

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства
та природокористування

Навчально-науковий інститут агроекології та землеустрою
Кафедра екології, технології захисту навколишнього середовища та
лісового господарства

05-02-496М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних робіт з навчальної дисципліни
**«ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ НАУКОВОЇ
СПЕЦІАЛЬНОСТІ 101 ЕКОЛОГІЯ»**

для здобувачів вищої освіти третього (освітньо-наукового) рівня
за освітньо-науковою програмою «Екологія»
спеціальності 101«Екологія»
галузі знань 10 Природничі науки
денної і заочної форм навчання

Рекомендовано
науково-методичною радою з якості
ННІ агроекології та землеустрою
протокол № 10 від 21.01.2025 р.

Рівне – 2025

Методичні вказівки до практичних робіт з навчальної дисципліни *«Теоретико-методологічні проблеми наукової спеціальності 101 Екологія»* для здобувачів вищої освіти третього (освітньо-наукового) рівня за освітньо-науковою програмою *«Екологія»* спеціальності 101 *«Екологія»* галузі знань 10 *«Природничі науки»* денної і заочної форм навчання. [Електронне видання] / Клименко М. О., Бедункова О. О., Вознюк Н. М., Прищепка А. М., Клименко Л. В. – Рівне : НУВГП, 2025. – 54 с.

Укладачі: Клименко М. О., д.с.-г.н., завідувач кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства; Бедункова О. О., д.б.н., професор кафедри екології ТЗНС та ЛГ; Вознюк Н. М., к.с.-г.н., професор кафедри екології ТЗНС та ЛГ; Прищепка А. М., д.с.-г.н., професор кафедри екології ТЗНС та ЛГ; Клименко Л. В., к.с.-г.н., доцент кафедри туризму та готельно-ресторанної справи.

Відповідальний за випуск: Клименко М. О., доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства.

Керівник групи забезпечення спеціальності 101 *«Екологія»*, д.б.н., професор

Бедункова О. О.

© М. О. Клименко, О. О. Бедункова,
Н. М. Вознюк, А. М. Прищепка,
Л. В. Клименко, 2025
© Національний університет
водного господарства та
природокористування, 2025

ЗМІСТ

Передмова.....	4
Практична робота №1 Фундаментальні та прикладні наукові дослідження.....	5
Практична робота №2 Терміни та визначення у наукових дослідженнях.....	8
Практична робота №3 Загальний огляд методів, які використовуються в екології.....	12
Практична робота №4 Дослідження принципу екологічної компліментарності та взаємодії енергетичних і речовинних компонентів у екосистемах.....	16
Практична робота №5 Сталий розвиток і екологічна криза...	18
Практична робота №6 Системний підхід у дослідженнях екосистем.....	21
Практична робота №7 Теорія популяцій та динаміка чисельності.....	23
Практична робота №8 Закони системи «людина-природа» ...	25
Практична робота №9 Планування та проведення експериментальних досліджень в екології.....	28
Практична робота №10 Математичні моделі в екології.....	30
Практична робота №11 Моделі популяцій та угруповань.....	31
Практична робота №12 Статистична обробка отриманих даних.....	33
Практична робота №13 Екологічне нормування.....	38
Практична робота №14 Аналіз принципів причинно-наслідкових зв'язків і підходів до лінійного та нелінійного мислення в екологічних моделях.....	45

Практична робота №15 Академічна доброчесність та її значення у сучасній освіті.....	46
Практична робота №16 Вимоги до оформлення результатів наукових досліджень та підготовка наукових статей	49
Рекомендована література.....	53

Передмова

Вивчення навчальної дисципліни *Теоретико-методологічні проблеми наукової спеціальності* здобувачами третього рівня освіти за спеціальністю 101 Екологія передбачає набуття здатності продукувати нові ідеї, аналізувати комплексні проблеми у сфері екології, охорони природи та раціонального природокористування, забезпечувати якість виконуваних досліджень, застосовувати сучасні інструменти та електронні інформаційні ресурси у науковій та навчальній діяльності, вирішувати наукові завдання відповідно до принципів сталого розвитку з урахуванням складових суспільства, біосфери та агросфери, ландшафтів, біоценозів, природних та штучних екосистем.

Тематика практичних робіт спрямована на посилення наведених компетентностей та набуття умінь глибоко розуміти концептуальні принципи та методологію природничих наук, формулювати і перевіряти гіпотези, використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень і математичного та/або комп'ютерного моделювання з метою розв'язання значущих наукових та науково-прикладних проблем екології (ПРН01); планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з екології, охорони довкілля та оптимізації природокористування з використанням сучасних інструментів, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми (ПРН02); розробляти та реалізовувати наукові та/або інноваційні інженерні проекти, які дають можливість переосмислити наявне та створити нове цілісне знання та/або професійну практику з урахуванням соціальних, етичних, економічних, екологічних та правових аспектів (ПРН05);

застосовувати сучасні інструменти та технології пошуку оброблення й аналізу інформації з проблем екології та дотичних питань, зокрема, статистичні методи аналізу даних великого обсягу та/або складної структури, спеціалізовані бази даних та інформаційні системи (ПРН06); мати сучасні концептуальні знання та високий методологічний рівень у сфері екології та на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень (ПРН07); розробляти методології та методи оцінювання й захисту довкілля, оптимізації структури природних та штучних екосистем із врахуванням принципів сталого розвитку (ПРН08); удосконалювати та встановлювати регіональні екологічні нормативи, проводити прогнозування змін стану природних та штучних екосистем (ПРН09).

Практична робота №1

Тема: Фундаментальні та прикладні наукові дослідження

Мета: Ознайомитись зі специфікою та призначенням фундаментальних та прикладних наукових досліджень.

Основна частина

Наука (science) – сфера людської діяльності, функцією якої є вироблення та теоретична систематизація об'єктивних знань про дійсність.

Безпосередні *цілі науки* - опис, пояснення та передбачення процесів і явищ дійсності, що становлять предмет її вивчення на основі законів, що нею відкриваються, тобто в широкому сенсі - теоретичне відображення дійсності.

Наукове дослідження:

– конкретна форма проведення наукової роботи, тобто вивчення науковими методами конкретного предмета (явища, процесу) з метою отримання невідомих про нього знань та їх подальшого корисного використання у практичній діяльності;

– процес вивчення, експерименту, концептуалізації та перевірки теорії, пов'язаний зі здобуттям наукових знань;

– цілеспрямоване пізнання, результати якого виступають у вигляді системи понять, законів та теорій.

Відмінні ознаки наукового дослідження:

– це обов'язково цілеспрямований процес, досягнення усвідомлено поставленої мети, чітко сформульованих завдань;

– це процес, спрямований на пошук нового, творчість, відкриття невідомого, висування оригінальних ідей, нове висвітлення аналізованих питань;

– тут упорядковано наведено в систему і сам процес дослідження, і його результати;

– йому властива сувора доказовість та послідовне обґрунтування зроблених узагальнень та висновків.

Фундаментальна наука:

– сфера пізнання, що передбачає теоретичні та експериментальні наукові дослідження основних явищ і пошук закономірностей, які пояснюють форму, будову, склад, структуру та властивості, а також перебіг процесів;

– це наука заради науки, частина науково-дослідної діяльності без певних комерційних або практичних цілей;

– це наука, що має на меті створення теоретичних концепцій та моделей, практичне застосування яких неочевидне.

Завдання фундаментальної науки - пізнання законів, що управляють поведінкою та взаємодією базисних структур природи, суспільства та мислення. Ці закони та структури вивчаються у «чистому вигляді», як такі, безвідносно до їхнього можливого використання.

Приклад фундаментальної науки - природознавство, воно спрямоване на пізнання природи, розуміння того, що вона існує сама по собі, незалежно від того, яку уяву дають відкриття: освоєння космосу чи забруднення довкілля. І жодної іншої мети природознавство не переслідує. Це наука на науку, тобто. пізнання навколишнього світу, відкриття фундаментальних законів буття та збільшення фундаментальних знань.

Фундаментальну науку через те, що вона розвивається головним чином в університетах та академіях наук, часто називають ще академічною. Академічна наука, як правило, – фундаментальна наука, наука не заради практичних додатків, а заради чистої науки.

Це часто дійсно так, проте "часто" не означає "завжди".
Фундаментальні та академічні дослідження – різні речі.

Фундаментальні дослідження – це такі дослідження, які відкривають нові явища та закономірності, це частина науково-дослідної діяльності, спрямована на поповнення загального обсягу теоретичних знань. Вони не мають заздалегідь визначених комерційних цілей, хоча й можуть здійснюватися в галузях, які цікавлять чи здатні зацікавити у майбутньому бізнесменів-практиків. До фундаментальних досліджень відносяться експериментальні та теоретичні дослідження, спрямовані на отримання нових знань без будь-якої конкретної мети, пов'язаної з використанням цих знань. Їхній результат — гіпотези, теорії, методи тощо.

Фундаментальні дослідження спрямовані на відкриття та вивчення нових явищ та законів природи, на створення нових принципів дослідження. Їхньою метою є розширення наукового знання суспільства, встановлення того, що може бути використане в практичній діяльності людини. Фундаментальні дослідження можуть завершуватись рекомендаціями щодо постановки прикладних досліджень для виявлення можливостей практичного використання отриманих результатів, науковими публікаціями тощо.

Прикладна наука ставить собі завдання вирішення певної технічної проблеми зазвичай у безпосередньому зв'язку з матеріальними інтересами суспільства.

Прикладні дослідження:

– наукові дослідження, спрямовані на вирішення соціально-практичних проблем;

– дослідження, спрямовані на здобуття нових знань з метою практичного їх використання для розробки технічних нововведень. Кінцевим результатом прикладних досліджень є рекомендації щодо створення технічних нововведень;

– дослідження, спрямовані переважно на застосування нових знань для досягнення практичних цілей та вирішення конкретних завдань;

– дослідження, спрямовані на знаходження способів використання законів природи для створення нових та вдосконалення існуючих засобів та способів людської діяльності людини;

– вид наукових досліджень, основна мета яких – вирішення практичних проблем.

Прикладні пошукові дослідження спрямовані на встановлення чинників, які впливають на об'єкт, пошук шляхів створення нових технологій і техніки з урахуванням способів, запропонованих у результаті фундаментальних досліджень.

Прикладні науково-дослідні роботи створюють нові технології, опрацьовують важливі теоретичні питання тощо.

Прикладні дослідження включають постановку завдання, попередній аналіз наявної інформації, умов та методів розв'язання задач-аналогів, планування та організацію експерименту, проведення експерименту, аналіз та узагальнення отриманих результатів, впровадження отриманих результатів у виробництво.

Експериментальні розробки – діяльність, що ґрунтується на знаннях, набутих у результаті проведення наукових досліджень або на основі практичного досвіду та спрямована на збереження життя та здоров'я людини, створення нових матеріалів, продуктів, процесів, пристроїв, послуг, систем чи методів та їх подальше вдосконалення.

За джерелами фінансування розрізняють держбюджетні (які виконуються за рахунок коштів держбюджету), госпдоговірні (виконуються за рахунок коштів договорів з підприємствами та організаціями) та ініціативні (виконуються за рахунок власних коштів).

Завдання: Ознайомитись зі специфікою та призначенням фундаментальних та прикладних наукових досліджень, підготувати усне повідомлення з наведенням прикладів із наукової екологічної літератури, провести дискусію за темою.

Практична робота №2

Тема: Терміни та визначення у наукових дослідженнях

Мета: Ознайомитись з термінологією та визначеннями, які використовуються в процесі реалізації наукових досліджень

Основна частина

Теорія:

- система узагальненого знання, пояснення тих чи інших аспектів дійсності (від латинського *theoreo* – розглядаю);
- вчення, система ідей чи принципів (від грец. *θεωρία* – розгляд, дослідження);
- сукупність висновків, які відображають об'єктивно існуючі відносини та зв'язки між явищами об'єктивної реальності;
- сукупність узагальнених положень, що утворюють науку чи її розділ.

Вихідні становища наукової теорії називаються постулатами, чи аксіомами.

