



Зміни клімату та декарбонізація промислового сектору

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>Усі галузі знань</i>
Спеціальність	<i>Усі спеціальності (окрім 101 Екологія)</i>
Освітня програма	<i>Усі освітні програми</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)/очна (вечірня)/заочна/дистанційна/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 рік навчання, осінній/весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>2 кредити</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік / МКР</i>
Розклад занять	<i>https://schedule.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: науково-педагогічні працівники кафедри Геоінженерії Практичні / Семінарські: науково-педагогічні працівники кафедри Геоінженерії
Розміщення курсу	Доступний на платформі «Сікорський». Код доступу надається викладачем на першому занятті.

Програма навчальної дисципліни

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

Враховуючи актуальність світової проблеми зміни клімату, домовленості світової спільноти в рамках Паризької угоди, зелений курс України та її євроінтеграційні прагнення, світові тенденції до декарбонізації усіх секторів промисловості, дисципліна буде цікавою студентам усіх спеціальностей, яким необхідно мати базові знання в сфері запобігання змінам клімату, а також володіти низьковуглецевими технологіями та інструментами попередження впливу на довкілля в процесі своєї професійної діяльності.

Мета дисципліни – забезпечити здатність здійснювати декарбонізацію промислового сектору задля запобігання змінам клімату, адаптації та пом'якшення наслідків таких змін.

Предмет дисципліни – низьковуглецеві технології.

Програмні результати навчання.

Розуміти причини та наслідки змін клімату.

Уміти оцінювати та прогнозувати вплив технологічних процесів на навколишнє середовище.

Розробляти (удосконалювати) та впроваджувати низьковуглецеві технології виробництва, створювати кругові цикли виробництва задля декарбонізації промислового сектору.

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

Для успішного засвоєння дисципліни студенту необхідно володіти базовими знаннями з екології на рівні шкільного курсу.

3. Зміст навчальної дисципліни

Тема 1. Зміни клімату та парниковий ефект

Тема 2. Виробництво та його вплив на навколишнє середовище

Тема 3. Декарбонізація енергетичного сектору

Тема 4. Зелені технології у промисловості (виготовлення речей)

Тема 5. Низьковуглецеві технології вирощування та/або виробництва харчових продуктів

Тема 6. Екологізація транспорту та транспортної інфраструктури

Тема 7. Енергозберігаючі технології будівництва та одержання будівельної сировини

Тема 8. Замкнені цикли у промисловому секторі

Тема 9. Світова політика декарбонізації та міжнародний досвід боротьби зі зміною клімату

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Гейтс Білл Як відвернути кліматичну катастрофу. Де ми зараз і що нам робити далі. Київ: Лабораторія, 2021. 224 с.
2. Іванюта С. П., Коломієць О. О., Малиновська О. А., Якушенко Л. М. Зміна клімату: наслідки та заходи адаптації: аналіт. доповідь / ред. С. П. Іванюта. Київ: НІСД, 2020. 110 с.
3. Жигуц Ю. Ю., Лазар В. Ф. Інженерна екологія: навчальний посібник для студентів технічних спеціальностей. Київ: Кондор, 2018. 168 с.
4. Сафранов Т. А., Губанова О. Р., Лукашов Д. В. Еколого-економічні основи природокористування: навчальний посібник. Львів: Новий Світ-2000, 2018. 349 с.
5. Зварич І. Я. Глобальна циркулярна економіка: "Економіка ковбоїв" VS "Економіка космічного корабля". Тернопіль: ВПЦ «Економічна думка ТНЕУ», 2019. 337 с.
6. Зелені технології у промисловості: монографія / І. А. Василенко та ін. Дніпро: Акцент ПП, 2019. 366 с.

Додаткова література

1. Сміл В. Як насправді влаштований світ. Минуле, теперішнє і майбутнє з погляду науки / пер. з англ. О. Стукало. Київ: Лабораторія, 2022. 312 с.
2. Мальований М. С., Леськів Г. З. Екологія та збалансоване природокористування: навчальний посібник. Херсон: Олді-Плюс, 2019. 314 с.
3. Тузьяк В. Є. Рекуперація промислових відходів. Технології видобутку рідкісних, рідкісноземельних та радіоактивних елементів з промислових відходів. Львів: Каменяр, 2019. 439 с.
4. Петров С. В., Жовтянский В. А. Энергоэффективные пароплазменные технологии переработки отходов. Киев: Наукова думка, 2019. 558 с.
5. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25.06.1991 р. № 1264-XII. Дата оновлення: 07.06.2020. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12> (дата звернення: 10.06.2022).
6. Закон України «Про оцінку впливу на довкілля» від 23.05.2017 р. № 2059-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19> (дата звернення: 10.06.2022).
7. Податковий кодекс України: Закон України від 02.12.2010 р. № 2755-VI. Дата оновлення: 29.05.2020. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2755-17> (дата звернення: 10.06.2022).
8. Закон України «Про екологічний аудит» від 24.06.2004 р. № 1862-IV. Дата оновлення: 20.10.2019. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1862-15> (дата звернення: 10.06.2022).

