



Сучасні технології кондиціонування та очищення води
Робоча програма освітнього компонента (Силабус)

Реквізити освітнього компонента

Рівень вищої освіти	Третій (освітньо-науковий)
Галузь знань	10 Природничі науки
Спеціальність	101 Екологія
Освітня програма	Екологія
Статус освітнього компонента	Вибіркова
Форма навчання	очна(денна)/очна(вечірня)/дистанційна/змішана
Рік підготовки, семестр	2 курс, весняний семестр
Обсяг освітнього компонента	6 кредитів ЕКТС (180 годин)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік
Розклад занять	3 години на тиждень (2 година лекційних та 1 година практичних занять)
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: https://eco-paper.kpi.ua/pro-kafedru/vykladachi/vizytky/gomelya-mikola-dmitrovich.html Практичні /Семінарські: https://eco-paper.kpi.ua/pro-kafedru/vykladachi/vizytky/gomelya-mikola-dmitrovich.html
Розміщення курсу	https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=4395

Програма освітнього компонента

1. Опис освітнього компонента, його мета, предмет вивчення та результати навчання

Захист водних екологічних систем від негативного впливу є складною та важливою проблемою. Особливо це важливо для України, водні ресурси якої досить обмежені. При існуючих підходах до водокористування та водоспоживання значна частина природних водойм забруднені внаслідок антропогенного навантаження. Це стосується, насамперед, скиду стічних вод промислових підприємств. Особливо небезпечними є стічні води підприємств добувної промисловості. Слід відмітити, що дані стічні води є високомінералізованими. На сьогодні на Україні існуючі технології очищення стічних вод практично непридатні для знесолення води, тому значна частина шахтних вод скидається у довкілля практично без очищення. Це призводить до підвищення рівня мінералізації у багатьох природних водоймах, які використовуються і як джерела водопостачання. Саме тому значна частина населення споживає неякісну питну воду. Існуючі технології кондиціонування води у більшості не забезпечують суттєвої демінералізації води. Крім забруднення води мінеральними солями складною є проблема захисту водойм від забруднення важкими металами, органічними речовинами, включаючи і нафтопродукти, бактеріального забруднення.

Негативні явища, що виникли внаслідок антропогенного впливу на природні водойми, головним чином, обумовлені відсталою стратегією водоспоживання, особливо у промисловості, яка на Україні займає перше місце за об'ємами скиду стічних вод.

Предмет освітнього компонента «Сучасні технології кондиціонування та очищення води» – реалізація підходів, що забезпечать високоякісну підготовку природних вод, надійне очищення стічних вод 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 найвищому науковому рівні.

Мета освітнього компонента «Сучасні технології кондиціонування та очищення води»

Метою вивчення даного освітнього компонента є формування у аспірантів комплексу знань в області сучасних технологій, наукових розробок кондиціонування та очищення води, комплексу умінь та навиків, необхідних для проведення наукових досліджень у даному напрямку, для створення сучасних та нових методів і технологій водопідготовки та очищення стічних вод для створення замкнених (безстічних) систем водокористування у промисловості та комунальних господарствах, для кваліфікованого управління водоспоживанням у промисловості та комунальних господарствах. Відповідно до мети підготовка докторів філософії за даною спеціальністю вимагає посилення сформованих у аспірантів компетентностей:

- здатність проводити критичний аналіз, оцінку і синтез нових та складних ідей;
- здатність адаптувати і узагальнювати результати сучасних досліджень в екологічній області для вирішення наукових і практичних проблем;
- на основі визначення рівнів екологічних загроз від існуючих виробництв здатність модернізувати систему контролю негативних впливів та розробляти ефективні заходи по захисту навколишнього середовища, визначати напрямки вдосконалення організації, управління та модернізації виробництв для забезпечення ефективного ресурсозбереження.

Згідно з вимогами програми освітнього компонента «Сучасні технології кондиціонування та очищення води», аспіранти після її засвоєння мають продемонструвати такі програмні результати навчання:

- знати пріоритетні державні напрями розвитку науки, техніки і технологій у фаховій і суміжних областях;
- мати сучасні концептуальні знання та високий методологічний рівень у сфері екології та на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень.

