

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Чорноморський національний університет імені Петра Могили

Навчально-науковий медичний інститут

Кафедра екології



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

БІОІНДИКАЦІЯ І ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ

Спеціальність 101 Екологія

Розробники

Григор'єва Л.І.

Завідувач кафедри екології

Григор'єва Л.І.

Гарант освітньої програми

Григор'єва Л.І.

Начальник НМВ

Шкірчак С.І.

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показника	Характеристика дисципліни
Найменування дисципліни	Біоіндикація і екологічний моніторинг
Галузь знань	101 – Природничі науки
Спеціальність	101 Екологія
Освітня програма	Екологія
Рівень вищої освіти	PhD
Статус дисципліни	Нормативна
Курс навчання	II
Навчальний рік	2023-2024
Номер семестру:	2
Загальна кількість кредитів ЄКТС/годин	4 кредитів / 120 годин
Структура курсу:	Денна форма
– лекції	– 20
– групові заняття	– 20
– підгрупові заняття	
– годин самостійної роботи студентів	– 80
Відсоток аудиторного навантаження	33
Мова викладання	українська
Форма підсумкового контролю	Іспит

2. Мета, завдання та результати вивчення дисципліни

Навчальна дисципліна «Біоіндикація і екогічний моніторинг» входить до блоку дисциплін професійної підготовки в системі підготовки PhD за спеціальністю 101 «Екологія».

Метою дисципліни є формування у здобувачів здатностей до комплексного аналізу екологічного стану довкілля, опанування сучасними методами екологічного моніторингу, включаючи «зелені виміри» — інтегративні підходи до оцінки впливу на навколишнє природне середовище з урахуванням принципів сталого розвитку, біоіндикаторів та природоорієнтованих методів.

Предметом дисципліни є система методів екологічного моніторингу та інструментів «зелених вимірів», які використовуються для оцінки і прогнозування стану довкілля, прийняття екологічно виважених рішень.

Програмними завданнями є:

формування знань про структуру, принципи та рівні системи екологічного моніторингу (глобальний, національний, регіональний, локальний);

опанування сучасними методами вимірювання та аналізу екологічних показників (фізичних, хімічних, біологічних, геоінформаційних);

отримання практичних навичок з організації польових досліджень, збору та обробки даних, використання автоматизованих систем моніторингу;

розвиток здатності до самостійної науково-дослідницької, аналітичної та прикладної діяльності в галузі екологічного моніторингу;

оволодіння принципами критичного аналізу та інтерпретації результатів екологічного моніторингу.

Очікувані результати навчання полягають в:

– оволодінні наступними компетентностями (відповідно до Освітньо-наукової програми¹):

загальні компетентності студента після вивчення дисципліни відповідно до освітньо-професійних програм:

–ЗК01 Здатність працювати у міжнародному контексті.

спеціальні (фахові) компетентності:

–СК01. Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у сфері екології та дотичних до неї міждисциплінарних напрямках, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень.

–СК02. Здатність ініціювати, розробляти і реалізовувати комплексні інноваційні проекти у сфері екології та дотичні до неї міждисциплінарні проекти, лідерство під час їх реалізації.

–СК03. Здатність застосовувати сучасні інструменти, електронні інформаційні ресурси, спеціалізоване програмне забезпечення у науковій та навчальній діяльності, зокрема для моделювання процесів та прийняття оптимальних рішень у сфері екології, охорони природи та раціонального природокористування.

– СК05. Здатність використовувати сучасні методи оцінювання стану екосистем для розв’язання комплексних природоохоронних задач у галузі екології.

–СК06. Здатність до використання сучасних методів аналізу якості довкілля та його компонент, необхідних для проведення наукових досліджень, спрямованих на розв’язання екологічних проблем у сфері екології, охорони довкілля та оптимізації природокористування. Відповідно до освітньо-професійної програми зазначеної спеціальності очікувані **програми**

результати навчання (ПРН) включають уміння:

¹ ОСВІТНЬО – НАУКОВА ПРОГРАМА «Екологія» НУ імені Петра Могили

<https://chmnu.edu.ua/navchalno-metodichne-zabezpechennya-9/>

–РН01. 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.

