



### Мембранні методи очищення води

#### Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

#### Реквізити навчальної дисципліни

|  |  |
|--|--|
| <b>Рівень вищої освіти</b>                                 | <b>бакалавр</b>  |
| <b>Галузь знань</b>  | 16 Хімічна та біоінженерія   |
| <b>Спеціальність</b>                                       | 161 Хімічні технології та біоінженерія   |
| <b>Освітня програма</b>                                    | Промислова екологія та ресурсоефективні чисті технології   |
| <b>Статус дисципліни</b>                                   | Вибіркова  |
| <b>Форма навчання</b>                                      | очна(денна)/дистанційна/змішана  |
| <b>Рік підготовки,<br/>семестр</b>                         | 3 курс/6 семестр   |
| <b>Обсяг дисципліни</b>                                    | 4 кредити ЕКТС (120 годин)   |
| <b>Семестровий<br/>контроль/<br/>контрольні заходи</b>     | Залік  |
| <b>Розклад занять</b>                                      | 4 години на тиждень (1 години лекційних, 1 година практичних<br>занять та 2 години лабораторних занять)  |
| <b>Мова викладання</b>                                     | Українська   |
| <b>Інформація про<br/>керівника курсу /<br/>викладачів</b> | Лектор: <a href="https://eco-paper.kpi.ua/pro-kafedru/vykladachi/vizytky/qomelya-mikola-dmitrovich.html">https://eco-paper.kpi.ua/pro-kafedru/vykladachi/vizytky/qomelya-mikola-dmitrovich.html</a><br>Практичні /Семінарські: <a href="https://eco-paper.kpi.ua/pro-kafedru/vykladachi/vizytky/qomelya-mikola-dmitrovich.html">https://eco-paper.kpi.ua/pro-kafedru/vykladachi/vizytky/qomelya-mikola-dmitrovich.html</a><br>Лабораторні заняття: <a href="https://eco-paper.kpi.ua/pro-kafedru/vykladachi/shablij-tetyana-oleksandrivna.html">https://eco-paper.kpi.ua/pro-kafedru/vykladachi/shablij-tetyana-oleksandrivna.html</a> |
| <b>Розміщення курсу</b>                                    | <a href="https://do.ipu.kpi.ua/course/view.php?id=5377">https://do.ipu.kpi.ua/course/view.php?id=5377</a>  |

#### Програма навчальної дисципліни

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

Мембранні технології відносяться до сучасних високоефективних процесів очищення води, які досить швидко прогресують, знаходячи широке застосування. Уже сьогодні значна частина населення планети отримує високоякісну питну воду із морської води та інших солоних природних вод. Метод дозволяє отримувати воду найвищої якості із найбрудніших стічних вод. Перевагою даних технологій є те, що вони дозволяють використовувати воду із будь-яких наявних джерел водопостачання і відмовлятися від будівництва дорогих водогонів на великі відстані. Прикладом може бути використання шахтних вод у вододофіцитних регіонах. Процеси електродіалізу і електролізу дозволяють переробляти засолені рідкі відходи в корисні продукти. Методи широко використовуються для доочищення водопровідної води в побутових умовах, для кондиціонування неякісних джерельних та артезіанських вод.

Мембранні технології кондиціонування та очищення води - це сучасні технології, це технології майбутнього.

**Предмет навчальної дисципліни «Мембранні методи очищення води»** – реалізація підходів, що забезпечать високоякісну підготовку природних вод, надійне очищення стічних вод, зневоднення осадів для повного переходу промислових підприємств на використання безстічних (замкнених) систем водоспоживання.

У значній мірі вирішення даної проблеми буде визначатись рівнем підготовки фахівців, які працюють у галузі хімічних технологій та інженерії, раціонального використання природних ресурсів.

Для успішного вирішення завдань захисту та збереження природних водних екосистем фахівці мають вільно володіти інформацією, вміти вирішувати складні проблеми захисту водою від забруднення на високому професійному рівні.

### **Мета навчальної дисципліни « Мембранні методи очищення води»**

Метою вивчення даної дисципліни є формування у студентів комплексу знань в області сучасних фізико-хімічних методів очищення води, комплексу умінь та навичок, 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 посилення сформованих у студентів компетентностей:

- здатність застосовувати сучасні експериментальні методи роботи з технологічними об'єктами в промислових і лабораторних умовах;
- здатність проектувати та реалізовувати технології очищення та переробки вихідних газів, стічних вод та твердих відходів.

Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни «Мембранні методи очищення води», студенти після її засвоєння мають продемонструвати такі програмні результати навчання:

- знати і розуміти механізми і кінетику хімічних процесів, ефективно використовувати їх при проектуванні і вдосконаленні технологічних процесів та апаратів хімічної промисловості;
- обирати і використовувати відповідне обладнання, інструменти та методи для вирішення складних задач хімічної інженерії, контролю та керування технологічних процесів хімічних виробництв;
- розробляти і реалізовувати проекти, що стосуються технологій та обладнання хімічних виробництв, беручи до уваги цілі, ресурси, наявні обмеження, соціальні та економічні аспекти та ризики.

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

Вивчення дисципліни «Мембранні методи очищення води» базується на засадах інтеграції різноманітних знань, отриманих студентами протягом бакалаврату при вивченні дисциплін природничого та інженерно-технічного спрямування: «Загальна та неорганічна хімія», «Органічна хімія», «Аналітична хімія».

Дисципліна «Мембранні методи очищення води» є фундаментальною основою для вивчення наступних дисциплін: «Курсовий проєкт з технологій та проектування галузевих виробництв», «Загальна хімічна технологія», ряду вибіркових дисциплін та забезпечує виконання бакалаврського проєкту.

### **3. Зміст навчальної дисципліни « Мембранні методи очищення води»**

#### **Розділ 1. Мембранні методи очищення води**

Тема 1. Мембранні методи у водоочищенні.

Тема 2. Застосування непористих мембран. Мембранна дистиляція.

Тема 3. Ефективність мембранного очищення води.

Тема 4. Електродіаліз.

Тема 5. Характеристики іонообмінних мембран.

#### **Розділ 2. Деструктивні методи очищення води**

Тема 1 Застосування хімічних окисників для очищення води.

Тема 2. Деструкція домішок у воді з допомогою кисню.

Тема 3. Електрохімічна обробка води.

Тема 4. Радіохімічне очищення води.

### **Навчальні матеріали та ресурси**

### **Базова література**

1. Гомеля М. Д., Шаблій Т. О., Радовенчик Я.В. Фізико-хімічні основи процесів очищення води: підручник. – К.: Кондор-Видавництво, 2019. – 256 с.
2. Радовенчик Я.В., Гомеля М.Д. Фізико-хімічні методи доочищення води. Підручник. – К.: Кондор-Видавництво, 2016. – 264 с.
3. Гомеля М.Д., Крисенко Т.В., Омельчук Ю.А. Методи та технології очищення стічних вод: Навч. посіб. / – Севастополь: Інститут ядерної енергії та промисловості, 2012. – 244 с.
4. Шаблій Т.О., Радовенчик В.М. Гомеля М. Д. Застосування нових реагентів і технологій в промисловому водоспоживанні.- К.: Інфодрук, 2014. – 302с.
5. Гомеля М. Д., Радовенчик В.М. Шаблій Т. О. Сучасні методи кондиціонування та очистки води у промисловості. -К.: Графіка, 2007. – 168 с.
6. Мембранні 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, Ю. В. Носачова., В. В. Вембер – Електронні текстові дані (1 файл: 1,1 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 42 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/52761>
7. Трус І.М., Галиш В.В., Скиба М.І., Радовенчик Я.В., Гомеля М.Д. Нові високоефективні методи очищення від розчинних та нерозчинних політантів: монографія. / – К.: Кондор-Видавництво, 2020. – 272 с.

### **Додаткова література**

8. Галиш В.В., Трус І.М., Радовенчик Я.В., Флейшер Г.Ю., Гомеля М.Д. Комплексні технології очищення води від іонів важких металів: монографія. – К.: Видавничий дім «Кондор», 2020. – 152с.
9. А.К. Запольський, Н.А. Мішкова-Клименко, І.М. Астрелін, М.Т. Брик, П.І. Гвоздяк, Т.В. Князькова. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод: Підручник. – К.: Лібра. 2000 – 551 с.
10. Трус І.М. Маловідходні технології демінералізації води: монографія. – К.: Кондор-Видавництво, 2016. – 250 с.

