

**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»  
Навчально-науковий інститут хімії та екології  
Кафедра екології та охорони навколишнього середовища**

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**  
Директор ННІХЕ  
\_\_\_\_\_ /проф. Василь ЛЕНДЄЛ/  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**«СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ЯКОСТІ НАВКОЛИШНЬОГО  
СЕРЕДОВИЩА (з курсовою роботою)»**

Рівень вищої освіти	<b>другий (магістерський) рівень</b>
Галузь знань	<b>10 Природничі науки</b>
Спеціальність	<b>101 Екологія</b>
Освітня програма	<b>Екологія та охорона навколишнього середовища</b>
Статус дисципліни	<b>обов'язкова</b>
Мова навчання	<b>українська</b>

Робоча програма навчальної дисципліни «Системний аналіз якості навколишнього середовища (з курсовою роботою)» для здобувачів вищої освіти галузі знань **10 Природничі науки спеціальності 101 Екологія** освітньої програми **Екологія та охорона навколишнього середовища**.

**Розробник:** РОМАН Людмила Юріївна, к.х.н., доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища;

Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні кафедри екології та охорони навколишнього середовища

протокол № 12 від «26» червня 2024 р.

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ Сергій СУХАРЄВ

Схвалено науково-методичною комісією ННІХЕ

протокол № \_\_\_\_ від «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

Голова науково-методичної комісії \_\_\_\_\_ Михайло СЛИВКА

## 1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Розподіл годин за навчальним планом	
	Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Кількість кредитів ЄКТС – 6	Рік підготовки:	
Загальна кількість годин – 180	I - ий	-
Кількість модулів – 2	Семестр:	
Тижневих годин денної форми навчання: аудиторних – 3 самостійної роботи студента – 7	1 - ий	-
	Лекції:	
	28	-
	Практичні (семінарські):	
	-	-
Вид підсумкового контролю: іспит	Лабораторні:	
	32	-
Форма підсумкового контролю: усна	Самостійна робота:	
	90	-
	Індивідуальна робота:	
30	-	

## 2. МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Метою вивчення навчальної дисципліни «**Системний аналіз якості навколишнього середовища**»: забезпечення загальної підготовки у галузі аналізу складних природних та антропогеннозмінених екосистем, формування знань та вмінь здобувачів використовувати сукупність методів, прийомів та алгоритмів системного підходу при аналізі якості об'єктів навколишнього середовища, дослідження змін та обґрунтуванні шляхів вирішення складних екологічних проблем, які виникають в довкіллі внаслідок дії природних та антропогенних чинників; надання здобувачам теоретичних знань та практичних навичок у галузі аналізу складних систем навколишнього середовища як основи для вивчення професійно-орієнтованих дисциплін і виконання дипломного проекту.

Відповідно до освітньої програми, вивчення дисципліни сприяє формуванню у здобувачів вищої освіти таких компетентностей:

### **Загальні компетентності (ЗК):**

- ЗК 1. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
- ЗК 5. Здатність спілкуватися іноземною мовою.
- ЗК 6. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.
- ЗК 7. Здатність мотивувати людей та рухатись до спільної мети.
- ЗК 8. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу на основі логічних аргументів та перевірених фактів.
- ЗК 9. Здатність до адаптації та дії в новій ситуації.
- ЗК 10. Навички використання сучасних інформаційних технологій, здатність презентувати власні та колективні результати професійної та науково-дослідної діяльності.

### **Фахові компетентності (ФК):**

- ФК2. Здатність застосовувати міждисциплінарні підходи при критичному осмисленні екологічних проблем.
- ФК 3. Здатність до використання принципів, методів та організаційних процедур дослідницької та/або інноваційної діяльності.
- ФК 4. Здатність застосовувати нові підходи до аналізу та прогнозування складних явищ, критичного осмислення проблем у професійній діяльності.
- ФК 5. Здатність доводити знання та власні висновки до фахівців та нефахівців.
- ФК 7. Здатність до організації робіт, пов'язаних з оцінкою екологічного стану, захистом довкілля та оптимізацією природокористування, в умовах неповної інформації та суперечливих вимог.

- ФК 8. Здатність до самоосвіти та підвищення кваліфікації на основі інноваційних підходів у сфері екології, охорони довкілля та збалансованого природокористування.

- ФК 9. Здатність самостійно розробляти екологічні проекти шляхом творчого застосування існуючих та генерування нових ідей.

- ФК 10. Здатність оцінювати рівень негативного впливу природних та антропогенних факторів екологічної небезпеки на довкілля та людину.

- ФК 12. Здатність застосовувати регуляторні інструменти для охорони довкілля та раціонального природокористування.

### 3. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Передумовами вивчення навчальної дисципліни «Системний аналіз якості навколишнього середовища (з курсовою роботою)» є опанування таких навчальних дисциплін (НД) освітньої програми (ОП): вступний фаховий іспит.

