



МЕТОДОЛОГІЯ НОРМУВАННЯ АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ЕКОСИСТЕМИ

Рівень вищої освіти: третій (освітньо-науковий)

Дні занять, час занять, аудиторія: будуть доступні згідно розкладу.

Лекції проводить

ПІБ

Академік НААН України, доктор. біол. наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України в.о директора, Бондар Олександр Іванович

Контактна інформація

електронна пошта – tetiana.morozova@ukr.net

Аудиторія

Час консультацій

Середа 13.10-15.00

Семінарські / практичні / лабораторні заняття проводить

ПІБ

канд. біол. наук, доцент кафедри, Морозова Тетяна Василівна

Контактна інформація

електронна пошта – tetiana.morozova@ukr.net

Аудиторія

Час консультацій

Середа 13.10-15.00

Анотація дисципліни

Навчальна дисципліна «Методологія нормування антропогенного навантаження на екосистеми» спрямована на формування у здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня системного розуміння наукових і методичних засад визначення допустимих рівнів антропогенного впливу на екосистеми.

У межах дисципліни розглядаються теоретичні основи нормування антропогенного навантаження, типи та джерела антропогенних впливів, показники стану й стійкості екосистем, критерії екологічної безпеки, підходи до встановлення нормативних значень, оцінювання фактичного навантаження та його відповідності екологічним нормативам.

Особлива увага приділяється науковим принципам нормування хімічного, фізичного та біологічного навантаження, оцінюванню сумарного й кумулятивного впливу, врахуванню екологічної ємності територій, асиміляційного потенціалу екосистем, невизначеності та просторово-часової мінливості природних систем.

Дисципліна орієнтована на застосування сучасних методів екологічного моніторингу, статистичного аналізу, моделювання, геоінформаційних технологій та оцінювання екологічного ризику для наукового обґрунтування нормативів і управлінських рішень.

Предметом вивчення дисципліни є теоретичні, методологічні та прикладні засади визначення допустимих рівнів антропогенного навантаження на екосистеми, критерії їх екологічної безпеки, стійкості та здатності до саморегуляції, а також методи оцінювання відповідності фактичного навантаження встановленим нормативним вимогам.

Мета дисципліни

Формування у здобувачів здатності науково обґрунтовувати підходи до нормування антропогенного навантаження на екосистеми, визначати критерії та показники допустимого впливу, оцінювати фактичне навантаження і його екологічні наслідки та застосовувати сучасні методи аналізу, моделювання й оцінювання ризику для встановлення екологічно обґрунтованих нормативних рівнів.

Основні завдання дисципліни

1. Розкрити теоретичні основи нормування антропогенного навантаження на екосистеми.
2. Систематизувати основні види та джерела антропогенних впливів.
3. Розглянути критерії екологічної безпеки та стійкості екосистем.
4. Визначити роль природної варіабельності у встановленні нормативних показників.
5. Проаналізувати методологічні принципи встановлення допустимих рівнів впливу.
6. Розглянути підходи до нормування хімічного, фізичного та біологічного навантаження.
7. Проаналізувати взаємозв'язок між концентрацією полютанта, експозицією, дозою та екологічним ефектом.
8. Охарактеризувати показники екологічної ємності та асиміляційної здатності екосистем.
9. Розглянути методи оцінювання сумарного, кумулятивного та комбінованого антропогенного впливу.
10. Сформувати навички визначення фактичного антропогенного навантаження.
11. Навчити оцінювати відповідність фактичного навантаження нормативним значенням.
12. Розглянути методи оцінювання екологічного ризику у нормуванні.
13. Сформувати навички статистичного аналізу та моделювання для обґрунтування нормативів.
14. Розглянути просторову диференціацію нормативів з урахуванням природних та антропогенних особливостей територій.
15. Сформувати здатність критично оцінювати наукові дані, покладені в основу екологічних нормативів.
16. Сформувати здатність застосовувати результати власних наукових досліджень для вдосконалення підходів до нормування антропогенного навантаження.

ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Модуль 1. Теоретико-методологічні основи нормування антропогенного навантаження

Тема 1. Антропогенне навантаження на екосистеми: поняття, структура та класифікація

Поняття антропогенного навантаження, антропогенного впливу та екологічного стресу. Джерела та форми антропогенного навантаження. Хімічні, фізичні, біологічні та ландшафтні впливи. Прямі й опосередковані впливи. Разові, періодичні та хронічні навантаження. Локальні, регіональні та глобальні впливи.

Тема 2. Екосистема як об'єкт екологічного нормування

Структурно-функціональна організація екосистем. Гомеостаз і саморегуляція. Стійкість, резистентність та резильєнтність екосистем. Межі толерантності. Порогові ефекти та точки зміни стану екосистем. Природна варіабельність екологічних показників та її врахування під час нормування.

Тема 3. Принципи та критерії екологічного нормування

Поняття екологічного нормативу. Наукові критерії встановлення допустимих рівнів впливу. Принципи превентивності, екосистемності, наукової обґрунтованості, диференційованості та адаптивності нормування. Нормативний рівень, фонове значення, референтний рівень, порогове значення. Екологічні критерії та індикатори.

Модуль 2. Методологія оцінювання антропогенного навантаження

Тема 4. Показники та індикатори антропогенного навантаження

Хімічні, фізичні, біологічні та інтегральні показники. Концентрації поллютантів. Потоки речовин та енергії. Показники забруднення компонентів довкілля. Біоіндикація та біомаркери. Індекси антропогенного навантаження. Інтегральні екологічні індекси.

Тема 5. Оцінювання навантаження на атмосферні екосистемні компоненти

Джерела атмосферних викидів. Показники емісії. Концентрації забруднювачів у атмосферному повітрі. Фонові та нормативні концентрації. Депозиція забруднювачів. Розсіювання та атмосферний перенос. Оцінювання сумарного впливу джерел забруднення.

Тема 6. Нормування антропогенного навантаження на водні екосистеми

Джерела антропогенного навантаження на водні об'єкти. Хімічні та гідроморфологічні показники. Біологічні індикатори стану водних екосистем. Концентраційні та навантажувальні підходи. Водна екологічна якість. Ассимиляційна здатність водних екосистем. Врахування фонових стану та сезонної мінливості.

Тема 7. Нормування навантаження на ґрунтові та наземні екосистеми

Забруднення ґрунтів важкими металами, органічними поллютантами та іншими речовинами. Фонові концентрації. Буферна здатність ґрунтів. Міграція і трансформація забруднювачів. Біодоступність. Оцінювання накопичення поллютантів. Нормування антропогенного навантаження з урахуванням властивостей ґрунтів та типу землекористування.

Модуль 3. Нормування окремих видів антропогенного впливу

Тема 8. Нормування хімічного навантаження на екосистеми

Критерії токсичності та екотоксичності. Дозо-ефектні та концентраційно-ефектні залежності. Граничні та референтні значення. Гостра та хронічна токсичність. Біодоступність. Кумулятивні ефекти. Нормування сумішей поллютантів. Екологічне значення співвідношення «концентрація–ефект».

Тема 9. Нормування фізичних факторів антропогенного впливу

Шумове, вібраційне, теплове, світлове та електромагнітне навантаження. Просторово-часова мінливість фізичних факторів. Екологічні ефекти фізичного впливу. Порогові значення. Кумулятивний вплив декількох фізичних факторів.

Тема 10. Нормування біологічного та ландшафтного навантаження

Інвазійні чужорідні види. Біологічні забруднення. Порушення структури угруповань. Фрагментація оселищ. Зміна землекористування. Втрата екологічної зв'язності. Нормування допустимого рівня трансформації природних екосистем і ландшафтів.

