



Теорія систем в екології

Шифр та назва спеціальності

Інститут

ННІ Механічної інженерії і транспорту

Спеціалізація

-

Кафедра

Хімічна техніка та промислова екологія (154)

Освітня програма

Тип дисципліни

Вибіркова

Рівень освіти

Другий (магістерський)

Форма навчання

Денна, заочна

Семестр

Мова викладання

Українська

Викладачі, розробники



Шестопалов Олексій Валерійович

Oleksii.Shestopalov@khp.edu.ua

к.т.н., доцент, завідувач кафедри хімічної техніки та промислової екології НТУ "ХПІ"

Досвід педагогічної роботи – 14 років. Автор та співавтор понад 200 наукових та навчально-методичних праць. Провідний лектор з дисциплін: «Теорія систем в екології», «Технології знешкодження та утилізації компонентів газових викидів».

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)

Загальна інформація

Анотація

Дисципліна спрямована на набуття студентами знань з теорії екологічних систем, які необхідні для формування комплексного підходу при вирішенні конкретних екологічно спрямованих завдань забруднення навколишнього середовища під впливом антропогенної діяльності та оптимізації управління якістю довкілля з використанням методів системного аналізу екологічних процесів.

Мета та цілі дисципліни

Формування базових знань про взаємозв'язок та закономірності взаємодії всіх компонентів довкілля між собою у складі екологічних систем всіх структурно-функціональних рівнів організації біосфери.

Формат занять

Лекції, практичні заняття, консультації. Індивідуальне завдання у вигляді розрахункового завдання. Підсумковий контроль - залік.

Компетентності

Здатність використовувати теоретичні, методичні та практичні питання вирішення конкретних екологічно спрямованих завдань за допомогою загального системного підходу і методів системного аналізу екологічних процесів.

Результати навчання

Застосовувати основи теорії систем і системного аналізу, необхідних під час дослідження різних міждисциплінарних проблем, їх системно-синергетичних основ і зв'язків.

Обсяг дисципліни

Загальний обсяг дисципліни: 120 годин (4 кредити ECTS): лекції – 32 год, практичні заняття – 16 год, самостійна робота – 72 год.

Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

Для успішного опанування дисципліни здобувач повинен мати підготовку рівня бакалавра, сформовані загальні навчальні компетентності (здатність до навчання, критичне мислення, робота з інформацією, самоорганізація) та базові професійні знання зі спеціальності.

Особливості дисципліни, методи та технології навчання

Лекції проводяться у інтерактивному режимі спілкування зі студентами та з використанням мультимедійних технологій. На практичних заняттях застосовується метод репродуктивного навчання, направлений на узгодження теоретичних аспектів курсу з практичними та передбачає інженерні і екологічні розрахунки. При виконанні індивідуального завдання використовується спонукальний метод навчання з організацією самостійної діяльності студентів щодо здатності аналізувати екологічні системи та використовувати методи системного аналізу в цілому.

Програма навчальної дисципліни

Навчальні заняття

Лекції

Теми лекцій	Кількість годин
Тема 1. Основні положення загальної теорії систем. Історія розвитку вчення про системи. Поняття системи. Системний підхід в науці.	3
Тема 2. Структурно функціональні особливості екосистем. Рівні організації органічного світу. Поняття про екосистеми. Ієрархічні рівні екосистем. Класифікація екосистем.	3
Тема 3. Енергетичний баланс екологічних систем та їх продуктивність. Енергетичний баланс екологічних систем. Біологічна продуктивність екологічних систем. Піраміди мас та енергії в екосистемах.	3
Тема 4. Екологічні фактори та їх вплив на життєдіяльність організмів. Поняття про екологічні фактори. Класифікація екологічних факторів та їх вплив на живі організми. Основні види взаємодії біотичних та абіотичних компонентів типової наземної екосистеми.	3