Аксіома, постулат (від грец. *ἀξίωμα* – твердження, положення):

- це положення, яке приймається як вихідне, недоведене в даній теорії, і з якого виводяться всі інші пропозиції та висновки теорії. Аксіоми очевидні без доказів;
- вихідне становище будь-якої теорії, яке приймається в рамках цієї теорії істинним, без вимоги доказу та використовується в основі доказу інших її положень;
- вихідне положення, що приймається без доказу теорії, яка лежить в основі доказів її положень.

Методологія – вчення про структуру, логічну організацію, методи та засоби діяльності; система принципів та способів організації та побудови теоретичної та практичної діяльності, а також вчення про цю систему.

Методологія науки - вчення про методи та процедури наукової діяльності, а також розділ загальної теорії пізнання, особливо теорії наукового пізнання (епістемології) та філософії науки. Основне завдання методології науки полягає у забезпеченні евристичної форми пізнання суворо вивіренних та минулих апробацію принципів, методів, правил та норм проведення досліджень.

Методологія в прикладному сенсі – це система (комплекс, взаємопов'язана сукупність) принципів та підходів дослідницької діяльності, на які спирається дослідник (вчений) у ході здобуття та розробки знань у межах конкретної наукової дисципліни чи предметної галузі.

Метод:

– систематизована сукупність кроків, дій, які необхідно зробити, щоб вирішити певне завдання або досягти певного результату;

– спосіб досягнення будь-якої мети, розв'язання конкретної задачі;

– сукупність прийомів чи операцій (кроків) для практичного чи теоретичного освоєння (пізнання) дійсності.

З огляду на свою обмеженість рамками дії та результату, методи мають тенденцію старіти, перетворюючись на інші методи, розвиваючись відповідно до часу, досягнення технічної та наукової думки, потреб суспільства.

Спосіб – набір цілком конкретних дій щодо реалізації методу. Один і той самий метод може бути реалізований декількома різними послідовностями дій (методами).

Підхід – сукупність однорідних методів розв'язання певного завдання.

Методика:

– це сукупність розумових та фізичних операцій, розміщених у певній послідовності, відповідно до якої досягається мета дослідження;

– це, як правило, готовий "рецепт", алгоритм, процедура для проведення будь-яких націлених дій.

Методика відрізняється від методу конкретизацією прийомів та завдань. Наприклад, математична обробка даних експерименту може бути як метод (математична обробка), а конкретний вибір критеріїв, математичних характеристик – як методика.

Алгоритм – набір інструкцій, що описують порядок дій виконавця задля досягнення результату розв'язання завдання кінцеве число дій.

Технологія – (від грец. τέχνη – мистецтво, майстерність, вміння; λόγος – думка, причина; методика, спосіб виробництва) – у широкому розумінні – сукупність методів, процесів і матеріалів, що використовуються в будь-якій галузі діяльності, а також науковий опис методів технічного виробництва; у вузькому – комплекс організаційних заходів, операцій та прийомів, спрямованих на виготовлення, обслуговування, ремонт та/або експлуатацію виробу з номінальною якістю та оптимальними витратами та зумовлених поточним рівнем розвитку науки, техніки та суспільства в цілому.

Принцип (лат. *principium*, грец. *αρχή*):

– абстрактне визначення ідеї (початкова форма систематизації знань);

– правило, що виникло внаслідок суб'єктивно осмисленого досвіду людей.

Вимоги – необхідний та достатній перелік умов, які забезпечують отримання бажаного результату

Аналіз (др.-грец. - розкладання, розчленування):

– логічний прийом визначення поняття, коли дане поняття розкладають за ознаками на складові, щоб таким чином зробити пізнання його зрозумілим у повному обсязі.

– метод пізнання за допомогою розчленування чи розкладання предметів дослідження (об'єктів, властивостей тощо) на складові.

Системний аналіз – науковий метод пізнання, що є послідовністю дій щодо встановлення структурних зв'язків між змінними або елементами досліджуваної системи.

Синтез – поєднання окремих сторін предмета в єдине ціле.

Термін походить від др.-грец. *σύνθεσις* - з'єднання, складання, зв'язування. Синтез є спосіб зібрати ціле з функціональних частин як антипод аналізу – способу розібрати ціле на функціональні частини.

З погляду теорії пізнання, синтез є необхідним етапом прояву пізнавальної діяльності свідомості. У сукупності з аналізом метод синтезу дозволяє отримати уявлення про зв'язки між складовими предмета вивчення.

Математична модель – система математичних співвідношень (формул, функцій, рівнянь, систем рівнянь), що описують ті чи інші сторони об'єкта, що вивчається, явища, процесу або об'єкт (процес) в цілому.

Під час розробки моделі необхідно знайти компроміс між двома протилежними вимогами:

– модель повинна бути детальною, враховувати всі реально існуючі зв'язки та всі фактори та параметри, що використовуються;

– модель повинна бути досить простою, щоб можна було отримати прийнятні рішення або результати у прийнятні терміни за певних обмежень на ресурси.

Адекватність моделі – це її відповідність до того реального фізичного процесу (або об'єкта), який вона описує.

Експеримент (від латів. experimentum – проба, досвід): метод дослідження на моделі об'єкта (процесу) деякого явища у керованих умовах; процес вивчення об'єкта (явлення), що ґрунтується на цілеспрямованому впливі на модель об'єкта штучно створених умов, що дозволяє спостерігати, порівнювати та вимірювати його властивості та встановлювати залежності зміни властивостей від зовнішніх впливів.

Етапи проведення експерименту:

1. Підготовчий етап: формулювання та обґрунтування мети експерименту; формулювання та обґрунтування гіпотези експерименту; визначення умов, необхідні досягнення поставленої мети; складання плану (проекту) експерименту; вибір способу кодування інформації, яка отримується в процесі спостереження; визначення необхідних приладів, матеріалів, інструментів, встановлення їх наявності та справності; відбір приладів, матеріалів, інструментів безпосереднього використання у експерименті.

2. Етап безпосереднього здійснення експерименту: складання установки з урахуванням умов виконання експерименту; проведення у запланованій послідовності: а) дослідів; б) спостережень; в) вимірів; г) кодування результатів експерименту

3. Етап обробки результатів експерименту: математичні обчислення; аналіз отриманих даних; формулювання та кодування висновків.

Завдання: Ознайомитись з термінологією та визначеннями, які використовуються в процесі реалізації наукових досліджень, навести відповідні приклади з наукової літератури, взяти участь у дискусії.

Практична робота №3

Тема: Загальний огляд методів, які використовуються в екології

Мета: Ознайомитись з основними методами, які використовуються при проведенні екологічних досліджень та в сучасному процесі розвитку екологічної науки

Основна частина

В арсеналі сучасної екології існують різні методи дослідження, серед яких можна виділити три основні групи:

- польові спостереження;
- експерименти в полі;
- лабораторії та моделювання.

Метод спостереження – це історично перший метод екологічного дослідження, який передбачає невтручання дослідника в хід досліджуваних ним процесів і явищ, їх візуальну і інструментальну фіксацію та аналіз.

У цьому напрямку особливо широко використовуються порівняльні еколого-географічні спостереження, зокрема метод екологічних рядів Бориса Олександровича Келлера (1907). Екологічний ряд представлений конкретними місцем проживання виду, розташованими в порядку поступової зміни будь-якого екологічного фактору (температури, освітленості, засоленості ґрунту і т.д.). За допомогою екологічного ряду і через зміну анатомії, морфології, хімічного складу, темпів онтогенезу та інших ознак виявляється екологічна амплітуда виду по відношенню до мінливого фактору середовища, межі оптимумів та песимумів. Екологічні ряди можуть перебувати в природних місцеперебуваннях видів, а також можуть бути представлені експериментальними ділянками, що різняться, наприклад, кількістю поливу, добрив, що вносяться, та іншими цілеспрямовано змінюваними людиною факторами.

Широке застосування набули експериментальні методи.

Експеримент – це форма досліджень, за якої експериментатор цілеспрямовано змінює параметри існування об'єкта або системи, що ним вивчається, в тому числі і досить суттєво, що не характерно для її природного стану. Методики експериментальної роботи постійно удосконалюються, і коректність одержуваних експерименті даних серйозно обговорюється.

Експеримент може бути: а) *однофакторним*, коли експериментатор змінює лише один з екологічних факторів; б) *багатофакторним*, при якому змінюються два і більше фактори середовища.

Іноді природа ставить стихійні «експерименти» – посуха, повінь, різке похолодання та ін., тоді вченим залишається в потрібний момент і спосіб встановити результат цих експериментів вимірами. Широку популярність здобули також непередбачені

наслідки перетворення людиною екосистем та окремих їх компонентів, а також інтродукції видів.

Реалізація експерименту включає весь комплекс процедур та операцій, щодо яких здійснювалось планування. Безпосереднім завданням дослідника зазвичай є виконання технічних операцій експерименту таким чином, щоб уникнути систематичних помилок (відхилень) та мінімізувати випадкові помилки. Систематичні помилки, допущені або у розподілі впливів, або ж у процедурах вимірювання чи відбору проб, роблять експеримент некоректним, а висновки непереконливими.

В експерименті об'єкт або відтворюється штучно, або розміщується в заданих умовах, які відповідають цілям дослідження. У ході дослідження об'єкт ізолюється від побічних впливів. Конкретні умови у досліді не лише задаються, а й контролюються, модернізуються, багаторазово відтворюються та змінюються. У той же час експеримент здійснюється як взаємодія об'єктів, що протікає за природними законами; як штучна, організована людиною дія. Будь-який науковий експеримент завжди спрямовується до будь-якої ідеї і його проводять точно згідно з обраною методикою, суворо дотримуючись прописаних у ній пунктів.

Проведення експерименту можливе в лабораторії та в польових умовах. Особливістю *лабораторного експерименту* є частковий або повний (як, наприклад, в установці типу фітотрон) контроль дослідника за змінюваними ним екологічними факторами та їх дозуванням. Більшість *польових експериментів* відносяться до неконтрольованих, внаслідок сукупної і часто непередбачуваної дії екологічних факторів (наприклад, погодних умов). Велику роль в екології рослин, наприклад, грають експерименти зі спеціального культивування рослин у лабораторних умовах і на ділянках просто неба. Щоб підвищити якість роботи зазвичай спочатку «відпрацьовують» нову для дослідника методику на холостих пробах.

У процесі польових досліджень, здійснюється обробка зразків експедиційних матеріалів, визначається видовий склад, створюються колекції та гербарії, складаються таблиці, проводиться математична обробка результатів, побудова карт, діаграм, графіків тощо.

Усі отримані результати повинні відразу ж записуватися в лабораторний журнал або щоденник, де також фіксуються час, місце

та умови, а також відзначають усі сторонні фактори, які можуть вплинути на результати. Якщо з якихось причин доводиться відходити від методики, одразу ж фіксують ці зміни в лабораторному журналі або щоденнику.

Якщо отримані результати суперечливі, рекомендується повторити дослідження. Якщо отримана дослідником з особистих експериментів чи з літературних даних інформація не суперечить одна одній та підтверджується практично, тоді вона стає справжнім знанням. Тобто, правильні міркування не можна побудувати на суперечливих хибних даних.

Моделювання – спосіб заміщення реальної природної системи (її об'єкта, процесу) спрощеною, неповною копією. Ціль спрощення – зручне вивчення оригіналу. Залежно від характеру спрощення для того самого оригіналу можна отримати кілька різних моделей.

Протилежний перехід від моделі до оригіналу – інтерпретація моделі. Ця процедура завжди неоднозначна в силу принципово неповної відповідності моделі та системи, що моделюється.

Залежно від особливостей об'єкта вивчення та завдань дослідження використовують моделі різних типів. Насамперед, їх поділяють на реальні (натуральні, аналогові) та ідеальні (знакові).

Реальні моделі відображають фізичну сторону оригіналу. Наприклад, акваріум з його населенням як реальна модель природного водоймища. Головна проблема роботи з такими моделями – труднощі встановлення ступеня адекватності моделі оригіналу та обґрунтування можливості застосування результатів моделювання до вихідної системи – оригіналу.