9. *Deployment of Deep Decarbonization Technologies: Proceedings of a Workshop / Alex Martin, National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. Washington, DC: The National Academies Press, 2019. <https://doi.org/10.17226/25656>*
10. *Climate Change: Evidence and Causes: Update 2020. National Research Council. Washington, DC: The National Academies Press, 2020. <https://doi.org/10.17226/25733>.*

Літературу, бібліографія якої подана із посиланням, можна знайти в інтернеті. Літературу, бібліографія якої не містить посилання, можна знайти в бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського. Обов'язковим для прочитання є окремі розділи базової літератури [1]-[6]. Розділи базової літератури, що є обов'язковими для прочитання, а також зв'язок цих ресурсів з конкретними темами дисципліни наводиться нижче, в методиці опанування навчальної дисципліни. Усі інші літературні джерела є факультативними, з ними рекомендується ознайомитись.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (посилання на літературу)
Лекція 1	Зміни клімату та парниковий ефект Зв'язок викидів парникових газів та потепління на планеті. Кліматичні цілі. Паризька угода (2015). Вплив пандемії на кліматичну ситуацію. Прогноз та наслідки підвищення температури за різних варіантів реагування на викиди парникових газів. Моделі зміни клімату. Бар'єри на шляху досягнення кліматичного консенсусу. Зелений преміум. Література: [1, с. 9-62], [2, с. 6-49]
Лекція 2	Виробництво та його вплив на навколишнє середовище Виробництво та його вплив на екосистему. Забруднення довкілля. Наслідки дії виробництва на природне середовище. Основні шляхи екологізації природокористування. Процедура оцінки впливу на довкілля. Прогнозування впливу технологічних процесів на навколишнє середовище. Література: [3, с. 81-85], [4, с. 137-163, 165-177, 182-188, 188-195, 198-211, 301-306]
Лекція 3	Декарбонізація енергетичного сектору Джерела електроенергії. Зелений преміум переходу на альтернативні джерела енергії. Powering Past Coal Alliance. Виробництво безвуглецевої електроенергії. Зберігання електроенергії. Інші інновації в енергетиці. Вугільна реформа та трансформація вугільних регіонів України. Постмайнінг. Література: [1, с. 63-91]
Лекція 4	Зелені технології у промисловості (виготовлення речей) Зелений преміум для промисловості. Інноваційні методи виробництва. Створення замкнених циклів. Алгоритм досягнення нульових викидів у промисловості. Технології запобігання забрудненню атмосферного повітря. Технології запобігання забрудненню водних об'єктів. Література: [1, с. 92-103], [3, с. 90-101], [6, с. 316-352]
Лекція 5	Низьковуглецеві технології вирощування та/або виробництва харчових продуктів Вплив рослинництва на викиди парникових газів. Побічні ефекти використання добрив. Консенсус між використанням орних земель для вирощування продуктів харчування та енергетичних культур. Вплив тваринництва на обсяги парникових газів. Зелений преміум для тваринництва. Зменшення харчових відходів. Література: [1, с. 104-119]
Лекція 6	Екологізація транспорту та транспортної інфраструктури Структура транспортних викидів. Альтернативні види транспорту. Види пального. Зелений преміум переходу на альтернативні види пального. Біопаливо та технології його виробництва. Способи зниження зеленого преміуму. Використання промислових відходів у будівництві доріг. Література: [1, с. 120-136]