### 4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Відповідно до освітньої програми «Системний аналіз якості навколишнього середовища», вивчення навчальної дисципліни повинно забезпечити досягнення здобувачами вищої освіти таких програмних результатів навчання (ПРН):

Програмні результати навчання	Шифр ПРН
<b>1</b>	<b>2</b>
Знати та розуміти фундаментальні і прикладні аспекти наук про довкілля.	1
Уміти використовувати концептуальні екологічні закономірності у професійній діяльності.	2
Знати на рівні новітніх досягнень основні концепції природознавства, сталого розвитку і методології наукового пізнання.	3
Знати правові та етичні норми для оцінки професійної діяльності, розробки та реалізації соціально-значущих екологічних проектів в умовах суперечливих вимог.	4
Демонструвати здатність до організації колективної діяльності та реалізації комплексних природоохоронних проектів з урахуванням наявних ресурсів та часових обмежень.	5
Знати новітні методи та інструментальні засоби екологічних досліджень, у тому числі методи та засоби математичного і геоінформаційного моделювання.	6

<b>1</b>	<b>2</b>
Уміти доносити зрозуміло і недвозначно професійні знання, власні обґрунтування і висновки до фахівців і широкого загалу.	8
Знати принципи управління персоналом та ресурсами, основні підходи до прийняття рішень в умовах неповної/недостатньої інформації та суперечливих вимог.	9
Уміти використовувати сучасні інформаційні ресурси з питань екології, природокористування та захисту довкілля.	11
Уміти оцінювати потенційний вплив техногенних об'єктів та господарської діяльності на довкілля.	13
Оцінювати екологічні ризики за умов недостатньої інформації та суперечливих вимог.	15
Уміти використовувати сучасні методи обробки і інтерпретації інформації при проведенні інноваційної діяльності.	18
Володіти основами еколого-інженерного проектування та еколого-експертної оцінки впливу на довкілля.	20

Очікувані результати навчання, які повинні бути досягнуті здобувачами освіти після опанування навчальної дисципліни «Системний аналіз якості навколишнього середовища»:

<b>Програмні результати навчання</b>	<b>Шифр ПРН</b>
<b>1</b>	<b>2</b>
Знати та розуміти фундаментальні і прикладні аспекти наук про довкілля (географії, фізики, біології, екології, тощо).	1
Уміти використовувати концептуальні екологічні закономірності для моделювання екосистем та представлення результатів екологічного моніторингу об'єктів довкілля адміністративного чи природного регіону України.	2
Знати на рівні новітніх досягнень основні концепції природознавства, сталого розвитку і методології наукового пізнання під час вивчення та оцінки якості довкілля.	3
Знати правові та етичні норми для оцінки професійної діяльності, розробки та реалізації соціально-значущих екологічних проектів в умовах суперечливих вимог (встановлення ВЕС у Карпатському регіоні, тощо).	4
Демонструвати здатність до організації колективної діяльності та реалізації комплексних природоохоронних проектів з урахуванням наявних ресурсів адміністративного чи природного району країни та часових обмежень.	5
Знати новітні методи та інструментальні засоби екологічних досліджень, у тому числі методи та засоби математичного і геоінформаційного моделювання використовувати програмні пакети Microsoft (Word, Excel, PowerPoint), Statistica.	6

1	2
Уміти доносити зрозуміло і недвозначно професійні знання, власні обґрунтування і висновки до фахівців-екологів та широкого загалу, в тому числі й громадськості.	8
Знати принципи раціонального природокористування, основні підходи до прийняття рішень в умовах неповної/недостатньої інформації про об'єкти довкілля та суперечливих вимог.	9
Уміти використовувати сучасні інформаційні ресурси (бібліотеки, архіви, бази даних, тощо) з питань екології, природокористування та захисту довкілля.	11
Уміти оцінювати потенційний вплив техногенних об'єктів (промислових підприємств, електростанцій, газових мереж, автотранспорту, тощо) та господарської діяльності на довкілля.	13
Оцінювати екологічні ризики (загрози якості об'єкт навколишнього середовища) за умов недостатньої інформації та суперечливих вимог чи непередбачуваних ситуацій.	15
Уміти використовувати сучасні методи обробки і інтерпретації інформації (Microsoft office) при проведенні інноваційної діяльності.	18
Володіти основами еколого-інженерного проектування (будівництво ГЕС, встановлення СЕС чи ВЕС, тощо) та еколого-експертної оцінки впливу на довкілля.	20

## **5. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ**

### **Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання**

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання з навчальної дисципліни є:

- екзамен;
- тести;
- наскрізні та командні проекти;
- реферати;
- розрахункові та розрахунково-графічні роботи;
- презентації результатів виконаних завдань та досліджень;
- презентації та виступи на наукових заходах;
- неформальна освіта (сертифікат за тематикою).

## Форми контролю та критерії оцінювання результатів навчання

**Форми поточного контролю:** виконання практичних завдань, захисту лабораторних робіт, проведення контрольних робіт та колоквиумів. Контроль самостійної роботи здійснюється шляхом перевірки виконаних завдань на лабораторних та індивідуальних заняттях, захисту лабораторних робіт, написання рефератів, представлення презентацій, сертифікат неформальної освіти за тематикою.

**Форма модульного контролю:** письмові контрольні роботи або тестування (комп'ютерного чи письмового).

**Форма підсумкового семестрового контролю:** екзамен з навчальної дисципліни в обсязі навчального матеріалу, передбаченого робочою програмою навчальної дисципліни. Курсова робота є окремим видом діяльності, що оцінюється за 100-бальною шкалою (усний захист).

### Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 1)

Поточне оцінювання та самостійна робота							Модульна контрольна робота	Сума
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	50	100
7	7	7	7	7	7	8		

T1 - Предмет системного аналізу; T2 - Система та її властивості; T3 - Методологія системного аналізу; T4 - Основні ідеї методів експертних оцінок; T5 - Етапи експертного оцінювання; T6 - Методи розрахунку узгодженості думок експертів; T7 - Моделювання у системному аналізі;

### Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 2)

Поточне оцінювання та самостійна робота							Модульна контрольна робота	Сума
T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	50	100
7	7	7	7	7	7	8		

T8 - Динамічні та стохастичні моделі; T9 - Оптимізаційні моделі. Моделі теорії гри; T10 - Моделі теорії катастроф; T11 - Нелінійний кореляційний і регресійний аналіз; T12 - Кластерний аналіз; T13 - Дисперсійний та факторний аналіз в екології; T14 - Способи представлення інформації досліджень. Екосистемний аналіз.

### Оцінювання окремих видів навчальної роботи з дисципліни

Вид діяльності здобувача вищої освіти	Модуль 1		Модуль 2	
	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)
Лабораторні заняття (допуск, виконання та захист)	5	40	5	40
Презентація	-	-	1	10
Реферат	1	10	-	-
Модульна контрольна робота	1	50	1	50
Разом		100		100

## Критерії оцінювання модульної контрольної роботи

При оцінюванні модульної контрольної роботи враховується обсяг і правильність виконаних завдань:

а) оцінка «відмінно» (А) ставиться за правильне виконання всіх завдань (або більше 90% усіх завдань);

б) оцінка «добре» (В) ставиться за виконання 85% усіх завдань;

в) оцінка «добре» (С) ставиться за виконання 75% усіх завдань;

г) оцінка «задовільно» (D) ставиться, якщо правильно виконано 65% запропонованих завдань;

д) оцінка «задовільно» (Е) ставиться, якщо правильно виконано більше 50% запропонованих завдань;

е) оцінка «незадовільно» (FX) ставиться, якщо завдань виконано менше від 50 %.

Неявка на модульну контрольну роботу – 0 балів.

Вище наведені оцінки трансформуються в рейтингові бали у такий спосіб:

«А» – 45 - 50 балів;

«Е» – 30-31 бал;

«В» – 41-45 балів;

«FX» – менше 30 балів.

«С» – 37-40 балів;

Неявка на МКР – 0 балів.

«D» – 32-36 балів.

## Критерії оцінювання підсумкового семестрового контролю

Оцінка *відмінно* (А) виставляється, коли студент дає абсолютно правильні відповіді на теоретичні питання з викладенням оригінальних висновків, отриманих на основі програмного, додаткового матеріалу та нормативних документів. При виконанні практичного завдання студент застосовує системні знання навчального матеріалу, передбачені навчальною програмою.

Оцінка *добре* (В) виставляється студенту, який повністю розкрив теоретичні питання на основі програмного та додаткового матеріалу. При виконанні практичних завдань студент застосовує узагальнені знання навчального матеріалу, передбачені навчальною програмою.

Оцінка *добре* (С) виставляється студенту, який повністю розкрив теоретичні питання, а програмний матеріал викладено у відповідності до вимог. Практичні завдання виконані в цілому правильно, але мають місце окремі неточності.

Оцінка *задовільно* (D) виставляється, коли студент розкрив теоретичні питання, проте при викладенні програмного матеріалу допущені окремі помилки. При виконанні практичних завдань студент припускається помилок, за рахунок недостатнього розуміння програмного матеріалу.

Оцінка *задовільно* (Е) виставляється, коли студент неповністю розкрив теоретичні питання, відповідь містить суттєві помилки. При виконанні

практичних завдань студент припускається значних помилок, а виконання завдань викликає значні труднощі у студента.

Оцінка *незадовільно (FX)* виставляється студенту, який не розкрив теоретичні питання і не може виконати практичні завдання. Як правило такий студент виявляє здатність до викладення думки лише на елементарному рівні.

Оцінка *незадовільно (F)* виставляється студенту, який не виконав навчальну програму або якийсь елемент її складової, має фрагментарні знання, які не дозволяють розкрити теоретичні питання і виконати практичні завдання. Такий студент не може викласти свою думку навіть на елементарному рівні.

Оцінка *незадовільно (F)* виставляється студенту, який має фрагментарні знання, які не дозволяють розкрити теоретичні питання і виконати практичні завдання. Такий студент не може викласти свою думку навіть на елементарному рівні.

За результатами контролю знань студентів, дозволяється виставлення екзаменаційної оцінки (без підсумкового іспиту) – «відмінно», «добре», та «задовільно». Студент має право підвищити оцінку, складаючи іспит.

#### Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою
		<i>для іспиту</i>
90-100	<b>A</b>	відмінно
82-89	<b>B</b>	добре
74-81	<b>C</b>	
64-73	<b>D</b>	задовільно
60-63	<b>E</b>	
35-59	<b>FX</b>	незадовільно з можливістю повторного складання
0-34	<b>F</b>	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

## Критерії оцінювання курсової роботи

Оцінка курсової роботи здійснюється за 100-бальною шкалою, яка складається з двох частин:

- 1) виконання курсової роботи (до 70 балів);
- 2) захисту (до 30 балів).

Оцінка **A «відмінно» (90-100 балів)** ставиться, якщо студент: показав глибокі теоретичні знання з дисципліни; оволодів первинними навиками дослідної роботи: збирати дані, аналізувати, творчо осмислювати, формулювати висновки; дає свої пропозиції і рекомендації з предмету дослідження; виконав роботу грамотно літературною українською мовою; оформив роботу у відповідності до вимог і подав її до захисту у визначений кафедрою термін; на захисті продемонстрував глибокі знання теми дослідження, тверде і впевнено відповів на запитання членів комісії.