Знакові моделі описують оригінал або за допомогою математичних символів та операцій (це так звані математичні моделі), або за допомогою наукового тексту, який супроводжується схемами, графіками та іншим ілюстративним матеріалом (це концептуальні моделі).

Призначення *концептуальних моделей* – дати чітке узагальнене і досить повне вираження знань про явище, що вивчається в рамках певної концепції. Наприклад, у рамках «енергетичної» концепції побудовано схеми колообігу речовини та потоку енергії в біогеоценозі, які супроводжуються текстом, таблицями та графіками, що пояснюють. Ці моделі широко застосовуються в науці завдяки своїй універсальності, гнучкості, багатству засобів вираження та ін.

Але їм властиві також висока неоднозначність інтерпретації і певна статичність, що ускладнює опис природних об'єктів, які постійно змінюються.

Завдання: Ознайомитись з основними методами, які використовуються при проведенні екологічних досліджень та в сучасному процесі розвитку екологічної науки, навести відповідні приклади за власним дисертаційним дослідженням, взяти участь у дискусії.

Практична робота №4

Тема: Дослідження принципу екологічної компліментарності та взаємодії енергетичних і речовинних компонентів у екосистемах

Мета: Ознайомитись з принципами екологічної компліментарності, енергетичними потоками в екосистемах, а також з механізмами взаємодії речовинно-енергетичних компонентів у природних системах.

Основна частина

Екологічна система (екосистема) — це комплекс взаємопов'язаних живих організмів та їх навколишнього середовища, що функціонує як єдина, цілісна система. Вона включає два основні компоненти: біотичний та абіотичний. Біотичний компонент складається з усіх живих організмів — від мікроорганізмів до великих тварин, рослин та грибів. Абіотичний компонент включає елементи навколишнього середовища, що не мають живої природи, такі як вода, повітря, мінерали, температура та інші фізико-хімічні фактори.

Усі компоненти екосистеми взаємодіють між собою, утворюючи складні мережі зв'язків, які забезпечують функціонування екосистеми в цілому. Кожен компонент виконує специфічні функції, необхідні для підтримки цього процесу. Наприклад, рослини (продуценти) перетворюють сонячну енергію в хімічну, забезпечуючи базу для існування споживачів (травоядних і хижаків), а редуценти (деякі мікроорганізми та гриби) розкладають мертву органічну речовину, повертаючи її до круговороту речовин.

Принцип екологічної компліментарності полягає в тому, що всі компоненти екосистеми взаємодіють так, що кожен елемент сприяє існуванню інших. Цей принцип підкреслює необхідність взаємодії різних видів організмів, а також організмів з навколишнім середовищем для підтримки екологічного балансу. Наприклад, у лісовій екосистемі дерева, що поглинають сонячне світло і вуглекислий газ, забезпечують поживні умови для численних тварин і мікроорганізмів, а в свою чергу отримують від них необхідні для росту елементи.

Закон збереження енергії є одним з основних принципів фізики, що говорить про те, що енергія не може зникнути чи з'явитися з нічого. Вона може лише переходити з одного виду в інший (наприклад, з теплової в механічну або хімічну). В екосистемах цей принцип має важливе значення, оскільки енергія, яка поступає від Сонця, через процеси фотосинтезу передається по трофічних рівнях екосистеми. Енергія передається від виробників (рослин) до споживачів (травоїдних та хижаків), а також до редуцентів (мікроорганізмів, що руйнують органічні залишки).

Енергетична провідність відображає здатність екосистеми передавати енергію через різні рівні організмів, що утворюють її структуру. Цей потік енергії має вирішальне значення для забезпечення життєдіяльності всіх організмів. Наприклад, в лісовій екосистемі ланцюг передачі енергії може виглядати так: рослини — травоїдні — хижі тварини — редуценти.

Закон односпрямованості потоку енергії є важливою характеристикою екосистем. Це закон, що стверджує, що енергія переміщується лише в одному напрямку — від виробників до споживачів і редуцентів. Таким чином, енергія, яку виробляють рослини, не може повернутися до них знову через споживання рослин іншими організмами. Це відображає безперервний та односторонній потік енергії в екосистемах.

Закон внутрішньої динамічної рівноваги вказує на те, що для сталості екосистеми необхідна динамічна рівновага між її компонентами. Ця рівновага забезпечується постійними потоками енергії та матеріалів, взаємодією різних видів і адаптацією організмів до змін у навколишньому середовищі. Динамічна рівновага не є статичною; екосистема постійно перебуває у русі, і зміни в одній

частині системи можуть впливати на інші частини, але при цьому екосистема підтримує загальний баланс, необхідний для її існування.

Припинення руху енергії або надмірні зміни в екосистемі можуть порушити цю рівновагу, що, у свою чергу, може призвести до її руйнування. Наприклад, надмірне забруднення води або ґрунтів може змінити умови існування організмів, порушити баланс між видами і, як результат, зменшити біорізноманіття.

У екосистемах існує складна взаємодія між речовинами, енергією та інформацією. Речовини і енергія, як відомо, обмінюються між різними компонентами системи: організми поглинають енергію, перетворюють її в хімічні сполуки, що використовуються для росту та розвитку. Проте важливо також зауважити, що в екосистемах існує інформація, яка визначає, як організми реагують на зміни в навколишньому середовищі. Це може включати інформацію про наявність їжі, зміни температури чи присутність хижаків.

Інформація в екосистемі регулює взаємодії між організмами. Наприклад, звукові сигнали тварин можуть використовуватись для попередження про небезпеку або для залучення партнерів для розмноження. Молекули ДНК несуть інформацію про спадкові ознаки, що передаються з покоління в покоління, а також визначають адаптацію організмів до навколишнього середовища.

Таким чином, взаємодія між енергією, речовинами та інформацією є ключовим фактором, що дозволяє екосистемам підтримувати свої процеси і функції, а також адаптуватися до змінних умов середовища.

Завдання: Розглянути принципи підтримки внутрішньої динамічної рівноваги екосистем та проаналізувати, як порушення цієї рівноваги може призвести до дестабілізації екосистеми. Сформулювати та застосувати на практиці ці принципи для розв'язання екологічних задач в рамках наукового дослідження.

Практична робота №5

Тема: Сталий розвиток і екологічна криза

Мета: Ознайомитись з концепцією та основними принципами сталого розвитку, поняттям екологічної кризи та взаємозв'язком її зі сталим розвитком

Основна частина

Сталий розвиток – це концепція, яка описує розвиток суспільства таким чином, щоб він задовольняв потреби сучасного покоління, не ставлячи під загрозу можливості майбутніх поколінь задовольняти свої потреби. Це багатогранне поняття, яке включає три основні складові:

1) *Економічний розвиток*: забезпечення стабільного економічного зростання, ефективного використання ресурсів, зниження бідності та нерівності.

2) *Соціальний розвиток*: забезпечення рівності, доступу до освіти, охорони здоров'я, соціальної стабільності та інклюзивності.

3) *Екологічна стабільність*: збереження природних ресурсів, мінімізація впливу людської діяльності на навколишнє середовище, зниження забруднення та захист біорізноманіття.

Концепція сталого розвитку була вперше сформульована в 1987 році в доповіді Всесвітньої комісії з навколишнього середовища і розвитку (WCED) «Наше спільне майбутнє», яка також ввела термін "сталий розвиток". Одним з ключових принципів сталого розвитку є інтеграція економічних, екологічних та соціальних аспектів на всіх рівнях управління та прийняття рішень.

Екологічна криза — це серйозне порушення екологічної рівноваги, яке виводить екосистему за межі її здатності до відновлення та стабільності. Вона може бути викликана антропогенними (людськими) факторами, такими як забруднення, зміна клімату, деградація ресурсів та інші. Це явище може мати катастрофічні наслідки для якості життя, біорізноманіття та стабільності природних процесів.

Основні види екологічних криз:

- глобальна екологічна криза, яка охоплює всю планету, включаючи проблеми змін клімату, втрата біорізноманіття та забруднення навколишнього середовища.

- місцеві екологічні кризи, такі як виснаження водних ресурсів чи деградація ґрунтів.

Екологічна криза може мати різноманітні форми, зокрема:

– забруднення навколишнього середовища: вплив токсичних речовин (викиди, хімікати, пластик), які негативно впливають на повітря, воду та ґрунт.

– втрата біорізноманіття: швидке зникнення видів через знищення середовища проживання, браконьєрство, зміни клімату та інші антропогенні фактори.

– кліматичні зміни: глобальне потепління, що призводить до екстремальних погодних умов, підвищення рівня моря, зміщення кліматичних зон і посилення стихійних лих.

– виснаження природних ресурсів: безконтрольне використання ресурсів (палива, води, лісів, земель) може призвести до їх вичерпання і втрати екологічної рівноваги.

Екологічна криза часто пов'язана з впливом антропогенних факторів, зокрема індустріалізацією, сільським господарством, урбанізацією та іншими змінами, які призводять до порушення природних процесів. Головним результатом цих змін є порушення балансу між виробничою діяльністю людини та природними екосистемами.

Сталий розвиток і екологічна криза взаємопов'язані. Коли екологічна криза загострюється, сталий розвиток стає неможливим. Наприклад, якщо забруднення досягає критичних рівнів, ресурси виснажуються, а біорізноманіття знижується, то стійке економічне та соціальне зростання буде неможливим без відновлення екологічного балансу.

Основні принципи сталого розвитку:

1. Принцип запобігання шкоди: сприяння мінімізації негативних впливів на навколишнє середовище на всіх етапах діяльності — від виробництва до споживання.

2. Принцип збереження біорізноманіття: забезпечення умов для збереження та відновлення біорізноманіття, захист природних територій, підтримка видів і екосистем.

3. Принцип інтеграції між поколіннями: забезпечення доступу до ресурсів і можливості розвитку для майбутніх поколінь.

4. Принцип відповідальності: екологічна відповідальність на всіх рівнях — від індивідуального до глобального.

Глобальні екологічні проблеми та їх вплив на сталий розвиток:

Зміна клімату: глобальне потепління, викликане антропогенними факторами, впливає на погодні умови, що може призвести до зниження врожайності, підвищення рівня моря та посилення природних катастроф. Для адаптації до змін необхідно розробити стратегії пом'якшення впливу та адаптації до нових умов.

Дефорестація: вирубка лісів, особливо тропічних, має серйозні наслідки для екології: втрата біорізноманіття, зменшення поглинання вуглекислого газу, деградація ґрунтів.

Забруднення океанів та водних ресурсів: забруднення води пластиком та токсичними речовинами, а також перевиробництво водних ресурсів, порушує природні водні цикли і може призвести до зникнення цілих екосистем.

Виснаження природних ресурсів: надмірне використання викопних палив, води, земель та інших ресурсів створює загрозу для стабільності екосистем і розвитку суспільства.

Управління екологічною кризою потребує інтегрованого підходу, що включає екологічні, економічні та соціальні складові. Важливу роль в цьому відіграє освіта та підвищення обізнаності громадськості про екологічні проблеми і необхідність дотримання принципів сталого розвитку.

Завдання: Оцінити вплив людської діяльності на екосистеми з точки зору сталого розвитку; розглянути стратегії, які допомагають зменшити негативні наслідки змін клімату і забезпечують екологічну стабільність. Розробити рекомендації з управління природними ресурсами з урахуванням принципів сталого розвитку.

Практична робота №6

Тема: Системний підхід у дослідженнях екосистем

Мета: Ознайомлення з основами системного підходу до вивчення екосистем, аналіз їхніх структурних і функціональних компонентів, а також застосування методів системного аналізу для вирішення екологічних проблем.

Основна частина

Системний підхід у екології – це методологія, що дозволяє вивчати складні екологічні системи як цілісні утворення, де всі компоненти взаємопов'язані. Такий підхід допомагає зрозуміти не лише структуру системи, але й динаміку її функціонування, взаємодії

між її частинами, а також прогнозувати зміни в екосистемі під впливом зовнішніх і внутрішніх факторів.

Основні елементи системного підходу:

Система – сукупність взаємодіючих компонентів, які утворюють єдине ціле.

Підсистеми – частини системи, які мають свою структуру і функції, але залежать від всієї системи.