### **Інформаційні ресурси в Інтернеті**

1. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України - <https://mep.gov.ua/>
2. Екологічний портал України – [www.ecology.com.ua](http://www.ecology.com.ua)
3. Бібліотека ім. В.І. Вернадського – [www.nbuv.gov.ua](http://www.nbuv.gov.ua)
4. Електронний архів наукових та освітніх матеріалів КПІ ім. Ігоря Сікорського – ELAKPI URL: <https://ela.kpi.ua>

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

**Лекційні заняття**

Лекційні заняття спрямовані на:

- надання сучасних, цілісних, взаємозалежних знань з дисципліни «Мембранні методи 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 визначенні напрямку для самостійної роботи;
- визначення на сучасному рівні розвитку науки в області сучасних методів та процесів кондиціонування води, прогнозування розвитку на найближчі роки;
- відображення методичної обробки матеріалу (виділення головних положень, висновків, рекомендацій, чітке і адекватне їх формулювання)
- використання для демонстрації наочних матеріалів, поєднання, по можливості їх з демонстрацією результату і зразків;
- викладання матеріалів досліджень чіткою і якісною мовою з дотриманням структурно-логічних зв'язків, роз'яснення всіх нововведених термінів і понять;
- доступність для сприйняття даною аудиторією.

| № з/п | Назва теми лекції та перелік основних питань<br>(перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)  | Годин |
|-------|--|-------|
| 1     | <p><b>Мембранні методи очищення води</b><br/>                     Очищення води мембранними методами. Загальні положення та визначення. Селективність та продуктивність мембран. Баромембранні методи.<br/>                     Література: [1] с. 195-221; [2] с. 181-188; [9] с. 337-354.<br/>                     Завдання на СРС. Особливості очищення води на механічних фільтрах та мембранними методами.<br/>                     в процесах очищення води.</p> | 2     |
| 2.    | <p><b>Застосування непористих мембран. Мембранна дистиляція</b><br/>                     Мембранні процеси з використання непористих мембран. Діаліз, первапорація. Мембранна дистиляція. Мембрани. Одержання мембран.<br/>                     Література: [1] с. 195-221; [2] с. 188-195; [9] с. 337-354.<br/>                     Завдання на СРС. Конструкції установок для очищення води методом мембранної дистиляції.</p>                                       | 2     |
| 3.    | <p><b>Ефективність мембранного очищення води</b><br/>                     Фактори, що впливають на процеси мембранного розділення води. Вплив робочого тиску, температури, природи розчинених речовин, концентраційної поляризації на роботу мембран.<br/>                     Література: [1] с. 195-221; [2] с. 195-199; [9] с. 337-354.<br/>                     Завдання на СРС. Застосування антискалантів в баромембранних процесах очищення води</p>            | 2     |
| 4     | <p><b>Електродіаліз</b><br/>                     Очищення води електродіалізом. Суть методу. Іонообмінні мембрани та їх фізико-хімічні властивості. Гомогенні та гетерогенні мембрани.<br/>                     Література: [1] с. 195-221; [2] с. 199-203; [9] с. 340-367.<br/>                     Завдання на СРС. Отримання кислот, луку та активного хлору електродіалізом. Застосування методу для переробки концентратів.</p>                                   | 2     |

