



Силабус освітнього компонента
Програма навчальної дисципліни



Системні підходи розробки моделей складних екологічних комплексів

Шифр та назва спеціальності

G2-Технології захисту навколишнього середовища

Інститут

ННІ Механічної інженерії і транспорту

Спеціалізація

-

Кафедра

Хімічна техніка та промислова екологія (154)

Освітня програма

Технології захисту навколишнього
середовища

Тип дисципліни

Обов'язкова, спеціальна (фахова)

Рівень освіти

Другий (магістерський)

Форма навчання

Денна, заочна

Семестр

1

Мова викладання

Українська

Викладачі, розробники



Козуля Тетяна Володимирівна

tatiana.kozulia@khpi.edu.ua

Доктор технічних наук, професор, професор кафедри хімічної техніки та промислової екології

Досвід педагогічної роботи – 29 років. Автор та співавтор понад 230 наукових та методичних публікацій. Читає лекції з наступних курсів:

«Методи планування та обробки результатів експериментальних досліджень в галузях екології та захисту довкілля», "Грін комп'ютерінг" «Екологічний менеджмент», «Ландшафтна екологія», «Екологічна безпека», "Теоінформаційні технології", «Системи управління відходами».

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)

Загальна інформація

Анотація

Дисципліна спрямована надати загальні теоретичні положення з моделювання складних екологічних комплексів, сучасні наукові теоретичні знання та практичні рішення щодо отримання уявлення про виникнення, розвиток природних комплексів, природних компонентів, що поєднуються у природно-територіальні комплекси. Розглянуті засоби побудови прогностичних математичних моделей на основі статистичного аналізу, методологію моделювання складних слабоструктурованих екосистем різного рівня ієрархічної будови, складних процесів у ландшафтно-екологічних структурах; досвід науковців із створення архітектурної моделі (ML+GIS+IoT) та алгоритмів оптимізації для сценарно-орієнтованого управління відновленням ситуації воєнного і післявоєнного часу як системи «порушення – стабілізація – відновлення».

Мета та цілі дисципліни

Формування базових знань з підходів, методів та методичних засобів створення та проєктування моделей екосистемних об'єктів для наукових досліджень в галузі захисту довкілля. Надання теоретичних і практичних основ з аналізу та оцінки моніторингової інформації, розробки системних моделей для уявлення про стан природних комплексів, прогнозування змін при застосуванні систем захисту довкілля, розвитку складних екосистемних утворень.

Формат занять

Лекції, практичні заняття, консультації. Розрахункове завдання. Підсумковий контроль – екзамен

Компетентності

ЗК01. Здатність застосовувати знання в практичних ситуаціях.

ЗК02. Здатність спілкуватися іноземною мовою.

ЗК04. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

ЗК05. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

СК06. Здатність контролювати й оцінювати ефективність природоохоронних заходів та застосовуваних технологій.

Результати навчання

РН01 Аналізувати складні системи, розуміти їх взаємозв'язки та організаційну структуру.

РН17 Формулювати задачі моделювання, створювати моделі об'єктів і процесів з використанням математичних, картографічних методів і геоінформаційних технологій.

Обсяг дисципліни

Загальний обсяг дисципліни 150 год. (5 кредитів ECTS): лекції – 32 год., лабораторні роботи – 32 год., самостійна робота – 86 год.

Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

Для успішного проходження курсу необхідно володіння компетентностями та результатами навчання, які передбачені стандартом вищої освіти зі спеціальності G2 «Технології захисту навколишнього середовища» першого бакалаврського рівня, а також загальних знань з природничих наук.

Особливості дисципліни, методи та технології навчання

Лекції проводяться інтерактивно з використанням мультимедійних технологій.

На лабораторних заняттях використовуються репродуктивні та проблемно-пошукові методи навчання та акцентується увага на комп'ютерному опрацюванні первинної інформації про навколишнє середовище; побудові прогностичних математичних моделей на основі статистичного аналізу; моделюванні складних слабоструктурованих екосистем різного рівня ієрархічної будови, складних процесів у ландшафтно-екологічних структурах.