Входи та виходи – потоки енергії, речовини та інформації, що надходять у систему та виходять з неї.

Зворотні зв'язки - механізми, що підтримують баланс у системі, дозволяючи їй адаптуватися до змін.

Застосування системного підходу

- Ідентифікація компонентів: визначення всіх складових частин екосистеми, таких як продуценти, консументи, редуценти, а також абіотичних факторів.

- Аналіз взаємодій: вивчення зв'язків між компонентами системи, таких як харчові ланцюги, енергетичні потоки, кругообіг речовин.

- Моделювання: використання комп'ютерних моделей для симуляції процесів в екосистемі, прогнозування змін і оцінки ефективності управлінських рішень.

- Оцінка впливу: аналіз впливу природних і антропогенних факторів на функціонування екосистеми, оцінка екологічного ризику.

Практичні методи системного аналізу

Діаграмний метод: використання діаграм для візуалізації структури системи і зв'язків між її компонентами.

Матричний аналіз: оцінка взаємодій між компонентами через матриці, що відображають ступінь впливу одного компонента на інший.

Динамічне моделювання: створення моделей, що дозволяють відслідковувати зміни у системі з часом і передбачати майбутні стани.

Завдання: вибрати екосистему для дослідження, описати її структуру та основні компоненти, провести аналіз взаємодій між ними та змоделювати можливі зміни під впливом зовнішніх факторів. Використати програмне забезпечення для моделювання та

оцінити вплив різних змінних на екосистему. Запропонувати заходи для збереження її стабільності.

Практична робота №7

Тема: Теорія популяцій та динаміка чисельності

Мета: Дослідити фундаментальні принципи популяційної екології, аналізуючи ключові теорії, що стосуються структури та динаміки популяцій, таких як правила об'єднання, коливання чисельності, агрегації, а також обмежувальні чинники, що впливають на зростання і виживання популяцій.

Основна частина

Популяція – це сукупність організмів одного виду, що мешкають на певній території, мають спільний генофонд і здатні до вільного схрещування. Популяція є базовою одиницею біологічної організації, через яку відбувається обмін генетичним матеріалом, що забезпечує її адаптацію до змін середовища.

Популяції можуть варіювати за розмірами, структурою і динамікою. Вони можуть бути ізольованими або взаємодіяти з іншими популяціями, утворюючи метапопуляції.

До основних характеристик популяції належать:

- чисельність – загальна кількість особин у популяції;
- щільність – кількість особин на одиницю площі або об'єму;
- вікова структура – розподіл особин за віковими групами;
- статевая структура – співвідношення між кількістю самців і самок;
- просторовий розподіл – спосіб, яким особини розподілені в просторі.

Теорія популяцій – це розділ екології, який вивчає структуру, динаміку і взаємодії популяцій з середовищем та іншими популяціями. Вона досліджує, як екологічні, генетичні і поведінкові фактори впливають на розмір, щільність, розподіл і збереження популяцій.

Основними аспектами теорії популяцій є:

Динаміка чисельності: вивчення змін чисельності популяції в часі під впливом народжуваності, смертності, міграції та інших факторів.

Регуляція популяцій: дослідження механізмів, що підтримують чисельність популяцій в межах певного діапазону.

Структура популяцій: аналіз вікової, статеві та генетичної структури популяцій.

Міжпопуляційні взаємодії: дослідження конкуренції, хижацтва, паразитизму та симбіозу між різними популяціями.

Теорія популяцій є важливим інструментом для розуміння екологічних процесів, планування охорони природи, управління ресурсами і збереження біорізноманіття.

Основні концепції теорії популяцій:

1. Правило об'єднання у популяції С. С. Четверикова

С. С. Четвериков підкреслював, що організми будь-якого виду існують не ізольовано, а у складі популяцій, що є генетично неоднорідними групами. Популяція – це базова одиниця біологічної організації, де відбувається генетичний обмін між особинами через схрещування. Це дозволяє популяціям адаптуватися до змін середовища і підтримувати генетичну різноманітність.

2. Правило коливання чисельності

Чисельність популяцій може змінюватися під впливом різноманітних факторів:

а) зовнішні фактори: природні катастрофи, зміни клімату, наявність хижаків або паразитів;

б) внутрішні фактори: щільність популяції, рівень конкуренції за ресурси, репродуктивний потенціал.

Колівання чисельності можуть бути регулярними (сезонними) або нерегулярними, що впливає на стабільність екосистем.

3. Принцип агрегації В. Оллі

Принцип агрегації вказує на те, що організми певного виду мають тенденцію утворювати згрупування або скупчення. Це сприяє ефективнішому використанню ресурсів та захисту від хижаків. В. Оллі визначив, що існує оптимальний рівень агрегації, який забезпечує максимальне виживання та зростання популяції. Занадто низька (недонаселеність) або висока щільність (перенаселеність) може призводити до зниження чисельності популяції через нестачу ресурсів або підвищення конкуренції.

4. Теорія лімітів популяційної чисельності Х. А. Андреварти – Л.К. Бірча

Ця теорія стверджує, що чисельність популяції обмежується кількома ключовими факторами:

- виснаженням харчових ресурсів: недостатня кількість їжі може обмежити зростання популяції;
- умовами розмноження: доступність місць для розмноження може впливати на виживання потомства;
- низькою доступністю ресурсів: ресурси можуть бути недоступними через конкуренцію або зміну середовища;
- коротким періодом прискореного росту: обмежений час сприятливих умов може знизити потенціал для зростання.

5. Закон толерантності У. Шелфорда

Закон толерантності пояснює, що існує певний діапазон екологічних умов (температура, вологість, світло), у якому організми можуть виживати і розмножуватися. Якщо умови виходять за межі цього діапазону, види відчувають стрес або гинуть. Лімітуючі фактори можуть бути фізичними (температура, вологість) або біотичними (конкуренція, хижацтво).

Завдання: Провести аналіз популяції на основі реальних або змодельованих даних, визначити вплив внутрішніх та зовнішніх факторів на чисельність популяції. Оцінити оптимальний ступінь агрегації для обраної популяції.

Практична робота №8

Тема: Закони системи «людина-природа»

Мета: Дослідити основні закони і правила взаємодії системи «людина-природа», проаналізувати вплив людської діяльності на екосистеми, а також розробити рекомендації щодо забезпечення сталого розвитку та збереження природних ресурсів.

Основна частина

Система «людина-природа» охоплює взаємодію між людським суспільством і природним середовищем, в якій обидві сторони взаємно впливають одна на одну. Існують кілька основних законів і правил, які описують ці взаємодії.

Правило історичного зростання продукції за рахунок сукцесійного омолодження свідчить, що продуктивність екосистем

може збільшуватися з часом завдяки природному процесу сукцесійного омолодження. Сукцесія – це процес зміни складу та структури біоценозу з часом, який веде до відновлення екосистем після порушень.

Закон незамінності біосфери підкреслює унікальність і незамінність біосфери як життєвої системи планети. Біосфера забезпечує умови, необхідні для існування життя, і її функції не можуть бути замінені штучними системами.

Закон зворотного зв'язку взаємодії «людина-біосфера» (П. Дансеро) наголошує, що будь-яка діяльність людини в біосфері викликає відповідну реакцію екосистем. Надмірне використання природних ресурсів або забруднення може мати негативні наслідки для людства.

Закон Б. Коммонера «Ніщо не дається задарма» підкреслює, що будь-яка зміна в природному середовищі, спричинена діяльністю людини, має свою ціну. Природні ресурси не є безмежними, і кожна дія має свої наслідки.

Глобальна екосистема як об'єкт загального вдосконалення. Глобальна екосистема – це сукупність усіх екосистем планети, що функціонують як єдина система. Людство повинне прагнути до вдосконалення глобальної екосистеми шляхом сталого розвитку, який забезпечує баланс між економічним зростанням, збереженням природи і добробутом суспільства.

Закон сталості еколого-економічного потенціалу говорить про те, що економічний розвиток не повинен перевищувати здатність екосистем підтримувати життєдіяльність людства. Порушення цього балансу може призвести до деградації природного середовища і зниження якості життя.

Закон віддачі підкреслює, що інвестиції в природоохоронні заходи та екологічно чисті технології приносять позитивний ефект у вигляді відновлення природних ресурсів, збереження біорізноманіття і покращення умов життя.

Наслідки підвищення вкладення питомої енергії в агросистему. Збільшення енерговитрат в агросистемах може призвести до тимчасового підвищення продуктивності, але в довгостроковій перспективі це може викликати деградацію ґрунтів, виснаження ресурсів і зниження біорізноманіття.

Закони, пов'язані з обмеженістю природних ресурсів.

Закон обмеженості природних ресурсів. Природні ресурси є обмеженими і виснажуваними. Надмірне використання ресурсів може призвести до їхнього дефіциту, що ставить під загрозу стійкість екосистем і виживання людства.

Закон «шагреневої шкіри» описує поступове зменшення доступності природних ресурсів із зростанням населення і економічного розвитку. Розширення використання ресурсів подібне до розтягування шагреневої шкіри, яка з часом втрачає свою еластичність і площу.

Закон непереборності відходів та/або побічних впливів виробництва. Будь-яка господарська діяльність супроводжується утворенням відходів і побічних впливів, які не можуть бути повністю усунуті. Це підкреслює необхідність розробки ефективних стратегій утилізації і мінімізації відходів.

Закони охорони навколишнього середовища П. Р. Ерліха. Ерліх підкреслює, що зростання населення і економічна діяльність повинні бути обмежені для забезпечення стійкого розвитку і збереження екосистем.

Наслідки зростання населення і економічної системи.

Наслідки зростання населення. Збільшення чисельності населення викликає підвищений тиск на природні ресурси і екосистеми. Це може призвести до виснаження ресурсів, забруднення середовища і зниження якості життя.

Наслідки манії зростання економічної системи. Безконтрольне економічне зростання може викликати екологічну кризу, що супроводжується деградацією природного середовища, зниженням біорізноманіття і посиленням соціальних проблем.

Цілі та блага Homo sapiens.

Цілі людства повинні бути спрямовані на забезпечення сталого розвитку, що дозволить зберегти екосистеми і забезпечити гідні умови життя для майбутніх поколінь. Перспективи виживання людства залежать від того, наскільки ефективно воно зможе збалансувати свої потреби з можливостями природного середовища.

Завдання: Запропонувати практичні методи дослідження взаємодії людини і природи, розробити експериментальні моделі для аналізу екологічної ситуації та оцінки ефективності запропонованих рішень.

Практична робота №9

Тема: Планування та проведення експериментальних досліджень в екології

Мета: Формування навичок планування, проведення та аналізу експериментальних досліджень в екології, з урахуванням специфіки екологічних систем і методів дослідження.

Основна частина

1. Планування експерименту в екології – це ключовий етап наукового дослідження, який забезпечує правильну постановку задачі, вибір методів і визначення послідовності дій. Екологічні дослідження є складними через взаємодію численних факторів і їх непередбачуваний вплив на систему.

Формулювання проблеми та цілей: Перший крок у плануванні експерименту полягає у визначенні того, що саме потрібно дослідити, і які питання потребують відповіді. Наприклад, як зміна температури впливає на видове різноманіття водних екосистем.

Об'єкт і предмет дослідження:

Об'єкт – це частина реальності, на яку спрямовано дослідження (екосистема, популяція, середовище).

Предмет – конкретні властивості або аспекти об'єкта (рівень забруднення, чисельність популяції).

Гіпотеза – це наукове припущення, яке необхідно перевірити в процесі дослідження. Гіпотези можуть бути нульовими (не очікується зміна) та альтернативними (очікується певна зміна). Наприклад, «збільшення концентрації азоту в ґрунті знижує біорізноманіття трав'янистих рослин».

2. Методи дослідження в екології діляться на кілька основних груп:

Загальнонаукові методи:

Спостереження: пасивне сприйняття і фіксація природних явищ без активного втручання.

Експеримент: активне втручання в систему для вивчення реакції на певний фактор.

Вимірювання: визначення кількісних характеристик екологічних компонентів.

Спеціальні методи:

Біоіндикація: використання живих організмів для оцінки стану довкілля.