|   |  |           |
|---|--|-----------|
| 5 | <p><b>Характеристики іонообмінних мембран</b><br/> Вимоги до якості іонообмінних мембран. Характеристики мембран. Числа перенесення іонів. Селективність мембран. Електропровідність, дифузійна, осмотична та електроосмотична проникність мембран. Поляризація мембран.<br/> Література: [1] с. 195-221; [2] с. 204-209; [9] с. 340-367.<br/> Завдання на СРС. Основні методи отримання іонообмінних мембран та дифузійних мембран.</p> | 2         |
| 6 | <p><b>Застосування хімічних окисників для очищення води</b><br/> Очищення води деструктивними методами. Класифікація методів. Окисно-відновні процеси з використанням хімічних речовин.<br/> Література: [1] с. 223-237; [2] с. 210-216; [7] с. 255-313; [9] с. 452-478.<br/> Завдання на СРС. Озонування води. Використання озонідів.</p>   | 2         |
| 7 | <p><b>Деструкція домішок у воді з допомогою кисню</b><br/> Окислення домішок у воді з допомогою кисню. Термоокислювальні методи знешкодження стічних вод. Механізм глибокого окислення. Рідкофазне окислення.<br/> Література: [1] с. 223-237; [2] с. 216-220; [9] с. 460-468.<br/> Завдання на СРС. Каталітичне паро фазне окислення органічних домішок у воді.</p>   | 2         |
| 8 | <p><b>Електрохімічна обробка води</b><br/> Електрохімічне окислення води. Окислення на аноді. Електрокоагуляція, електрофорез, електрофлотація.<br/> Література: [1] с. 223-237; [2] с. 220-224; [9] с. 460-478.<br/> Завдання на СРС. Конструкції електролізерів.</p>   | 2         |
| 9 | <p><b>Радіаційна обробка води</b><br/> Радіаційне очищення води. Іонізуюче випромінювання. Головні стадії радіолізу. Поглинена доза, радіаційно-хімічний вихід.<br/> Література: [1] с. 223-237; [2] с. 220-224; [9] с. 460-478.<br/> Завдання на СРС. Джерела іонізуючого випромінювання.</p>   | 2         |
|   | <b>Всього</b>  | <b>18</b> |

## 6. Практичні заняття

У системі професійної підготовки студентів по даній дисципліні практичні заняття займають 25 % аудиторного навантаження. Будучи доповненням до лекційного курсу, вони закладають і формують основи кваліфікації бакалавра в галузі хімічної технології. 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. Тому даний вид роботи виступає важливим засобом оперативного зворотного зв'язку. 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 бакалаврам систематизувати, закріпити і поглибити знання теоретичного характеру в області сучасних методів та технологій кондиціонування та очищення води;
- навчити студентів прийомам вирішення практичних завдань, сприяти оволодінню навичками та вміннями виконання розрахунків, графічних та інших 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 практичного заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)   | Годин |
|-------|---|-------|
| 1     | <u>Зворотній осмос</u><br>Осмотичний тиск. Робочий тиск при зворотньому осмосі. Розрахунок робочого тиску для зворотньоосмотичного фільтрування.<br>Література: [1] с. 198-203; [2] с. 181-188.<br>Завдання на СРС. Рушійні сили мембранних процесів. | 2     |
| 2     | <u>Селективність мембран</u><br>Розрахунок селективності мембран в залежності від ступеню відбору перміату.<br>Література: [1] с. 195-198; [2] с. 188-195.<br>Завдання на СРС. Класифікація мембран.  | 2     |
| 3     | <u>Продуктивність мембран</u><br>Розрахунок продуктивності та коефіцієнту відбиття мембрани в залежності від відбору перміату.<br>Література: [1] с. 195-203; [2] с. 195-200.<br>Завдання на СРС. Вимоги до баромембранних розділювальних установок.  | 2     |
| 4     | <u>Іонообмінні мембрани</u><br>Розрахунок чисел перенесення іонів через іонообмінну мембрану.<br>Література: [1] с. 215-217.<br>Завдання на СРС. Фактори, що впливають на швидкість перенесення іонів в процесі електродіалізу.                       | 2     |
| 5     | <u>Селективність іонообмінних мембран</u><br>Розрахунок селективності та специфічної селективності іонообмінних мембран щодо іонів.<br>Література: [1] с. 215-220.<br>Завдання на СРС. Застосування методу електродіалізу для переробки концентратів. | 2     |
| 6     | <u>Мембранне розділення розчинів</u><br>Фактори, що впливають на процеси мембранного розділення розчинів.<br>Література: [1] с. 207-211.<br>Завдання на СРС. Природа розчинених речовин   | 2     |
| 7     | <u>Електродіаліз</u><br>Особливості процесу електродіалізу. Обробка даних.<br>Література: [1] с. 211-222.<br>Завдання на СРС Застосування методу електродіалізу для отримання луку, кислот, активного хлору.  | 2     |
| 8     | <u>Деструктивні методи очищення води</u><br>Особливості хімічного та фізичного розкладу органічних речовин у воді.<br>Література: [1] с. 223-235.<br>Завдання на СРС. Механізми окиснення домішок у воді.   | 2     |
| 9     | Модульна контрольна робота  | 2     |
|       | Всього  | 18    |

