



Інноваційні технології переробки відходів

Робоча програма освітньої компоненти (Силабус)

Реквізити освітньої компоненти

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>16 Хімічна інженерія та біоінженерія</i>
Спеціальність	<i>161 Хімічні технології та інженерія</i>
Освітня програма	<i>Хімічні технології та інженерія</i>
Статус освітньої компоненти	<i>вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>4 курс, осінній семестр</i>
Обсяг освітньої компоненти	<i>4 кредитів/120 годин (лекційні заняття – 18 годин, практичні заняття – 36 годин, СРС – 66 годин)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>залік /МКР, РГР</i>
Розклад занять	<i>Лекція 1 година на тиждень (1 пара на два тижні), практичні заняття 2 години на тиждень (1 пара на тиждень тижні) за розкладом на https://my.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника освітньої компоненти / викладачів	<i>Лектор: PhD, асистент Гуцул Христина Ростиславівна, x_gucul1997@ukr.net, телеграм: @krishutsul Практичні заняття: PhD, асистент Гуцул Христина Ростиславівна, x_gucul1997@ukr.net, телеграм: @krishutsul</i>
Розміщення курсу	<i>Google Classroom (Google G Suite for Education, домен LLL.kpi.ua, платформа Sikorsky-distance). ОК "Інноваційні технології переробки відходів" https://classroom.google.com/u/4/c/ODAwMTk0ODU0ODkx , код доступу: 7xaygnlb.</i>

Програма освітньої компоненти

1. Опис освітньої компоненти, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Інноваційні технології переробки відходів є ключовою дисципліною у підготовці сучасних фахівців у галузі хімічних технологій та екологічної інженерії. Курс спрямований на ознайомлення студентів із сучасними підходами до управління промисловими відходами та ресурсами у межах концепції Zero Waste, новітніми методами очищення води, повітря та ґрунтів, а також біотехнологічними, мембранними й каталітичними технологіями. Особливу увагу приділено застосуванню наноматеріалів, автоматизованих систем моніторингу, цифрового моделювання та технологій Big Data, IoT і AI для прогнозування та запобігання забрудненню.

Освітня компонента формує у студентів комплексне розуміння процесів знешкодження, утилізації та переробки промислових відходів, їх впливу на довкілля, а також можливостей інтеграції сучасних технологій у виробничі процеси. Вивчення інноваційних підходів, таких як

мембранні технології, біотехнології, сорбційні та каталітичні методи, сприяє розвитку навичок впровадження «зелених» технологій у промисловість.

Опанування дисципліни дає змогу майбутнім спеціалістам аналізувати екологічний вплив виробничих процесів, розробляти власні технологічні схеми очищення та утилізації відходів, виконувати економічні розрахунки та обґрунтовувати оптимальні рішення. Це забезпечує здатність впроваджувати ефективні та екологічно безпечні технології в промисловість, що підвищує конкурентоспроможність фахівців на ринку праці.

Предмет освітньої компоненти: сучасні технології управління та переробки промислових відходів; методи очищення води, повітря та ґрунтів; мембранні та біотехнологічні методи утилізації; застосування наноматеріалів та інтелектуальних систем фільтрації; цифрове моделювання й автоматизовані системи моніторингу забруднень; екологічні та економічні аспекти впровадження інноваційних технологій.

Мета освітньої компоненти надати здобувачам знання про сучасні принципи екологізації промислових процесів та інноваційні методи знешкодження й утилізації відходів, сформувані вміння щодо розробки технологічних схем очищення й переробки з використанням сучасного обладнання та цифрових інструментів управління.

Опанування знаннями та вміннями у межах курсу дозволить майбутнім фахівцям застосовувати інноваційні технології переробки відходів у хімічній промисловості, енергетиці, водоочищенні та екологічному менеджменті, а також брати участь у впровадженні стратегій сталого розвитку та «зелених» інновацій.

Вивчення освітнього компоненту посилює наступні спеціальні (фахові) компетентності: (ЗК 01) Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу; (ЗК 02) Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях; (ЗК 03) Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності; (ФК 02) Здатність використовувати методи спостереження, опису, ідентифікації, класифікації об'єктів хімічної технології та промислової продукції; (ФК 03) Здатність проектувати хімічні процеси з урахуванням технічних, законодавчих та екологічних обмежень; (ФК 04) Здатність використовувати сучасні матеріали, технології і конструкції апаратів в хімічній інженерії; (ФК 07) Здатність враховувати комерційний та економічний контекст при проектуванні хімічних виробництв.

