



### Мембранні методи очищення води

#### Робоча програма освітнього компонента (Силабус)

#### Реквізити освітнього компонента

|                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Рівень вищої освіти</b>                         | <b>бакалавр</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Галузь знань</b>                                | 10 Природничі науки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Спеціальність</b>                               | 101 Екологія                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Освітня програма</b>                            | Екологічна безпека                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Статус освітнього компонента</b>                | Вибіркова                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Форма навчання</b>                              | очна(денна)/дистанційна/змішана                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Рік підготовки, семестр</b>                     | 3 курс/6 семестр                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Обсяг освітнього компонента</b>                 | 4 кредити ЕКТС (120 годин)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Семестровий контроль/ контрольні заходи</b>     | Залік                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Розклад занять</b>                              | 4 години на тиждень (1 години лекційних, 1 година практичних занять та 2 години лабораторних занять)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Мова викладання</b>                             | Українська                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Інформація про керівника курсу / 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/shablii-tetyana-oleksandrivna.html">https://eco-paper.kpi.ua/pro-kafedru/vykladachi/shablii-tetyana-oleksandrivna.html</a> |
| <b>Розміщення курсу</b>                            | <a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=5377">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=5377</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

#### Програма освітнього компонента

#### **1. Опис освітнього компонента, його 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 вододєфіцитних 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 освітнього компонента «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 охорони навколишнього середовища, включаючи установи управління екологічною безпекою держави, наукові установи та організації, підприємства.

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

#### **Мета освітнього компонента « Мембранні методи очищення води»**

Метою вивчення даної освітнього компонента 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 вдосконалювати, проектувати, реалізовувати та експлуатувати технології та обладнання очищення та переробки вихідних газів, стічних вод та твердих відходів;
- здатність до критичного осмислення основних теорій, методів та принципів природничих наук.

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

- уміти проводити пошук інформації з використанням відповідних джерел для прийняття обґрунтованих рішень;
- уміти обирати оптимальні методи та інструментальні засоби для проведення досліджень, збору та обробки даних;
- розробляти технології, використовувати процеси та апарати, що забезпечують ефективне розділення, концентрування, вилучення, деструкцію шкідливих домішок у водних системах і газових середовищах, переробку та утилізацію відходів.

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

Вивчення освітнього компонента **«Мембранні методи очищення води»** базується на засадах інтеграції різноманітних знань, отриманих студентами протягом бакалаврату при вивченні освітніх компонентів природничого та інженерно-технічного спрямування: «Гідрологія», «Хімія з основами біогеохімії», «Спеціальні розділи біогеохімії», «Органічна хімія», «Аналітична хімія».

Освітній компонент **«Мембранні методи очищення води»** є підґрунтям для вивчення наступних освітніх компонентів: «Технології очищення води», «Водопідготовка в промисловості та комунальних господарствах», «Механічні та біологічні процеси утилізації рідких відходів», «Проектування систем водопостачання», «Оборотні та замкнуті системи водоспоживання», «Централізовані системи водопостачання», «Проектування очисних споруд та систем водокористування», «Процеси та обладнання очищення води», «Станції водоочищення», «Ресурсоефективні водоциркуляційні системи», «Водопостачання та водовідведення найбільш водоемких підприємств», «Системи промислового водопостачання без скиду стічних вод у довкілля» та забезпечує виконання бакалаврського проекту.

## **3. Зміст освітнього компонента « Мембранні методи очищення води»**

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

Тема 1.Мембранні методи у водоочищенні.

Тема 2.Застосування непористих мембран.

Тема 3.Термомембранні процеси.

Тема 4.Фактори, що впливають на процеси мембранного розділення розчинів.

Тема 5. Електродіаліз. Характеристики іонообмінних мембран.

Тема 6. Характеристики іонообмінних мембран.

Тема 7. Мембрани та мембранні елементи в процесах очищення води.

Тема 8. Проблеми використання зворотнього осмосу.

Тема 9. Повторне використання мембран.

#### **4. 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://mepr.gov.ua/>
2. Interactive map of river pollution in Ukraine - – <https://texty.org.ua/water/>
3. Industrial ecology. Community of environmental specialists - <http://www.eco.com.ua/>
4. Бібліотека ім. В.І. Вернадського – [www.nbuv.gov.ua](http://www.nbuv.gov.ua)
5. Екологічний портал України – <http://www.ecolog.org.ua/>
6. Електронний архів наукових та освітніх матеріалів КПІ ім. Ігоря Сікорського –

ELAKPI URL: <https://ela.kpi.ua/>

## 5. Методика опанування освітнього компонента

### Лекційні заняття

Лекційні заняття спрямовані на:

- надання сучасних, цілісних, взаємозалежних знань з освітнього компонента «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 результаті 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.