## 7. Лабораторні заняття

У системі професійної підготовки студентів лабораторні заняття займають 50 % аудиторного навантаження. Будучи доповненням до лекційного курсу, вони закладають і формують основи кваліфікації бакалавра з екології. Метою лабораторно-практичних занять є

розвиток у студентів експериментальних навичок, дослідницького підходу до вивчення предмету, закріплення теоретичного матеріалу.

| Назва лабораторної роботи  | Кількість аудиторних годин |
|--|----------------------------|
| Вступ. Інструктаж з техніки безпеки, ознайомлення з програмою лабораторних робіт, видача методичної літератури | 2                          |
| Очищення води ультрафільтрацією  | 8                          |
| Зворотньоосмотичне знесолення розчинів хлориду та сульфату натрію  | 8                          |
| Вилучення катіонів $\text{Ca}^{2+}$ та $\text{Mg}^{2+}$ із застосуванням зворотньоосмотичних мембран           | 8                          |
| Очищення води озонуванням  | 8                          |
| Залік  | 2                          |
| Всього   | 36                         |

### 8. Самостійна робота студента

Самостійна робота займає 40 % часу вивчення кредитного модуля, включаючи і підготовку до МКР та до заліку. Головне завдання самостійної роботи студентів – це опанування наукових знань в областях, що не увійшли у перелік лекційних питань шляхом особистого пошуку інформації, формування активного інтересу до творчого підходу у навчальній роботі. У процесі самостійної роботи в рамках освітнього компоненту студент повинен навчатися глибоко аналізувати сучасні підходи до розробки та впровадження новітніх технологій кондиціонування та очищення води, виходячи із характеристик води і вимог до якості очищеної води. Він повинен вміти створювати найбільш ефективні методи очищення води.

| № з/п   | Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання  | Кількість годин СРС |
|---|--|---------------------|
| <b>Розділ 1. Мембранні методи очищення води</b>   |  |                     |
| 1   | <p>Особливості очищення води на механічних фільтрах та мембранними методами.</p> <p>Література: [1] с. 195-221; [2] с. 181-188; [9] с. 337-354.</p> <p>Конструкції установок для очищення води методом мембранної дистиляції.</p> <p>Література: [1] с. 195-221; [2] с. 188-195; [9] с. 337-354.</p> <p>Застосування антискалантів в баромембранних процесах очищення води.</p> <p>Література: [1] с. 195-221; [2] с. 195-199; [9] с. 337-354.</p> <p>Отримання кислот, лугу та активного хлору електродіалізом.</p> <p>Застосування методу для переробки концентратів.</p> <p>Література: [1] с. 195-221; [2] с. 199-203; [9] с. 340-367.</p> <p>Основні методи отримання іонообмінних мембран та дифузійних мембран. Керамічні мембрани. Отримання та застосування їх.</p> <p>Стабілізаційна обробка води в мембранних процесах очищення.</p> <p>Література: [1] с. 195-221; [2] с. 181-209; [9] с. 337-367.</p> | 24                  |
| <b>Розділ 2 Деструктивні методи очищення води</b> |  |                     |
| 2   | <p>Озонування води. Використання озонідів.</p> <p>Література: [1] с. 223-237; [2] с. 210-216; [7] с. 255-313; [9] с. 452-478.</p> <p>Каталітичне парофазне окислення органічних домішок у воді.</p> <p>Література: [1] с. 223-237; [2] с. 216-220; [9] с. 460-468.</p> <p>Конструкції електролізерів. Джерела іонізуючого випромінювання.</p>  | 18                  |

|  |   |    |
|--|---|----|
|  | Література: [1] с. 223-237; [2] с. 220-224; [9] с. 460-478.<br>Озоніди. Методи отримання та способи використання їх.<br>Література: [1] с. 223-237; [2] с. 210-224; [7] с. 255-313; [9] с. 452-478. |    |
|  | Підготовка до МКР   | 2  |
|  | Підготовка до заліку  | 4  |
|  | Всього годин  | 48 |