Лекція 7	Енергозберігаючі технології будівництва та одержання будівельної сировини Технології видобутку будівельної сировини та їх екологізація. Енергоефективні технології будівництва. Вуглецевонейтральне опалення будівель та його зелений преміум. Література: [1, с. 137-147]
Лекція 8	Замкнені цикли у промисловому секторі Рециклінг, регенерація та рекуперація відходів. Методи та способи утилізації відходів. Вилучення рідкісних елементів, напівметалів, рідкісноземельних елементів, радіоактивних елементів з промислових відходів. Перероблення відходів з отриманням цільового продукту. Використання відходів у якості сорбентів для вилучення (поглинання) поліютантів. Створення замкнених циклів функціонування підприємств, міст, регіонів. Література: [3, с. 101-106], [6, с. 14-32]
Лекція 9	Світова політика декарбонізації та міжнародний досвід боротьби зі зміною клімату Основні цілі державного рівня у напрямку декарбонізації. План декарбонізації. Необхідні технології. Циркулярна економіка. Зелений курс. Література: [1, с. 165-199], [5, с. 44-46, 118-146]

Практичні заняття

№ з/п	Завдання, які виносяться на практичні заняття
Практичне заняття 1	Аналіз моделей зміни клімату, прогнозні оцінки.
Практичне заняття 2	Аналіз глобальних геоінженерних проєктів.
Практичне заняття 3	Кейси на визначення впливу виробництва на довкілля (який тип забруднення має місце; яких наслідків дії виробництва на навколишнє середовище слід очікувати; окреслити основні напрямки екологізації виробництва).
Практичне заняття 4	Визначення екологічного сліду підприємства.
Практичне заняття 5	Запропонувати та обґрунтувати заходи щодо декарбонізації технології виробництва.
Практичне заняття 6	Запропонувати та обґрунтувати заходи з енергоефективності та енергозбереження на підприємстві.
Практичне заняття 7	Запропонувати технологію рециклінгу, яка дозволить використати відходи виробництва повторно та/або скоротити до мінімуму їх обсяги, створити замкнений цикл на підприємстві та/або фундамент циркулярної економіки за участю даного підприємства.
Практичне заняття 8	Модульна контрольна робота.
Практичне заняття 9	Залік.

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота студента передбачає:

підготовку до аудиторних занять – 16 год;

підготовку до модульної контрольної роботи – 2 год;

підготовку до заліку – 6 год.

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

На момент проведення кожного заняття, як лекційного, так і практичного, у студента на пристрої, з якого він працює, має бути встановлено додаток Zoom, а також відкрито курс «Зміни клімату та декарбонізація промислового сектору» на платформі «Сікорський» (код доступу до курсу надається на першому занятті згідно з розкладом). Заняття згідно з розкладом проводяться за допомогою додатку Zoom (за умови дистанційного навчання). Силабус; лекційний матеріал; завдання до кожного практичного заняття; варіанти модульної контрольної роботи; тести, які потрібно виконати за кожною лекцією; варіанти залікової контрольної роботи розміщено на платформі «Сікорський» та у системі «Електронний Кампус КПІ».

Під час проходження курсу «Зміни клімату та декарбонізація промислового сектору» студенти зобов'язані дотримуватись загальних моральних принципів та правил етичної поведінки, зазначених у Кодексі честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

За участь у Всеукраїнській олімпіаді (конкурсі наукових робіт) екологічного спрямування студенту нараховується 5 (I тур) або 10 (II тур) балів. За написання статті екологічного спрямування та її публікацію студенту нараховується 10 балів (видання, що входить до Scopus або Web of Science) або 8 балів (фахове видання України). За публікацію тез доповіді на науковій конференції – 4 бали. Сума заохочувальних балів не може перевищувати 10 балів.

Дедлайни виконання кожного завдання зазначено у курсі «Зміни клімату та декарбонізація промислового сектору» на платформі «Сікорський».

Усі без виключення студенти зобов'язані дотримуватись вимог Положення про систему запобігання академічному плагіату в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

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

Поточний контроль: тести за лекціями (9 тестів × 4 бали = 36 балів), завдання в рамках практичного заняття (7 практичних занять × 6 балів = 42 бали), МКР (проводиться безпосередньо на практичному занятті, у присутності викладача, 22 бали). Тест містить чотири запитання і декілька відповідей до кожного з них, одна з яких вірна. Кожна правильна відповідь оцінюється в 1 бал.

Завдання в рамках практичного заняття оцінюються в 6 балів за такими критеріями:

- «відмінно» – повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування та особистий погляд – 6 балів;
- «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації), що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або містить незначні неточності – 5 балів;
- «задовільно» – неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації), виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та містить деякі помилки – 4 бали;
- «незадовільно» – незадовільна відповідь – 0 балів.