Тема 11. Нормування ресурсного та просторового навантаження

Вилучення водних, земельних, лісових та біологічних ресурсів. Рекреаційне навантаження. Антропогенна трансформація територій. Екологічна ємність території. Допустиме ресурсне навантаження. Ємність природних систем щодо рекреаційного та господарського використання.

Модуль 4. Системне та ризик-орієнтоване нормування

Тема 12. Сумарне, кумулятивне та комбіноване антропогенне навантаження

Проблема множинних стресорів. Адитивні, синергічні та антагоністичні ефекти. Кумулятивне навантаження. Взаємодія різних типів впливу. Методи інтегрального оцінювання. Виявлення домінуючих факторів антропогенного впливу.

Тема 13. Екологічний ризик у системі нормування

Поняття безпеки, експозиції, вразливості та ризику. Оцінювання екологічного ризику. Ризик-орієнтовані нормативи. Прийнятний та неприйнятний ризик. Оцінювання ризику для популяцій, угруповань та екосистем. Невизначеність оцінки ризику.

Тема 14. Екологічна ємність, асиміляційний потенціал і допустиме навантаження

Поняття екологічної ємності та асиміляційної здатності. Природна здатність екосистем до нейтралізації, трансформації та вилучення забруднювачів. Межі екологічної стійкості. Визначення допустимого навантаження. Балансові та модельні підходи.

Тема 15. Просторово-диференційоване нормування антропогенного навантаження

Необхідність територіальної диференціації нормативів. Природні особливості території. Тип екосистеми, ґрунтові та гідрологічні умови, кліматичні характеристики, землекористування. ГІС у нормуванні. Просторове моделювання навантаження. Екологічне зонування територій.

Модуль 5. Наукове обґрунтування нормативів та сучасні підходи

Тема 16. Статистичні та математичні методи обґрунтування нормативів

Статистичні характеристики екологічних даних. Розподіли та варіабельність. Довірчі інтервали. Аналіз трендів. Регресійні моделі. Дозо-ефектні моделі. Оцінювання порогових значень. Моделювання сценаріїв антропогенного навантаження.

Тема 17. Біологічно орієнтоване нормування

Екотоксикологічні та екосистемні критерії. Біотестування. Видова чутливість. Species Sensitivity Distributions (SSD). Показники популяційної та екосистемної відповіді. Adverse Outcome Pathways. Переваги та обмеження біологічних критеріїв у нормуванні.

Тема 18. Невизначеність і варіабельність у процесі екологічного нормування

Джерела невизначеності. Вимірювальна, модельна та параметрична невизначеність. Природна варіабельність. Репрезентативність вибірки. Аналіз чутливості. Сценарний підхід. Урахування невизначеності під час встановлення нормативних значень.

Тема 19. Моніторинг та контроль дотримання нормативів антропогенного навантаження

Екологічний моніторинг як інформаційна основа нормування. Проектування мереж спостережень. Вибір показників та частоти вимірювань. Контроль джерел антропогенного навантаження. Верифікація відповідності нормативам. Дистанційний моніторинг, ГІС та автоматизовані системи контролю.

Тема 20. Сучасні тенденції розвитку екологічного нормування

Екосистемний та ризик-орієнтований підходи. Адаптивне нормування. Кумулятивний аналіз впливів. Нормування на основі екологічних ефектів. Використання Big Data, дистанційного зондування Землі, ГІС, математичного моделювання та штучного інтелекту. Інтеграція наукових даних у систему екологічного управління.

Практична спрямованість дисципліни

Практичні заняття передбачають:

1. класифікацію джерел та видів антропогенного навантаження;
2. визначення показників для оцінювання навантаження на конкретну екосистему;
3. аналіз фонових та нормативних значень екологічних показників;
4. розрахунок показників забруднення компонентів довкілля;
5. оцінювання фактичного навантаження та його відповідності нормативним значенням;
6. аналіз концентраційно-ефектних залежностей;
7. оцінювання сумарного впливу декількох політвантів;
8. визначення індексів антропогенного навантаження;
9. оцінювання екологічної ємності території;
10. аналіз асиміляційної здатності водної або наземної екосистеми;
11. оцінювання екологічного ризику;
12. аналіз просторової диференціації антропогенного навантаження за допомогою ГІС;
13. побудову моделі залежності стану екосистеми від рівня антропогенного навантаження;
14. оцінювання невизначеності нормативних показників;

15. розроблення системи екологічного моніторингу для контролю нормативів;
16. наукове обґрунтування допустимого рівня антропогенного навантаження на конкретну екосистему.