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

Вивчення освітнього компонента «Сучасні технології кондиціонування та очищення води» базується на засадах інтеграції різноманітних знань, отриманих аспірантами протягом бакалаврату та магістратури при вивченні освітніх компонентів природничого та інженерно-технічного спрямування. Освітній компонент «Сучасні технології кондиціонування та очищення води» є фундаментальною основою, що має забезпечити розв'язання комплексних проблеми в області захисту гідросфери, раціонального використання водних ресурсів та спрямована на глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань та професійної практики.

3. Зміст освітнього компонента

Розділ 1. Розробка методів синтезу коагулянтів та флокулянтів. Оцінка їх ефективності при очищенні води

Тема 1. Отримання коагулянтів та їх використання для очищення води

Тема 2. Синтез флокулянтів та їх застосування в процесах водоочищення

Розділ 2. Маловідходні процеси кондиціонування води

Тема 3. Пом'якшення гідрокарбонатно-кальцієвих вод

Тема 4. Реагентне пом'якшення та опріснення концентратів баромембранного очищення води

Розділ 3. Маловідходні процеси знесолення природних та стічних вод

Тема 5. Застосування катіонітів для пом'якшення та стабілізаційної обробки води

Тема 6. Вилучення аніонів із води іонообмінним методом

Розділ 4. Переробка засолених концентратів

Тема 7. Відновлення регенераційних розчинів при натрій-катіонному пом'якшенні води для їх повторного використання

Тема 8. Електрохімічна переробка елюатів та концентратів, що утворюються при іонообмінному та баромембранному опрісненні води

Розділ 5. Маловідходні технології знесолення води

Тема 9. Маловідходні технології опріснення та знесолення води

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. 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

5. Шаблій Т.О., Радовенчик В.М., Гомеля М.Д. Застосування нових технологій і реагентів в промисловому водоспоживанні. К.: Інфодрук, 2014. – 302 с.
6. 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 – 551 с.
7. 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. Екологічний портал України – www.ecologya.com.ua
3. Бібліотека ім. В.І. Вернадського – www.nbuv.gov.ua
4. 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 «Сучасні технології кондиціонування та очищення води», рівень яких визначається цільовою установкою до кожної конкретної теми;
- забезпечення в процесі лекції творчої роботи аспірантів спільно з викладачем;
- виховання у аспірантів професійно-ділових якостей і розвиток у них самостійного творчого мислення;
- формування у аспірантів необхідного інтересу та надання напрямку для самостійної роботи;
- визначення на сучасному рівні розвитку науки в області сучасних методів та процесів кондиціонування, прогнозування розвитку на найближчі роки;
- відображення методичної обробки матеріалу (виділення головних положень, висновків, рекомендацій, чітке і адекватне їх формулюваннях);
- використання для демонстрації наочних матеріалів, поєднання, по можливості їх з демонстрацією результатів 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.

Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)	Годин
Отримання коагулянтів та їх використання для очищення води Сульфат та гідросульфат алюмінію. Гідроксо-алюмінат натрію. Хлорид та гідроксохлориди алюмінію. Коагулянти на основі сполук заліза. Основні методи отримання коагулянтів. Використання коагулянтів при очищенні води. Література: [1] с. 38-84; [3] с. 32-69. Завдання на СРС. Сировина для отримання алюмінієвих, залізних та змішаних коагулянтів. Шляхи зниження собівартості коагулянтів на основі гідроксохлоридів алюмінію.	4
Синтез флокулянтів та їх застосування в процесах водоочищення Нейонні, аніонні та катіонні флокулянти. Основні методи отримання синтетичних флокулянтів. Використання флокулянтів для очищення води та зневоднення осадів. Література: [1] с. 85-113; [3] с. 83-97. Завдання на СРС. Модифікування природних та синтетичних флокулянтів. Отримання активованої кремнієвої кислоти.	4
Пом'якшення гідроксокарбонатно-кальцієвих вод Види реагентного пом'якшення води. Використання комбінованих методів. Застосування реагентів для забезпечення глибокого пом'якшення води. Використання коагулянтів у процесах пом'якшення води. Література: [1] с. 38-113. Завдання на СРС. Основні напрямки утилізації твердих відходів реагентного пом'якшення води. Шляхи зниження лужності води при її реагентному пом'якшенні..	4
Реагентне пом'якшення та опріснення концентратів баромембранного очищення води Концентрування солей при використанні зворотнього осмосу та нанофільтрування. Реагентне зв'язування сульфатів у водних розчинах.	4