Програма навчальної дисципліни

Навчальні заняття

Лекції

Теми лекцій	Кількість годин
Тема 1. Вступ. Наукові основи моделювання складних систем, особливості моделювання і прогнозування в галузі екології та захисту довкілля. Загальні поняття моделювання в екологічній сфері наукових досліджень.	2
Тема 2. Методологічні основи розробки математичних, імітаційних моделей «стан–процес» з дослідження екосистемних комплексів.	4

Екологічні та технологічні об'єкти моделювання, що стосуються проблем захисту довкілля. Особливості створення системних моделей для дослідження складних екологічних комплексів. Принципи розробки екологічних моделей.

Тема 3. Теорія та практика розробки складних систем навколишнього середовища та моделювання їх функціональності. 4

Системологія наукових міждисциплінарних досліджень складних екологічних комплексів. Методи системного моделювання й прогнозування для задач захисту та відновлення природних комплексів техногенно навантажених територій.

Тема 4. Методи системного аналізу природно-територіальних комплексів. 6

Теоретичні та практичні основи розробки статистичних моделей при багатофакторній оцінці стану екосистемних комплексів: фактори, гіпотези, пошук чинників рішень системних завдань з захисту довкілля; регресійний аналіз за моніторинговими дослідженнями; кластерний аналіз для надання основного опису складу природно-територіальних утворень.

Тема 5. Розробка моделей змінності природних систем під зовнішньою дією виду «вплив – відгук», «процеси – відгук», «відгук – стан». 4

Уникнення небезпечних екологічних наслідків завдяки використанню сценарного підходу з моделювання ситуацій і прогнозування змін при застосуванні програмних пакетів.

Тема 6. Методичні основи для проєктування екосистем для задач відновлення після техногенно-мілітарних впливів. 4

Концепції природо-орієнтованих рішень (Nature-based Solutions, NbS), системний аналіз ландшафтів та поетапної екологічної реабілітації: дистанційний моніторинг деградації, фіторе mediaцію забруднених ґрунтів та стратегії пасивного чи активного ревайлдингу з урахуванням мінно-вибухових ризиків.

Тема 7. Системологія моделювання природно-техногенних комплексів для наукового дослідження екосистемних комплексів 4

Особливості створення графічних моделей для складних екологічних комплексів. Дослідження стану та функціональності систем «об'єкт – навколишнє середовище». Систем-системне подання моделей змінності техногенно навантажених природних об'єктів.

Тема 8. Сучасні інформаційно-програмні засоби проєктування моделей природно-територіальних об'єктів для екологічних досліджень. 4

Засоби комп'ютерних технологій отримання даних для моделювання і проєктування моделей довкілля. Особливості та переваги розробки моделей у просторі та часі. Моделювання екологічних процесів на основі даних ДЗЗ та змін, що відбуваються в природних системах. Просторово-часові данні для побудови імітаційних моделей досліджуваних чи контрольованих екосистемних комплексів.