### Забезпечення програмних результатів складовими освітнього компоненту

| Програмний результат   | Лекційні заняття  | Практичні та лабораторні заняття, індивідуальні завдання  |
|--|---|---|
| знати і розуміти механізми і кінетику хімічних процесів, ефективно використовувати їх при проектуванні і вдосконаленні технологічних процесів та апаратів хімічної промисловості           | <u>Лекція 1.</u> Мембранні методи очищення води;<br><u>Лекція 5.</u> Характеристики іонообмінних мембран;<br><u>Лекція 4.</u> Електродіаліз;<br><u>Лекція 7.</u> Деструкція домішок у воді з допомогою кисню. | <u>Семінарське заняття 4.</u><br><u>Іонообмінні мембрани;</u><br><u>Семінарське заняття 6.</u><br><u>Мембранне розділення розчинів;</u><br><u>Семінарське заняття 7.</u><br><u>Електродіаліз;</u><br><u>Семінарське заняття 8.</u><br><u>Деструктивні методи очищення води.</u>   |
| обирати і використовувати відповідне обладнання, інструменти та методи для вирішення складних задач хімічної інженерії, контролю та керування технологічних процесів хімічних виробництв   | <u>Лекція 3.</u> Ефективність мембранного очищення води;<br><u>Лекція 8.</u> Електрохімічна обробка води;<br><u>Лекція 9.</u> Радіаційна обробка води.  | <u>Семінарське заняття 1.</u><br><u>Зворотній осмос;</u><br><u>Семінарське заняття 2.</u><br><u>Селективність мембран;</u><br><u>Семінарське заняття 3.</u><br><u>Продуктивність мембран;</u><br><u>Семінарське заняття 5.</u><br><u>Селективність іонообмінних мембран.</u>  |
| розробляти і реалізовувати проекти, що стосуються технологій та обладнання хімічних виробництв, беручи до уваги цілі, ресурси, наявні обмеження, соціальні та економічні аспекти та ризику | <u>Лекція 2.</u> Застосування непористих мембран. Мембранна дистиляція;<br><u>Лекція 6.</u> Застосування хімічних окисників для очищення води.  | <u>Лабораторне заняття 1.</u><br>Очищення води ультрафільтрацією;<br><u>Лабораторне заняття 2.</u><br>Зворотньоосмотичне знесолення розчинів хлориду та сульфату натрію;<br><u>Лабораторне заняття 3.</u><br>Вилучення катіонів $Ca^{2+}$ та $Mg^{2+}$ із застосуванням зворотньоосмотичних мембран;<br><u>Лабораторне заняття 4.</u><br>Очищення води озонуванням. |

### Політика та контроль

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

##### Правила відвідування занять та поведінки на заняттях

Студенти зобов'язані брати активну участь в навчальному процесі, не спізнюватися на заняття та не пропускати їх без поважної причини, не заважати викладачу проводити заняття, не відволікатися на дії, що не пов'язані з навчальним процесом.

##### Правила призначення заохочувальних та штрафних балів



- заохочувальні бали можуть нараховуватись викладачем виключно за виконання творчих робіт з дисципліни або додаткового проходження он-лайн профільних курсів з отриманням відповідного сертифікату:
- <https://www.coursera.org/learn/water-treatment>;
- <https://croplia.com/water-treatment-pro/>.

Але їхня сума не може перевищувати 10 % від рейтингової шкали. Зарахування сертифікату з певного он-лайн профільного курсу одноразове.

- штрафні бали в рамках навчальної дисципліни не передбачені.

#### **Політика дедлайнів та перескладань**

У разі виникнення заборгованостей з навчальної дисципліни або будь-яких форс-мажорних обставин, студенти мають зв'язатися з викладачем по доступних (наданих викладачем) каналах зв'язку для розв'язання проблемних питань та узгодження алгоритму дій для відпрацювання.

#### **Політика академічної доброчесності**

Плагіат та інші форми недоброчесної роботи неприпустимі. До плагіату відноситься відсутність посилань при використанні друкованих та електронних матеріалів, цитат, думок інших авторів. Неприпустимі підказки та списування під час написання тестів, проведення занять; здача заліку за іншого студента; копіювання матеріалів, захищених системою авторського права, без дозволу автора роботи.

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

#### **Політика академічної поведінки і етики**

Студенти мають бути толерантним, поважати думку оточуючих, заперечення формулювати в коректній формі, конструктивно підтримувати зворотний зв'язок на заняттях.