Вибір алюмінієвих коагулянтів для висадження сульфогідроксоалюмінату кальцію. Література: [1] с. 38-113. Завдання на СРС. Реагенти для зниження розчинності сульфатів у воді. Шляхи утилізації осадів що утворюються при реагентному знесоленні водних розчинів.	
Застосування катіонітів для пом'якшення та стабілізаційної обробки води Іоніти. Катіоніти. Селективність іонітів. Сильно- та слабо кислотні катіоніти. Форма катіоніту. Способи регенерації катіонітів. Література: [1] с. 165-194; [3] с. 130-136. Завдання на СРС. Вибір катіонітів для вилучення іонів важких металів із води.	4
Вилучення аніонів із води іонообмінним методом Аніоніти. Низько- та високоосновні катіоніти. Вилучення з води та розділення хлоридів і сульфатів на аніонітах. Застосування аніонітів для вилучення нітратів та фосфатів. Література: [1] с. 165-194; [3] с. 130-136. Завдання на СРС. Основні методи синтезу аніонітів.	4
Відновлення регенераційних розчинів при натрій-катіонному пом'якшенні води для їх повторного використання Регенерація катіонітів розчинами солей та кислот. Вплив рН на ефективність висадження сполук кальцію і магнію з регенераційних розчинів хлориду натрію. Регенерація сильно- та слабо кислотних катіонітів. Література: [1] с. 165-194; [3] с. 130-136. Завдання на СРС. Основні методи синтезу катіонітів.	4
Електрохімічна переробка елюатів та концентратів, що утворюються при іонообмінному та баромембранному опрісненні води Іонообмінне знесолення води. Баромембранне знесолення води. Отримання окислених похідних хлору при електродіалізі розчинів хлориду натрію. Отримання сірчаної кислоти та лугу при застосуванні електродіалізу. Література: [1] с. 165-194; [3] с. 143-152. Завдання на СРС. Методи концентрування сірчаної кислоти та лугу отриманих при електродіалізу розчинів сульфату натрію.	4
Маловідходні технології опріснення та знесолення води Переваги та недоліки іонообмінної технології знесолення води. Застосування нанофільтрування при опрісненні води. Комплексна технологія знесолення морської води. Література: [1] с. 238-251; [3] с. 225-243. Завдання на СРС. Застосування баромембранних технологій для очищення шахтних вод.	4
Всього	36

Практичні заняття

У системі професійної підготовки аспірантів по даному освітньому компоненту практичні заняття займають 33 % аудиторного навантаження. Будучи доповненням до лекційного курсу, вони закладають і формують основи кваліфікації доктора філософії 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 аспірантів як творчих працівників в області охорони навколишнього природного середовища.

Основні завдання циклу практичних занять:

- допомогти аспірантам систематизувати, закріпити і поглибити знання теоретичного характеру в області сучасних методів та технологій кондиціонування та очищення води;
- навчити аспірантів 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.

Назва теми практичного заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)	Годин
Очищення води методом коагулювання Освітлення та знебарвлення води коагулянтами. Гідроліз солей алюмінію та заліза при використанні коагулянтів. Розрахунок доз коагулянтів в залежності від характеристик води. Література: [1] с. 8-37; [3] с. 32-97. Завдання на СРС. Кінетика процесів коагулювання.	2
Флокуляція при реагентному очищенні води Класифікація флокулянтів. Оцінка ефективності флокулянтів при відстоюванні та фільтруванні води. Розрахувати ступінь освітлення та знебарвлення води. Література: [1] с. 85-113; [3] с. 70-97. Завдання на СРС. Застосування еніхлоргідрину при синтезі та модифікуванні флокулянтів.	2
Реагентні методи очищення води Застосування основних реагентів в процесах пом'якшення води. Розрахунок доз реагентів при пом'якшенні води. Література: [1] с. 8-37; [3] с. 32-69. Завдання на СРС. Оцінити вплив коагулянтів на процеси реагентного пом'якшення води	2
Опріснення концентратів нанофільтраційного знесолення води Реагентне очищення води забрудненої сульфатами, карбонатами та іонами жорсткості. Розрахувати необхідні дози алюмінієвих коагулянтів. Література: [1] с. 195-221; [3] с. 181-209. Завдання на СРС. Механізм процесу утворення водо нерозчинного сульфогідроксоалюмінату кальцію.	2
Натрій-катіонне пом'якшення води Повна обмінна ємність катіоніту. Визначення робочої обмінної ємності катіоніту виходячи із характеристик води та її витрати. Література: [1] с. 165-194; [3] с. 130-159. Завдання на СРС. Порівняти ефективність сильно- та слабо кислотних катіонітів в процесах пом'якшення води.	2
Застосування аніонітів в процесах очищення води Вилучення хлоридів та сульфатів із нейтральних та кислих розчинів. Розрахувати повну обмінну динамічну ємність аніонітів. Література: [1] с. 165-194; [3] с. 130-159. Завдання на СРС. Порівняти селективність високоосновних катіонітів для хлоридів, сульфатів та нітратів.	2
Вилучення іонів жорсткості із розчинів солей	2