Загальна кількість годин 32

Практичні заняття

За наявності непередбачені

Лабораторні заняття

Лабораторні роботи в рамках дисципліни передбачені

Теми лабораторних занять

Кількість годин Вагові коефіцієнти *b*

Тема 1. Загальні принципи математичного моделювання з використанням комп'ютерних технологій. Класифікація природних об'єктів щодо використання засобів розробки моделей з аналізу, оцінки та прогнозу стану та динаміки екосистем і складових, процесів метаболізму, гомеостазу, регулювання екологічної рівноваги.	4	0,1
Тема 2. Актуальні питання моделювання екологічних систем: від теорії стійкості до цифрової практики відновлення. Збалансована модель сталого розвитку "вхід-вихід" з урахуванням процесів управління навколишнім середовищем. Опис балансу екологічних та економічних моделей при впровадженні основних змін. Гіпотези, припущення та спрощення статичної еколого-економічної моделі. Технологія реорганізації в статичній еколого-економічній моделі для досягнення значень основних показників	4	0,1
Тема 3. Завдання прикладного багатовимірного аналізу для статистичного моделювання об'єктів та технологій захисту довкілля. Основні види статистичних моделей на базі моніторингової інформації. Видача розрахункового завдання. Вимоги до його виконання у відповідності до направленості матеріалу дисципліни. Використання для виконання завдань прикладних програм Microsoft Excel, STATISTICA,	4	0,1
Тема 4. Прийняття рішення в умовах невизначеності стану та змін екосистем на території природно-техногенних комплексів. Когнітивне моделювання. Особливості реалізації багатфакторного аналізу з елементами прогнозування на базі когнітивних карт. Визначення можливостей їх для виконання завдань відповідно до обраної студентом екологічної задачі на певній території.	4	0,1
Тема 5. Інформаційні технології у сценарному моделюванні ремедіації постконфліктних територій: від експрес-санітарії до сталого відновлення. Розробка інтегрованої моделі ремедіації (TR та GR) з використанням комп'ютерного моделювання для цілей сталого відновлення постконфліктних територій. Екологічні ризики відповідно до Байєса моделі аналізу та їх оцінки. Моделювання сценаріїв за допомогою імітаційного моделювання.	4	0,2
Тема 6. Методичні особливості еколого-економічного аналізу на базі графічних мережевих моделей. Пошук оптимального рішення і прогнозування змін в екосистемах при антропогенному навантаженні. Результати розрахунків екологічних показників та управлінські наслідки для сталого відновлення постконфліктних територій	4	0,2
Тема 7. Системна основа для формування організаційної моделі використання ГІТ для екологічного моніторингу та моніторингу навколишнього середовища Використання програмних пакетів для отримання вхідної інформації, аналізу, оцінки ситуації у просторі та часі як бази для технологічних рішень	4	0,1
Тема 8. Оцінка впливу перебігу екологічних процесів на забруднення довкілля на модельних уявленнях ситуації	4	0,1

Правила розв'язання задач з оцінки екологічного стану територіальних об'єктів у просторі та часі. Графічне моделювання при невизначеності ситуацій.

Загальна кількість годин

32

$$\sum_{i=1}^n b_i = 1$$

Контрольні роботи

Одна підсумкова контрольна робота, яка охоплює теоретичні питання курсу та проходить у формі тестового опитування за лекційним матеріалом.

Теми контрольних робіт

Вагові
коефіцієнти a

Контрольна робота

1

Загальна кількість годин

$$\sum_{i=1}^n a_i = 1$$

Самостійна робота

Курс передбачає самостійне опрацювання теоретичного матеріалу та підготовку з виконання розрахункового завдання. Завдання пов'язано з методичним забезпеченням, яке надається на практичних заняттях. Розрахункове завдання виконується з використанням засобів комп'ютерної обробки інформації та запропонованого програмного додатку.

Опрацювання теоретичного матеріалу

Теми для самостійного вивчення

Кількість годин

Тема 1. Стратегія математичного моделювання технологічних систем. Розробка математичних моделей технологічних систем. Дослідження технологічних систем на основі структурних (топологічних) моделей

4

Тема 2. Аналіз ефективності контрзаходів для захисту екосистем на схилових ландшафтах методом камерних моделей.

4

Тема 3. Порядок моделювання складних систем і процесів, що підтримують екологічну рівновагу

4

Тема 4. Методологія просторового моделювання зони забруднення навколо місць видалення відходів

4

Тема 5. Бази даних для перевірки адекватності моделей СППР із забезпечення техногенної безпеки промислового міста.

4

Тема 6. Напрямки застосування системного підходу щодо екологічного відновлення та розвитку України

4

Тема 7. Системний підхід щодо створення системи підтримки екологічних рішень для забезпечення екологічної безпеки держави.

4

Тема 8. Техногенно-екологічні системи – складні динамічні системи, моделювання систем з концентрованими (ДСКП) та розподіленими (ДСРП) параметрами.

4

Тема 9. Еволюція та детермінанти розвитку інституційної моделі ресурсокористування

4



Тематика індивідуальних завдань

Вимоги до виконання індивідуального розрахункового завдання та терміни виконання детально наведені за посиланням у методичних вказівках

<https://repository.kpi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/c3fa30ac-d804-4889-a0b4-1c8d1eac4ce7/content?trackerId=41a24bac0b23eba8>

Обов'язковим є розробка статистичної моделі, оцінка динаміки природно-техногенного об'єкта при дослідженні екологічної ефективності його функціонування з позицій екобезпеки.