Оцінка **B «добре» (82-89 балів)** ставиться, якщо студент: показав досить високі теоретичні знання з навчальної дисципліни; оволодів первинними навиками дослідної роботи: збирати дані, аналізувати, осмислювати їх, формулювати висновки, але не завжди критично ставиться до використаних джерел та літератури; дає свої пропозиції і рекомендації з предмету дослідження, однак відчуває труднощі щодо їх обґрунтування; виконав роботу грамотно літературною українською мовою, але допустив нечисленні граматичні та стилістичні помилки; оформив роботу у відповідності до вимог і подав її до захисту у визначений кафедрою термін; на захисті продемонстрував добрі знання з теми дослідження, відповів на запитання членів комісії.

Оцінка **C «добре» (74-81 балів)** ставиться, якщо студент: показав досить високі теоретичні знання тієї з навчальної дисципліни; оволодів первинними навиками дослідної роботи: збирати дані, аналізувати, осмислювати їх, формулювати висновки, але не завжди критично ставиться до використаних літературних джерел; дає свої пропозиції і рекомендації з предмету дослідження, однак відчуває певні труднощі щодо їх обґрунтування; виконав роботу грамотно літературною українською мовою, але допустив граматичні та стилістичні помилки; оформив роботу у відповідності до вимог і подав її до захисту у визначений кафедрою термін; на захисті продемонстрував добрі знання з теми дослідження, відповів на запитання членів комісії.

Оцінка **D «задовільно» (64-73 балів)** ставиться, якщо студент: показав достатні теоретичні знання з навчальної; переважно оволодів первинними навиками дослідної роботи: збирати дані, аналізувати, осмислювати їх, формулювати висновки, однак допускає в роботі певні порушення принципів логічного і послідовного викладу матеріалу, у роботі допускає окремі фактичні помилки і неточності; не може сформулювати пропозиції і рекомендації з теми дослідження, або обґрунтувати їх; присутні помилки в оформленні роботи та її науково-довідкового апарату; допускає численні граматичні та стилістичні помилки; на захисті продемонстрував задовільні

знання з теми дослідження, але не зумів впевнено й чітко відповісти на додаткові запитання членів комісії.

Оцінка **E «задовільно» (60-63 балів)** ставиться, якщо студент: показав достатні теоретичні знання з дисципліни; в основному оволодів первинними навиками дослідної роботи: збирати дані, аналізувати, осмислювати їх, формулювати висновки, однак допускає в роботі порушення принципів логічного і послідовного викладу матеріалу, мають місце фактичні помилки і неточності; не може сформулювати пропозиції і рекомендації з теми дослідження, або обґрунтувати їх; допускає помилки в оформленні роботи та її науково-довідкового апарату; допускає численні граматичні та стилістичні помилки; на захисті продемонстрував задовільні знання з теми дослідження, але не зумів впевнено й чітко відповісти на додаткові запитання членів комісії.

Оцінка **FX «незадовільно» (35-59 балів)** ставиться, якщо студент: продемонстрував незадовільні теоретичні знання з навчальної дисципліни; зовсім не оволодів первинними навиками дослідницької роботи; допускає чимало помилок в оформленні роботи та її наукового апарату; допускає численні граматичні та стилістичні помилки; подав роботу до захисту пізніше визначеного кафедрою терміну; на захисті продемонстрував незадовільні знання з теми дослідження, не зумів відповісти на додаткові запитання членів комісії.

Оцінка **F «незадовільно» (0-34 бали)** ставиться в тому разі, коли на захисті студент проявив повне незнання досліджуваної проблеми, не зумів задовільно відповісти на поставлені питання, що свідчить про несамотійне виконання курсової роботи, або коли роботу до захисту не представлено.

#### Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою
		<i>для курсової роботи</i>
90-100	<b>A</b>	відмінно
82-89	<b>B</b>	добре
74-81	<b>C</b>	
64-73	<b>D</b>	задовільно
60-63	<b>E</b>	
35-59	<b>FX</b>	незадовільно з можливістю повторного складання
0-34	<b>F</b>	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

## **6. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

### **6.1. Зміст навчальної дисципліни**

#### **Модуль 1**

##### **Тема 1. Предмет системного аналізу.**

Передумови та необхідність виникнення системного підходу. Ознаки системного підходу. Принципи системного підходу. Цілі і завдання курсу. Задачі системного аналізу в екології. Основні терміни і визначення системного аналізу: системний аналіз, складна система, надсистема, нечітко поставлені цілі, тощо. Призначення системного аналізу. Предмет системного аналізу. Застосування системного аналізу до екологічних систем.

##### **Тема 2. Система та її властивості.**

Поняття системи. Класифікація систем. Види систем: абстрактні (описові і математичні) та матеріальні (природні, штучні, змішані), закриті і відкриті, прості і складні. Властивості систем. Елементи системи. Ознаки складної системи: цілісність, якісна визначеність, відмежованість відносно середовища, гетерогенність і структурованість, взаємодія частин системи між собою, взаємодія і зв'язок з навколишнім середовищем, наявність інтегрованих характеристик, емерджентність, наявність цілей та їх сукупності, ціленаправленість. Система і проблема. Система і середовище.