Географічні інформаційні системи (ГІС): для просторового аналізу екологічних даних.

Моделювання: створення математичних моделей для прогнозування змін в екосистемах.

3. Проведення експерименту. На цьому етапі реалізується план дослідження. Необхідно враховувати:

Контроль і варіанти: в експерименті завжди має бути контрольний варіант (без змін) і експериментальні варіанти (із змінами).

Точність вимірювань: забезпечення точності вимірювань є критичним для надійності результатів.

Дотримання етичних норм: особливо актуально в дослідженнях, пов'язаних із живими організмами.

4. Обробка та аналіз даних. Після збору даних необхідно провести їх обробку і аналіз:

Статистичний аналіз: використання методів статистики для виявлення закономірностей і перевірки гіпотез.

Візуалізація даних: побудова графіків, діаграм для наочності результатів.

5. Інтерпретація результатів. Аналіз отриманих даних дозволяє зробити висновки щодо підтвердження або спростування гіпотези. Важливо враховувати можливі похибки і фактори, що могли вплинути на результати.

6. Оформлення звіту. Науковий звіт має містити:

Вступ: короткий опис проблеми і мети дослідження.

Методику: детальний опис методів і умов проведення експерименту.

Результати: подання даних у формі таблиць і графіків.

Обговорення: аналіз результатів, порівняння з літературними даними.

Висновки: основні висновки і рекомендації.

Завдання: Оберіть екосистему для дослідження, Складіть детальний план дослідження, визначте методи збору даних, Проведіть експеримент, Проаналізуйте отримані дані, побудуйте графіки, порівняйте результати з гіпотезою.

Практична робота №10

Тема: Математичні моделі в екології

Мета: Ознайомитись з різними класами математичних моделей в екології, їхньою структурою, сферами застосування, а також здобуття навичок побудови та аналізу екологічних моделей.

Основна частина

Екологічні дослідження охоплюють широкий спектр завдань, які можна поділити на кілька класів:

1) описові завдання: спрямовані на збір і систематизацію інформації про екологічні явища;

2) аналітичні завдання: передбачають аналіз зібраних даних для виявлення закономірностей;

3) прогностичні завдання: передбачають моделювання можливих сценаріїв розвитку екосистем.

Математичні моделі є ключовим інструментом для аналізу екологічних систем. Вони допомагають описувати складні процеси і передбачати зміни в екосистемах.

До сучасних математичних моделей в екології належать:

- описові моделі:

Регресійні моделі: використовуються для встановлення залежності між змінними. Наприклад, регресія може використовуватись для оцінки впливу забруднювачів на біорізноманіття.

Емпіричні моделі: базуються на спостережуваних даних і не завжди розкривають механізм процесу. Вони корисні для опису короткострокових процесів.

Сфера застосування: використовується для аналізу даних і короткострокового прогнозування, коли детальні механізми процесу невідомі або складні для моделювання.

- якісні моделі:

Динамічні моделі: моделі, які відображають зміни екосистеми в часі, такі як коливання чисельності популяцій або зміни біомаси.

Просторові моделі: описують розподіл видів або речовин у просторі.

Сфера застосування: використовується для розуміння довгострокової поведінки екосистем і виявлення динамічних ефектів, таких як циклічність або утворення кластерів.

- імітаційні моделі:

Конкретні екологічні моделі: відображають детальну структуру і функціонування конкретних екосистем, враховуючи всю доступну інформацію.

Еколого-економічні моделі: враховують взаємодію між екологічними і економічними системами.

Сфера застосування: використовується для моделювання складних систем і сценарного аналізу, зокрема, для оцінки впливу різних стратегій управління на екосистеми.

Будь-яка модель базується на певних гіпотезах та припущеннях, які необхідно чітко формулювати і перевіряти. Гіпотези визначають очікувані взаємозв'язки між змінними.

Вихідні припущення: обмеження, які враховуються при побудові моделі, наприклад, сталість параметрів чи відсутність зовнішніх впливів.

Завдання: зрозуміти різноманітність математичних моделей в екології, навчитися їх будувати і використовувати для аналізу досліджуваних екосистем, а також розвинути навички критичного мислення і системного підходу до дослідження екологічних проблем.

Практична робота №11

Тема: Моделі популяцій та угруповань

Мета: дослідити основні типи моделей популяцій, їх застосування та можливості в аналізі екологічних систем, зокрема моделей міжвидової конкуренції, обмеженого росту та структурних моделей популяцій.

Основна частина

Математична екологія як наукова дисципліна розвивалася з кінця XIX століття, коли вперше почали використовувати математичні методи для опису екологічних явищ. Основні етапи розвитку включають:

I. Початковий етап: Моделі зростання популяцій, такі як експоненційна модель Мальтуса (1798) і логістична модель Вергула (1838).

II. Розширення методів: Введення моделей міжвидової взаємодії, таких як модель хижак-жертва Лотки-Вольтерри (1925).

III. Сучасний етап: Використання комп'ютерних симуляцій, статистичних методів і системного підходу для складних екологічних систем.

Математичне моделювання в екології проходить кілька етапів:

- формулювання проблеми – визначення основних питань, які необхідно вирішити;
- розробка моделі – визначення змінних і параметрів, що входять до моделі;
- аналіз моделі – використання математичних методів для дослідження властивостей моделі;
- перевірка моделі – зіставлення результатів моделювання з реальними даними;
- інтерпретація результатів – висновки щодо екологічних процесів на основі результатів моделювання.

Сучасні математичні моделі в екології використовують різноманітні методи:

- для моделювання безперервних процесів найкраще підходять *диференціальні рівняння*;
- для аналізу популяційних змін у дискретні моменти часу використовуються *дискретні моделі*;
- *стохастичні моделі* враховують випадкові фактори і їх вплив на екологічні процеси.

Серед моделей популяційної динаміки вирізняють *моделі експоненційного зростання* - описують необмежений ріст популяції;

моделі обмеженого зростання - логістична модель, яка враховує обмеженість ресурсів;

дискретні моделі - вивчають популяції, чисельність яких змінюється в дискретні моменти часу;

структурні моделі - враховують внутрішню структуру популяції (вік, розмір, стан здоров'я).

Моделі міжвидової конкуренції аналізують взаємодію між різними видами, що змагаються за одні й ті ж самі ресурси.

Найвідомішими є моделі Лотки-Вольтерри для опису взаємодії хижак-жертва і конкуренції між двома видами.

Моделі популяційного зростання аналізують чисельність популяцій, тоді як моделі угруповань досліджують взаємодію між групами організмів у спільнотах.

Для опису популяційного зростання в природі, коли кожне наступне покоління є сумою двох попередніх іноді використовується Ряд Фібоначі.

Шкали фіксації результатів включають:

- a) номінальну шкалу, яка використовується для категоризації даних;
- b) порядкову шкалу, за допомогою якої визначають порядок елементів;
- c) інтервальну шкалу, яка показує різницю між елементами;
- d) пропорційну шкалу для врахування відносин між елементами.

Описова статистика включає методи підсумовування і опису даних, такі як середнє, медіана, мода, дисперсія.

Для відображення результатів досліджень використовують графіки, діаграми, карти та інші візуальні засоби.

Завдання: Оберіть одну з моделей популяційного зростання і застосуйте її до реальних даних, розробіть дискретну модель популяційної динаміки для виду, що піддається сезонним коливанням чисельності. Використайте зібрані дані для побудови графіків і діаграм, які ілюструють динаміку популяцій або взаємодію видів, зробіть висновки щодо закономірностей в зміні чисельності популяцій.

Практична робота №12

Тема: Статистична обробка отриманих даних

Мета: Ознайомитись з основними базовими підходами статистичної обробки даних, які отримуються в результаті наукових екологічних досліджень

Основна частина

При спостереженнях чи вимірах великої сукупності однорідних об'єктів часто виникає необхідність визначення величин,

що характеризують цю сукупність загалом. Найважливіші з таких величин – середнє значення та дисперсія. Розглянемо конкретний приклад.

Припустимо, що у лісі є 100 мурашників різної висоти. Щоб знайти середню висоту мурашника у цьому лісі, потрібно виміряти висоту кожного, скласти отримані числа та поділити суму на кількість мурашників. Така безліч об'єктів, які мають деяку загальну властивість, називається генеральною сукупністю, а середнє значення будь-якої величини, що відноситься до об'єкта цієї сукупності, - генеральним середнім. Нехай мурашники, що входять до генеральної сукупності, мають такі висоти (в сантиметрах): 33, 51, 32, 41, 39, 29, 40, 27, 44, 42, 38, 53, 28, 45, 33, 42, 33, 54, 40, 49, 31, 48, 36, 46, 56, 53, 32, 58, 45, 44, 36, 43, 28, 41, 35, 47, 30, 41, 40, 46, 47, 47, 51, 35, 34, 43, 51, 43, 45, 42, 47, 35, 45, 37, 42, 40, 49, 34, 46, 44, 36, 41, 46, 47, 36, 54, 38, 39, 42, 41, 52, 39, 46, 41, 46, 58, 46, 38, 61, 53, 48, 52, 41, 49, 33, 43, 42, 29, 44, 47, 53, 42, 44, 34, 43, 52, 35, 32, 25, 37.

Тоді генеральне середнє значення висоти дорівнює 42,11 см. Однак у більшості випадків неможливо виміряти всі об'єкти генеральної сукупності, їх занадто багато. Чи можна у такому разі знайти середнє значення деякої величини, не вимірюючи всіх об'єктів? Ні, не можна. Але можна визначити середнє значення певної частини генеральної сукупності (така частина називається вибіркою, середнє значення – вибірковою середнім, а кількість об'єктів у вибірці – обсягом вибірки). Вочевидь, що чим більше обсяг вибірки, тим менше вибіркоче середнє відрізняється від генерального. Виникає питання: а чи можна, знаючи обсяг вибірки та вибіркоче середнє, визначити, наскільки воно відрізняється від генерального? Можна, - за допомогою математичної статистики, яка розробляє способи оцінки параметрів генеральної сукупності за параметрами вибірки, і навіть помилок цих параметрів.

Зрозуміло, що вибірка не може бути будь-якою. Наприклад, якщо ми виберемо 10 найбільших мурашників, то вибіркоче середнє сильно відрізнятиметься від генерального. Така вибірка, за якою можна оцінювати генеральну сукупність, називається репрезентативною. Щоб вибірка була репрезентативною, вона має бути випадковою. У нашому прикладі не можна вимірювати мурашники тільки великі або тільки дрібні, або розташовані поблизу

стежок. Але можна, йдучи лісом строго вздовж прямої лінії, вимірювати кожен п'ятий мурашник, виявлений поблизу цієї прямої.

Візьмемо з розглянутого списку мурашників кожен п'ятий. Ми отримаємо випадкову вибірку обсягом $n = 20$: 33, 29, 38, 42, 31, 53, 36, 47, 47, 43, 47, 40, 36, 54, 52, 58, 48, 43, 53, 52.

Вибіркове середнє дорівнює 44,1 см. Щоб визначити, наскільки воно може відрізнятись від генерального, необхідно запровадити важливе поняття дисперсії.

Дисперсія – це середнє значення квадрата відхилення від її середнього значення. Ця величина характеризує ступінь розкиду даних. При обчисленні дисперсії вибірки суму квадратів ділять не на n , але на $n-1$. Так дисперсія вибірки менше відрізняється від дисперсії генеральної сукупності.

Отже, знайдемо спочатку відхилення вимірних висот мурашників від їхнього середнього значення: -11,1 -15,1 -6,1 -2,1 -13,1 8,9 -8,1 2,9 2,9 -1,1 2,9 -4,1 -8,1 9,9 7,9 13,9 3,9 -1,1 8,9 7,9.

Обчислимо суму квадратів цих відхилень. Вона дорівнює 1329,8. Знаходимо дисперсію вибірки $D = 1329,8/19 = 70$.