Теми індивідуального завдання

Тема . Моделювання складних об'єктів навколишнього середовища. прогнозування впливу техніко-технологічних систем на екологічну ситуацію в об'єктах довкілля

Засвоєння практики побудови моделі об'єкта природно-територіального устрою для дослідження екологічних аспектів соціально-економічної діяльності, системологія формування моделі виду складного системного утворення «об'єкт – навколишнє середовище»; визначення інформаційного забезпечення з вивчення стану рівноваги системного об'єкта у вигляді системи екологічного моніторингу; прогнозування розвитку об'єкта дослідження відповідно до розробленої статистичної моделі його екологічного стану та оцінка динаміки природно-техногенного об'єкта при дослідженні екологічної ефективності його функціонування з позицій екобезпеки.

Неформальна освіта

Передбачена неформальна освіта у вигляді участі у конференціях за темами курсу і отримання відповідних сертифікатів, подання матеріалів для публікацій відповідно до індивідуальних завдань зараховується як здача розрахункового завдання з максимальною оцінкою 100 балів. В якості підтвердження надається сертифікат учасника та публікація наданих матеріалів.

Рекомендовані курси, тренінги, стажування

Література, навчальні матеріали та інформаційні ресурси

Основна література

1. Cherniavska T. (Editor) Ecological systems modeling: Collective monograph. Tallinn: Scientific Route. 2025. 237p. DOI: 10.21303/978-9908-9706-6-0. ISBN 978-9908-9706-6-0.
2. Хом'як, І. В. Моделювання та прогнозування стану довкілля. Житомирський державний університет імені Івана Франка, Житомир. 2022 <http://eprints.zu.edu.ua/id/eprint/34123>
3. Фесюк В. О. Географічне моделювання і прогнозування: курс лекцій. Луцьк : ПП Іванюк В. П., 2021. 132 с. URL : https://evnuir.vnu.edu.ua/bitstream/123456789/21060/1/geomod_prog2021.pdf
4. Півень О. М., Товстолуг З. М. Інженерне проєктування технології: навчальний посібник. Харків: НТУ «ХПІ», 2023. 136 с.
URL :

<https://repository.kpi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/5c30e02b-215f-4cbf-840c-eaf41cad87a4/content>

5. Валерко, Р. А., Герасимчук, Л. О., Пацева, І. Г., Бондарчук, В. М., Войналович, І. М. Системний аналіз як методологічний підхід до розробки стратегічної моделі покращення екологічної безпеки сільського водопостачання. Природнича освіта та наука. 2024. №5) С. 62–66.

<https://doi.org/10.32782/NSER/2024-5.12>

6. Козуля Т. В. Грін-комп'ютинг [Електронний ресурс] : лаб. практикум з навчальної дисципліни «Green computing (дисципліна загальної підготовки)". Ч. 1 / М. М. Козуля, Т. В. Козуля ; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". Електрон. текст. дані. –Харків : НТУ "ХПІ", 2024. 172 с. URI:

<https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/73744>

7. Козуля Т. В., Козуля М. М. Інформаційно-методичні основи підтримки прийняття рішень для комплексного дослідження системних об'єктів : монографія.. Харків : НТУ "ХПІ", 2024. 231 с. URL : <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/79823>;

<https://repository.kpi.kharkov.ua/items/51bd528f-330f-4a59-b030-b7e6db891b6a>

Додаткова література

1. Душечкіна Н. Ю. Системний аналіз якості довкілля як інструмент екологічного управління. Український журнал природничих наук. 2025. № 12. С. 353–360. DOI

<https://doi.org/10.32782/naturaljournal.12.2025.35>

2. Літвак О.А., Гура О.О. Концептуальна модель розвитку екологічно орієнтованого підприємництва в умовах цифрової трансформації. Екологічні науки. 2025. № 1(64). С. 140–147. DOI

<https://doi.org/10.32846/2306-9716/2026.eco.1-64.20>

3. Регламент ЄС про відновлення природи та шляхи впровадження в Україні. Аналітична записка. Ресурсно-аналітичний центр «Суспільство і довкілля». 2025. 32 с.

https://rac.org.ua/wp-content/uploads/2025/03/racse_eu_nature_restoration_regulation_ukr.pdf

4. Коваленко Ю.Л., Ломакіна О.С. DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2026.eco.2-65.44>

Динаміка глобальних викидів парникових газів та екстремальна спека в Україні: прогностичні кліматичні ризики. Екологічні науки № 2(65). 7 с. <https://ecoj.dea.kiev.ua/archives/2026/65/46.pdf>

5. Козак З., Волошанюк В., Андрусевиц Н. Архітектура відбудови України: трансформація підходів і ключові виклики аналітична записка. травень 2026 року. Представництво Фонду ім. Г. Бюлля в Україні, 2026 © РАЦ «Суспільство і довкілля», 2026. 72 с.

