



Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Кафедра технології
неорганічних речовин,
водоочищення та
загальної хімічної
технології

[ХМРО 06.1] ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ НУЛЬОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ



Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Галузь знань	16 - Хімічна інженерія та біоінженерія
Спеціальність	161 - Хімічні технології та інженерія
Освітня програма	161Мн ХТІ+ - Хімічні технології та інженерія (ЄДЕБО id: 57750)
Статус дисципліни	Нормативна
Форма здобуття вищої освіти	Очна
Рік підготовки, семестр	2 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	5,5 кред. (Лекц. 18 год, Практик. 18 год, Лаб. 36 год, СРС. 93 год)
Семестровий контроль/контрольні заходи	Екзамен
Розклад занять	https://rozklad.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лекц.: Донцова Т. А. , Практ.: Феденко Ю. М. , Лаб.: Янушевська О. І. , СРС.: Донцова Т. А.
Розміщення курсу	

Програма навчальної дисципліни

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

Викладання здобувачам вищої освіти (з.в.о.) рівня Магістр освітнього компоненту «Хімічні технології нульового забруднення» обумовлене необхідністю надати студентам знання в області охорони довкілля шляхом створення максимально екологічно чистих хімічних технологій, що дозволить забезпечувати високий ступінь чистоти природних об'єктів, у тому числі води, ґрунтів та повітря. Після опанування з.в.о. будуть знати хімічну стратегію щодо сталого розвитку як в Європі, так і в Україні та вміти проводити кваліфікований пошук сучасних досягнень в області хімічних технологій, аргументовано підбирати більш доцільні технології та методи дослідження, передбачати можливості виникнення артефактів та їм запобігати тощо.

Отже, **метою** освітнього компоненту є формування у з.в.о. рівня Магістр компетентностей:

- Здатність генерувати нові ідеї (креативність) (**ЗК 01**);
- Здатність оцінювати і адаптувати освоєні наукові методи і способи діяльності до умов сталого розвитку (**ЗК 04**);
- Здатність ідентифікувати, аналізувати і з науково-обґрунтованою аргументацією планувати стратегію вирішення хіміко-технологічних проблем і задач хімічних виробництв (**ФХ 06**);
- Здатність використовувати сучасні методи досліджень, проводити наукові експерименти та вирішувати актуальні технічні задачі в області хімічних технологій та інженерії (**ФХ 07**);
- Здатність створювати екологічні, безвідходні, «зелені», «чисті», ресурсоефективні хімічні технології та сучасні технології моніторингу навколишнього середовища на основі стандартних та оригінальних підходів (**ФХ11**).

З.в.о. рівня Магістр після засвоєння освітнього компоненту «Хімічні технології нульового забруднення» мають продемонструвати знання в:

- Критично осмислювати наукові концепції та сучасні теорії хімічних процесів та хімічної інженерії, застосовувати їх при проведенні наукових досліджень та створенні інновацій (**ПРН 01**);
- Застосовувати передові знання сучасних концепцій, практик та методів для вдосконалення існуючих матеріалів та функціональних покриттів для визначення та прогнозування ключових параметрів і властивостей нових матеріалів та функціональних покриттів, в умовах лабораторії або виробництва (**ПРН 08**);
- Знання сучасних методів дослідження, приладів та обладнань, програмного забезпечення в області хімічних технологій та інженерії (**ПРН 09**);
- Планувати та виконувати експериментальні і теоретичні дослідження в сфері хімічних технологій і інженерії, формулювати і перевіряти гіпотези, аргументувати висновки, презентувати результати досліджень (**ПРН 10**).

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

Перелік освітніх компонент, знань та умінь, володіння якими необхідні здобувачам магістратури для успішного засвоєння освітнього компоненту:

Пререквізити:	
Ресурсоефективні хімічні технології і циркулярна економіка	Знання в області хімічної технології та їх енергоефективності і раціональності з урахуванням екологічних наслідків. Уміння аналізувати технології як з точки зору економічної доцільності, так й екологічності
Постреквізити:	

Науково-дослідна практика	Здатність до здійснення якісного пошуку інформації у науково-технічній літературі, патентах, базах даних, інших джерелах пошук необхідної інформації з хімічної технології, процесів і обладнання виробництва хімічних речовин та матеріалів на їх основі, здатність систематизувати, і аналізувати та оцінювати відповідну інформацію
Виконання магістерської дисертації	Здатність проводити інновації та виявляти і вирішувати проблеми в сфері хімічних процесів та апаратів, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень. Здатність до розробки технологічних показників одержання і практичного застосування нових речовин/матеріалів та технологій

Даний освітній компонент формує базу для подальшого навчання на ступінь PhD.