–РН03. Вільно презентувати та обговорювати державною та іноземною мовами з дотриманням норм академічної етики результати досліджень, наукові та прикладні проблеми з екології, охорони довкілля та оптимізації природокористування, кваліфіковано відображати результати досліджень у наукових публікаціях у провідних вітчизняних та міжнародних наукових виданнях.

–РН05. Розробляти та реалізовувати наукові та/або інноваційні інженерні проекти, які дають можливість переосмислити наявне та створити нове цілісне знання та/або професійну практику з врахуванням соціальних, етичних, економічних, екологічних та правових аспектів.

–РН07. 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

–РН08. Вміти використовувати сучасні методи оцінювання стану екосистем для розв'язання комплексних природоохоронних задач у галузі екології.

–РН09. Вміти використовувати сучасні методи аналізу якості довкілля та його компонент, необхідних для проведення наукових досліджень, спрямованих на розв'язання екологічних проблем у сфері екології, охорони довкілля та оптимізації природокористування.

3. Програма навчальної дисципліни

№ теми	Теми	Лекції	Практичні (семінарські, лабораторні, півгрупові)	Самостійна робота
1	2	3	4	5
Змістовний модуль 1. Теоретичні та концептуальні основи екологічного моніторингу. Біоіндикація.				
1.1.	Сучасні концепції екологічного моніторингу.	2	2	5
1.2.	Біоіндикація стану повітряного середовища	2	2	5
1.3.	Біоіндикація стану водного середовища	2	2	10
1.4.	Біоіндикатори екосистем Півдня України	2	2	10
1.5.	Політика і правове забезпечення моніторингу довкілля	2	2	10
Змістовний модуль 2. Прикладні аспекти та інноваційні підходи до екологічного моніторингу.				
2.1.	Моніторинг атмосферного повітря та парникових газів.	2	2	8
2.2.	Моніторинг водного середовища.	2	2	8
2.3.	Моніторинг ґрунтів та землекористування	2	2	8
2.4.	Аналіз, обробка та інтерпретація екологічних даних	2	2	8
2.5.	Інновації в екологічному моніторингу	2	2	8
Всього за курсом		20	20	80

Розділ 4. Зміст навчальної дисципліни

4.1. План лекцій

№ з/п	Тема заняття / план	Години
I.	Тема 1. Сучасні концепції екологічного моніторингу Типи моніторингу: фоновий, імпактний, оперативний, соціально-екологічний. Екосистемний підхід до моніторингу. Етапи організації моніторингової системи.	2
II.	Тема 2. Біоіндикація стану повітряного середовища Біоіндикатори та їх застосування в оцінці стану середовища. Порівняльний аналіз біомоніторингу та хімічного контролю. Інтегровані біоіндекси.	2
III.	Тема 3. Біоіндикація стану водного середовища Біоіндикатори макрофіти, гідрофіти	2
IV.	Тема 4. Біоіндикатори екосистем Півдня України Фіторізноманіття Півдня України Представники рослинного і тваринного світу Півдня України, як біоіндикатори	2
V.	Тема 5. Політика і правове забезпечення моніторингу довкілля Міжнародні угоди (Aarhus Convention, SDGs, Емське протоколи). Національне законодавство щодо моніторингу в Україні. Інституційні аспекти реалізації.	2
VI.	Тема 6. Моніторинг атмосферного повітря та парникових газів Основні параметри: PM _{2.5} , NO _x , CO ₂ , VOCs. Автоматизовані станції, мобільні лабораторії. Моніторинг в умовах змін клімату.	2
VII.	Тема 7. Моніторинг водного середовища Водна рамкова директива ЄС. Біологічні та гідроморфологічні індикатори. Застосування IoT і сенсорів у водному моніторингу	2
VIII.	Тема 8. Моніторинг ґрунтів та землекористування Оцінка забруднення пестицидами, важкими металами. Моніторинг змін у землекористуванні за даними ДЗЗ. Карта ризику деградації ґрунтів..	2
IX.	Тема 9. Аналіз, обробка та інтерпретація екологічних даних Методи просторового аналізу, тренд-аналізу, кластеризації. Застосування Python, R у моделюванні екологічних процесів. Побудова сценаріїв розвитку екосистем.	2
X.	Тема 10. Інновації в екологічному моніторингу Використання big data, AI, citizen science. Смарт-моніторинг та інтеграція з енергетичними та урбаністичними системами. Перспективи цифрової екології.	2

