колоїдних систем.

Коагуляція домішок у природній воді. Гетерокоагуляція, взаємна коагуляція. Молекулярно-кінетична гравітаційна та градієнтна коагуляція. Кінетика коагулювання гідрофобних золів. Теорія Смолуховського.

Стійкість ліофільних золів та умови їх дестабілізації. Стабілізація суспензій поверхнево-активних речовин (ПАР). Концентровані дисперсії міцелоутворюючих ПАР. Структурно-механічний бар'єр в ліофільній стабілізації ліофобних часток. Умови дестабілізації ліофільних колоїдних систем.

Коагулянти в процесах очищення води. Гідроліз коагулянтів. Коагуляція і адсорбція. Агрегація та орієнтація. Вплив реакції середовища та концентрації протиіонів на процес коагуляції.

Отримання та властивості коагулянтів. Алюмінієві коагулянти. Отримання залізних та змішаних коагулянтів.

Флокулянти. Класифікація флокулянтів. Структура молекул флокулянтів і їх стан у водному розчині. Заряд макромолекул флокулянтів.

Властивості водних розчинів флокулянтів. Механізм флокуляції. В'язкість водних розчинів полімерів. Визначення середньої молекулярної маси флокулянтів.

Неорганічні та природні флокулянти. Отримання активованої кремнієвої кислоти. Флокулянти на основі крохмалів та целюлози.

Синтетичні флокулянти. Неіонінні, аніонні та катіонні флокулянти. Основні методи їх отримання.

Розділ 3. Очищення води флотацією.

Очищення води флотацією. Загальні поняття та положення. Визначення методу. Класифікація методів адсорбційної бульбашкової сепарації. Фізико-хімічні основи пінної флотації та пінного фракціонування. Основні стадії процесів. Вплив розмірів бульбашок на ефективність флотації. Залежність ефективності пінного фракціонування від поверхневого натягу. Фізико-хімічні основи електрофлотації. Поляризація часток, електрофорез електролітів, окисно-відновні реакції на електродах. Визначення технологічних параметрів процесів флотації.

Розділ 4. Адсорбція в очищенні води.

Фізико-хімічні основи очистки води адсорбцією. Адсорбція, основні поняття та визначення. Адсорбенти. Ізотерма адсорбції розчинної речовини. Зміна хімічного потенціалу компоненту при його адсорбції з розчину. Константа адсорбційної рівноваги. Рівняння ізотерми адсорбції. Обчислення ізотерми адсорбції. Основні допущення. Оцінка основних технологічних параметрів адсорбційного очищення води від розчинених органічних речовин. Вплив іонізації та асоціації молекул на їх адсорбцію. Залежність величини адсорбції від іонізації молекул. Вплив міцелоутворення на величину адсорбції. Кінетика адсорбції органічних речовин з водних розчинів. Зовнішнє та внутрішнє масоперенесення. Критерій БіО. Товщина примежового шару. Динаміка адсорбції. Зона масоперенесення. Рівняння Шилова. Час та коефіцієнт захисної дії шару адсорбенту. Регенерація адсорбенту.

Розділ 5. Іонний обмін в очищенні води.

Іонообмінний метод очищення води. Визначення методу. Загальні поняття. Селективність іонітів. Теорія Григора. Обмінні ємність іоніту. Визначення ємності іоніту в динамічних та статичних умовах. Регенерація іоніту. Ионообмінні матеріали. Класифікація іонітів. Синтетичні іоніти, основні способи отримання. Аніоніти та поліамфоліти. Основні методи отримання, марки та типи аніонітів. Кінетика та динаміка іонного обміну. Стадії іонного обміну. Лімітуюча стадія іонного обміну. Динаміка іонного обміну.

Розділ 6. Мембранні методи очищення води.

Очищення води мембранними методами. Загальні положення та визначення. Селективність та продуктивність мембран. Баромембранні методи. Діаліз, первапорація. Мембранна дистиляція. Мембрани, одержання мембран. Вплив робочого тиску, температури, природи розчинених речовин, концентраційної поляризації на роботу мембран. Очищення води електродіалізом. Ионообмінні мембрани та їх фізико-хімічні властивості. Вимоги до якості іонообмінних мембран.

Характеристики мембран. Числа перенесення іонів, селективність мембран, електропровідність, дифузійна, осмотична та електроосмотична проникність мембран. Поляризація мембран.

Розділ 7. Деструктивні методи очищення води.

Очищення води деструктивними методами. Класифікація методів. Окисно-відновні процеси з використанням хімічних речовин. Окислення домішок знешкодження стічних вод. Механізм глибокого окислення. Рідкофазне окислення. Електрохімічне окислення води. Раціональні методи окислення води.

4. Рекомендована тематика практичних (семінарських) занять

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.

Приблизна тематика практичних занять:

1. Основні характеристики води.
2. Вимоги до очищеної води в залежності від призначення або місця скиду стічних вод.
3. Очищення води відстоюванням та фільтруванням.
4. Флотаційне очищення води.
5. Вплив коагулянтів на очищення води відстоюванням, фільтруванням та флотацією.
6. Флокулянти в очищенні води. Особливості флокуляції. Визначення характеристик флокулянтів.
7. Класифікація методів флотації. Визначення технологічних параметрів напірної, пневматичної флотації та електрофлотації.
8. Сорбція в статичних та динамічних умовах. Розрахунок ізотерм адсорбції на основі експериментальних та теоретичних даних. Визначення сорбційної ємності іоніту в динамічних умовах.

9. Іонообмінне очищення води. Визначення характеристик іонітів. Обґрунтування технологічної схеми іонообмінного очищення води.
10. Мембранні методи очищення води. Визначення взаємозв'язків між основними параметрами мембранного очищення води.
11. Деструктивні процеси очищення води.

5. Рекомендований перелік лабораторних робіт (комп'ютерних практикумів)

У системі професійної підготовки студентів лабораторні заняття займають 63 % 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.

Приблизна тематика лабораторних занять:

1. Вступ. Інструктаж з техніки безпеки, ознайомлення з програмою лабораторних робіт, видача методичної літератури.
2. Вивчення процесу коагуляції.
3. Проведення пробного коагулювання.
4. Визначення динамічної та характеристичної в'язкості флокулянту.
5. Освітлення води при використанні флокулянтів.
6. Визначення молекулярної маси флокулянтів.
7. Очищення води методом флотації (п'ять частин).
8. Дослідження процесу освітлення водних суспензій на насипних механічних фільтрах.
9. Реагент не пом'якшення води.
10. Адсорбція органічних речовин вугілля в статичних умовах.
11. Адсорбційна очистка води активованим вугіллям в динамічних умовах.
12. Мінеральні сорбенти в процесах очищення води.
13. Мінеральні сорбенти в процесах очищення води від неіскогенних ПАР.
14. Іонообмінне очищення води (три частини).
15. Очищення стічних вод баромембранним методом (п'ять частин).
16. Використання озонування в процесах водопідготовки.

6. Рекомендовані індивідуальні завдання

Згідно навчального плану індивідуальних завдань за даною дисципліною не передбачено.

7. Рекомендована література

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.. Кондиціювання 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.

8. Засоби діагностики успішності навчання

Практико-орієнтовані завдання у вигляді екзаменаційних білетів.

9. Методичні рекомендації

Лекційні 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.

За денною формою навчання пропонується впровадження посеместрових рейтингових систем оцінки успішності засвоєння студентами навчального матеріалу з дисципліни.