3. Зміст навчальної дисципліни

Тема 1. Загальні питання технологій нульового забруднення.

Поняття Zero Pollution. Європейський напрямок нульового забруднення повітря, води та ґрунту та основні положення піднапрямів. Амбіції нульового забруднення. Напрямок – нульовий вплив на довкілля. Європейські документи та кроки у напрямку нульового забруднення. Наслідки збільшення "споживання", індустріалізації та урбанізації. Обсяги використання води, енергії та ресурсів для виробництва лікарських засобів. Викиди CO₂ та викиди небезпечних та парникових газів. Екологічна стратегія нульового впливу на довкілля. Здоров'я та навколишнє середовище. Біорізноманіття та забруднення. Стале виробництво та споживання. Соціальна справедливість. Напрямки розвитку Zero Pollution в Україні та його державна підтримка.

Тема 2. Практична реалізація технологій нульового забруднення.

Основні принципи в напрямках енергія, зміна клімату та охорона навколишнього середовища. Безвідходні хімічні технології сьогодні (очищення шахтних вод). Існуючі новітні технології з урахуванням Zero Pollution (переробка пластику). Зелені нанотехнології (видалення CO₂ за допомогою хлорели). Особливості створення Zero Pollution технологій у водному секторі (технології знешкодження антибіотиків, питання мікропластика). Особливості створення Zero Pollution технологій, що пов'язані з ґрунтами та повітрям (видалення пестицидів та моніторинг повітряного середовища). Інші промисловості та принципи побудови Zero технологій в їх секторах (електромобілі). Екологізація існуючих технологій (мембранні технології).

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основна література

1. Glavič, P.; Pintarič, Z.N.; Levičnik, H.; Dragojlović, V.; Bogataj, M. Transitioning towards Net-Zero Emissions in Chemical and Process Industries: A Holistic Perspective. *Processes* 2023, 11, 2647. <https://doi.org/10.3390/pr11092647>
2. Dawei Wang, Allyson L. Junker, Mika Sillanpää, Yilan Jiang, Zongsu Wei, Photo-Based Advanced Oxidation Processes for Zero Pollution: Where Are We Now?, *Engineering*, Volume 23, 2023, Pages 19-23, ISSN 2095-8099, <https://doi.org/10.1016/j.eng.2022.08.005>.
3. Vita Stokal, Eke J. Kuiper, Mirjam P. Bak, Paul Vriend, Mengru Wang, Jikke van Wijnen, Maryna Stokal, Future microplastics in the Black Sea: River exports and reduction options for zero pollution, *Marine Pollution Bulletin*, Volume 178, 2022, 113633, ISSN 0025-326X, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113633>.
4. Sanna Saarikoski, Anssi Järvinen, Lassi Markkula, Minna Aurela, Niina Kuittinen, Jussi Hoivala, Luis M.F. Barreira, Päivi Aakko-Saksa, Teemu Lepistö, Petteri Marjanen, Hilikka Timonen, Henri Hakkarainen, Pasi Jalava, Topi Rönkkö, Towards zero pollution vehicles by advanced fuels and exhaust aftertreatment technologies, *Environmental Pollution*, Volume 347, 2024, 123665, ISSN 0269-7491, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.123665>.

5. Mark Z. Jacobson, Anna-Katharina von Krauland, Stephen J. Coughlin, Frances C. Palmer, Miles M. Smith, Zero air pollution and zero carbon from all energy at low cost and without blackouts in variable weather throughout the U.S. with 100% wind-water-solar and storage, Renewable Energy, Volume 184, 2022, Pages 430-442, ISSN 0960-1481, <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.11.067>.

Інформаційні ресурси

1. https://environment.ec.europa.eu/news/zero-pollution-ec-proposes-rules-cleaner-air-and-water-2022-10-26_en
2. https://environment.ec.europa.eu/strategy/zero-pollution-action-plan_en
3. <https://www.eea.europa.eu/publications/zero-pollution>

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

Вичитування лекцій з освітнього компоненту проводиться паралельно з розглядом ними питань, що виносяться на самостійну роботу. При читанні лекцій застосовуються засоби для відеоконференцій (Zoom) та ілюстративний матеріал у вигляді презентацій, які розміщені на платформі Sikorsky-distance. Перед кожною лекцією рекомендується ознайомитись з лекційними матеріалами, а також з матеріалами, що рекомендовані для самостійного вивчення.