##### **Тема 3. Методологія системного аналізу.**

Формалізовані процедури й алгоритми системного аналізу. Методологія системного дослідження, орієнтована на дослідження існуючих систем та виявлення проблем. Формулювання мети та завдань для вирішення екологічної проблеми/дослідження. Визначення, розробка та перевірка можливих та альтернативних засобів, методів, способів вирішення екологічної проблеми, вибору технології захисту навколишнього середовища. Прогнозування стану або розвитку даної екологічної проблеми. Розробка та застосування моделей і сценаріїв прогнозу розвитку екологічних ситуацій. Порівняння та вибір альтернативних шляхів вирішення відповідної екологічної ситуації. Представлення результатів (презентація, апробація, наукова стаття тощо).

##### **Тема 4. Застосування методів та інструментів у системному аналізі. Основні ідеї методів експертних оцінок.**

Поняття експертних оцінок. Цілі експертного оцінювання. Евристичні методи генерування альтернатив. Методи колективної роботи експертної групи: Метод «мізкового штурму», метод «сценаріїв», метод «ділових ігор», метод «круглого столу», метод «суду». Методи виявлення індивідуальної думки членів експертної групи: методи анкетного опитування, інтерв'ю,

метод Дельфі. Метод дерева цілей. Переваги і недоліки методів експертних оцінок. Розробка сценаріїв розвитку екологічних ситуацій. Функціональний аналіз якості довкілля.

### **Тема 5. Етапи експертного оцінювання.**

Етапи експертного оцінювання: постановка мети дослідження; вибір форми дослідження, визначення бюджету проекту; підготовка інформаційних матеріалів, бланків анкет, інвентарю і модератора процедури; вибір експертів; проведення експертизи; статистичний аналіз результатів; підготовка звіту з результатами експертного оцінювання. Критерії, яким повинен відповідати експерт. Проблеми вибору експертної групи.

### **Тема 6. Методи розрахунку узгодженості думок експертів.**

Похибка першого та другого роду. Розрахунок похибок. Вплив об'єму вибірки на результати досліджень. Дисперсія, середньоквадратичне відхилення, похибка та стандартна похибка в екологічних дослідженнях.

Кореляція рангів та її вимірювання. Визначення узгодженості думок експертів, розрахунок коефіцієнта конкордації. Поняття про ранг, ранжування, рангову кореляцію. Методи рангової кореляції. Обробка результатів експертного оцінювання. Розрахунок статистичних показників: коефіцієнт конкордації, коефіцієнт Фішера, Стюдента, Хюмера.

### **Тема 7. Моделювання у системному аналізі.**

Поняття моделі, її визначення. Побудова моделей систем як основна процедура системного аналізу. Моделювання. Основні етапи моделювання. Цілі моделювання. Класифікація моделей за різними ознаками. Фізичні, математичні та імітаційні моделі. Засоби побудови моделей. Види математичних моделей. Переваги та недоліки математичних моделей. Роль моделювання в аналізі екологічних систем та природокористуванні.

Види імовірнісних моделей екологічних процесів. Формальні та змістовні моделі. Принцип «чорної скриньки» та стадії створення статистичних моделей екологічних процесів. Приклади побудови статистичних моделей екологічних процесів. Змістова модель типу «Склад системи» і «Структура системи». Теорія множин, теорія графів.

## **Модуль 2.**

### **Тема 8. Динамічні та стохастичні моделі.**

Динамічні моделі. Етапи системної динаміки. Основні характеристики динамічних моделей: ріст, розвиток, функціонування. Час як ключовий фактор динамічних моделей. Переваги та недоліки динамічних моделей. Застосування системної динаміки для оцінки якості навколишнього середовища. Матричні моделі. Характеристики матриць та математичні дії над ними. Переваги та недоліки матричних моделей. Матриця Леслі та її

застосування в екології. Матричні моделі вікової структури популяцій. Розрахунок власного числа і власного вектора матриці.

Стхастичні моделі. Марковські моделі як одні із типів стохастичних моделей. Марковська модель першого порядку. Марковський ланцюг. Основні умови застосування марковської моделі першого порядку. Значення марковських моделей в екології. Перехідні, замкнуті і поглинаючі стани. Побудова моделей марковського типу. Переваги і недоліки моделей марковського типу. Приховані марковські моделі.

### **Тема 9. Оптимізаційні моделі. Моделі теорії гри.**

Оптимізаційні моделі, їх сутність та характеристика. Загальна постановка оптимізаційної задачі. Умови побудови оптимізаційної моделі: визначення невідомих, встановлення обмежень, цільова функція, область допустимих рішень. Переваги та недоліки оптимізаційних моделей. Оптимальна стратегія хижака як приклад оптимізаційної моделі лінійного програмування. Графічне вирішення простої задачі лінійного програмування. Симплекс-метод. Етапи симплекс-методу оптимізаційних моделей. Переваги і недоліки симплексного методу.

Основні характеристики моделі теорії гри. Учасники гри. Класифікація ігор за різними ознаками. Матриця гри, що вказує стратегії вирішення екологічних задач. Гра у чистих стратегіях. Поняття «сідлових точок». Пошук «сідлових точок» як важливий момент у теорії гри. Гра у змішаних стратегіях.