4.2. План практичних занять

№ з/п	Тема заняття	Години
	Модуль 1. Теоретичні та концептуальні основи екологічного моніторингу	
1	Практичне заняття 1. Тема: Розробка структури системи екологічного моніторингу регіону Визначення компонентів системи. Вибір типів моніторингу. Побудова логіко-структурної схеми.	2
2	Практичне заняття 2. Тема: Аналіз «зелених» індикаторів сталого розвитку (SDG 6, 11, 13, 15) Робота з джерелами даних ООН, Eurostat, World Bank. Візуалізація динаміки індикаторів у Power BI / Excel.	2
3	Практичне заняття 3. Тема: Оцінка стану довкілля методами біоіндикації Ознайомлення з ліхеноіндексацією, індексами сапробності, порівняльною оцінкою біоіндикаторів. Аналіз польових даних.	2
4	Практичне заняття 4. Тема: Біоіндикатори екосистеми Півдня України. Ознайомлення з результатами авторських досліджень. Робота з виділенням видів-індикаторів стану різних типів екосистем.	2
5	Практичне заняття 5. Тема: Огляд національного та міжнародного правового регулювання моніторингу Порівняльний аналіз нормативно-правових актів України, ЄС. Розбір реальних кейсів (рішення Європейського суду, екозвіти Міненерго/Міндовкілля).	2
	Модуль 2. Прикладні аспекти та інноваційні підходи.	
6	Практичне заняття 6. Тема: Інтерпретація даних моніторингу атмосферного повітря Аналіз даних із постів спостереження (API SaveDnipro, AirVisual). Визначення днів із перевищеннями ПДК, тренд-аналіз.	2
7	Практичне заняття 7. Тема: Моніторинг якості води: методи, індикатори, розрахунки Обробка результатів аналізу води (pH, DO, BOD, NH_4^+ , NO_3^- тощо). Розрахунок індексу якості води WQI.	2
8	Практичне заняття 8. Тема: Моніторинг ґрунтів за вмістом важких металів Побудова профілю забруднення. Визначення індексу забруднення ґрунтів (Igeo, ПСЗ). Карта ризиків для урожаїв.	
9	Практичне заняття 9. Тема: Використання Python/R для аналізу екологічних даних Основи обробки csv-файлів. Побудова графіків трендів, гістограм, box-plot.	2
10	Практичне заняття 10. Тема: Розробка проєкту інтегрованої системи моніторингу (групова робота)	2

	Створення моделі моніторингової системи для певної території або об'єкта. Презентація, обґрунтування індикаторів, методів та очікуваних результатів.	
	Всього:	20

4.3. Завдання для самостійної роботи

Самостійна робота №1. Моделювання просторового розповсюдження забруднення в екосистемах

Самостійна робота №2. Застосування індексів для оцінки екологічного стану території

Самостійна робота №3. Оцінка екологічної безпеки на прикладі критичної інфраструктури або промислового об'єкта

Розділ 5. Підсумковий контроль

Підсумковий контроль з дисципліни «Екологічний моніторинг і зелені виміри відбувається у вигляді іспиту.