Квадратний корінь дисперсії називається *середньоквадратичним відхиленням* і позначається грецькою буквою σ («сигма»). Це не менш важливий параметр, ніж середнє значення, і його завжди слід наводити у звітах про спостереження та вимірювання.

$$\sigma = \sqrt{D} = 8,4 \text{ см}$$

Тепер можна знайти помилку середньої оцінки. Вона дорівнює відношенню середньоквадратичного відхилення до квадратного кореня з обсягу вибірки:

$$m_x = \sigma / \sqrt{n}$$

Знайдемо помилку середньої висоти мурашника:

$$m_x = 8,4 / \sqrt{20} = 1,9 \text{ см}$$

Середнє значення зазвичай записують разом із величиною помилки:

$$h = 44,1 \pm 1,9$$

Цей запис означає, що генеральне середнє лежить у межах від 42,2 до 46,0 см.

Слід ще раз підкреслити, що з розрахунку середнього значення будь-якої величини у звіті необхідно навести чотири числа:

- 1) саме середнє значення;
- 2) помилку середнього значення;
- 3) середньоквадратичне відхилення;
- 4) обсяг вибірки.

За відсутності будь-якого з цих параметрів цінність роботи значно знижується, оскільки важко оцінити достовірність отриманих даних.

*Статистична обробка даних
за допомогою критерію Стьюдента*

Достовірність середніх величин можна визначити з використанням критерію Стьюдента. Для цього обчислюють значення:

– середнього арифметичного:

$$x_{\text{ср}} = (x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n)/n = \frac{\sum x_i}{n}$$

де: x_1, x_2, x_3, x_n - варіанти вибірки, n – обсяг вибірки;

– середньоквадратичного відхилення:

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum (x_i - x_{\text{ср}})^2}{n - 1}}$$

– помилки середнього арифметичного:

$$m_x = \delta/\sqrt{n}$$

Для оцінки достовірності значення середньої арифметичної обчислюють критерій достовірності (фактичний):

$$t_{\text{ф}} = \frac{x_{\text{ср}}}{m_x}$$

і порівнюють його зі значенням критерію Стьюдента (стандартного) $t_{\text{ст}}$, яке знаходять у таблиці, що додається нижче, для числа ступенів свободи $K = n - 1$ і довірчих ймовірностей $P = 0,95; 0,99$ та $0,999$ (або рівнів значимості відповідно $0,05; 0,01$ та $0,001$). Якщо $t_{\text{ф}} > t_{\text{ст}}$, значення середньої арифметичної $x_{\text{ср}}$ достовірне (значиме).

Оцінка достовірності відмінності двох порівнюваних незалежних вибірок здійснюється шляхом встановлення достовірності відмінності середніх арифметичних $x_{\text{ср1}}$ і $x_{\text{ср2}}$.

Таблиця

Значення критерію Стьюдента

Число ступенів свободи (К)	Довірчі ймовірності (P)			Число ступенів свободи (К)	Довірчі ймовірності (P)		
	0,05	0,01	0,001		0,05	0,01	0,001
1	12,71	63,66	636,62	18	2,10	2,88	3,92
2	4,30	9,92	31,60	19	2,09	2,86	3,88
3	3,18	5,84	12,92	20	2,09	2,85	3,85
4	2,78	4,60	8,61	21	2,08	2,83	3,82
5	2,57	4,03	6,87	22	2,07	2,82	3,79
6	2,45	3,71	5,96	23	2,07	2,81	3,77
7	2,37	3,50	5,41	24	2,06	2,80	3,75
8	2,31	3,36	5,04	25	2,06	2,79	3,73
9	2,26	3,25	4,78	26	2,06	2,78	3,71
10	2,23	3,17	4,59	27	2,05	2,77	3,69
11	2,20	3,11	4,44	28	2,05	2,76	3,67
12	2,18	3,05	4,32	29	2,05	2,76	3,66
13	2,16	3,01	4,22	30	2,04	2,75	3,65
14	2,14	2,98	4,14	40	2,02	2,70	3,55
15	2,13	2,95	4,07	60	2,00	2,66	3,46
16	2,12	2,92	4,02	120	1,98	2,62	3,37
17	2,11	2,90	3,97	∞	1,96	2,58	3,29

Для цього випадку критерій достовірності:

$$t_{\phi} = \frac{x_{cp1} - x_{cp2}}{m_D}$$

де m_D – помилка різниці середніх арифметичних. Якщо обсяги порівнюваних вибірок однакові ($n_1=n_2$), то:

$$m_D = \sqrt{m_{x_{cp1}}^2 - m_{x_{cp2}}^2}$$

Якщо $n_1 \neq n_2$, то

$$m_D = \sqrt{\frac{(n_1 - 1) \cdot \delta_1^2 + (n_2 - 1) \cdot \delta_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \cdot \frac{n_1 + n_2}{n_1 \cdot n_2}}$$

Обчислене значення t_{ϕ} порівнюється зі значенням t_{cr} , яке знаходять у таблиці для рівнів довірчих ймовірностей $P = 0,95$ і вище та числа ступенів свободи $K = n_1 + n_2 - 2$. Якщо $t_{\phi} \geq t_{cr}$, то відмінність між середніми арифметичними вважається достовірною.

У разі достовірності різницю між двома вибірками з попарно пов'язаними варіантами застосовується метод парних порівнянь. У

цьому методі спочатку знаходять різниці між попарно пов'язаними варіантами ($d_1, d_2, d_3, \dots, d_n$), обчислюють середнє арифметичне значення $d_{cp} = \sum d_i/n$ (n - обсяг будь-якої з порівнюваних вибірок, так як $n_1 = n_2$), середньоквадратичне відхилення:

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum (d_i - d_{cp})^2}{n - 1}}$$

та помилку різниці:

$$m_D = \frac{\delta}{\sqrt{n}}$$

Після цього обчислюють значення критерію достовірності

$$t_\phi = \frac{d_{cp}}{m_d}$$

та порівнюють його з табличним значенням t_{ct} для довірчих ймовірностей $P = 0,95; 0,99$ та $0,999$ та числа свободи $K = n-1$. Якщо $t_\phi \geq t_{ct}$, то різниця між вибірками порівняння є достовірною.

Значення t_ϕ , що обчислюються, завжди беруть по модулю (з позитивним знаком).

Завдання: Ознайомитись з основними базовими підходами статистичної обробки даних, які отримуються в результаті наукових екологічних досліджень. За результатами власних експериментальних або статистичних даних провести розрахунок критерію достовірності по Стьюденту, провести порівняння отриманих значень із результатами обробки даних за допомогою прикладних комп'ютерних програм (Excel, Statistica тощо).

Практична робота №13

Тема: Екологічне нормування

Мета: Провести огляд існуючих видів екологічних нормативів, їх особливостей та сфери поширення та принципами розробки

Основна частина

Екологічне нормування (допустиме навантаження) – під впливом якого відхилення від нормального стану системи гарантовано і не перевищує природних змін середовища, а отже не

викликає небажаних наслідків у біоті і не призводить до погіршення якості оточуючого природного середовища.

Екологічні нормативи суттєво відрізняються від санітарно-гігієнічних, рибогосподарських та інших видів ГДК за певними ознаками. Так, якщо завданням санітарно-гігієнічних і токсикологічних нормативів є охорона здоров'я людей та окремих популяцій живих організмів, то завданням екологічного нормування є забезпечення нормального функціонування екологічних систем в цілому, в тому числі і здоров'я людини, тобто збереження встановленої рівноваги у природі в рамках можливої саморегуляції.

Основні принципи розробки екологічних нормативів

Будь-яку зміну природного середовища слід розглянути як недопустиму – «нульову» стратегію. Принцип занадто жорсткий, так як не всі зміни в природному середовищі здатні приводити до негативних наслідків. В той же час непорушене природне середовище не завжди відповідає тим чи іншим вимогам людей. Необхідно враховувати, що еволюція біосфери та розвиток цивілізації неминуче призводять до змін якості потоків речовин і енергії. А тому було б нерозумно дотримуватись «нульової» стратегії, яка передбачає активну протидію будь-яким змінам. Утопічно намагатись нормативними розпорядженнями законсервувати сучасний стан біосфери. Хоч, звичайно, слід визначити компоненти і параметри навколишнього середовища, які слід зберігати без суттєвих змін.

Нормативи потрібно встановлювати відповідно технічних можливостей зниження рівня забруднень і контролю за їх вмістом в навколишньому середовищі. Принцип широко застосовується якщо немає єдиного підходу до нормування вмісту шкідливих і отруйних речовин у природному середовищі. Так, норми скиду багатьох забруднюючих речовин у воду встановлюються за принципами зниження забруднення до можливого мінімуму, який забезпечують найкращі технології.

Допустимий рівень забруднення слід встановити таким, щоб затрати та його досягнення були не більші вартості збитків при неконтрольованому забрудненні. Відмова від боротьби із забрудненням в тому випадку, коли вартість природоохоронних заходів більша вартості нанесених збитків, по суті піддає небезпеці

життя, здоров'я та добробут людини. Крім того, за таких розрахунків часто не враховуються віддалені наслідки.

Екологічні стандарти потрібно встановлювати такі, при яких не буде ніяких прямих чи побічних шкідливих впливів на людей. При цьому будь-яке інше вимірюване підвищення концентрації або іншого впливу розглядається як потенційно шкідливе. Принцип, орієнтований на здоров'я людей, вважають єдино правильним в Україні та країнах колишнього Союзу. При цьому експериментальні методи медичної токсикології, виправдані при розробці Держстандартів на питну воду і продукти харчування, механічно переносяться на природні екосистеми, де діють гомеостаз та саморегуляція. Але при всій зовнішній привабливості, ці нормативи практично недосяжні, що провокує їх недотримання. А тому фактично виконавча влада вимушена приймати рішення про той чи інший ступінь відхилення від норм на місцевому рівні. Все це приводить не стільки до захисту навколишнього природного середовища, скільки до збитків підприємств, якщо норми науково не обгрунтовані і фактично не можуть бути виконані

Основні характеристики екологічного нормування

Екологічно-допустимі концентрації шкідливих речовин в навколишньому середовищі (ЕДК) – показники оцінки екологічної ємності регіональних екосистем і біосфери в цілому. Оцінювати ємності екосистем за допомогою ЕДК найбільш зручно на прикладі поверхневих вод, оскільки вода, на відміну від атмосфери, жорстко локалізоване природне тіло. У водоймах вона обмежена берегами і дном. Водні екосистеми - середовище існування більшості живих організмів і найважливіший фактор життєдіяльності людини. Забруднення води впливають на екосистеми та здоров'я людей.

Модуль техногенного навантаження (МТН) – обсяг стічних вод та твердих відходів промислових та комунальних об'єктів, рознесених по адміністративних одиницях (областях), що вимірюються в тисячах тон на квадратний кілометр за рік.

МТН запропоновано для характеристики техногенного навантаження:

– техногенно-напруженні регіони мають МНТ 100-1000 тис.т/км² - до них належать Київська область (має максимальний МНТ 1000 тис.т/км² за рік.), Донецька, Дніпропетровська і Запорізька області;

– середні показники МНТ (10-50 і 50-100 тис.т/км² за рік) мають Львівська, Івано-Франківська, Хмельницька, Вінницька, Одеська, Черкаська, Полтавська, Харківська, Луганська, Херсонська та Автономна Республіка Крим;

– мінімальний показник МНТ (1-10 тис.т/км² за рік) спостерігається для Волинської, Рівненської, Житомирської, Чернівецької, Тернопільської, і Закарпатської областей.

Екологічно-допустимі навантаження (ЕДН) які не перевищують екологічної ємності екосистем можна розрахувати на основі ЕДК. Встановлення екологічно допустимих навантажень є тим заходом, який дозволяє забезпечити баланс екологічних та соціально-економічних інтересів людини, а отже - інструментом стійкого розвитку суспільства.

Структурна схема комплексу екологічних норм

Структурна схема комплексу екологічних норм включає три головні блоки:

- еколого-технічні та еколого-технологічні норми;
- еколого-економічні та соціально-екологічні норми;
- природоохоронні норми.

Еколого-технічні та еколого-технологічні норми – обмеження на використання техніки, технологій та матеріалів у різних галузях господарства, наприклад, регламентація з екологічних позицій технології виробництва певного виду продукції, регламентація технології очистки стічних вод та ін.