Індивідуальне науково-дослідне завдання

«Наукове обґрунтування допустимого рівня антропогенного навантаження на конкретну екосистему».

Індивідуальне завдання передбачає:

- характеристику досліджуваної екосистеми;
- визначення основних джерел антропогенного навантаження;
- вибір екологічно значущих показників;
- аналіз фонових характеристик;
- визначення фактичного рівня навантаження;
- аналіз існуючих нормативних значень;
- оцінювання екологічної відповіді системи;
- визначення залежності «навантаження–екологічний ефект»;
- оцінювання сумарного або кумулятивного впливу;
- аналіз екологічного ризику;
- визначення невизначеності отриманих оцінок;
- обґрунтування допустимого рівня навантаження;
- формулювання рекомендацій щодо моніторингу та управління.

Методи навчання

У процесі викладання дисципліни використовуються:

- проблемно-орієнтоване навчання;
- наукова дискусія;
- аналіз реальних екологічних ситуацій;
- case study;
- аналіз наукових публікацій;
- робота з екологічними базами даних;
- статистичний аналіз;
- математичне та імітаційне моделювання;
- картографування та ГІС-аналіз;
- розрахункові методи;
- аналіз і інтерпретація даних екологічного моніторингу;
- самостійне наукове дослідження;
- презентація та захист результатів дослідження.

Методи контролю

Поточний контроль здійснюється шляхом:

- усного опитування;
- тестування;
- виконання практичних завдань;
- розрахункових робіт;
- аналізу наукових публікацій;
- інтерпретації екологічних даних;
- розв'язання проблемних ситуацій;
- оцінювання результатів ГІС- та статистичного аналізу;
- презентації індивідуального науково-дослідного завдання;

- наукової дискусії.

Підсумковий контроль — **диференційований залік / залік** відповідно до освітньо-наукової програми.

Під час оцінювання враховуються правильність розрахунків, обґрунтованість вибору методів, коректність інтерпретації результатів, врахування невизначеності, якості наукової аргументації та здатність пов'язувати отримані результати з екологічними критеріями нормування.

Політики навчальної дисципліни

1. **Академічна доброчесність.** Усі результати досліджень і розрахунків мають бути представлені самостійно з належним посиланням на використані джерела.
2. **Наукова обґрунтованість.** Нормативні висновки мають базуватися на достовірних даних і науково обґрунтованих методах.
3. **Відтворюваність досліджень.** Методика розрахунків та вихідні дані мають бути достатньо описані для перевірки отриманих результатів.
4. **Критичне оцінювання нормативів.** Здобувач має аналізувати наукові передумови, сферу застосування та обмеження нормативних значень.
5. **Урахування природної варіабельності.** Встановлення допустимих рівнів навантаження не може ґрунтуватися лише на одиничному вимірюванні або середньому значенні без оцінювання мінливості даних.
6. **Урахування невизначеності.** Результати нормування мають супроводжуватися оцінкою джерел невизначеності та її впливу на висновки.
7. **Міждисциплінарність.** Нормування розглядається на перетині екології, екотоксикології, статистики, моделювання, моніторингу та екологічного управління.
8. **Відповідальне використання цифрових технологій та ШІ.** Цифрові інструменти можуть використовуватися для оброблення та аналізу даних за умови перевірки результатів і дотримання академічної доброчесності.
9. **Коректність використання даних.** Не допускається підміна вимірюваних показників модельними або розрахунковими значеннями без відповідного зазначення.
10. **Об'єктивність оцінювання.** Оцінювання здійснюється за визначеними критеріями з урахуванням якості наукового обґрунтування.
11. **Професійна відповідальність.** Здобувач відповідає за достовірність представлених даних, правильність розрахунків та коректність сформульованих висновків.
12. **Своєчасність виконання завдань.** Практичні та індивідуальні роботи виконуються відповідно до встановленого календарного графіка.