### **Тема 10. Моделі теорії катастроф.**

Основні положення моделі теорії катастроф. Стійкість, біфуркації, не лінійність системи. Стійкість систем за Лагранжем, за Пуассоном, за Ляпуновим. Послідовність біфуркацій. Структурна стійкість системи. Нестійкість системи і самоорганізація. Властивості катастроф: бімодальність, дискретність, гістерезис, дивергенція. Ознаки, які вказують що система знаходиться біля точки катастрофи. Типи катастроф: катастрофа «складка», катастрофа «збірка», тощо. Властивість дивергенції на прикладі моделі катастрофи збірка. Приклад моделі, оснований на теорії катастроф, для захворювання голландського в'язу.

### **Тема 11. Кореляційний і регресійний аналіз.**

Теоретичні основи проведення одно- та багатовимірних методів аналізу біологічних об'єктів (регресійний, кореляційний, факторний, кластерний, дискримінантний аналіз). Лінійні моделі та обмеження їх застосування. Квадратичні, кубічні, експоненційні, логарифмічні моделі, рівні їх надійності. Отримання навичок застосування методів регресійного аналізу в екології.

Вимоги до вихідних даних для кореляційного аналізу. Емпіричний коефіцієнт кореляції. Рангові коефіцієнти кореляції. Похибка та достовірність коефіцієнта кореляції. Отримання навичок застосування кореляційних методів аналізу в екології.

**Тема 12. Кластерний аналіз.**

Вимоги до вихідних даних для кластерного аналізу. Методи нормування вихідних вибірок. Алгоритм проведення кластерного аналізу. Методи кластеризації даних. Інтерпретація графічних результатів аналізу. Теоретичні та практичні аспекти кластерного аналізу для оцінки якості довкілля.

**Тема 13. Дисперсійний та факторний аналіз в екології.**

Поняття дисперсії. Задачі дисперсійного аналізу. Фактори, що розглядаються у дисперсійному аналізі. Однофакторний дисперсійний аналіз. Двофакторний дисперсійний аналіз.

Поняття, види та алгоритм проведення факторного аналізу. Теоретичні та практичні аспекти факторного аналізу в екології. Галузі застосування багатовимірних статистичних методів.

**Тема 14. Способи представлення інформації. Екосистемний аналіз.**

Способи представлення інформації про результати дослідження: графічні, схематичні, табличні. Корисність одержаних результатів. Екосистемний аналіз при дослідженні структури і функціонування екологічних систем. Продуктивність екосистем та її елементів.

Дослідження структури і функціонування екосистем. Структура ценозів та видова різноманітність. Міжпопуляційні відносини в екосистемах.

## 6.2. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	Форма навчання:					
	усього	у тому числі				
лекції		практичні (семінарські)	лабораторні	індивідуальна робота	самостійна робота	
<b>1-ий семестр</b>						
<b>Модуль 1</b>						
Тема 1. Предмет системного аналізу.	10	2	-	-	2	6
Тема 2. Система та її властивості.	13	1	-	4	2	6
Тема 3. Методологія системного аналізу.	9	1	-	-	2	6
Тема 4. Основні ідеї методів експертних оцінок.	14	2	-	4	2	6
Тема 5. Етапи експертного оцінювання.	10	2	-	-	2	6
Тема 6. Методи розрахунку узгодженості думок експертів.	14	2	-	4	2	6
Тема 7. Моделювання у системному аналізі.	16	2	-	4	2	8
Модульна контрольна робота	2	2	-	-	-	-
Разом за модуль	88	14	-	16	14	44
<b>Модуль 2</b>						
Тема 8. Динамічні та стохастичні моделі.	14	2	-	4	2	6
Тема 9. Оптимізаційні моделі. Моделі теорії гри.	10	2	-	-	2	6
Тема 10. Моделі теорії катастроф.	9	1	-	-	2	6
Тема 11. Нелінійний кореляційний і регресійний аналіз	16	2	-	4	4	6
Тема 12. Кластерний аналіз.	14	2	-	4	2	6
Тема 13. Дисперсійний та факторний аналіз в екології.	16	2	-	4	2	8
Тема 14. Способи представлення інформації досліджень. Екосистемний аналіз.	11	1	-	-	2	8
Модульна контрольна робота	2	2	-	-	-	-
Разом за модуль	92	14	-	16	16	46
<b>Разом за семестр</b>	<b>180</b>	<b>28</b>	<b>-</b>	<b>32</b>	<b>30</b>	<b>90</b>

### 6.3. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
		денна
1	Застосування MS EXCEL (формули, прості та логічні функції, побудова діаграм) для розрахунків в екології.	4
2	Експертні методи оцінки якості навколишнього середовища. Розрахунок узгодженості думок експертів. Обробка результатів експертного опитування та їх представлення.	4
3	Кореляційний аналіз в екології.	4
4	Регресійний аналіз в екології.	4
5	Дисперсійний аналіз в екології.	4
6	Кластерний аналіз для обробки та представлення результатів досліджень екосистем.	4
7	Факторний аналіз для обробки та представлення результатів досліджень екосистем.	4
8	Представлення інформації про результати екологічних досліджень.	4
Всього		32

### 6.4. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
		денна
1	2	3
1	Побудова концептуальних моделей систем довкілля.	4
2	Призначення системного аналізу.	4
3	Використання балансових моделей екологічних процесів.	2
4	Система і проблема. Система і середовище.	4
5	Використання моделей екологічних процесів.	4
6	Вибір змінних, що характеризують систему та її керованість.	4
7	Застосування евристичних методів в екології.	4
8	Засоби побудови моделей.	4
9	Роль моделювання в аналізі екологічних систем та природокористуванні.	4
10	Методи рангової кореляції.	4
11	Характеристики матриць.	2
12	Значення марковських моделей в екології	4
13	Матриця гри для різних стратегій.	2
14	Побудова статистичних моделей екологічних процесів.	4
15	Коефіцієнти рангової кореляції: похибка та достовірність.	4
16	Отримання навичок застосування кореляційних методів аналізу в екології.	4
17	Методи кластеризації даних.	4