Еколого-економічні та соціально-екологічні норми - це нормативи, правила, вимоги до управління у галузі охорони навколишнього природного середовища, спрямовані на екологізацію природокористування. Наприклад, до цих норм можуть бути віднесені: нормативи плати і розміри платежів за використання природних ресурсів з урахуванням їх екологічної небезпеки, нормативи компенсаційних витрат по зниженню екологічної шкоди, правила стимулювання за виконання екологічних нормативів, правил та вимог і санкції за їх порушення та ін.

Комплекс природоохоронних норм може бути розподілений на три групи:

- нормативи і правила екологічної безпеки;
- екологічні нормативи (ЕН);
- ресурсогосподарські нормативи і правила.

Нормативи екологічної безпеки включають: гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у атмосферному повітрі, у поверхневих та підземних водах, ґрунтах, біооб'єктах та ін. (ГДК); гранично допустимі рівні (ГДР) акустичного, електромагнітного, іонізуючого та іншого шкідливого фізичного та біологічного впливів; розраховані на основі ГДК гранично допустимі викиди (ГДВ) та тимчасово погоджені викиди (ТПВ) забруднюючих речовин у водні об'єкти. Прикладом вказаних нормативів можуть бути: нормативи екологічної безпеки водокористування та ін. Ця група нормативів найбільш детально розроблена на теперішній час.

До екологічних норм можуть бути віднесені: екологічні нормативи якості екосистем різних рангів; екологічні нормативи та правила охорони природних ресурсів; екологічні нормативи антропогенного навантаження. Саме ця група норм є центральною у системі природоохоронних норм. Вона повинна стати провідною і в усій системі нормативного забезпечення у галузі охорони навколишнього природного середовища.

Екологічні норми якісного стану екосистем включають: нормативи збереження видового та ландшафтного різноманіття; нормативи забезпечення стійкості загального екологічного балансу; гранично допустимі зміни структурно-функціональних показників екосистем; нормативи збереження генофонду; вимоги до збереження унікальних природних об'єктів, ландшафтів, природно-територіальних комплексів; правила вилучення зон екологічного лиха, правила відновлення якісного стану екосистем та ін. До нормативів даної групи відносяться, наприклад, екологічні нормативи якості води водних об'єктів, екологічні нормативи якості атмосферного повітря та ін.

До групи екологічних нормативів та правил охорони природних ресурсів належать: гранично допустимі рівні регулювання природних процесів (наприклад, норми регулювання річкового стоку, норми регулювання чисельності диких тварин), правила охорони умов відтворення природних ресурсів (наприклад, правила місць нересту та нагулу іхтіофауни), нормативи охорони природно-ресурсного потенціалу регіону (наприклад, нормативи масштабів осушення боліт, нормативи доступного рівня втрати ґрунту та ін.).

Екологічні нормативи антропогенного навантаження: допустимі рівні навантаження на одиницю території, нормативи розміщення відходів, гранично допустимі викиди (скиди) за одиницю часу, сумарні гранично допустимі екологічні навантаження - ГДЕН, гранично допустимі рівні біологічного та фізичного впливу (на підставі ЕН), нормативи на інфраструктуру території. До вказаної групи належать, зокрема, нормативи гранично допустимого скидання забруднюючих речовин, які встановлюються з метою досягнення екологічних нормативів якості води водних об'єктів; нормативи гранично допустимого скидання забруднюючих речовин у атмосферне повітря стаціонарними та пересувними джерелами, які встановлюються з метою збереження екологічного благополуччя наземних екосистем; норми викиду SO₂ та NO_x на одиницю площі від усіх джерел певного типу антропогенного впливу в регіоні; норми викиду хлорфторвуглецевих сполук, які руйнують озоновий шар; екологічні норми експлуатації території. Перехід від ГДВ та ГДС до гранично допустимих екологічних навантажень (ГДЕН) має відбуватися поступово, у міру розробки та затвердження екологічних нормативів.

Екологічні нормативи можуть бути індивідуальними (для конкретних та унікальних об'єктів, ситуацій) і типовими для сучасного стану, перспективними і потенційно можливими (з урахуванням новітніх технологій); відносно стабільними (тривалими) і оперативними (для ситуацій, що змінюються). Вони можуть бути диференційовані за цілями, припустимими наслідками, припустимими змінами природних комплексів або компонентів у якісному та кількісному відношенні та ін. Окрему групу нормативів мають складати екологічні нормативи для зон надзвичайної екологічної ситуації, зон екологічного лиха та природних територій і об'єктів, що підлягають особливій охороні.

Поряд з екологічними нормативами мають розроблятися екологічні регламенти у вигляді різних умов, вимог, підзаконних актів, які обмежують антропогенний вплив на навколишнє середовище.

Для формування плану розробки екологічних нормативів та правил повинна бути розроблена детальна класифікаційна схема всього комплексу екологічних норм.

До групи *ресурсогосподарських нормативів* та правил входять: нормативи використання природних ресурсів; нормативи споживання природних ресурсів як сировини виробничого призначення, питомі нормативи утворення відходів; нормативи використання вторинних ресурсів; нормативи утилізації відходів виробництва та ін. До групи ресурсогосподарських нормативів відносяться, наприклад, нормативи граничного утворення забруднюючих речовин, які викидаються в атмосферне повітря при експлуатації технологічного та іншого обладнання, споруд та об'єктів; галузеві технологічні нормативи утворення речовин, що скидаються у водні об'єкти, тобто нормативи гранично допустимих концентрацій речовин у стічних водах, які утворюються в процесі виробництва одного виду продукції при використанні однієї й тієї ж сировини та ін.

Нормативи використання природних ресурсів можуть бути розподілені на дві великі групи: регіональні ресурсні нормативи та галузеві ресурсні нормативи. Регіональні ресурсні нормативи раціонального природокористування мають визначити максимально допустимі значення споживання тих чи інших природних ресурсів у природно зумовлених межах природно-територіальних комплексів без загрози викликати незворотні зміни у навколишньому природному середовищі. Галузеві ресурсні нормативи обмежують вплив на довкілля через нормування кількості ресурсів, які витрачають, та кількості відходів виробництва: газоподібних, рідких, твердих - на одиницю продукції, що виробляють, одиницю використаної енергії та ін. Прикладом регіональних ресурсних нормативів можуть бути нормативи водоспоживання для зрошення сільськогосподарських культур у різних природних зонах, а галузевих - поточні технологічні нормативи використання води (для існуючого рівня технології) та перспективні технологічні нормативи використання води (з урахуванням досягнень передових світових технологій).

Завдання: Провести огляд існуючих видів екологічних нормативів, їх особливостей та сфери поширення за принципами розробки. Навести приклади з використанням сучасних наукових публікацій, використовуючи міжнародні реферативні бази даних та українську базу дисертацій і авторефератів, взяти участь у дискусії.

Практична робота №14

Тема: Аналіз принципів причинно-наслідкових зв'язків і підходів до лінійного та нелінійного мислення в екологічних моделях

Мета: дослідити принципи причинно-наслідкових зв'язків та методи лінійного і нелінійного мислення в контексті екологічних моделей, розглянути припущення про стійкість рішення в системах, заснованих на лінійних рівняннях, а також вивчити особливості роботи з нелінійними моделями, стохастичними та невідтворюваними системами. Оцінити вплив цих підходів на точність прогнозів та прийняття рішень у складних екологічних процесах.

Основна частина

Принцип причинно-наслідкових зв'язків передбачає, що кожне явище в системі має свою причину і наслідок. У екологічних моделях цей принцип дозволяє аналізувати впливи різних факторів на динаміку екосистем.

Лінійне мислення базується на припущенні, що зміни в системі відбуваються пропорційно зміні зовнішніх впливів. До основних характеристик лінійного мислення належать:

- *лінійна апроксимація* - припущення, що залежності між змінними можна описати за допомогою лінійних рівнянь;
- *стійкість до малих відхилень* - передбачається, що система повернеться до стаціонарного стану після невеликих збурень;
- *однозначність рішень* - лінійні системи, як правило, мають єдине рішення для заданих початкових умов і параметрів.

Нелінійне мислення враховує складні взаємодії між компонентами системи, які можуть мати нелінійний характер. Характерними особливостями такого мислення є:

- *нелінійна апроксимація* - взаємодії між змінними описуються нелінійними рівняннями;
- *ідентифікація параметрів* - у нелінійних моделях складніше визначити параметри через їх складну залежність;
- *динамічні ефекти* - нелінійні системи можуть мати кілька стаціонарних станів або демонструвати хаотичну поведінку.

Нелінійна парадигма визнає, що навіть при відомих законах взаємодії і початкових умовах система може поводити себе непередбачувано. Це веде до розуміння обмежень передбачуваності складних систем, зокрема екосистем.

Існує думка, що якщо відома структура системи і закони її функціонування, можна точно передбачити її поведінку. Однак складні системи, особливо екологічні, демонструють стохастичну природу, де повне передбачення неможливе через чутливість до початкових умов (маленькі зміни можуть призвести до значних відхилень); неповноту знань (неможливість врахувати всі змінні і параметри).

Завдання: Виберіть екологічну проблему і визначте основні причинно-наслідкові зв'язки, що впливають на її динаміку, створіть просту лінійну і нелінійну модель для опису екологічного процесу і порівняйте їх результати, оцініть, як зміна початкових умов впливає на стабільність системи в лінійних і нелінійних моделях.

Практична робота №15

Тема: Академічна доброчесність та її значення у сучасній освіті

Мета: дослідити поняття академічної доброчесності, з'ясувати основні принципи її дотримання у контексті використання штучного інтелекту, а також розглянути нормативні документи НУВГП, що регулюють академічну доброчесність.

Основна частина

Академічна доброчесність – це система етичних принципів і стандартів, що регулюють поведінку науковців, викладачів та студентів у процесі навчання, дослідження та публікацій. Вона включає повагу до прав інтелектуальної власності, чесність у написанні наукових робіт, дотримання вимог цитування, уникнення плагіату та інших порушень етики.

Штучний інтелект (ШІ) в освіті й науці активно використовуються для створення нових інструментів для автоматизації досліджень, аналізу даних, написання наукових робіт,

а також для перевірки плагіату та коректності цитувань. Проте використання ШІ вимагає суворого дотримання принципів академічної доброчесності, а саме:

Прозорість: використання ШІ має бути чітко зазначено у науковій роботі, вказуючи, як саме цей інструмент був застосований у процесі створення результатів;

Коректність: важливо правильно застосовувати алгоритми та моделі ШІ, уникати маніпуляцій результатами для отримання бажаних висновків;

Цитування літературних джерел: використання ШІ для створення тексту, аналізу чи перевірки фактів має враховувати правильне цитування та вказівки на джерела інформації, що були використані;

Автентичність: наукові дослідження повинні бути створені самостійно, а не згенеровані автоматизованими системами без належної наукової перевірки.

На третьому рівні освіти (PhD, аспірантура) принципи академічної доброчесності набувають особливого значення, оскільки студенти не тільки навчаються, а й самостійно проводять дослідження, публікують результати своєї наукової діяльності, беруть участь у конференціях та працюють з іншими науковцями. Основні принципи, яких повинні дотримуватись аспіранти при проведенні наукових досліджень:

1) самостійність досліджень. Оскільки аспіранти проводять оригінальні наукові дослідження, необхідно уникати плагіату, фабрикації або фальсифікації даних;

2) прозорість наукових процесів. Оформлення публікацій, досліджень та дисертаційних робіт повинно відповідати вимогам цитування та посилань на джерела;

3) чесність у публікаціях. Аспіранти повинні бути чесними щодо своїх досягнень та ролі у публікаціях, вказуючи всіх авторів та їхній внесок.

Академічна доброчесність регулюється різними нормативними актами, зокрема:

– закони та постанови державного рівня, які визначають вимоги до освіти та наукової діяльності. Матеріали щодо дотримання принципів академічної доброчесності викладено на сайті

Національного агентства забезпечення якості вищої освіти
<https://naqa.gov.ua/>;

– правила університетів і наукових установ. В кожному навчальному закладі чи науковій установі існують внутрішні нормативні акти, які чітко визначають етичні стандарти та процедури для науковців. Документи, що стосуються академічної доброчесності викладені сайті нашого університету <http://nuwm.edu.ua/sp/akademichna-dobrochesnistj>. Положення про академічну доброчесність в Національному університеті водного господарства та природокористування. [Законодавчі та нормативно правові документи], 2022 р. представлено у цифровому репозиторії за посиланням: URI: <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/25004>.