<https://rac.org.ua/wp-content/uploads/2026/05/racse-recoveryarchitecture-2026-ukr.pdf>

Інформаційні ресурси

1. <https://blogs.sas.com/content/hiddeninsights/2019/02/11/how-is-an-analytical-model-like-a-wild-sal>

2. <https://www.sfu.ca/~vdabbagh/Chap1-modeling.pdf>

3. https://people.maths.bris.ac.uk/~madjl/course_text.pdf

Система оцінювання

Підсумкова оцінка з освітнього компонента визначається відповідальним лектором за темами, видами занять, тощо у відповідності до силябусу і є інтегральною оцінкою результатів усіх вид навчальної діяльності здобувача вищої освіти. Підсумкова оцінка повинна відображати всі оцінки за складовими навчального процесу з урахуванням їх вагових показників k :

Поточний контроль (практичні, семінарські, лабораторні заняття), k_1	Контрольні роботи (за наявності), k_2	Індивідуальне завдання (за наявності), k_3	Підсумковий контроль (для ОК з іспитом), k_4
0,2	0,2	0,6	0

Сума коефіцієнтів повинна складати одиницю: $k_1 + k_2 + k_3 + k_4 = 1$. Підбір вагових коефіцієнтів підсумкової оцінки здійснює розробник курсу.

Розрахунок підсумкової оцінки проводиться за формулою:

Системні підходи розробки моделей складних екологічних комплексів



Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»

$$O = П \cdot k_1 + K \cdot k_2 + I \cdot k_3 + Пк \cdot k_4$$

де: П – середньозважена середня оцінка за поточний контроль
 I – оцінка за виконання індивідуального завдання
 K – середньозважена оцінка за контрольні роботи
 Пк – оцінка за підсумковий контроль

$$K = \frac{K_1 \cdot a_1 + \dots + K_n \cdot a_n}{\sum_{i=1}^n a_i}$$

де: a_i - ваговий коефіцієнт за кожну контрольну роботу.

$$П = \frac{П_1 \cdot b_1 + П_2 \cdot b_2 + \dots + П_n \cdot b_n}{\sum_{i=1}^n b_i}$$

де: b_i - ваговий коефіцієнт за кожне практичне (семінарське) або лабораторне заняття.

Поточні оцінки за кожну складову (П, K, I, ...) виставляються за 100-бальною шкалою згідно з положенням «Про критерії та систему оцінювання знань та вмінь і про рейтинг здобувачів вищої освіти» НТУ «ХП».

Підсумкова оцінка виставляється відповідно до розрахованої O з округленням до найближчого цілого числа в більшу сторону.

Шкала оцінювання

Сума балів	Національна оцінка	ECTS
90–100	Відмінно	A
82–89	Добре	B
75–81	Добре	C
64–74	Задовільно	D
60–63	Задовільно	E
35–59	Незадовільно (потрібне додаткове вивчення)	FX
1–34	Незадовільно (потрібне повторне вивчення)	F

Норми академічної етики і політика курсу

Здобувач вищої освіти повинен дотримуватися «Кодексу етики академічних взаємовідносин та доброчесності НТУ «ХП»: виявляти дисциплінованість, вихованість, доброзичливість, чесність, відповідальність. Конфліктні ситуації повинні відкрито обговорюватися в навчальних групах з викладачем, а при неможливості вирішення конфлікту – доводитися до відома співробітників дирекції інституту.

Нормативно-правове забезпечення впровадження принципів академічної доброчесності НТУ «ХП» розміщено на сайті: <http://blogs.kpi.kharkov.ua/v2/nv/akademichna-dobrochesnist/>

Погодження

Силабус погоджено

31.08.2026



Завідувач кафедри

Олексій ШЕСТОПАЛОВ

31.08.2026



Гарант ОП

Тетяна КОЗУЛЯ