1	2	3
18	Теоретичні та практичні аспекти кластерного аналізу в екології.	4
19	Двофакторний дисперсійний аналіз.	4
20	Галузі застосування багатовимірних статистичних методів.	4
21	Дерево рішень. Страхування на випадок невдалого рішення.	4
22	Дослідження структури і функціонування екосистем.	4
23	Структура ценозів та видова різноманітність.	4
24	Міжпопуляційні відносини в екосистемах.	4
<b>Разом</b>		<b>90</b>

### 6.5. Індивідуальні завдання

Індивідуальне навчально-дослідне завдання у вигляді курсової роботи є обов'язковим. Студент виконує його під загальним керівництвом викладача. Курсова робота повинна бути виконана відповідно до державного стандарту ДСТУ 3008-95. Загальні вимоги до оформлення курсової роботи: формат – вертикальний, А4; розмір літер – 14; шрифт – Times New Roman; міжстроковий інтервал – 1.5; обсяг курсової роботи – 20...25 сторінок; відступ абзацу – 1.5 см; вирівнювання – по ширині; поля зліва – 3 см; поля праворуч – 1 см; поля внизу і вгорі – 2 см. Назви розділів і підрозділів слід виділяти жирним (вирівнювання – по центру).

Варто пам'ятати, що титульний лист повинен містити найменування університету (з зазначенням міста), дисципліни, тип і тему роботи, курс і назву кафедри, ім'я студента, наукового керівника, рік створення курсової. Титульний лист не підлягає нумерації.

Курсова робота повинна включати титульний лист, зміст, вступ, основну частину (2-3 Розділи, що містять підрозділи), висновки, список використаних літературних джерел, додатки (за потреби). У вступі надається стисла характеристика змісту і структури тексту, його завдання і цілі, предмет і об'єкт вивчення, ступінь його вивченості в національному і міжнародному масштабі, а також актуальність проблеми.

Всі розділи варто планувати приблизно однаковими у відсотковому співвідношенні.

Курсова робота передбачає дотримання здобувачем академічної доброчесності і не допускає наявності плагіату чи перенасичення роботи цитатами з літературних джерел.

Курсова робота повинна бути здана у зазначений кафедрою термін. Завершальним етапом є усний захист.

## Перелік можливих тем

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Системне моделювання в моніторингу довкілля.	2
2	Застосування методу «мозкового штурму» в екологічних дослідженнях.	2
3	Застосування методу Дельфі в екології.	2
4	Застосування моделей теорії катастроф у екології.	2
5	Значення марковських моделей в екології.	2
6	Матриця гри, що вказує стратегії вирішення екологічних задач.	2
7	Застосування методів регресійного аналізу в екології.	2
8	Екосистемний підхід при дослідженні структури і функціонування екологічних систем.	2
9	Роль моделювання в аналізі екологічних систем та природокористуванні.	2
10	Застосування кореляційних методів аналізу в екології.	2
11	Типова структура системної моделі в екології.	2
12	Регресійний аналіз для моделювання якості атмосферного повітря.	2
13	Кластерний аналіз для оцінки якості ґрунтового середовища.	2
14	Сучасний стан довкілля та динаміка змін якості навколишнього середовища.	2
15	Використання системного аналізу при виборі технології захисту довкілля.	2
<b>Всього</b>		<b>30</b>

**6.6. Неформальна освіта**

Здобувач має можливість визнання (зарахування) окремих результатів навчання в розрізі тематики курсу, які він набув у неформальній освіті, згідно [Положення про порядок визнання результатів навчання, здобутих у неформальній освіті](#) в ДВНЗ «УжНУ». Відповідна кількість годин може бути зарахована здобувачу в результаті успішного проходження ним відкритого онлайн-курсу з теми дисципліни. Для цього здобувачу необхідно представити підтверджуючий документ (сертифікат) про успішне проходження онлайн курсу.

**7. ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ  
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ВИКОРИСТАННЯ ЯКИХ ПЕРЕДБАЧАЄ  
НАВЧАЛЬНА ДИСЦИПЛІНА**

Технічні засоби: пристрої збереження та обробки інформації (ПК, ноутбук, планшет, тощо).

Програмне забезпечення: Microsoft (Word, Excel, PowerPoint), Statistica.