Тема 5. Природна динамікаЮ флуктуації та еволюція екосистеми. Гомеостаз екосистем. Екологічна сукцесія. Еволюція та зміни видового складу екосистем. Флуктуації екосистем. Самоорганізація і самоочищенні екосистем. Значення біорізноманіття до підтримання динамічної рівноваги в екосистемах.	3
Тема 6. Динаміка популяцій та моделі міжвидових взаємодій. Аналіз моделей динаміки популяцій. Міжвидові взаємодії та їх математичний опис.	3
Тема 7. Методологія системного аналізу та моделювання динаміки екосистем. Основні принципи системного аналізу. Етапи і послідовність системного аналізу. Методика проведення системного аналізу екологічних систем.	3
Тема 8. Принципи використання загальносистемного підходу в екології. Використання методології системного аналізу та теорії систем при вирішенні природоохоронних задач. Прогнозування динаміки екосистем з урахуванням впливу антропогенного навантаження	3
Тема 9. Принципи моделювання екологічних систем. Класифікація моделей екосистем (концептуальні, математичні, імітаційні). Етапи побудови моделей. Методи параметризації та валідації моделей. Приклади простих і складних моделей.	4
Тема 10. Комп'ютерне моделювання та прогнозування динаміки екосистем. Сучасні інструменти комп'ютерного моделювання. Моделі з урахуванням стохастичних факторів та нелінійної динаміки. Прогнозування змін екосистем під впливом клімату та антропогенних факторів.	4
Загальна кількість годин	32

Практичні заняття

Теми практичних занять	Кількість годин	Вагові коефіцієнти <i>b</i>
Тема 1. Системний аналіз самоочищення біотехноценозу. Визначення структури та компонентів біотехноценозу. Аналіз механізмів самоочищення (біологічне окислення, адсорбція, седиментація, біодеградація забруднювачів). Побудова схем потоків речовин та оцінка ефективності самоочищення за конкретними прикладами (водойми, ґрунти, біофільтри).	2	0,1
Тема 2. Моделювання динаміки популяцій. Ознайомлення з базовими математичними моделями зростання популяцій. Розрахунок та графічне моделювання зміни чисельності популяції в часі за заданими параметрами. Аналіз сценаріїв стабілізації, вимирання або надмірного зростання популяції.	2	0,1
Тема 3. PEST та SWOT аналіз в управлінні екологічними системами. Проведення PEST-аналізу зовнішнього середовища (політичні, економічні, соціальні, технологічні фактори	3	0,2

впливу на екосистему). Застосування SWOT-аналізу для оцінки сильних і слабких сторін, можливостей та загроз у конкретній екологічній проблемі. Розробка стратегічної матриці та рекомендацій щодо управління та збереження екосистеми.

Тема 4. Закономірності функціонування екологічних систем.	3	0,2
--	---	-----

Вивчення основних принципів та законів функціонування екосистем (закон 10%, правило одного відсотка, принцип Ле Шательє-Брауна, закони збереження енергії та речовин). Побудова схем потоків енергії, трофічних пірамід та ланцюгів живлення. Аналіз наслідків порушення закономірностей для стійкості екосистеми.

Тема 5. Особливості застосування системного підходу при вирішенні екологічних задач.	3	0,2
---	---	-----

Визначення меж системи, виділення елементів, зв'язків та ієрархії в екологічній задачі. Застосування етапів системного аналізу до реальних кейсів (забруднення, деградація ландшафтів, управління заповідними територіями). Розробка блок-схем або алгоритмів вирішення екологічних проблем з урахуванням системного підходу.

Тема 6. Аналіз впливу екологічних факторів на динаміку популяцій в екосистемах.	3	0,2
--	---	-----

Класифікація абіотичних та біотичних факторів та їх вплив на параметри популяційної динаміки (народжуваність, смертність, міграція). Моделювання або розрахунок змін чисельності популяції за різними сценаріями впливу факторів (температура, забруднення, конкуренція, хижацтво). Визначення критичних значень факторів та порогових ефектів для збереження популяції.