№	Дата	Опис заняття
1	1 робочий тиждень семестру	Тема 1. Загальні питання нульового забруднення. Що таке Zero Pollution. Європейський напрямок нульового забруднення повітря, води та ґрунту. Амбіції нульового забруднення. Європейські документи та кроки у напрямку нульового забруднення.
2	3 робочий тиждень семестру	Продовження теми 1 – Напрямок – нульовий вплив на довкілля. Наслідки збільшення споживання, індустріалізації та урбанізації.
3	5 робочий тиждень семестру	Продовження теми 1 – Обсяги використання води, енергії та ресурсів для виробництва лікарських засобів. Викиди CO ₂ та викиди небезпечних та парникових газів.
4	7 робочий тиждень семестру	Продовження теми 1 – Екологічна стратегія нульового впливу на довкілля. Здоров'я та навколишнє середовище. Біорізноманіття та забруднення. Стале виробництво та споживання. Соціальна справедливість.
5	9 робочий тиждень семестру	Тема 2. Практична реалізація технологій нульового забруднення Основні принципи в напрямках енергія, зміна клімату та охорона навколишнього середовища.
6	11 робочий тиждень семестру	Продовження теми 2 – Безвідходні технології сьогодні (очищення шахтних вод).
7	13 робочий тиждень семестру	Продовження теми 2 – Існуючі новітні технології з урахуванням Zero Pollution (переробка пластику). Зелені нанотехнології (видалення CO ₂ за допомогою хлорели).
8	15 робочий тиждень семестру	Продовження теми 2 – Особливості створення Zero технологій у водному секторі (технології знешкодження антибіотиків, питання мікропластика).
9	17 робочий тиждень семестру	Продовження теми 2 – Інші промисловості та принципи побудови Zero технологій в їх секторі (електромобілі). Екологізація існуючих технологій (мембранні технології).

Практичні заняття

Метою практичних робіт є закріплення теоретичних знань, отриманих на лекціях та в процесі самостійної роботи з літературними джерелами в ході вивчення даної освітньої компоненти.

№	Дата	Опис заняття
1	1 робочий тиждень семестру	Тема 1. Семінар. Обговорення напрямку нульового забруднення повітря та особливостей створення хімічних технологій без забруднень повітря.
2	3 робочий тиждень семестру	Продовження теми 1. Семінар. Обговорення напрямку нульового забруднення води та особливостей створення хімічних технологій без забруднень води.
3	5 робочий тиждень семестру	Продовження теми 1. Семінар. Обговорення напрямку нульового забруднення ґрунту та особливостей створення хімічних технологій без забруднень ґрунтів.
4	7 робочий тиждень семестру	Доповіді за обраними темами.
5	9 робочий тиждень семестру	Доповіді за обраними темами.
6	11 робочий тиждень семестру	Продовження теми 2. Семінар. Державні нормативні документи, які наявні за напрямом нульового забруднення довкілля.
7	13 робочий тиждень семестру	Продовження теми 2. Семінар. Оцінювання якості та чистоти повітря України. Засоби моніторингу.
8	15 робочий тиждень семестру	Продовження теми 2. Семінар. Оцінювання якості та чистоти водних об'єктів України. Засоби моніторингу.
9	17 робочий тиждень семестру	Продовження теми 2. Семінар. Оцінювання якості та чистоти ґрунтів України. Засоби моніторингу.

Лабораторні роботи

Метою лабораторних робіт є закріплення теоретичних знань, отриманих на лекціях, а також придбання практичних навичок за темою освітньої компоненти. Для цього на лабораторних заняттях детально розглядаються хімічні технології в різних галузях промисловості з метою їх екологізації та знаходження максимально раціонального рішення для створення на їх основі технологій нульового забруднення. Передбачається також самостійна робота з сучасними літературними джерелами (база Скопус). На лабораторних заняттях детально приділяється увага не тільки напрацюванню практичних навичок, але й придбанню теоретичного досвіду в області технологій нульового забруднення.

Тиждень	Тема	Опис запланованої роботи
1-2	Вступне заняття	Інструктаж та розподілення робіт
3-4	Тема 1. Загальні питання нульового забруднення.	Розробка індикаторних полімерних мембран для виявлення антибіотиків у водних об'єктах.
5-6	Тема 1. Загальні питання нульового забруднення.	Створення індикаторних мембран для виявлення нітрогенвмісних сполук у водних об'єктах.
7-8	Тема 1. Загальні питання нульового забруднення.	Синтез керамічних мембран для очищення води.
9-10	Тема 2. Практична реалізація технологій нульового забруднення.	Моніторинг водних об'єктів на наявність нітрогенвмісних сполук.
11-12	Тема 2. Практична реалізація технологій нульового забруднення.	Синтез 3D керамічних мембран на фотополімерному принтері для очищення водного середовища та визначення їх пористості.
13-14	Тема 2. Практична реалізація технологій нульового забруднення.	Синтез 3D керамічних мембран методом SLS на 3D принтері для очищення водного середовища та визначення їх пористості.