## 8. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

### Основна література

1. 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.
2. Добровольський В.В., Безсонов Є. М. Системний аналіз якості навколишнього середовища: навч. посіб. Миколаїв: *Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили*, 2018. 164 с.
3. Медведєва О., Кропівний В., Мірзак Т., Немировський Я.. Системний аналіз якості навколишнього середовища. Навчальний посібник для студентів спеціальності 101 Екологія. Кропивницький: 2021. 80 с.
4. Добротвор І. Г., Саченко А. О., Буяк Л. М. Системний аналіз: навч. посіб. Тернопіль: *ТНЕУ*, 2019. 170 с.
5. Гнатів П.С., Хірівський П.Р. Теорія систем і системний аналіз в екології: навч. пос. Львів.: *Камула*, 2010. 204 с.
6. Дудник І.М. Вступ до загальної теорії систем. К.: *Кондор*, 2009. 205 с.
7. Прищєпа А.М., Лико С.М., Портухай О.І., Системний аналіз якості навколишнього середовища: підручник. Київ: *Кондор*, 2016. 496 с.
8. Чорней Н. Б. Теорія систем і системний аналіз: Навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. Київ: *МАУП*, 2005. 256с.
9. Кветний Р.Н., Богач І.В., Бойко О.Р. Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислень. Частина 1: навчальний посібник Вінниця: *ВНТУ*, 2013. 191 с.
10. Теорія систем в екології: підручник/ Ю.Г. Масікевич, О.В. Шестопапов, А.А. Негадайло та ін. Суми: *Сумський державний університет*, 2015. 330 с.
11. Ганджюра В.П. Системний аналіз якості навколишнього середовища: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. Київ:., 2020. 180 с.
12. Сафранов Т.А., Приходько В.Ю., Шаніна Т.П. Системний аналіз якості навколишнього середовища: конспект лекцій для спеціалістів-екологів. Одеса: *ОДЕКУ*, 2014. 144 с.

### Допоміжна література

1. Роман Л.Ю., Галла-Бобик С.В. Екологічні аспекти збереження біорізноманіття на території дендрологічного парку «Березинка». *Екологічні науки*. В.1(52), Т.2, 2024. С. 84-88. DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2024.eco.1-52.2.16>
2. Роман Л.Ю., Ванджурак П.І. Екологічні аспекти догляду за лісом на території підприємства «Ліси України». *Екологічні науки*. В.5 (50), 2023. С. 148 – 152. DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.5-50.21>.

3. Роман Л.Ю., Михалко Л.С. Моніторинг якості води річки Стрий. *Acta Carpathica*, №2. 2023. С. 62 – 68. DOI <https://doi.org/10.32782/2450-8640.2023.2.7>
4. Літнарочич Р.М. Побудова і дослідження математичної моделі за джерелами експериментальних даних методами регресійного аналізу. Навчальний посібник. Рівне: МЕРУ, 2011. 140 с.
5. Теорія ігор в дослідженні конфліктних ситуацій. Методичні рекомендації до лабораторних робіт для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня спеціаліст та магістр / В.М. Рева, О.П. Купенко. Д.: Національний гірничий університет, 2011. 56 с.
6. Хусаїнов Д.Я., Харченко І.І., Шатирко А.В. Введення в моделювання динамічних систем: Навч. посібник. Київ: КНУ ім.Т.Шевченка, 2010. 130 с.

### **Методичне забезпечення**

1. Роман Л. Ю., Чундак С.Ю. Методичні вказівки до лабораторних занять з дисципліни «Системний аналіз якості навколишнього середовища» для магістрів І-го курсу хімічного факультету, спеціальності 8.101 Екологія. Ужгород: Уждррук, 2021. 76 с.

### **Інформаційні ресурси в мережі Інтернет**

1. Системний аналіз якості навколишнього середовища: підручник. За ред. проф. Т. А. Сафранова і проф. Я. О. Адаменко. Режим доступу: [http://eprints.library.odeku.edu.ua/3356/1/SafranovTA\\_SAYNS\\_2015.pdf](http://eprints.library.odeku.edu.ua/3356/1/SafranovTA_SAYNS_2015.pdf)
2. Офіційний сайт Державної служби статистики України. Режим доступу: <https://ukrstat.gov.ua/>
3. Офіційний сайт Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України. Режим доступу: <https://mepr.gov.ua/>
4. Варенко В. М., Братусь І. В., Дорошенко В. С., Смольніков Ю. Б., Юрченко В.О. Системний аналіз інформаційних процесів. Режим доступу: [http://nbuviap.gov.ua/images/nak\\_mon\\_partneriv/SA.pdf](http://nbuviap.gov.ua/images/nak_mon_partneriv/SA.pdf)
5. Сорока К.О. Основи теорії систем і системного аналізу. Режим доступу: [http://eco.com.ua/sites/eco.com.ua/files/lib1/navch\\_mat/sa\\_t1.pdf](http://eco.com.ua/sites/eco.com.ua/files/lib1/navch_mat/sa_t1.pdf)

**Результати перегляду  
робочої програми навчальної дисципліни**

Робоча програма перезатверджена на 20\_\_ / 20\_\_ н.р. без змін; зі змінами (Додаток \_\_).  
протокол № \_\_ від «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р. Завідувач кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис) (Прізвище ініціали)

Робоча програма перезатверджена на 20\_\_ / 20\_\_ н.р. без змін; зі змінами (Додаток \_\_).  
протокол № \_\_ від «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р. Завідувач кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис) (Прізвище ініціали)

Робоча програма перезатверджена на 20\_\_ / 20\_\_ н.р. без змін; зі змінами (Додаток \_\_).  
протокол № \_\_ від «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р. Завідувач кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис) (Прізвище ініціали)

Робоча програма перезатверджена на 20\_\_ / 20\_\_ н.р. без змін; зі змінами (Додаток \_\_).  
протокол № \_\_ від «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р. Завідувач кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис) (Прізвище ініціали)

Робоча програма перезатверджена на 20\_\_ / 20\_\_ н.р. без змін; зі змінами (Додаток \_\_).  
протокол № \_\_ від «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р. Завідувач кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис) (Прізвище ініціали)