Вивчення освітнього компоненту посилює наступні програмні результати навчання: (ПРН 02) Коректно використовувати у професійній діяльності термінологію та основні поняття хімії, хімічних технологій, процесів і обладнання виробництва хімічних речовин та матеріалів на їх основі; (ПРН 05) Розробляти і реалізовувати проекти, що стосуються технологій та обладнання хімічних виробництв, беручи до уваги цілі, ресурси, наявні обмеження, соціальні та економічні аспекти та ризики; (ПРН 06) Розуміти основні властивості конструкційних матеріалів, принципи та обмеження їх застосовування в хімічній інженерії; (ПРН 09) Забезпечувати безпеку персоналу та навколишнього середовища під час професійної діяльності у сфері хімічної інженерії; (ПРН 14) Уміння використовувати типові обладнання та устаткування для проведення хімічного експерименту, дотримуватися правил приготування та безпечного поводження з хімічними реактивами, а також впевнено використовувати базові методики хімічних досліджень.

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

Пререквізити: знання ґрунтується на знаннях нормативних освітніх компонент: «Загальна та неорганічна хімія», «Фізична хімія», «Процеси і апарати хімічних виробництв», «Загальна хімічна технологія».

Постреквізити: набуті знання та вміння можуть знадобитися для вирішення завдань у сфері хімічних технологій, розробки технологічних схем синтезу новітніх матеріалів,

оптимізації процесів їх отримання та практичного застосування у промисловості, енергетиці, екології та медицині. Виконання бакалаврського проєкту.

3. Зміст освітньої компоненти

Тема 1. Мембранні технології

Загальна класифікація відходів і викидів хімічної промисловості: рідкі (стічні, промивні, абсорбційні та регенераційні води, побічні рідкі продукти); газоподібні та пилоподібні (токсичні гази, пил, аерозолі); тверді (речовини та матеріали, відпрацьовані комплектуючі обладнання). Мембранні технології та напрями їх використання. Полімерні, неорганічні та біологічні мембрани. Основні процеси: мікрофільтрування, ультрафільтрування, нанофільтрування, зворотний осмос. Будова полімерного мембранного елемента, принцип дії зворотного осмосу. Рішення екологічних проблем за допомогою мембранних технологій.

Проблеми експлуатації мембранних технологій: фоулінг, скейлінг, гумінові речовини, колоїди. Методи запобігання утворенню відкладень (антискаланти, біоциди, оптимізація попереднього очищення). Подовження терміну служби мембран. Методи регенерації та промивання (фізичні, хімічні, біологічні). Розумні самоочисні мембрани. Повторне використання мембран. Переробка відпрацьованих мембран: пряма і непряма. Методи утилізації полімерних мембран (піроліз, каталітичний крекінг) і керамічних мембран (агломерація). Використання відпрацьованих мембран у виробництві пуцоланового цементу. Класифікація переробки полімерів (первинна, вторинна, третинна, четвертинна).

Тема 2. Загальні принципи екологізації рідких відходів. Переробка витратних матеріалів і твердих відходів технологій очищення стічних вод

Моніторинг водних об'єктів. Основні типи забруднень: неорганічні солі, кислоти, луги, ферумвмісні сполуки, нітрати, нітрити, фосфати, хлориди, сульфати; органічні забруднення: нафтопродукти, барвники, антибіотики, пестициди, поверхнево-активні речовини; бактеріологічні показники (colі-індекс, colі-титр), вірусні та токсичні забруднення; радіоактивні домішки; штучні хімічні речовини (гербіциди, інсектициди, альгіциди); фактори впливу: температура, рН, вибухонебезпечні суміші газів, речовини, що захаращують колектори. Евтрофікація водойм і її наслідки. Вимоги до скидання стічних вод у системи централізованого водовідведення.