Загальна кількість годин	16	$\sum_{i=1}^n b_i = 1$
---------------------------------	-----------	------------------------

Лабораторні заняття

Лабораторні роботи в рамках дисципліни не передбачені

Контрольні роботи

Одна підсумкова контрольна робота, яка охоплює теоретичні та практичні питання курсу та проходить у формі тестування за допомогою ресурсу Forms на платформі Office 365

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 виконання індивідуального завдання у вигляді розрахункового завдання, яке полягає у системному обґрунтуванні вибору методів аналізу, моделювання або управління екосистемою (популяцією, процесами динаміки чи стійкості) залежно від типу екосистеми, ключових факторів впливу, вихідних даних та умов функціонування. Завдання включає системний аналіз структури та зв'язків екосистеми, виконання математичного моделювання (наприклад, динаміки популяцій, потоків енергії/речовин чи сценаріїв змін), оцінку ефективності та стійкості запропонованого рішення (прогноз, заходи відновлення чи адаптивного управління), аналіз можливих наслідків для екосистеми та біорізноманіття, а також розробку рекомендацій щодо мінімізації негативного впливу та підвищення гомеостазу системи. Результати оформлюються у вигляді письмового звіту та обговорюються під час практичних занять.

Опрацювання теоретичного матеріалу

Теми для самостійного вивчення	Кількість годин
Тема 1. Історія розвитку теорії систем та її застосування в екології. Огляд ключових етапів: від Берталанфі до сучасних системних екологів (Одум, Голлі, Маргалеф). Аналіз впливу кібернетики, теорії інформації та синергетики на формування екологічного системного мислення. Приклади класичних робіт та їх значення для сучасної екології.	8
Тема 2. Емерджентні властивості та самоорганізація в екосистемах. Поняття емерджентності, ієрархії та синергії в біологічних системах. Механізми самоорганізації (атрактори, біфуркації, диссипативні структури) на прикладах екосистем. Аналіз ролі самоорганізації в стійкості та відновленні екосистем після порушень.	6
Тема 3. Стохастичні та нелінійні моделі в екологічному моделюванні. Огляд стохастичних процесів у динаміці популяцій та екосистем (шум, випадкові флуктуації). Нелінійна динаміка: хаос, циклічні режими, біфуркації в моделях (наприклад, модель Рікера, логістична з шумом). Приклади застосування в прогнозуванні нестабільних екосистем.	6
Тема 4. Системний аналіз глобальних екологічних проблем. Застосування системного підходу до аналізу антропогенних впливів на біосферу. Моделі глобальних змін (IPCC, моделі кругообігу вуглецю, втрата біорізноманіття).	6
Тема 5. Імітаційне моделювання екосистем на базі агентного підходу. Принципи агент-базованого моделювання (ABM) в екології. Моделі поведінки організмів, популяцій та ландшафтів. Приклади: моделювання поширення інвазійних видів, динаміки лісових пожеж, міграцій тварин.	6
Тема 6. Системний аналіз якості навколишнього середовища та екологічні індикатори. Методи інтегральної оцінки стану екосистем (індекси стійкості, екологічні індикатори). Системний підхід до біоіндикації та моніторингу. Побудова комплексних показників для оцінки деградації довкілля.	6
Тема 7. Екосистемні послуги та їх економічна оцінка в системному контексті. Поняття екосистемних послуг (постачальні, регулювальні, культурні, підтримувальні). Методи оцінки (маркетні, неринкові, умовна оцінка). Системний аналіз взаємозв'язків послуг та стійкості екосистем під антропогенним тиском.	6

Тема 8. Сценарне прогнозування та управління екосистемами в умовах невизначеності.

6

Методи сценарного аналізу для прогнозування динаміки екосистем.
Адаптивне управління (adaptive management) як системний підхід.
Приклади: управління заповідними територіями, адаптація до кліматичних змін.