– міжнародні стандарти. Декларації, угоди та кодекси, які розроблені міжнародними організаціями, наприклад, ЮНЕСКО, для регулювання академічної доброчесності в глобальному контексті.

Порушення академічної доброчесності можуть проявлятися у різних формах таких, як:

плагіат – копіювання чужих ідей, текстів, результатів без належного посилання на автора;

фальсифікація даних – умисне змінення чи вигадкування результатів дослідження;

невідповідність авторства – вказування імен авторів, які не брали участі в роботі, або навпаки, не вказування авторів, які брали участь у дослідженні;

неетичні дії – використання сумнівних чи неетичних методів збору даних.

Академічна відповідальність передбачає правові та етичні наслідки за порушення стандартів академічної доброчесності. Вона включає:

адміністративні санкції: від попередження до відрахування з навчального закладу;

юридична відповідальність: у разі серйозних порушень можуть застосовуватися юридичні санкції, зокрема за підробку документів чи порушення авторських прав.

Існують наступні види академічної відповідальності:

професійна – застосовується до науковців за неетичну поведінку, маніпулювання даними чи публікаціями;

адміністративна – включає покарання на рівні університету або наукової установи (наприклад, попередження або відрахування);

юридична – за серйозні порушення, такі як фальсифікація документів, порушення авторських прав чи плагіат, може бути застосована відповідальність згідно з законом.

Завдання: Описати приклади порушень академічної доброчесності, які можуть виникнути в наукових дослідженнях, та їх наслідки для наукової репутації. Ознайомтесь з нормативними актами, які регулюють академічну доброчесність у нашому навчальному закладі. Проаналізувати можливі види академічної відповідальності та покарання за порушення академічної доброчесності на прикладі реальних випадків.

Практична робота №16

Тема: Вимоги до оформлення результатів наукових досліджень та підготовка наукових статей

Мета: ознайомити здобувачів із основними вимогами до оформлення результатів наукових досліджень, підготувати до написання та публікації наукових статей у фахових виданнях, індексованих журналах (*Scopus*, *WoS*), а також у інших вітчизняних та закордонних виданнях. Додатково, мета полягає в розвитку навичок використання сучасних електронних ресурсів для пошуку інформації, застосування комп'ютерних засобів для представлення результатів досліджень та складання практичних рекомендацій для впровадження у виробництво.

Основна частина

Правильне оформлення результатів наукових досліджень є критично важливим для забезпечення їх наукової ваги та професійної репутації. Основні аспекти, на які слід звернути увагу:

• Структура наукової роботи. Оформлення дослідження повинно відповідати стандартам, що передбачають чітку структуру, що включає:

- *заголовок* (має бути коротким, точним та інформативним, відображати сутність дослідження);

- *анотація* (коротке резюме роботи, яке має містити основні результати та висновки дослідження);
- *ключові слова* (вибір ключових слів для індексації наукової роботи);
- *вступ* (введення в тему дослідження, актуальність, мета та завдання);
- *матеріали та методи досліджень* (опис використовуваних методів дослідження, умов проведення);
- *результати* (надання результатів у вигляді таблиць, графіків, діаграм тощо);
- *висновки* (підсумки дослідження та рекомендації);
- *список використаних джерел* (коректне оформлення згідно з прийнятими стандартами, ДСТУ 8302:2015);
- *цитування та посилання на джерела* (дотримання норм цитування є важливою частиною академічної доброчесності. Використання стилів цитування, таких як APA, MLA, Chicago та інших, залежно від вимог журналу).

Приклади оформлення бібліографічного опису у списку використаних джерел відповідно до вимог ДСТУ 8302:2015 наведено за посиланням https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/node/4518/pravylaoformlenn_yaspyskuvykorystanyhdzherel.pdf

Наукові публікації є основним джерелом нових знань та інформації про досягнення в різних галузях науки. Вона містить обґрунтовані висновки на основі проведених досліджень і є важливим джерелом для подальшого наукового прогресу. Кожна стаття має свою структуру, яка включає вступ, огляд літератури, методологію, результати, обговорення та висновки. Види наукових публікацій включають:

1. Оригінальні наукові статті – містять результати оригінальних досліджень, які раніше не публікувалися. Вони описують мету дослідження, методи, результати та обговорення.
2. Оглядові статті – узагальнюють та аналізують існуючі дослідження з певної теми, визначають тенденції та прогалини.
3. Методичні статті – описують нові або вдосконалені методи дослідження.

4. Короткі повідомлення – містять попередні результати досліджень або повідомлення про важливі відкриття.

5. Теоретичні статті – аналізують концептуальні підходи та теорії, пропонують нові концептуальні рамки або моделі.

Наукові статті для публікації в журналах категорії Б, індексованих у *Scopus* та *Web of Science (WoS)*, повинні відповідати наступним вимогам:

1) Вибір журналу. Вибір наукового журналу для публікації залежить від теми дослідження, рівня журналу, його індексації в міжнародних базах даних, а також вимог щодо оформлення статей. Наприклад, для журналів, індексованих у *Scopus* або *WoS*, є чіткі вимоги до формату, обсягу статті, а також наукової новизни результатів.

2) Міжнародні стандарти. Статті повинні відповідати міжнародним стандартам наукової публікації. Це стосується як змісту, так і оформлення. Часто журнали вимагають надання доказів оригінальності роботи через перевірку на плагіат.

3) Підготовка супровідних документів. Для подачі статті в журнал також можуть вимагатися супровідні документи, такі як авторські заяви, декларації про конфлікт інтересів, а також відомості про фінансування досліджень.

Сучасні електронні ресурси значно полегшують процес наукового пошуку та збирання даних. До основних належать:

Scopus. Один з найбільших індексованих наукових ресурсів, що дозволяє здійснювати пошук за науковими публікаціями, цитуваннями, статтями та журналами.

Web of Science (WoS). Інша провідна міжнародна база даних, яка містить великий обсяг наукових статей і монографій. Вона дає змогу знайти наукові матеріали за різними критеріями, а також має інструменти для аналізу цитування.

Google Scholar. Інструмент для пошуку наукових статей, дисертацій, тез та інших публікацій. Охоплює широкий спектр джерел, що включають як наукові, так і технічні матеріали.

ResearchGate. Платформа для спільної роботи науковців, де можна обмінюватися статтями, задавати питання та отримувати доступ до досліджень колег.

JSTOR, SpringerLink, ScienceDirect. Інші ресурси для пошуку статей у різних наукових галузях, таких як екологія, біологія, хімія тощо.

Комп'ютерні засоби дозволяють ефективно обробляти та презентувати результати досліджень. Для аналізу даних, побудови моделей, обробки статистики та створення інтерпретацій доцільно використовувати програмне забезпечення (наприклад, Excel, MATLAB, Python та інші). Такі інструменти, як Microsoft PowerPoint, Google Slides дозволяють створювати чіткі й структуровані презентації. Інтерактивні ж презентації є незамінними для проведення вебінарів, конференцій, де результатами досліджень можна поділитися в реальному часі за допомогою онлайн-платформ (Zoom, Microsoft Teams, Google Meet).

На основі проведених досліджень необхідно скласти рекомендації для виробництва. Це можуть бути:

- Технологічні рекомендації, які включають нові технології або оптимізацію існуючих для підвищення ефективності, зниження негативного впливу на довкілля, зменшення витрат тощо.

- Екологічні рекомендації, наприклад, методи збереження біорізноманіття, сталого використання природних ресурсів, зменшення викидів.

- Соціальні та економічні рекомендації, спрямовані на покращення умов праці, впровадження екологічно чистих технологій у виробництво, оптимізацію витрат.

Завдання: Ознайомитися з вимогами до публікацій на сайтах 3-х наукових журналів індексованих у *Scopus* або *WoS*. Визначити найбільш суттєві вимоги щодо структури, оформлення та змісту статей. Скласти анотацію до наукової статті на тему вашого дослідження, враховуючи вимоги до оформлення. Підготувати презентацію на основі ваших результатів дослідження, враховуючи основні вимоги до оформлення та підготовки.

Рекомендована література

1. База даних дисертацій та авторефератів. URL: <https://nauka.gov.ua/information/bazy-danykh-dysertatsii-ta-avtoreferativ-zakordonnykh-ta-vitchyznianskykh/>
2. Бідюк П. І. Прикладна статистика : навчальний посібник. Вінниця : ПП «ТД» Едельвейс і К», 2013. 304 с.
3. Вдовенко Н. М., Сокур Л. В., Михальчишина Л. Г. Методологія та організація наукових досліджень з основами інтелектуальної власності. К. : НУБіП України, 2021. 100 с.
4. Заржицький О. С. Актуальні проблеми правового забезпечення екологічної політики України (теоретичні аспекти) : монографія. Д. : Національний гірничий університет, 2012. 200 с.
5. Клименко М. О., Петрук В. Г., Мокін В. Б., Вознюк Н. М. Методологія та організація наукових досліджень в екології : підручник. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2012. 474 с.
6. Клименко М. О., Прищепя А. М., Стецюк Л. М., Брежицька О. А. Екологічне інспектування. Практикум : навчальний посібник. Рівне : НУВГП, 2014. 236 с.
7. Клименко М. О., Прищепя А. М., Стецюк Л. М., Брежицька О. А. Екологічне інспектування. Практикум : навчальний посібник. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2014. 228 с.
8. Ладанюк А. П., Власенко Л. О., Кишенько В. Д. Методологія наукових досліджень : навчальний посібник. Київ : Ліра-К, 2020. 352 с.
9. Ладиченко В. В. Гиренко І. В., Головка Л. О., Вітів В. А. Екологічна політика і право ЄС : навчальний посібник. К. : Видавничий центр НУБіП України. 2019. 363 с.
10. Мальська М., Паньків Н. Основи наукових досліджень : навчальний посібник. Львів : Видавництво ЛНУ імені Івана Франка, 2020. 226 с.
11. Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року : Закон України від 28.02.2019 р. № 2697-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19#Text> (дата звернення: 17.07.2022).
12. Юринець В. Є. Методологія наукових досліджень : навч. посібник. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2011. 178 с.

13. Данильян О.Г., Дзьобань О.П. Методологія наукових досліджень. Підручник. Хакрів : Видавництво «Право». 2023. 368 с.
14. Надикто В.Т. Основи наукових досліджень : підручник. Херсон : Олді-Плюс. 2024. 268 с.
15. Caggiano H., Weber E. U. Advances in Qualitative Methods in Environmental Research. Annual Review of Environment and Resources. 2023. Vol. 48, no. 1. URL: <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-112321-080106>
16. Canfield K. N. et al. Lessons learned and recommendations in conducting solutions-driven environmental and public health research / Journal of Environmental Management. 2024. Vol. 354. P. 120270. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120270>
17. Fang W.-T., Hassan A., LePage B. A. Research Methods for Environmental Education. Sustainable Development Goals Series. Singapore, 2022. P. 49–90. URL: https://doi.org/10.1007/978-981-19-4234-1_3
18. Nketiah E. et al. Assessing the influence of research and development, environmental policies, and green technology on ecological footprint for achieving environmental sustainability / Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2024. Vol. 199. P. 114508. URL: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.114508>
19. Robertson M. E. et al. Interference in science: scientists' perspectives on their ability to communicate and conduct environmental research in Canada / FACETS. 2023. Vol. 8. P. 1–31. URL: <https://doi.org/10.1139/facets-2023-0005>
20. Ruth M. Handbook of Research Methods and Applications in Environmental Studies. Elgar Publishing Limited, Edward, 2015.
21. Zeleňáková M. et al. Methodology for environmental assessment of proposed activity using risk analysis. Environmental Impact Assessment Review. 2020. Vol. 80. P. 106333. URL: <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2019.106333>