Вилучення кальцію та магнію із розчину хлористого натрію. Вплив pH на повторне використання розчину при регенерації катіоніту. Визначення ступеню регенерації катіоніту. Література: [1] с. 170-185; [3] с. 140-152. Завдання на СРС. Визначити залежність ефективності регенерації катіоніту від концентрації соді та pH в регенераційному розчині.	
Знесолення розчинів електролізом Переробка електролізом розчинів що містять сульфати. Особливості процесу електролізу розчинів, що містять хлориди. Вплив іонів жорсткості на процеси електролізу. Література: [1] с. 195-221; [3] с. 204-209. Завдання на СРС. Навести основні характеристики іонообмінних мембран.	2
Технології знесолення води Іонообмінні, баромембранні, електрохімічні процеси в технологіях знесолення води. Література: [3] с. 25-200. Завдання на СРС. Переробка відходів у технологіях знесолення води.	2
Всього	18

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота займає 64 % часу вивчення освітнього компонента, включаючи і підготовку до заліку. Головне завдання самостійної роботи аспірантів – 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 аспірант 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
Розділ 1. Розробка методів синтезу коагулянтів та флокулянтів. Оцінка їх ефективності при очищенні води		
1	Основні види реагентів для освітлення та знебарвлення води. Переваги та недоліки солей металів при очищенні води. Органічні коагулянти. Сучасні підходи синтезу високо основних алюмінієвих коагулянтів. Основні види сировини, що використовуються для синтезу алюмінієвих коагулянтів. Синтез коагулянтів на основі сполук заліза. Література: [1] с. 38-84; [3] с. 58-59. Особливості структури молекул флокулянтів. Водорозчинність високомолекулярних сполук. Роль флокулянтів в процесах очищення води. Література: [1] с. 38-113. Особливості властивостей кисневих сполук кремнію. Отримання активованої кремнієвої кислоти. Природні органічні флокулянти. Література: [1] с. 38-113; [3] с. 83-90. Флокулянти на основі полівінілових похідних. Модифікування даних флокулянтів. Література: [1] с. 38-113; [3] с. 90-97. Вибір реагентів, розрахунок дози реагентів при коагулюванні та флокуляції. Література: [1] с. 38-113; [3] с. 32-97. Порівняльні характеристики алюмінієвих та залізних коагулянтів. Література: [1] с. 38-113; [3] с. 32-69.	20