МКР складається із тестових завдань трьох рівнів складності. Перший рівень складності містить десять запитань, на кожне з яких пропонується декілька відповідей, лише одна правильна. Кожна правильна відповідь у рамках першого рівня оцінюється в 1 бал. Другий рівень складності має на меті перевірку знань щодо застосування тих чи інших технологічних схем (обладнання) і передбачає надання правильної відповіді за результатами роботи із графічним зображенням технологічної схеми чи обладнання. Містить такий рівень три завдання, кожне з яких оцінюється в 2 бали. Третій рівень складності передбачає розв'язок задачі і за

результатами розв'язку вибір правильної відповіді, оцінюється таке завдання у 4 бали. Для тих студентів, що не змогли виконати її вчасно, назначається окремий час в кінці семестру.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Умовою позитивного першого та другого календарного контролів є отримання не менше 50 % максимально можливого на момент відповідного календарного контролю рейтингу.

Семестровий контроль: залік. Умови допуску до семестрового контролю: виконана і зарахована МКР.

Студенти, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку 60 і більше балів, отримують відповідну до набраного рейтингу оцінку без додаткових випробувань. Сума рейтингових балів, отриманих студентом протягом семестру, переводиться до підсумкової оцінки згідно з таблицею.

Якщо сума балів менша за 60, але виконана і зарахована МКР, студент виконує залікову контрольну роботу. У цьому разі сума балів за МКР та за залікову контрольну роботу переводиться до підсумкової оцінки згідно з таблицею.

Студент, який у семестрі отримав більше 60 балів, але бажає підвищити свій результат, може взяти участь у заліковій контрольній роботі. У цьому разі остаточний результат складається із балів, що отримані на заліковій контрольній роботі, та балів за МКР.

Залікова контрольна робота оцінюється у 78 балів. Контрольне завдання цієї роботи складається з двох теоретичних запитань з переліку, що наданий у додатку до силабусу, та задачі.

Кожне запитання та задача оцінюються в 26 балів за такими критеріями:

- «відмінно» – повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування та особистий погляд – 26 – 24 бали;
- «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації), що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або містить незначні неточності – 23 – 20 балів;
- «задовільно» – неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації), виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та містить деякі помилки – 19 – 16 балів;
- «незадовільно» – незадовільна відповідь – 0 балів.

Для заочної форми навчання

Поточний контроль: МКР (22 бали). Структура МКР, вимоги до неї та критерії оцінювання аналогічні як і для очної форми навчання і наведені вище.

Семестровий контроль: залік. Умови допуску до семестрового контролю: виконана і зарахована МКР.

Студенти, які виконали умови допуску до заліку, виконують залікову контрольну роботу. Сума балів за МКР та за залікову контрольну роботу переводиться до підсумкової оцінки згідно з таблицею.

Залікова контрольна робота оцінюється у 78 балів як і для очної форми навчання. Критерії оцінювання наведено вище.

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 питань, які виносяться на семестровий контроль, наведено у додатку до силабусу.

Здобувач вищої освіти має можливість пройти онлайн курс(и) за однією або декількома темами, передбаченими робочою програмою навчальної дисципліни. Онлайн курс здобувач може обрати самостійно або за рекомендацією викладача. 1 год прослуханого курсу оцінюється у 0,83 бали. Максимальна кількість годин, яка може бути зарахована за результатами неформальної освіти, становить 12 год, відповідно максимальна кількість балів за такі результати становить – 10 балів.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом кафедри геоінженерії, д. т. н., доц. Твердою Оксаною Ярославівною та професором кафедри геоінженерії, д. т. н., проф. Вовк Оксаною Олексіївною

Ухвалено кафедрою геоінженерії (протокол № 18 від 17 червня 2022 року)

Погоджено методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 8 від 2 червня 2023 року)