Іонообмінні процеси в технологіях очищення: властивості іонітів, використання для вилучення різних домішок. Методи регенерації (хімічні, безреагентні, електрохімічні). Альтернативні іонообмінні матеріали. Утилізація відпрацьованих смол (цементування, бітумізація, термоліз). Переробка іонітів та радіоактивних відходів. Методи дезактивації води (коагуляція, сорбція, дистиляція, електродіаліз, зворотний осмос).

Сорбційні методи очищення. Типи сорбентів (цеоліти, активоване вугілля, наноматеріали). Регенерація та утилізація відпрацьованих сорбентів. Приклади: переробка каталізаторів із отриманням розчину натрій алюмінату. Методи реактивації активованого вугілля. Видалення специфічних токсикантів: важкі метали, феноли, ПАР. Переробка осадів та шламів (гальванічні, коагуляційні).

Біохімічні методи очищення: аеробне та анаеробне, біофільтри, біотенки, аеротенки. Активний мул та ензимні технології. Методи кондиціювання та утилізації мулових осадів (ущільнення, стабілізація, зневоднення, термообробка). Біокаталіз та ензимна інженерія: відмінності ферментів від неорганічних каталізаторів, отримання ферментів, застосування у «зелених» технологіях. Використання бактерій для біоремедіації довкілля.

Фотокаталіз у технологіях очищення: принципи гетерогенного і гомогенного фотокаталізу, реагенти та матеріали (TiO_2 , ZnO , наноккомпозити). Використання реактива Фентона та інших АОР-процесів. Конструкції фотореакторів. Приклади: очищення текстильних стічних вод, стоків деревообробної промисловості. Переробка відпрацьованих УФ-ламп.

Тема 3. Технології очищення атмосфери від промислових викидів

Фактори техногенного впливу на атмосферу. Глобальні екологічні проблеми. Основні джерела забруднення повітря. Технологічні методи очищення повітря: абсорбція, адсорбція, каталітичне та термічне знешкодження газів, фільтрація аерозолів. Спеціалізовані методи очищення: вилучення CO, CO₂, галогеновмісних сполук, ртуті. Інноваційні методи переробки CO та CO₂ (карбонатизація, каталіз, використання в якості сировини). Передовий європейський досвід у сфері зменшення промислових викидів і впровадження концепції Zero Emission.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Навчальні матеріали, зазначені нижче, доступні у бібліотеці університету та у бібліотеці кафедри технології неорганічних речовин, водоочищення та загальної хімічної технології, у вільному доступі в інтернеті. Обов'язковою до вивчення є базова література, інші матеріали – факультативні. Розділи та теми, з якими студент має ознайомитись самостійно, викладач зазначає на лекційних та практичних заняттях.

Базова:

1. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0056-18#Text>.

2. Янушевська О. І., Супрунчук В. І., «Екологічна безпека технологічних процесів в галузі. Основи технології очищення викидних газів від NO_x»: навч. посіб. для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 73 с.

3. Олійник М. А., Конспект лекцій з дисципліни «Технології очистки та утилізації промислових стоків та викидів» (Частина 1), Кам'янське: ДДТУ, 2016. – 56 с.

4. Янушевська О. І., Кирій С. О., Косогіна І. В., Крimeць Г. В. «Основи технології переробки відходів»: підручник для здобувачів ступеня бакалавр за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія»; Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 175 с.

Додаткова

5. Pay C. C., Environmental pollution control engineering; Нью-Делі: New Age International Publishers, 2-е вид., 2006. – 444 с.

6. Towler G., Sinnott R. Chemical engineering design: principles, practice and economics of plant and process design; Amsterdam: Butterworth-Heinemann, 2013. – 1303 с.

7. Marteel-Parrish A. E., Abraham M. A. Green Chemistry and Engineering: A Practical Design Approach; Hoboken, NJ: Wiley, 2013. – 376 с.

8. Allen D. T., Shonnard D. R. Green Engineering: Environmentally Conscious Design of Chemical Processes; Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2002. – 552 с.

9. https://aquantis.com.ua/uk/technology/3?slug=tehnologija_ochyschennja_stichnyh_vod_bio_box_mbr

Навчальний контент

5. Методика опанування освітньої компоненти

Лекційні заняття

Вичитування лекцій з освітньої компоненти проводиться паралельно з виконанням студентами практичних занять та розглядом ними питань, що виносяться на самостійну роботу. Після кожної лекції рекомендується ознайомитись з матеріалами, рекомендованими для самостійного вивчення, а перед наступною лекцією – повторити матеріал попередньої.