	Експериментальне визначення середньої молекулярної маси флокулянтів. Вибір флокулянтів в залежності від електрокінетичного потенціалу колоїдних за завислих часток. Механізм флокуляції. Література: [1] с. 38-113; [3] с. 70-97.	
Розділ 2. Маловідходні процеси кондиціонування води		
2	Реагентні методи кондиціонування води: освітлення, знебарвлення, пом'якшення та опріснення води. Вилучення із води сульфатів реагентним методом. Переробка відходів реагентного кондиціонування води. Сучасні підходи до створення умов для глибокого пом'якшення води. Коригування лужності при глибокому пом'якшенні води. Література: [2] с. 25-250.	20
Розділ 3. Маловідходні процеси знесолення природних та стічних вод		
3	Іонообмінний метод очищення води. Селективність іонітів, теорія Грегора. Визначення ємності іоніту. Регенерація іонітів. Іонообмінні матеріали. Кінетика іонного обміну. Динаміка іонного обміну. Література: [1] с. 165-194; [3] с. 130-136. Мембранні методи очищення води. Селективність та продуктивність мембран. Баромембранні методи. Діаліз. Первапорація. Мембранна дистиляція. Фактори, що впливають на процеси мембранного розділення води. Література: [1] с. 195-221; [3] с. 199-203.	20
Розділ 4. Переробка засолених концентратів		
4	Відновлення регенераційних розчинів натрій-катіонного пом'якшення води реагентним методом. Вилучення з регенераційних розчинів іонів важких металів. Утворення концентратів при нанофільтруванні, зворотньоосмотичному очищенні води, електродіалізу. Література: [1] с. 165-194; с. 195-221; [3] с. 136-143; с. 195-199. Застосування електролізу для переробки засолених концентратів. Концентрування розчинів електродіалізом. Отримання окислених сполук хлору електролізом. Виділення сірчаної і соляної кислот із сольових розчинів електродіалізом. Концентрування розчинів лугу та сірчаної кислоти електродіалізом. Отримання коагулянтів електролізом сольових розчинів. Література: [1] с. 195-221; [3] с. 195-199.	20
Розділ 5. Маловідходні технології знесолення води		
5	Комплексна технологія знесолення води на основі іонного обміну. Ресурсозберігаюча технологія де мінералізації солонуватих вод з використанням нанофільтрації. Комплексна технологія знесолення морської води. Література: [1] с. 241-244; с. 244-247; [3] с. 225-243.	17
6	Підготовка до екзамену	30
	Всього годин	126

Забезпечення програмних результатів складовими освітнього компоненту

Програмний результат	Лекційні заняття	Практичні та лабораторні заняття, індивідуальні завдання
знати пріоритетні державні напрями розвитку науки, техніки і технологій у фаховій і суміжних областях	Лекція. Маловідходні технології опріснення та знесолення води	Практичне заняття. Технології знесолення води

мати сучасні концептуальні знання та високий методологічний рівень у сфері екології та на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень	<u>Лекція.</u> Отримання коагулянтів та їх використання для очищення води; <u>Лекція.</u> Синтез флокулянтів та їх застосування в процесах водоочищення; <u>Лекція.</u> Пом'якшення гідрокарбонатно-кальцієвих вод; <u>Лекція.</u> Реагентне пом'якшення та опріснення концентратів баромембранного очищення води; <u>Лекція.</u> Застосування катіонітів для пом'якшення та стабілізаційної обробки води; <u>Лекція.</u> Вилучення аніонів із води іонообмінним методом; <u>Лекція.</u> Відновлення регенераційних розчинів при натрій-катіонному пом'якшенні води для їх повторного використання; <u>Лекція.</u> Електрохімічна переробка елюатів та концентратів, що утворюються при іонообмінному та баромембранному опрісненні води.	<u>Практичне заняття.</u> Очищення води методом коагулювання; <u>Практичне заняття.</u> Флокуляція при реагентному очищенні води; <u>Практичне заняття.</u> Реагентні методи очищення води; <u>Практичне заняття.</u> Опріснення концентратів нанофільтраційного знесолення води; <u>Практичне заняття.</u> Натрій-катіонне пом'якшення води; <u>Практичне заняття.</u> Застосування аніонітів в процесах очищення води; <u>Практичне заняття.</u> Вилучення іонів жорсткості із розчинів солей; <u>Практичне заняття.</u> Знесолення розчинів електролізом.
---	---	--

Політика та контроль

7. Політика освітнього компонента

Правила відвідування занять та поведінки на заняттях

Аспіранти 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.

- 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, аспіранти 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 аспіранта; 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

Аспіранти 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>

8. 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	РР	Семестровий контроль
4	6	150	36	18	—	126	-	—	екзамен

Рейтинг студента з освітнього компонента складається з балів, що він отримує за:

Рейтинг аспіранта з освітнього компонента складається з балів, що він отримує за роботу на практичних заняттях та екзамені.

Семестровим контролем є екзамен.

Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

Система рейтингових балів та критерії оцінювання:

Виконання завдань на практичних заняттях.

Ваговий бал за виконання завдань на 1 - 4 практичних заняттях складає по 10 балів – всього 40 балів.