Орієнтовно якість відповіді на кожне запитання оцінюється за такою шкалою:

10 балів – повна за змістом і стисла за формою відповідь;

9-8 балів – повна за змістом і невдала за формою відповідь;

7-6 балів – не зовсім повна за змістом і не залежить від форми відповідь;

5-4 бали – не повна за змістом і не залежить від форми відповідь;

3-2 бали – орієнтовна за змістом і не залежить від форми відповідь.

Перелік питань, що виносяться на іспит з дисципліни

1. Поняття та мета екологічного моніторингу. Його роль у сучасній екологічній політиці.
2. Класифікація систем екологічного моніторингу: державний, локальний, корпоративний.
3. Основні компоненти екосистемного моніторингу.
4. Структура і функції національної системи моніторингу довкілля в Україні.
5. Інтегровані підходи до екологічного моніторингу: міждисциплінарні зв'язки.
6. Біоіндикація як інструмент оцінки стану довкілля.
7. Методи зелених вимірів: сучасні тренди та технології.
8. Сателітні та дистанційні методи моніторингу. Переваги і обмеження.
9. GIS-технології в екологічному моніторингу: приклади застосування.
10. Водний моніторинг: методи, показники, індекси якості води.
11. Моніторинг атмосферного повітря: ключові забруднювачі та методи вимірювання.
12. Ґрунтовий моніторинг: основні параметри та принципи оцінки якості ґрунтів.
13. Біомоніторинг на основі рослин та лишайників.

14. Екологічна токсикологія як основа оцінювання ризиків у моніторингу.
15. Інтегральні екологічні індекси: AQI, Igeo, Z, WQI.
16. Екологічне зонування на основі даних моніторингу.
17. Аналіз часових трендів у даних екологічного моніторингу.
18. Методи валідації та калібрування екологічних вимірів.
19. Формування баз даних для екологічного моніторингу.
20. Статистичні методи обробки даних у моніторингу: кореляція, регресія, ANOVA.
21. Роль екологічного моніторингу у прийнятті управлінських рішень.
22. Принципи зеленого реагування на критичні показники екологічного стану.
23. Зелена інфраструктура як елемент зменшення навантаження на довкілля.
24. Принципи оцінки ризику для довкілля: екосистемний підхід.
25. Моніторинг у рамках сталого розвитку: показники SDG 6, 11, 13, 15.
26. Smart-технології у сфері екологічного моніторингу.
27. Сучасні міжнародні системи моніторингу (EMEP, Copernicus, GEMS).
28. Особливості зеленого моніторингу в умовах урбанізованих територій.
29. Роль громадських екологічних спостережень у формуванні політики.
30. Перспективи розвитку екологічного моніторингу в Україні: виклики та інновації.

Приклад екзаменаційного білету

ЧОРНОМОРСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ПЕТРА МОГИЛИ

Освітній рівень PhD

Спеціальність 101 «Екологія»

Семестр III

Навчальна дисципліна Екологічний моніторинг і зелені виміри

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 1

1. Зелена інфраструктура як елемент зменшення навантаження на довкілля?
2. Сателітні та дистанційні методи моніторингу. Переваги і обмеження.
3. Класифікація систем екологічного моніторингу: державний, локальний, корпоративний.

Затверджено на засіданні кафедри екології

Протокол № 1 від 27.08.2025 р.

Завідувач кафедри _____ Григор'єва Л. І.

Викладач _____ Григор'єва Л.І.

6. Критерії оцінювання та засоби діагностики результатів навчання

Відповідність рівня набутих студентами знань, умінь та навичок вимогам нормативних документів щодо вищої освіти визначається контрольними заходами, які включають поточний і підсумковий контроль. Засоби діагностики рівня підготовки студентів: усні відповіді; розв'язування ситуаційних задач; контроль практичних навичок; розв'язання типових задач з радіобіології і радіоекології.