№	Опис заняття
1	Вступ до курсу. Концепція Zero Waste та глобальні екологічні виклики Сучасні проблеми поводження з промисловими відходами та їхній вплив на довкілля. Концепція Zero Waste та принципи сталого розвитку. Основні напрями «зеленої» хімії та екологізації промислових технологій. Передовий міжнародний досвід управління відходами.
2	Класифікація відходів хімічної промисловості та методи їх переробки Рідкі, газо- і пилоподібні та тверді відходи. Джерела утворення та особливості складу. Технологічні схеми утилізації та знешкодження. Екологічні та економічні аспекти переробки відходів. Приклади інноваційних рішень у хімічній промисловості.
3	Мембранні технології в очищенні промислових стічних вод Типи мембран (полімерні, неорганічні, біологічні) та сфери застосування. Процеси мікрофільтрації, ультрафільтрації, нанофільтрації та зворотного осмосу. Будова мембранного елемента. Приклади промислового впровадження мембранних технологій у водоочищенні та ресурсозбереженні.
4	Проблеми та шляхи удосконалення мембранних систем Фоулінг та скейлінг мембран. Методи запобігання забрудненню мембранних елементів (антискаланти, попереднє очищення, біозахист). Методи регенерації мембран (фізичні, хімічні, біологічні). Розумні самоочисні мембрани. Методи утилізації відпрацьованих полімерних і керамічних мембран.
5	Іонообмінні та сорбційні методи очищення промислових стоків Принципи іонообмінних процесів, властивості іонітів. Використання для вилучення неорганічних та органічних забруднень. Методи регенерації іонітів. Сорбенти: цеоліти, активоване вугілля, наноматеріали. Методи реактивації та утилізації відпрацьованих сорбентів і каталізаторів.
6	Біотехнологічні методи очищення відходів Аеробні та анаеробні методи. Біофільтри, біотенки, аеротенки. Активний мул та ферменти як біокаталізатори. Методи утилізації мулових осадів: ущільнення, стабілізація, зневоднення, термічна обробка. Біотехнології у створенні «зелених» технологічних рішень.
7	Фотокаталіз та сучасні методи окиснення Гетерогенний та гомогенний фотокаталіз. Фотокаталізатори на основі TiO_2, ZnO та нанокompatитів. Реактив Фентона та інші AOP-технології (пероксон-процес, каталітичне озонування). Приклади промислового використання фотокаталізу для очищення стічних вод та повітря.
8	Технології очищення атмосфери від промислових викидів Джерела техногенного забруднення атмосфери. Методи очищення: абсорбція, адсорбція, каталітичне та термічне знешкодження газів, фільтрація аерозолів. Сучасні технології утилізації CO і CO_2. Методи вилучення галогеновмісних сполук і важких металів. Передовий європейський досвід.
9	Цифрові технології та інтелектуальні системи в екотехнологіях Застосування Big Data, IoT та AI у прогнозуванні та управлінні екологічними процесами. Автоматизовані системи моніторингу та моделювання. Інтелектуальні фільтри та

«розумні» сенсори. Економічна ефективність впровадження цифрових екотехнологій у промисловості.

Практичні заняття

Метою практичних занять з освітньої компоненти «Інноваційні технології переробки відходів» є закріплення теоретичних знань, отриманих на лекціях і під час самостійної роботи, а також формування практичних навичок з аналізу, моделювання та оцінки сучасних технологій очищення і переробки промислових відходів.

У процесі практичних занять студенти опрацьовують приклади технологічних рішень для зниження техногенного навантаження на довкілля, розробляють схеми утилізації рідких, твердих та газоподібних відходів, вивчають методи мембранної фільтрації, іонообміну, сорбції, біотехнологічної переробки та фотокаталізу. Значна увага приділяється розрахунку ефективності різних технологічних процесів, екологічним і економічним аспектам їх впровадження.

Практичні завдання передбачають виконання екологічних розрахунків, аналіз виробничих ситуацій, проєктування технологічних схем та обґрунтування оптимальних рішень у сфері переробки відходів. Використання сучасних наукових джерел і цифрових інструментів (Big Data, IoT, AI) сприяє розвитку навичок критичного мислення, прогнозування й управління екологічними процесами.