Завдання 1-ї - 4-ї практичної роботи складається з 2 запитань, що відносяться до різних тем освітнього компонента. За правильну відповідь на кожне питання студенти отримують по 5 балів. Отже, максимальна кількість балів за практичну роботу складає $5 \text{ балів} \times 2 = 10 \text{ балів}$.

Критерії оцінювання виконання практичного завдання

Повнота та ознаки виконання завдання	Бали
Завдання виконане в повній мірі	10
Незначні недоліки за пунктом 1	8-9
Несвоєчасне виконання завдання	6
Несвоєчасне виконання завдання, недоліки за п. 1	4-5
Неякісне виконання завдання	1-3
Невиконання завдання	0

Максимальний бал на екзамені - 60 балів. Перелік запитань наведено у Розділі 9.

Таким чином рейтингова семестрова шкала з освітнього компонента складає:

$$R = 4 \cdot 10 + 60 = 100 \text{ балів}$$

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

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

Максимальна сума балів за семестр складає 100.

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

Кількість балів	Оцінка
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

9. Додаткова інформація з освітнього компонента

Приблизний перелік питань, які виносяться на семестровий контроль

1. Наведіть методики отримання сульфатмістких алюмінієвих коагулянтів.
2. Наведіть методики отримання коагулянтів на основі сполук заліза.
3. Наведіть методики отримання гідроксохлоридів алюмінію.
4. Наведіть методики отримання змішаних коагулянтів, що містять сполуки заліза та алюмінію.
5. Охарактеризуйте коагулянти на основі алюмосилікатів.
6. Наведіть методики отримання гідроксоалюмінату натрію.
7. Порівняйте ефективності коагулянтів при освітленні природних вод (на прикладі Дніпровської води).
8. Порівняйте ефективності коагулянтів при знебарвленні розчинів гумату натрію та природних вод.
9. Порівняйте ефективності коагулянтів при освітленні забруднених стічних вод.
10. Порівняйте ефективності коагулянтів при освітленні природних модельних суспензій бентоніту та каоліну.
11. Порівняйте ефективності коагулянтів при освітленні суспензії крохмалів у воді.
12. Наведіть класифікацію флокулянтів.
13. Приведіть основні методи синтезу неіонних флокулянтів.
14. Приведіть основні методи синтезу катіонних флокулянтів.
15. Приведіть основні методи синтезу аніонних флокулянтів.
16. Приведіть відомі методи отримання флокулянтів шляхом модифікування поліакриламідів.
17. Наведіть відомі методи отримання флокулянтів при використанні поліакриламідів.
18. Порівняйте ефективності флокулянтів при освітленні модельних суспензій бентоніту.
19. Порівняння ефективності очищення природних вод флокулянтами.
20. Дайте оцінку ефективності флокулянтів при освітленні стічних вод.
21. Поясніть, як впливає сумісне використання флокулянтів та коагулянтів на освітлення природних та стічних вод.
22. Поясніть вплив флокулянтів на процеси зневоднення осадів (скопу), що утворюються при очищенні води відстоюванням.
23. Охарактеризуйте реагентне пом'якшення гідрокарбонатно-кальцієвих вод.
24. Оцініть ефективність застосування алюмінієвих коагулянтів при вапнуванні води для вилучення сульфатів.
25. Поясніть вплив температури на ефективність реагентного пом'якшення води.