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль

1. Пояснити зв'язок викидів парникових газів та потепління на планеті.
2. Оцінити прогноз та наслідки підвищення температури за різних варіантів реагування на викиди парникових газів. Моделі зміни клімату.
3. Визначити бар'єри на шляху досягнення кліматичного консенсусу. Дати визначення поняттю «зелений преміум».
4. Визначити основні аспекти впливу виробництва на екосистему.
5. Класифікувати забруднення атмосфери. Визначити можливі наслідки на глобальному рівні.
6. Класифікувати забруднення водних об'єктів. Визначити можливі наслідки на рівні окремої водойми.
7. Класифікувати забруднення ґрунтів. Визначити можливі наслідки.
8. Класифікувати забруднюючі речовини. Визначити наслідки впливу на організм людини оксидів вуглецю.
9. Зазначити відомі джерела електроенергії. Визначити потенційні шляхи зниження зеленого преміуму переходу на альтернативні джерела енергії.
10. Охарактеризувати технології виробництва безвуглецевої електроенергії. Зазначити необхідність вугільної реформи та трансформації вугільних регіонів України.
11. Дати визначення поняттю «постмайнінг». Визначити його роль у питаннях боротьби зі зміною клімату.
12. Визначити основні причини виникнення зеленого преміуму для промисловості. Запропонувати алгоритм досягнення нульових викидів у промисловості.
13. Оцінити вплив рослинництва на викиди парникових газів. Зазначити побічні ефекти використання добрив.
14. Визначити вплив тваринництва на обсяги парникових газів. Запропонувати шляхи зменшення зеленого преміуму для тваринництва.
15. Запропонувати шляхи зменшення харчових відходів. Дати визначення поняттю «зелений преміум».
16. Проаналізувати структуру транспортних викидів. Оцінити зелений преміум переходу на альтернативні види пального.
17. Зазначити альтернативні види транспорту. Оцінити можливість переходу на альтернативні види транспорту.
18. Зазначити основні види пального. Оцінити зелений преміум переходу на альтернативні види пального.
19. Проаналізувати технології виробництва біопалива. Визначити способи зниження зеленого преміуму переходу на біопаливо.
20. Оцінити можливість використання промислових відходів у будівництві доріг.
21. Проаналізувати енергоефективні технології будівництва. Запропонувати вуглецевонейтральне опалення будівель та обґрунтувати його зелений преміум.
22. Дати визначення поняттю «декарбонізація» та запропонувати інструменти для її стимулювання.
23. Дати визначення поняттю «декарбонізація» та окреслити основні шляхи декарбонізації промислового сектору.
24. Дати визначення поняттю «циркулярна економіка». Визначити її відмінність від «лінійної економіки».
25. Дати визначення поняттю «циркулярна економіка». Визначити основні аспекти циркулярного зростання.
26. Система індикаторів та показники циркулярної економіки. Визначити необхідність їх визначення.
27. Заходи введення промисловості у циркулярний процес. Визначити можливі перешкоди та бар'єри імплементації циркулярної економіки.

28. Дати визначення поняттю «декаплінг». Визначити можливі наслідки його досягнення на рівні підприємства.
29. Алгоритм впровадження моделі циркулярної економіки (на рівні підприємства). Визначити переваги сталого бізнесу.
30. Бізнес-моделі переорієнтації на стале підприємництво. Визначити переваги бізнес-моделі для сталого розвитку над традиційними підходами.
31. Алгоритм реалізації цілей сталого розвитку або переходу на стале підприємництво. Навести приклади переходу на стале підприємництво.
32. Обґрунтувати необхідність визначення екологічного сліду в процесі переходу на стале підприємництво.
33. Типи оцінки життєвого циклу продукції. Визначити інструменти, завдяки яким можна ефективно управляти життєвим циклом продукції.
34. Дати визначення поняттю «оцінка впливу на довкілля». Зазначити, хто є об'єктами та суб'єктами оцінки впливу на довкілля. Порівняти «екологічний аудит» з «оцінкою впливу на довкілля».
35. Основні джерела утворення відходів на виробництвах. Які методи утилізації відходів застосовують на сьогоднішній день? Визначте їх переваги та недоліки.
36. Безвідходні технології, як основа циркулярної економіки. Наведіть приклади.
37. Класифікувати методи очищення пилогазових викидів в атмосферне повітря. Визначити критерії, за якими варто здійснювати вибір обладнання для очищення або попередження пилогазових викидів.
38. Класифікувати методи очищення стічних вод. Визначити критерії, за якими варто здійснювати вибір обладнання для очищення стічних вод підприємства або попередження їх забруднення.
39. Класифікувати методи утилізації відходів виробництва. Навести приклади замкнених циклів функціонування підприємств.
40. Рекуперація пилогазових викидів. Навести приклади.
41. Проаналізувати підхід до очищення промислових стічних вод відходами виробництва та видобутку. Навести можливі приклади.
42. Проаналізувати переваги та недоліки створення замкнених циклів водопостачання.
43. Визначити відмінності між поняттями: «рециклінг», «регенерація» та «рекуперація».
44. Навести приклади перероблення відходів з отриманням цільового продукту. Визначити переваги такого підходу.
45. Навести приклади використання відходів у якості сорбентів для вилучення (поглинання) поллютантів. Визначити переваги такого підходу.
46. Проаналізувати світову політику декарбонізації.
47. Проаналізувати міжнародний досвід боротьби зі зміною клімату.