Поточний контроль здійснюється під час проведення аудиторних занять; максимальна кількість поточних балів – максимальну кількість балів, яку може отримати студент протягом 4 семестру становить 60 балів.

Підсумковий контроль засвоєння дисципліни здійснюється шляхом здачі у 4 семестрі іспиту. На іспит відводиться максимальна кількість балів – 40 балів.

6.1. Критерії оцінювання завдань для досягнення максимальної кількості балів у 3 семестрі

№	Вид діяльності (завдання)	Максимальна кількість балів
1	Виступи на семінарських заняттях (5 семінарів)	30 (5*6 б.)
2	Виконання СР№1	10
	Виконання СР№2	10
3	Виконання СР№3	10
Усього протягом семестру		60
4	Іспит	40
Всього		100

Критерії оцінювання завдань для досягнення максимальної кількості балів:

Вид діяльності (завдання)	Критерії для максимальної кількості балів
Виступи на семінарських заняттях	– Знання матеріалу, «не зачитування» матеріалу, – Опрацювання додаткової літератури, – Активна участь в обговоренні питань семінару – Використання тільки матеріалів лекцій
Виконання та захист Розрахункової роботи	– Точність виконання завдання, – Точність розрахунків, – Використання програмного забезпечення, – Наявність висновків, – Вчасність

Критерії оцінювання завдань іспитового білету для досягнення максимальної кількості балів:

№ завдання іспитового білету	Максимальна кількість балів
1	20
2	10
3	10

Критерії оцінювання знань на іспиті.

Оцінкою 31-40 відповідь студента оцінюється, якщо вона демонструє глибокі знання всіх теоретичних положень і вміння застосовувати теоретичний матеріал для практичного аналізу і не має ніяких неточностей.

Оцінкою 21-30 відповідь оцінюється, якщо вона показує знання всіх теоретичних положень, вміння застосовувати їх практично, але допускаються деякі принципові неточності.

Оцінкою 11-20 відповідь студента оцінюється за умови, що він який дає не менше 50%, знає головні теоретичні положення та частково може використати їх на практиці.

Оцінкою 0-10 оцінюється студент, який дає менше 30% правильної відповіді, припустився значних помилок. Демонструє засвоєння лише основ навчального матеріалу, не може самостійно пояснити характерні для дисципліни причинно-наслідкові зв'язки.

7. Рекомендовані джерела інформації

1. Григор'єва Л.І. Прикладні аспекти біоіндикації і біоре mediaції довкілля: навчальний посібник. 2025. 132 с.
2. Клімчук В.І. *Екологічний моніторинг: теорія і практика*. Київ, 2021.
3. Сидоренко О.В. *Методи зелених вимірів в екології*. Харків, 2020.
4. Мороз В.Д. *Геоінформаційні системи в екологічному моніторингу*. Львів, 2019.
5. Carpenter S.R., et al. *Ecosystem Ecology*. Academic Press, 2017.
6. Richardson J.S., *Environmental Monitoring and Assessment*. Wiley, 2018.
7. Портал Державної екологічної інспекції України — <http://dei.gov.ua>
8. Платформа Copernicus — <https://www.copernicus.eu>
9. Портал Європейської агенції з довкілля — <https://www.eea.europa.eu>
10. OpenAQ — платформа відкритих даних по якості повітря — <https://openaq.org>
11. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища»
12. Закон України «Про оцінку впливу на довкілля»
13. Національна стратегія сталого розвитку України до 2030 року
14. Державні стандарти та методичні рекомендації з екологічного моніторингу
15. QGIS, ArcGIS — геоінформаційні системи
16. R, Python (пакети для статистичного аналізу і моделювання)
17. Surfer, ENVI — інструменти для просторового аналізу
18. AirVisual, BreezoMeter — мобільні додатки для моніторингу якості повітря