Рекомендована література

Основна

1. Newman, M. C. (2020). *Fundamentals of ecotoxicology: The science of pollution* (5th ed.). CRC Press.
2. Walker, C. H., Sibly, R. M., Hopkin, S. P., & Peakall, D. B. (2005). *Principles of ecotoxicology* (3rd ed.). CRC Press.
3. Landis, W. G., & Chapman, P. M. (2011). *Environmental toxicology and risk assessment*. CRC Press.
4. U.S. Environmental Protection Agency. (1998). *Guidelines for ecological risk assessment*. U.S. EPA.
5. U.S. Environmental Protection Agency. (2024). *Ecological risk assessment*. U.S. EPA.
6. OECD. (2025). *OECD guidelines for the testing of chemicals*. OECD Publishing.
7. Forbes, T. L., & Calow, P. (2002). Species sensitivity distributions revisited: A critical appraisal. *Human and Ecological Risk Assessment*, 8(3), 473–492. <https://doi.org/10.1080/10807030290084747>
8. Ankley, G. T., Bennett, R. S., Erickson, R. J., Hoff, D. J., Hornung, M. W., Johnson, R. D., Mount, D. R., Nichols, J. W., Russom, C. L., & Schmieder, P. K. (2010). Adverse outcome pathways: A

- conceptual framework to support ecotoxicology research and risk assessment. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 29(3), 730–741. <https://doi.org/10.1002/etc.34>
9. van der Oost, R., Beyer, J., & Vermeulen, N. P. E. (2003). Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: A review. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 13(2), 57–149. [https://doi.org/10.1016/S1382-6689\(02\)00126-6](https://doi.org/10.1016/S1382-6689(02)00126-6)
10. Vighi, M., Bacci, E., Gaggi, C., & Pagni, A. M. (1991). Role of bioaccumulation in the assessment of the toxicity of environmental contaminants. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 21(1), 1–14. [https://doi.org/10.1016/0147-6513\(91\)90002-6](https://doi.org/10.1016/0147-6513(91)90002-6)

Додаткова

11. McCarty, L. S., & Mackay, D. (1993). Enhancing ecotoxicological modeling and assessment. *Environmental Science & Technology*, 27(9), 1719–1728. <https://doi.org/10.1021/es00046a001>
12. Villeneuve, D. L., Crump, D., Garcia-Reyero, N., Hecker, M., Hutchinson, T. H., LaLone, C. A., & Giesy, J. P. (2014). Adverse outcome pathway development II: Best practices. *Toxicological Sciences*, 142(2), 321–330. <https://doi.org/10.1093/toxsci/kfu199>
13. Balk, F., et al. (2026). Current mixture toxicity assessments on soil organisms and applied risk assessments. *Environmental Science: Advances*. <https://doi.org/10.1039/D5VA00405E>
14. Newman, M. C. (2019). *Fundamentals of ecotoxicology: The science of pollution*. CRC Press.
15. Walker, C. H. (2009). *Organic pollutants: An ecotoxicological perspective* (2nd ed.). CRC Press.
16. Connell, D. W. (2005). *Basic concepts of environmental chemistry* (2nd ed.). CRC Press.

Інформаційні ресурси

- OECD — OECD Guidelines for the Testing of Chemicals;
- U.S. EPA — Ecological Risk Assessment;
- European Chemicals Agency (ECHA);
- European Environment Agency (EEA);
- Web of Science;
- Scopus;
- PubMed;
- ScienceDirect;
- Springer Nature;
- офіційні інформаційні ресурси у сфері екологічного моніторингу та нормування.