| <b>Назва теми лекції та перелік основних питань<br/>(перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)</b>                                                                                                                                                                                                                                               | <b>Годин</b> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <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.         | 2            |
| <b>Застосування непористих мембран.</b><br>Мембранні процеси з використання непористих мембран. Діаліз, первапорація. Мембрани. Одержання мембран. Механізм напівпроникності 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 первапорації.                                           | 2            |
| <b>Термомембранні процеси</b><br>Мембранна дистиляція. Мембрани для мембранної дистиляції. Масо- і теплоперенесення в мембранній дистиляції. Модулі і установки для мембранної дистиляції.<br>Література: [1] с. 195-221; [2] с. 195-199; [9] с. 337-354.<br>Завдання на СРС. Приклади використання мембранної дистиляції. Термоосмос.                                          | 2            |
| <b>Фактори, що впливають на процеси мембранного очищення води.</b><br>Вплив робочого тиску, температури, концентрації розчинів, природи речовин, концентраційної поляризації на процеси мембранного очищення.<br>Література: [1] с. 195-221; [2] с. 199-203; [9] с. 340-367.<br>Завдання на СРС. Природа концентраційної поляризації у процесах мембранного розділення речовин. | 2            |



|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <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, лугу та активного хлору електродіалізом. Застосування методу для переробки концентратів</p>                                                                  | 2         |
| <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         |
| <p><b>Мембрани та мембранні елементи в процесах очищення води.</b><br/> Механізм транспортування води та солей. Організація процесу фільтрування через мембрани. Мембрани та мембранні елементи.<br/> Література: [1] с. 223-237; [2] с. 216-220; [9] с. 460-468.<br/> Завдання на СРС. Будова рулонних мембранних елементів.</p>                                                                                                        | 2         |
| <p><b>Проблеми використання зворотнього осмосу в очищенні води</b><br/> Мінералізація води. Утилізація концентратів. Поводження з відпрацьованими зворотньоосмотичними мембранами.<br/> Література: [1] с. 223-237; [2] с. 220-224; [9] с. 460-478.<br/> Завдання на СРС. Ієрархія управління відходами мембран.</p>                                                                                                                     | 2         |
| <p><b>Повторне використання мембран</b><br/> Методи фізичного та хімічного очищення мембран. Переробка мембран з використання окислених сполук хлору, озону, перекису водню, перманганату калію.<br/> Література: [1] с. 223-237; [2] с. 220-224; [9] с. 460-478.<br/> Завдання на СРС. Застосування антискалантів.</p>                                                                                                                  | 2         |
| <b>Всього</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>18</b> |

### **Семінарські заняття**

У системі професійної підготовки студентів по даному освітньому компоненту практичні заняття займають 25 % аудиторного навантаження. Будучи доповненням до лекційного курсу, вони закладають і формують основи кваліфікації бакалавра в галузі екології, а саме захисту водойм від антропогенного впливу. 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.

| <b>Назва теми практичного заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)</b>                                                                                                         | <b>Годин</b> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <u>Зворотній осмос</u><br>Осмотичний тиск. Робочий тиск при зворотньому осмосі.<br>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            |
| <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            |
| <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            |
| <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            |
| <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            |
| <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            |
| <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            |
| <u>Мембрани та мембранні елементи</u><br>Механізм зворотньоосмотичного знесолення води<br>Література: [1] с. 223-235.<br>Завдання на СРС. Механізми мембранного виділення домішок із води.                                                               | 2            |
| Модульна контрольна робота                                                                                                                                                                                                                               | 2            |
| Всього                                                                                                                                                                                                                                                   | 18           |

### **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                         |

### Самостійна робота студента

Самостійна робота займає 40 % часу вивчення освітнього компонента, 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                                               | Особливості очищення води на механічних фільтрах та мембранними методами.<br>Література: [1] с. 195-221; [2] с. 181-188; [9] с. 337-354.<br>Конструкції установок для очищення води методом мембранної дистиляції.<br>Література: [1] с. 195-221; [2] с. 188-195; [9] с. 337-354.<br>Застосування антискалантів в баромембранних процесах очищення води.<br>Література: [1] с. 195-221; [2] с. 195-199; [9] с. 337-354.<br>Отримання кислот, лугу та активного хлору електродіалізом.<br>Застосування методу для переробки концентратів.<br>Література: [1] с. 195-221; [2] с. 199-203; [9] с. 340-367.<br>Основні методи отримання іонообмінних мембран та дифузійних мембран. Керамічні мембрани. Отримання та застосування їх.<br>Стабілізаційна обробка води в мембранних процесах очищення.<br>Література: [1] с. 195-221; [2] с. 181-209; [9] с. 337-367. | 40                  |
|                                                 | Підготовка до МКР                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 4                   |
|                                                 | Підготовка до заліку                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 4                   |
|                                                 | Всього годин                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 48                  |