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

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

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

| Семестр | Навчальний час |            | Розподіл навчальних годин |           |           |     | Контрольні заходи |     |                      |
|---------|----------------|------------|---------------------------|-----------|-----------|-----|-------------------|-----|----------------------|
|         | Кредити        | акад. год. | Лекції                    | Практичні | Лаб. роб. | СРС | МКР               | РГР | Семестровий контроль |
| 5       | 4              | 120        | 18                        | 18        | 36        | 48  | 1                 | –   | залік                |

#### **Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що він отримує за:**

- роботу на практичних заняттях
- роботу на лабораторних роботах,
- написання модульної контрольної роботи.

Семестровим контролем є залік.

#### **Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання**

Система рейтингових балів та критерії оцінювання:

#### **Виконання завдань на практичних заняттях.**

Ваговий бал на 1, 4 та 5 практичних заняттях складає по 7 балів. На практичному занятті 2 та 3 ваговий бал дорівнює 8. Ваговий бал на 6-8 практичних заняттях складає по 5 балів.

#### **Критерії оцінювання контрольних робіт**

| <b>Повнота та ознаки відповіді</b>   | <b>Бали</b> |     |     |
|--|-------------|-----|-----|
| Повна відповідь  | 5-7         | 7-8 | 5   |
| У відповіді не наведено другорядні чи залежні від основних параметри (матеріали) | 3-4         | 4-6 | 3-4 |

|   |   |     |   |
|---|---|-----|---|
| У відповіді не наведено половину основних і кілька другорядних параметрів чи матеріалів | 2 | 2-3 | 2 |
| Відповідь поверхнева без аналізу параметрів, умов, матеріалів, фактів, неповні висновки | 1 | 1   | 1 |
| Практичне завдання не зараховане  | 0 | 0   | 0 |

Виконання лабораторних робіт.

Ваговий бал за роботу складає 7 балів.

Критерії оцінювання виконання лабораторних робіт

| <b>Повнота та ознаки виконання завдання</b>      | <b>Бали</b> |
|--|-------------|
| Завдання виконане в повній мірі                  | 7           |
| Незначні недоліки за пунктом 1                   | 6-5         |
| Несвоєчасне виконання завдання                   | 4-3         |
| Несвоєчасне виконання завдання, недоліки за п. 1 | 2           |
| Неякісне виконання завдання                      | 1           |
| Невиконання завдання                             | 0           |

Модульні контрольні роботи

Дві контрольні роботи (МКР поділяється на 2 роботи тривалістю по 45 хвилин)

Ваговий бал – 10 балів. Максимальна кількість балів за всі контрольні роботи дорівнює:  
10 балів x2 роботи = 20 балів

Критерії оцінювання контрольних робіт

| <b>Повнота та ознаки відповіді</b>  | <b>Бали</b> |
|---|-------------|
| Повна відповідь   | 10          |
| У відповіді не наведено другорядні чи залежні від основних параметри (матеріали)        | 7-9         |
| У відповіді не наведено половину основних і кілька другорядних параметрів чи матеріалів | 4-6         |
| Відповідь поверхнева без аналізу параметрів, умов, матеріалів, фактів, неповні висновки | 1-3         |
| Контрольна робота не зараховане   | 0           |

Таким чином рейтингова семестрова шкала з кредитного модуля складає:

$$R = 3 \times 7 + 2 \times 8 + 3 \times 5 + 4 \times 7 + 2 \times 10 = 100 \text{ балів}$$

За результатами навчальної роботи за перші 7 тижнів «ідеальний студент» має набрати 40 балів. На першій атестації (8-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 20 балів.

За результатами навчальної роботи за 18 тижнів навчання «ідеальний студент» має набрати 90 балів. На другій атестації (16-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 40 балів.

Максимальна сума балів складає 100. Для отримання заліку з кредитного модуля «автоматом» потрібно мати рейтинг не менше 60 балів.

Студенти, які набрали протягом семестру рейтинг менше 0,6 R, а також ті, хто хоче підвищити загальний рейтинг, виконують додаткову контрольну роботу. Завдання контрольної роботи містять запитання, які відносяться до різних розділів кредитного модуля. Перелік запитань наведено у Розділі 11.