Таким чином, практичні заняття не лише забезпечують закріплення знань, але й формують професійні компетентності з розробки та впровадження інноваційних екотехнологій, що відповідають сучасним вимогам концепції Zero Waste і сталого розвитку.

№	Тема	Опис запланованої роботи
1	Санітарно-гігієнічні та концентраційні розрахунки	Розрахунок допустимих об'ємних часток (об.%) газів і парів для максимальних разових та середньодобових викидів в атмосферу. Перерахунок концентрацій за нормативами. Оформлення презентації та підготовка пояснювальної документації.
2	Екологічні розрахунки	Основи сталого розвитку в технологічних процесах. Екологічний маркетинг та оцінка економічної й екологічної доцільності впровадження нових технологій. Основні поняття та вимоги щодо скидання стічних вод у систему каналізації. Розрахунок плати за скид наднормативних забруднень у систему каналізації.
3	Екологічні розрахунки	Розрахунок розмірів відшкодування збитків, заподіяних водним об'єктам (крім морських вод) внаслідок скиду забруднюючих речовин зі зворотними водами з перевищенням установлених нормативів ГДС. Розрахунок попереджених збитків.
4	Закріплення матеріалу щодо розрахунків концентрацій.	Розрахунок індексу забруднення атмосфери (ІЗА). Розрахунок наднормативних викидів забруднюючих речовин у атмосферне повітря. Ознайомлення з принципами дії сучасних

		іонообмінних технологій. Розрахунок іонообмінного фільтра.
5	Взаємозв'язок масового та молярного складів речовини. Відносна густина речовин	Розв'язування задач на масовий і молярний склад речовин. Розв'язування задач на визначення формули газоподібної речовини за її відносною густиною до повітря. Розв'язування задач на визначення складу газоподібної речовини за відносною густиною стосовно іншої речовини.
6	Біотехнологічні методи очищення стічних вод	Розрахунок ефективності аеробного та анаеробного очищення стічних вод. Аналіз умов роботи біофільтрів та аеротенків. Завдання на визначення оптимальних параметрів використання активного мулу. Розробка схеми утилізації та кондиціювання мулових осадів.
7	Фотокаталіз та методи окиснення у переробці відходів	Розрахунок швидкості фотокаталітичного розкладання органічних забруднень. Порівняння ефективності гомогенного та гетерогенного фотокаталізу. Завдання на підбір оптимальних умов фотокаталітичних процесів (рН, каталізатор, джерело випромінювання). Порівняльний аналіз АОР-процесів: реактив Фентона, пероксон-процес, каталітичне озонування.
8	Технології очищення атмосферного повітря від промислових викидів	Розрахунок ефективності адсорбційних та абсорбційних процесів очищення повітря. Завдання на визначення ступеня вилучення CO, CO ₂ та галогеновмісних сполук. Розрахунок збитків від наднормативних викидів у повітря. Приклади розрахунку ефективності інноваційних методів утилізації газових викидів.
9	Цифрові технології та інтелектуальні системи в екологічних технологіях	Виконання завдань із цифрового моделювання процесів очищення води та повітря. Приклади використання Big Data, IoT та AI для прогнозування екологічних процесів. Аналіз даних автоматизованих систем моніторингу. Розрахунок економічної ефективності впровадження інноваційних екотехнологій.
10	Апарати хімічної технології екологічного спрямування. Забруднення довкілля викидами різного походження.	Заслуховування та обговорення презентацій студентських робіт (домашнє завдання) щодо апаратів екологічного призначення.
11	Апарати хімічної технології екологічного спрямування. Забруднення довкілля викидами різного походження.	Заслуховування та обговорення презентацій студентських робіт (домашнє завдання) щодо апаратів екологічного призначення.
12	Апарати хімічної технології екологічного спрямування. Забруднення довкілля викидами різного походження.	Заслуховування та обговорення презентацій студентських робіт (домашнє завдання) щодо апаратів екологічного призначення.