Загальна кількість годин

50

Тематика індивідуальних завдань

Індивідуальне завдання з курсу виконується у письмовій формі у вигляді розрахункової роботи, яке передбачає обґрунтування актуальності обраної теми, системний аналіз вихідних даних екосистеми або популяції, виконання математичного моделювання, побудову схем потоків речовин/енергії чи графіків динаміки, а також оцінку екологічної ефективності запропонованого рішення. Завдання оформлюється у вигляді звіту, що має включати титульну сторінку, зміст, основну частину (з розрахунками, схемами або графіками), висновки та список використаних джерел. Орієнтовний обсяг роботи – 10–15 сторінок друкованого тексту (формат А4, шрифт Times New Roman 14, міжрядковий інтервал 1,5). Робота подається в електронному вигляді, за потреби додаються розрахункові файли (Excel, Mathcad тощо). Строк виконання передбачено протягом семестру.

Теми індивідуального завдання

Тема 1. Системний аналіз та моделювання динаміки популяцій у забрудненій екосистемі.

Проаналізувати структуру та компоненти типової екосистеми (наприклад, лісової чи водної), враховуючи вплив антропогенних забруднювачів на динаміку популяцій ключових видів, розглянути математичні моделі (логістична модель Верхульста з факторами забруднення, модель Лотки-Вольтерра з модифікаціями), обґрунтувати вибір оптимальної моделі з урахуванням біорізноманіття, екологічних факторів та порогових значень забруднення. Виконати необхідні розрахунки чисельності популяцій за різними сценаріями (використовуючи програмне забезпечення Excel) та передбачити заходи відновлення стійкості екосистеми для зменшення негативного впливу на біоту.

Тема 2. Розробка сценаріїв прогнозування змін екосистеми під впливом кліматичних факторів.

Проаналізувати ієрархічну структуру екосистеми (наприклад, степової чи гірської), зокрема взаємозв'язки біотичних та абіотичних компонентів, розглянути методи прогнозування (імітаційне моделювання, стохастичні моделі з кліматичними параметрами, сценарний аналіз за моделями ІРСС), обґрунтувати вибір оптимального підходу з урахуванням регіональних кліматичних змін, біологічної продуктивності та ризиків деградації. Виконати необхідні моделювання динаміки (побудова графіків) та передбачити адаптивні заходи управління для підтримання гомеостазу екосистеми в умовах глобального потепління.

Загальна кількість годин

22

Неформальна освіта

Рекомендовані в силабусі елементи неформальної освіти можуть бути зараховані за спрощеною процедурою без додаткової валідації результатів (створення предметної комісії). Успішне проходження курсів Екологія: динаміка та збереження екосистем та Systems Thinking Basics

можуть бути зараховані як виконання практичної роботи №1 та №2 відповідно, за умови підготовки короткого аналітичного звіту на основі прослуханого матеріалу (2–3 сторінки), з виставленням максимальної оцінки.

Публікація (тези доповідей на конференції, стаття у фаховому виданні, монографія тощо), тематика якої безпосередньо відповідає змісту практичної роботи, може бути зарахована як виконання відповідного виду навчальної діяльності з виставленням максимальної оцінки.

Рекомендовані курси, тренінги, стажування

1. Екологія: динаміка та збереження екосистем <https://www.coursera.org/learn/ecology-conservation>
2. Systems Thinking Basics <https://www.coursera.org/learn/systems-thinking-basics>