26. Оцініть ефективність використання реагенту РИКС АО для інтенсифікації реагентного пом'якшення води.
27. Обґрунтуйте необхідність використання допоміжних реагентів для підвищення ефективності пом'якшення води.
28. Поясніть вплив фосфатів та фторидів на ефективність реагентного пом'якшення води.
29. Обґрунтуйте необхідність застосування алюмінієвих та залізних коагулянтів в процесах реагентного пом'якшення води.
30. Обґрунтуйте необхідність запобігання залуженню води при її реагентному пом'якшенні.
31. Обґрунтуйте необхідність використання сульфату заліза, коагулянтів РИКС А1 та РИКС А.
32. Охарактеризуйте реагентне вилучення сульфатів із води.
33. Оцініть ефективність застосування карбонату та гідрокарбонату магнію при реагентному пом'якшенні води.
34. Охарактеризуйте мембранні методи очищення води.
35. Поясніть, як впливає гідроксоалюмінат натрію (РИКС АО, А1, А2) на процеси демінералізації концентратів при вапнуванні води.
36. Охарактеризуйте баромембранні методи очищення води.
37. Оцініть ефективність використання гідроксохлоридів і гідроксосульфату алюмінію при знесоленні концентратів шляхом вапнування.
38. Наведіть приклади, які концентрати баромембранного знесолення води можна опріснювати реагентним методом.
39. Поясніть, в чому перевага комбінованого використання гідроксохлоридів та гідроксоалюмінату натрію (РИКС) при видаленні із води сульфатів.
40. Поясніть, як можна сульфати у водних розчинах переводити у нерозчинний стан.
41. Визначте, при яких концентраціях сульфатів у воді при вапнуванні доцільно використовувати алюмінієві коагулянти.
42. Наведіть перелік іонів, які, крім іонів кальцію і магнію, вилучаються із води при реагентному пом'якшенні концентратів.
43. Представте шляхи зниження лужності води після обробки її вапном та гідроксоалюмінатом натрію (РИКС АО).
44. Охарактеризуйте інообмінний метод очищення води.
45. Оцініть сорбцію катіонів кальцію і магнію із природної води на сильнокислотних катіонітах в кислій і сольовій (Na^+) формах.
46. Наведіть та охарактеризуйте вихідну криву сорбції іонообмінного вилучення катіонів в динамічних умовах.
47. Оцініть сорбцію катіонів кальцію і магнію із природних вод на слабокислотних катіонітах в кислій і сольовій (Na^+) формах.
48. Охарактеризуйте селективність сорбентів.
49. Опишіть теорію Грегора.
50. Наведіть методику регенерації сильнокислотного катіоніту в Ca^{2+} , Mg^{2+} формі розчинами NaCl та соляної кислоти.
51. Наведіть алгоритм визначення повної обмінної динамічної ємності катіоніту.
52. Наведіть методику регенерації слабокислотного катіоніту в Ca^{2+} , Mg^{2+} формі розчинами NaCl та соляної кислоти.
53. Наведіть методику регенерації іонообмінного матеріалу.
54. Представте методику розрахунку ступеню регенерації.
55. Опишіть способи вилучення сполук кальцію та магнію із розчину хлориду натрію.
56. Охарактеризуйте процес відновлення регенераційного розчину.
57. Наведіть класифікацію аніонітів.
58. Порівняйте низько- та високоосновні аніоніти.
59. Обґрунтуйте можливість застосування низькоосновних аніонітів в процесах знесолення води.

60. Обґрунтуйте можливість застосування аніонітів для вилучення нітратів із води.
61. Опишіть процес регенерації низькоосновного аніоніту розчинами лугу.
62. Охарактеризуйте процес регенерації аніонітів у нітратній формі з отриманням корисних продуктів.
63. Опишіть процес регенерації катіонітів у Ca^{2+} - та Mg^{2+} -формі.
64. Опишіть процес пом'якшення регенераційних розчинів, що містять іони Ca^{2+} та Mg^{2+} , содою та лугом.
65. Поясніть вплив рН середовища на ефективність десорбції іонів кальцію і магнію з катіонітів при використанні розчинів хлористого натрію.
66. Оцініть ефективність регенерації катіоніту в Mg^{2+} -формі розчином хлориду натрію.
67. Оцініть ефективність регенерації катіоніту в Ca^{2+} -формі розчином хлориду натрію.
68. Охарактеризуйте процес електролізу водних розчинів.
69. Поясніть суть методу електродіалізу.
70. Охарактеризуйте іонообмінні мембрани.
71. Наведіть характеристики іонообмінних мембран.
72. Обґрунтуйте можливість застосування електродіалізу для очищення стічних вод.
73. Опишіть процеси отримання кислот та лугів при переробці розчинів солей електродіалізом.
74. Опишіть процеси отримання окиснених сполук хлору при переробленні розчинів солей електродіалізом.
75. Наведіть технологію підготовки питної води.
76. Наведіть технологію реагентного пом'якшення води.
77. Опишіть комплексну технологію знесолення води на основі іонного обміну.
78. Опишіть ресурсозберігаючу технологію демінералізації солонуватих вод з використанням нанофільтрації.
79. Опишіть комплексну технологію знесолення морської води.
80. Представьте схему комплексної переробки мінералізованих шахтних вод.

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.)