15-16	Тема 2. Практична реалізація технологій нульового забруднення.	Моніторинг повітряного середовища. Синтез металоксидних каталітичних систем та дослідження їх сенсорної активності для виявлення парникових газів у повітряному середовищі.
17-18	Залікове заняття	Захист робіт. До відома студентів доводиться кількість балів, яку вони набрали впродовж семестру.

6. Самостійна робота студента

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

Вид СРС	Кількість годин на підготовку
Підготовка до лекційних занять	9 годин
Підготовка до МКР	4 години
Підготовка до практичних робіт	9 годин
Підготовка до лабораторних робіт	41 година
Підготовка до екзамену	30 годин

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- політика щодо академічної доброчесності: Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf> 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 дисципліни»;
- 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.

До захисту лабораторних робіт допускаються студенти, які в повному об'ємі виконали завдання на лабораторних заняттях.

1. Захист відбувається за графіком, який зазначається на першому лабораторному занятті.
2. Після перевірки завдання викладачем на захист виставляється загальна оцінка і робота вважається захищеною.

Правила призначення заохочувальних балів:

1. За модернізацію робіт нараховується від 1 до 5 заохочувальних балів;
2. За виконання завдань із удосконалення дидактичних матеріалів з освітньої компоненти

нараховується від 1 до 10 заохочувальних балів.

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

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

1. Поточний контроль: опитування на практичних та лабораторних роботах, МКР.
2. Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабуса.
3. Семестровий контроль: письмовий екзамен.

Рейтингова система оцінювання результатів навчання з освітнього компоненту «Хімічні технології нульового забруднення»

Рейтинг студента з освітнього компоненту розраховується виходячи із 100-бальної шкали, рейтинг (протягом семестру) складається з балів, що студент отримує за:

1. активну участь на всіх лабораторних заняттях;
2. доповідь на практичних заняттях;
3. виконання МКР;
4. відповідь на екзамені (письмово).
1. Лабораторні роботи захищаються у вигляді презентації та відповідного звіту:
«відмінно», творче розкриття поставленого завдання на лабораторних роботах, вільне володіння матеріалом – 27-30 балів;
«добре», глибоке розкриття одного з питань дискусії – 23-26 балів;
«задовільно», активна участь на практичному занятті – 18-22 балів;
«незадовільно» – 0 балів;
2. Доповідь виконується один раз на семестр на практичних роботах:
«відмінно», творче розкриття теми, вільне володіння матеріалом – 19-20 балів;
«добре», глибоке розкриття одного з питань дискусії – 15-18 балів;
«задовільно», розкриття матеріалу на достатньому рівні – 12-14 балів;
«незадовільно» – 0 балів;
3. Модульна контрольна робота виконується один раз на семестр на лекційних заняттях:
«відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 9-10 бали;
«добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 7-8 балів;
«задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 6-7 балів;
«незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на 8 балів) – 0 балів.

На екзамені студенти виконують письмову семестрову роботу. Кожне завдання містить два кейси з теоретичних запитань та завдань. Кожний кейс оцінюється у 20 балів. Система

оцінювання питань:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 18–20 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) – 15 – 17 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 12 – 14 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь – 0 балів.

Максимальна сума балів, яку студент може набрати впродовж семестру, складає 60 балів:

$$RC = r_{лб} + r_{рр} + r_{мкр} = 30 + 20 + 10 = 60 \text{ балів.}$$

Умовою допуску до екзамену є зарахування презентації і звіту за лабораторними роботами, виконання доповіді та кількість рейтингових балів не менше ніж 36.

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

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік запитань до МКР та екзамену наведені у Google Classroom «Хімічні технології нульового забруднення» (платформа Sikorsky-distance).

Зарахування окремих результатів, отриманих в межах неформальної освіти, здійснюється згідно Положення про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів попереднього навчання.

Опис матеріально-технічного та інформаційного забезпечення дисципліни

Для забезпечення ОК використовується сучасне аналітичне обладнання, що наявне на кафедрі ТНР В та ЗХТ, а також на хіміко-технологічному факультеті та оригінальні експериментальні установки.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено [Донцова Т. А.](#); [Феденко Ю. М.](#); [Янушевська О. І.](#);

Ухвалено кафедрою ТНРВ та ЗХТ (протокол № 27 від 24 червня 2024 року)

Погоджено методичною комісією факультету/ННІ (протокол № 10 від 21 червня 2024 року)