Література, навчальні матеріали та інформаційні ресурси

Основна література

1. Теорія систем в екології: підручник / Ю. Г. Масікевич, О. В. Шестопапов, А. А. Негадайло та ін. Суми: СумДУ, 2015. – 330 с. <http://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/41329>
2. Методичні вказівки до практичних робіт з курсу "Теорія систем в екології" [Електронний ресурс] : для студентів спец. 101 "Екологія" та 183 "Технології захисту навколишнього середовища" всіх форм навчання / уклад.: О. В. Шестопапов [та ін.] ; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". – Електрон. текст. дані. – Харків : НТУ "ХПІ", 2023. – 40 с. – URI: <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/73072>
3. Системний аналіз якості навколишнього середовища: підручник / Т. А. Сафранов, Я. О. Адаменко, В. Ю. Приходько, Т. П. Шаніна, А. В. Чугай, А. В. Колісник. За ред. проф. Т. А. Сафранова і проф. Я. О. Адаменко. – Одеса: ТЕС, 2014. – 244 с. http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/3356/1/SafranovTA_SAYNS_2015.pdf
4. Системний аналіз якості навколишнього середовища: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / В.П. Гандзюра– К., 2020. – 180 с. https://biomed.knu.ua/images/stories/Kafedry/Ecol_zool/Library/Environment_quality_manual.pdf
5. Системний аналіз якості навколишнього середовища. Навчальний посібник для студентів спеціальності 101 Екологія / О. Медведєва, В. Кропивний, Т. Мірзак, Я. Немировський. – Кропивницький: 2021. – 80 с. <https://dspace.kntu.kr.ua/server/api/core/bitstreams/cc702302-6a03-4164-8046-9f962925c920/content>
6. Основи теорії систем і системного аналізу: Навч. Посібник / К.О. Сорока. Х.: ХНАМГ, 2004. –291 с. https://eprints.kname.edu.ua/10895/1/%D0%A1%D0%B8%D1%81%D0%90%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B7_1_8%D0%BD.pdf

Додаткова література

1. Добровольський В.В. Основи теорії екологічних систем: Учб. пос. К.: Професіонал, 2006. 272 с. https://dspace.chmnu.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/326/1/Добровольський%20В.%20В.%20Системний%20аналіз%20якості%20навколишнього%20середовища_навч.%20посіб..pdf
2. Системний аналіз якості навколишнього середовища: підручник. / А. М. Прищєпа, С. М. Лико, О. І. Портухай/ Київ: Кондор-Видавництво, 2016. 496 с. http://library.kpi.kharkov.ua/files/new_postupleniya/siany.pdf
3. Екосистемологія. Методичні рекомендації до проведення лабораторних робіт / Хом'як І.В., Демчук Н.С., Гарбар Д.А. Житомир. Видавництво ЖДУ, 2021. 63 с. <http://eprints.zu.edu.ua/32311/>
4. Добровольський В. В. Системний аналіз якості навколишнього середовища : навч. посіб. / В. В. Добровольський, Є. М. Безсонов. Миколаїв : Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили, 2018. 164 с.

Інформаційні ресурси

1. ЕкоЗагроза. Офіційний ресурс Міндовкілля. <https://ecozagroza.gov.ua/>
2. SaveEcoBot. <https://www.saveecobot.com/maps>

Система оцінювання

Підсумкова оцінка з освітнього компонента визначається відповідальним лектором за темами, видами занять, тощо у відповідності до силабусу 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
0,35	0,35	0,3	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:

$$O = P \cdot k_1 + K \cdot k_2 + I \cdot k_3 + P_k \cdot k_4$$

де: P – середньозважена середня оцінка за поточний контроль
 I – оцінка за виконання індивідуального завдання
 K – середньозважена оцінка за контрольні роботи
 P_k – 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.

$$P = \frac{P_1 \cdot b_1 + P_2 \cdot b_2 + \dots + P_n \cdot b_n}{\sum_{i=1}^n b_i}$$

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

Поточні оцінки за кожну складову ($P, K, I, \dots$) 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 «ХПІ»: 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 «ХПІ» розміщено на сайті: <http://blogs.kpi.kharkov.ua/v2/nv/akademichna-dobrochesnist/>

Погодження

Силабус погоджено

30.08.2025



Завідувач кафедри

Олексій ШЕСТОПАЛОВ