Завдання контрольної роботи складається з 2 запитань, що відносяться до різних тем кредитного модуля. За правильну відповідь на кожне питання студенти отримують по 5 балів. Отже, максимальна кількість балів за залікову контрольну складає 5 балів × 2 = 10 балів.

Система оцінювання окремих питань залікової контрольної роботи:

| <b>Повнота та ознаки відповіді</b>  | <b>Бали</b> |
|---|-------------|
| «Відмінно»: Повна та вірна відповідь на питання   | 5           |
| «Добре»: У відповіді не наведено достатньої кількості фактів, прикладів, не зроблено висновків, або допущено окремі неточності; | 4           |
| «Задовільно»: Дана часткова відповідь, конкретне формулювання законів та термінів відсутнє або допущено грубі помилки;          | 3           |
| «Незадовільно»: Питання не зараховане або відсутнє  | 1-2         |

Для отримання залікової оцінки, сума всіх отриманих протягом семестру рейтингових балів **R** переводиться згідно з таблицею:

| <b>Кількість балів</b>    | <b>Оцінка</b> |
|---------------------------|---------------|
| 95...100                  | відмінно      |
| 85...94                   | дуже добре    |
| 75...84                   | добре         |
| 65...74                   | задовільно    |
| 60...64                   | достатньо     |
| RD < 60                   | незадовільно  |
| Не виконані умови допуску | не допущено   |

### **11. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)**

#### **Приблизний перелік питань, які виносяться на семестровий контроль**

1. Наведіть основні поняття та визначення мембранних методів.
2. Зробіть аналіз селективності та продуктивності мембран.
3. Наведіть класифікацію мембран.
4. Охарактеризуйте основні типи і способи одержання мембран.
5. Наведіть коефіцієнти фільтрування та відбивання.
6. Порівняйте баромембранні процеси.
7. Охарактеризуйте процес нанофільтрування.
8. Охарактеризуйте процес ультрафільтрування.
9. Охарактеризуйте метод зворотного осмосу.
10. Охарактеризуйте метод діалізу та первапорації.
11. Охарактеризуйте метод мембранної дистиляції.
12. Поясніть вплив тиску на роботу мембран.
13. Поясніть вплив температури на мембранне розділення речовин.
14. Поясніть вплив природи речовин на мембранні процеси.
15. Розкрийте поняття: концентраційна поляризація іонообмінних мембран.
16. Поясніть сутність методу електродіалізу.
17. Наведіть характеристики іонообмінних мембран.
18. Наведіть вимоги до якості іонообмінних мембран.
19. Охарактеризуйте іонообмінних мембран.
20. Зробіть аналіз селективності іонообмінних мембран.
21. Поясніть поняття: число перенесення, селективність та специфічна селективність іонообмінних мембран.
22. Зробіть аналіз електропровідності іонообмінних мембран.
23. Охарактеризуйте дифузійну проникність мембран.
24. Опишіть механізм напівпроникності мембран.
25. Охарактеризуйте осмотичну проникність мембран.
26. Порівняйте гомогенні та гетерогенні мембрани.
27. Поясніть явище набрякання мембран.
28. Опишіть механізм електроосмотичної проникності мембран.
29. Поясніть вплив концентраційної поляризації на роботу мембран.
30. Наведіть класифікацію деструктивних методів очищення води.
31. Обґрунтуйте застосування кисню при очищенні води.

32. Обґрунтуйте окислення органічних домішок хлором та його сполуками.
33. Обґрунтуйте застосування озону при очищенні води.
34. Обґрунтуйте використання пероксиду водню, сполук марганцю при очищенні води.
35. Поясніть механізм окислення домішок у воді киснем.
36. Охарактеризуйте термоокислювальні методи очищення води.
37. Опишіть механізм глибокого окислення домішок у воді.
38. Охарактеризуйте рідкофазне окислення.
39. Охарактеризуйте електрохімічне окислення домішок у воді.
40. Охарактеризуйте радіаційні методи очищення води.

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

**Складено** проф., д.т.н., Гомелею М. Д.

**Ухвалено** кафедрою Е та ТРП (протокол № 14 від 18.05.2023р.)

**Погоджено** методичною комісією ІХФ ( протокол № 10 від 26.05.2023)