13	Технологічні схеми та їх екологізація за темою бакалаврського диплому.	Заслуховування та обговорення презентацій та захисту студентами своїх робіт (домашнє завдання) щодо екологізації технологічної схеми за темою бакалаврського диплому.
14	Технологічні схеми та їх екологізація за темою бакалаврського диплому.	Заслуховування та обговорення презентацій та захисту студентами своїх робіт (домашнє завдання) щодо екологізації технологічної схеми за темою бакалаврського диплому.
15	Технологічні схеми та їх екологізація за темою бакалаврського диплому.	Заслуховування та обговорення презентацій та захисту студентами своїх робіт (домашнє завдання) щодо екологізації технологічної схеми за темою бакалаврського диплому.
16	Узагальнення та підсумковий контроль знань. Ліквідація академічної заборгованості.	Узагальнення та систематизація матеріалу курсу «Інноваційні технології переробки відходів». Обговорення та аналіз основних методів очищення і переробки відходів (мембранні, іонообмінні, біотехнологічні, фотокаталітичні, сорбційні, атмосферні технології).
17	МКР	Написання модульної контрольної роботи
18	Підсумкове заняття. Залік.	Підбиття підсумків. До відома студентів доводиться кількість балів, яку вони набрали впродовж семестру. Написання залікової роботи.

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента (СРС) протягом семестру включає повторення лекційного матеріалу, підготовку до практичних занять, виконання РГР, МКР та екзамену. Рекомендована кількість годин, яка відводиться на підготовку до зазначених видів робіт:

Вид СРС	Кількість годин на підготовку
Підготовка до аудиторних занять: повторення лекційного матеріалу	5 годин
Підготовка до МКР	4 години
Підготовка до практичних занять	36 годин
Виконання РГР	15 годин
Підготовка до заліку	6 годин
Всього	66 годин

Політика та контроль

7. Політика навчальної освітньої компоненти

Складові рейтингу студента з освітньої компоненти “Інноваційні методи синтезу матеріалів та їх характеристика”:

- 1) виконання експрес-контрольних (Google Forms, menti.com та Kahut!) на лекціях;
- 2) виконання практичних занять.
- 3) написання МКР.
- 4) виконання РГР.

У звичайному режимі роботи університету лекції та практичні заняття проводяться в навчальних аудиторіях факультету. У змішаному режимі лекційні та практичні заняття проводяться через платформу дистанційного навчання Classroom. У дистанційному режимі всі заняття проводяться через платформу дистанційного навчання Classroom. Виконання двох доповідей та їх захист, написання МКР та виконання РГР є обов'язковою складовою допуску до заліку.

На початку кожної лекції проводиться опитування за матеріалами попередньої лекції із застосуванням інтерактивних засобів (Google Forms, menti.com та Kahut!). Перед початком чергової теми лектор може надсилати питання із застосуванням інтерактивних засобів з метою визначення рівня обізнаності здобувачів за даною темою та підвищення зацікавленості.

Правила захисту РГР:

1. До захисту робіт допускаються студенти, які правильно виконали та оформили відповідно до вимог письмову РГР.
2. Після перевірки завдання викладачем та захисту студентом – виставляється загальна оцінка і робота вважається захищеною.

Правила захисту практичних робіт:

1. До захисту допускаються студенти, які підготували доповіді щодо апаратів хімічної технології екологічного призначення за завданням викладача, та щодо екологічної частини бакалаврського проекту за завданням викладача або погодженням керівника дипломного проекту.
2. Захист відбувається за графіком згідно п.5 за індивідуальними завданнями.
3. Після перевірки завдання викладачем на захист виставляється загальна оцінка і робота вважається захищеною.

Правила призначення заохочувальних та штрафних балів:

1. За кожний тиждень запізнення із здачі робіт нараховується 1 штрафний бал (але не більше 5 балів).
2. За модернізацію робіт нараховується від 1 до 5 заохочувальних балів;
3. За виконання завдань із удосконалення дидактичних матеріалів з освітньої компоненти нараховується від 1 до 10 заохочувальних балів;

Політика строків здачі та перескладань: визначається п. 8 Положення про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського

Політика щодо академічної доброчесності: визначається політикою академічної чесності та іншими положеннями Кодексу честі університету <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf>, що встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з ОК «Інноваційні методи синтезу матеріалів та їх характеристика».

При використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка в телеграм чатах) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Види контролю встановлюються відповідно до Положення про поточний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського:

1. Поточний контроль: опитування на лекційних заняттях, захист двох доповідей та здача 5 практичних занять, написання МКР, виконання РГР (позитивна оцінка, яка має бути не менше 60% від зазначеного в PCO).
2. Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.
3. Семестровий контроль: залік.
- 4.

Рейтингова система оцінювання результатів навчання

1. Рейтинг студента з освітньої компоненти розраховується виходячи із 100-бальної шкали, з них 50 балів складає стартова шкала. Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, що студент отримує за:

1. Експрес-контроль на лекціях:

Всього тестів 9. Ваговий бал тесту – 2. Максимальна кількість балів на усіх тестових завданнях дорівнює:

$2 \times 9 = 18$ балів.

2. Практичні роботи:

Практична самостійна робота ($r_{\text{пр1}}$), що максимально оцінюється в **5 балів**.

«відмінно», повне виконання самостійної роботи без помилок, вільне володіння матеріалом – 5 балів;

«добре», неповне виконання самостійної роботи із незначними помилками – 4 бали;

«задовільно», виконання практичного завдання із помилками і суттєвими недоліками – 3 бали;

«незадовільно», не виконання завдання повністю або виконання з грубими помилками та недоліками – 0 балів.

Практична робота (презентація з доповіддю щодо апаратів хімічної технології екологічного призначення) ($r_{\text{пр2}}$), що максимально оцінюється в 8 бали:

«відмінно», повний та творчий підхід до розкриття теми завдання, вільне володіння матеріалом – 8 балів;

«добре», достатнє розкриття теми завдання з невеликими помилками та недоліками – 6 бали;

«задовільно», виконання практичної роботи за формальними ознаками, неповне розкриття теми презентації з недоліками та помилками, не володіння матеріалом під час відповідей на запитання до презентації – 3 бали;

«незадовільно», не виконання завдання повністю, не розкриття теми презентації або виконання з грубими помилками – 0 балів.

Практична робота (презентація з доповіддю щодо екологічної частини бакалаврського проєкту) ($r_{\text{пр3}}$), що максимально оцінюється в 12 бали:

«відмінно», повне розкриття одного з питань, вільне володіння матеріалом – 12 балів;

«добре», достатнє розкриття теми завдання з невеликими помилками та недоліками – 9 бали;

«задовільно», виконання презентації за формальними ознаками, неповне розкриття теми презентації з недоліками та помилками, не володіння матеріалом під час відповідей на запитання до презентації – 6 бали;

«незадовільно», не виконання завдання повністю, не розкриття теми презентації або виконання з грубими помилками – 0 балів.

Презентації виконуються в програмі PowerPoint, доповідаються усно в режимі онлайн у призначений викладачем день за розкладом, час, відведений на доповідь складає до 10 хв, студент відповідає на поставлені викладачем або іншими студентами запитання, студенти, що ставлять запитання можуть отримати додаткові бали (0,2 бали за одне коректно поставлене запитання за темою презентації, максимальна кількість запитань – 5 за одне заняття для одного студента).

3. РГР (30 балів):

Ваговий бал – **35 балів**;

«відмінно», повне розкриття теми реферату (не менше 90% потрібної інформації), присутність в рефераті всіх рекомендованих розділів, виконання всіх вимог щодо оформлення – 35 балів;

«добре», достатнє розкриття теми реферату (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними недоліками, неточностями, помилками, присутність в рефераті всіх рекомендованих розділів, виконання всіх вимог щодо оформлення – 30 балів;

«задовільно», неповне розкриття теми реферату (не менше 60% потрібної інформації), значні помилки, недоліки, неточності, недопрацювання, виконання всіх вимог щодо оформлення – 23 балів;

«незадовільно», незадовільне розкриття теми реферату (менше 60% потрібної інформації), виконання з грубими помилками та неточностями, відсутність всіх рекомендованих розділів реферату, не дотримання вимог щодо оформлення – 0 балів.

За кожний тиждень запізнення здачі реферату від встановленого викладачем терміну оцінка знижується на 0,5 балів.

4. Модульна контрольна робота:

Ваговий бал за МКР – **20 балів**.

«добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 17 балів;

«задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 13 балів;

«незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на 6 балів) – 0 балів.

Розрахунок шкали рейтингової оцінки з кредитного модулю (RD)

Рейтингова оцінка (RD) з кредитного модуля формується як сума всіх рейтингових балів r_k , а також заохочувальних/штрафних балів r_s :

$$RD = \sum_k r_k + \sum_s r_s$$

Максимально можлива сума всіх рейтингових балів складає:

$$(\sum r_k)_{\max} = 5 \times 5 + 1 \times 8 + 1 \times 12 + 20 + 35 = 100.$$

Студент, який отримав мінімальні позитивні бали за всіма контролями, матиме у підсумку не менше 60 балів:

$$(\sum r_k)_{\min} = 5 \times 3 + 1 \times 3 + 1 \times 6 + 13 + 23 = 60.$$

Сума рейтингових балів r_k та заохочувальних/штрафних балів r_s переводиться до залікової оцінки згідно з таблицею, що наведена нижче.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Умовою допуску до заліку є:

- виконання двох презентацій та доповідей на практичних заняттях (презентації щодо апаратів хімічної технології екологічного призначення за завданням викладача та презентації щодо екологічної частини бакалаврського проєкту за завданням викладача або погодженням керівника дипломного проєкту);

- виконання реферату з екологічної частини бакалаврського проєкту або за завданням викладача (письмово) у встановлені терміни;

- виконання МКР у встановлені терміни.

Кількість рейтингових балів, що надає право студенту бути допущеним до складання залікової роботи, повинна бути не менше 30 балів.

Одержані на заліку бали сумують із балами, що отримані за РГР, та переводяться у відповідну оцінку за наведеною вище таблицею.

9. Додаткова інформація з освітньої компоненти

Вимоги до оформлення домашньої контрольної роботи, перелік запитань і до МКР, і до заліку наведені у Google Classroom «Інноваційні технології переробки відходів» (платформа Sikorsky-distance).

Зарахування окремих результатів, отриманих в межах неформальної освіти, здійснюється згідно Положення про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті <https://osvita.kpi.ua/node/179>

Приклади запитань та завдань до заліку:

Теоретичні запитання

1. Суть концепції Zero Waste та її значення для сучасної хімічної технології.
2. Класифікація відходів хімічної промисловості (рідкі, газоподібні, пилоподібні, тверді).
3. Основні методи знешкодження та утилізації промислових відходів.
4. Мембранні технології: типи мембран і сфери їх застосування.
5. Принцип роботи процесів мікрофільтрації, ультрафільтрації, нанофільтрації та зворотного осмосу.
6. Основні проблеми експлуатації мембранних систем (фоулінг, скейлінг, біобростання).
7. Методи регенерації та повторного використання мембран.
8. Способи утилізації відпрацьованих полімерних і керамічних мембран.
9. Принципи іонообмінних процесів та приклади їх застосування в очищенні стічних вод.
10. Переваги та недоліки іонообмінних методів.
11. Типи сорбентів (цеоліти, активоване вугілля, наноматеріали) та їхні властивості.
12. Біотехнологічні методи очищення стічних вод: аеробні та анаеробні процеси.
13. Роль активного мулу й ензимної інженерії у біоочищенні.
14. Принципи фотокаталізу та приклади його застосування в екологічних технологіях.
15. Реактив Фентона та інші АОР-технології (пероксон-процес, каталітичне озонування).
16. Методи очищення атмосфери від промислових викидів (адсорбція, абсорбція, каталітичне та термічне знешкодження газів).
17. Сучасні інноваційні підходи до утилізації CO та CO₂.
18. Європейський досвід управління промисловими викидами та впровадження концепції Zero Emission.
19. Приклади застосування Big Data, IoT та AI у моделюванні й прогнозуванні екологічних процесів.
20. Методи оцінки економічної ефективності впровадження інноваційних екотехнологій.

Силабус освітньої компоненти:

Складено НПП кафедри технології неорганічних речовин, водоочищення та загальної хімічної технології:

PhD., асист. Гуцул Х.Р.

Ухвалено кафедрою технології неорганічних речовин, водоочищення та загальної хімічної технології (№26 від 30.06.2025 року)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол №10 від 26.06.2025 року)