**Забезпечення програмних результатів складовими освітнього компоненту**

| Програмний результат                                                                                                                                                                                                               | Лекційні заняття                                                                                                                                                                                                  | Практичні та лабораторні заняття, індивідуальні завдання                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| уміти проводити пошук інформації з використанням відповідних джерел для прийняття обґрунтованих рішень                                                                                                                             | <u>Лекція. Мембранні методи очищення води;</u><br><u>Лекція. Характеристики іонообмінних мембран;</u><br><u>Лекція. Електродіаліз;</u><br><u>Лекція. Мембрани та мембранні елементи в процесах очищення води.</u> | <u>Семінарське заняття. Іонообмінні мембрани;</u><br><u>Семінарське заняття. Мембранне розділення розчинів;</u><br><u>Семінарське заняття. Електродіаліз;</u><br><u>Семінарське заняття. Мембрани та мембранні елементи в процесах очищення води.</u>                                                                                                                               |
| уміти обирати оптимальні методи та інструментальні засоби для проведення досліджень, збору та обробки даних                                                                                                                        | <u>Лекція. Ефективність мембранного очищення води;</u><br><u>Лекція. Проблеми використання зворотнього осмосу;</u><br><u>Лекція. Повторне використання мембранних елементів.</u>                                  | <u>Семінарське заняття. Зворотній осмос;</u><br><u>Семінарське заняття. Селективність мембран;</u><br><u>Семінарське заняття. Продуктивність мембран;</u><br><u>Семінарське заняття. Селективність іонообмінних мембран.</u>                                                                                                                                                        |
| розробляти технології, використовувати процеси та апарати, що забезпечують ефективне розділення, концентрування, вилучення, деструкцію шкідливих домішок у водних системах і газових середовищах, переробку та утилізацію відходів | <u>Лекція. Застосування непористих мембран. Мембранна дистиляція;</u><br><u>Лекція. Застосування іонообмінних мембран.</u>                                                                                        | <u>Лабораторне заняття. Очищення води ультрафільтрацією;</u><br><u>Лабораторне заняття. Зворотньоосмотичне знесолення розчинів хлориду та сульфату натрію;</u><br><u>Лабораторне заняття. Вилучення катіонів <math>\text{Ca}^{2+}</math> та <math>\text{Mg}^{2+}</math> із застосуванням зворотньоосмотичних мембран;</u><br><u>Лабораторне заняття. Очищення води озонуванням.</u> |

## Політика та контроль

### 6. Політика 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 освітнього компонента або додаткового проходження он-лайн профільних курсів з отриманням відповідного сертифікату:
- <https://www.coursera.org/learn/water-treatment>;
- <https://cropaia.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 освітнього компонента не передбачені.

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

У разі виникнення заборгованостей з освітнього компонента 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. При використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соцмережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача. 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>

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

Розподіл навчального часу за видами занять і завдань з освітнього компонента 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 освітнього компонента 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

| Повнота та ознаки відповіді                                                             | Бали |     |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|------|-----|-----|
| 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:

$$10 \text{ балів} \times 2 \text{ роботи} = 20 \text{ балів}$$

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           |

#### **УВАГА! Умовою допуску до здачі заліку є:**

1. виконання та захист ВСІХ лабораторних робіт,
2. поточний рейтинг на закінчення семестру не менше 40 балів.

Таким чином рейтингова семестрова шкала з освітнього компонента складає:

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

За результатами навчальної роботи перед першою атестацією «ідеальний студент» має набрати 40 балів. На першій атестації студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 20 балів.

За результатами навчальної роботи перед другою атестацією «ідеальний студент» має набрати 90 балів. На другій атестації студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 40 балів.

Максимальна сума балів складає 100. Для отримання заліку з освітнього компонента «автоматом» потрібно мати рейтинг не менше 60 балів, а також виконання та захист ВСІХ лабораторних робіт.

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 питання, які відносяться до різних розділів освітнього компонента. Перелік питань наведено у Розділі 8.

Завдання контрольної роботи складається з 2 питань, що відносяться до різних тем освітнього компонента. За правильну відповідь на кожне питання студенти отримують по 5 балів. Отже, максимальна кількість балів за залікову контрольну складає  $5 \text{ балів} \times 2 = 10 \text{ балів}$ .

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;          | 2-3         |
| «Незадовільно»: Питання не зараховане або відсутнє                                                                              | 0-1         |

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   |

## 8. Додаткова інформація з 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. Механізми транспортування води та солей через мембрану. Рівняння Хагена-Пуазейля.
31. Механізм дифузійного перенесення компоненту через мембрану.
32. Моделі транспортування води через зворотньоосмотичну мембрану.
33. Тупиковий та тангенційний процеси фільтрування води через мембрану.
34. Принципова схема очищення води методами зворотнього осмосу та нанофільтрування.
35. Продуктивність, селективність мембрани, ступінь відбору перміату у баромембранних процесах очищення води.
36. Принципова схема організації процесу зворотньоосмотичного та нанофільтраційного очищення води.
37. Принципова схема організації процесу зворотньоосмотичного очищення води з рециклом конденсату.
38. Тупикові мембранні елементи.
39. Мембранні елементи у тангенційних процесах фільтрування.
40. Будова спірального зворотньоосмотичного елемента.
41. Класифікація зворотньоосмотичних фільтрувальних елементів.
42. Причини виходу мембран з ладу.
43. Фоулінг мембран. Класифікація фоулінгу мембран.
44. Методи фізичного очищення мембран.
45. Методи хімічного очищення мембран.

**Робочу програму освітнього компонента (силабус):**

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

**Ухвалено** кафедрою Е та ТРП (протокол № 17 від 29.05.2025р.)

**Погоджено** методичною комісією ІХФ ( протокол № 11 від 27.06.2025р)