

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Проректор з науково-педагогічної
роботи та розвитку

 С.М. Кваша

«16» 05 2022 р.

РОЗГЛЯНУТО І СХВАЛЕНО

на засіданні Вченої ради факультету захисту
рослин, біотехнологій та екології
протокол № 9 від «28» квітня 2022 р.

Декан факультету

 Ю.В. Коломієць

на засіданні кафедри екології агросфери та
екологічного контролю

протокол № 3 від «14» квітня 2022 р.

Завідувач кафедри

 О.І. Наумовська

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

БІОІНДИКАЦІЯ ОБ'ЄКТІВ ДОВКІЛЛЯ

Рівень вищої освіти – третій (освітньо-науковий) рівень

Галузь знань – 10 Природничі науки

Спеціальність – 101 «Екологія»

Освітньо-наукова програма – ЕКОЛОГІЯ

Гарант ОНП – Н.А. Макаренко

Розробник: д.с.-г.н., доцент Бородай В.В.,

кафедра екобіотехнології та біорізноманіття

Київ – 2022

1. Опис навчальної дисципліни

БІОІНДИКАЦІЯ ОБ'ЄКТІВ ДОВКІЛЛЯ

Галузь знань, спеціальність, освітній ступінь		
Галузь знань	10 Природничі науки	
Освітньо-науковий рівень	третій	
Освітній ступінь	доктор філософії	
Спеціальність	101 «Екологія»	
Освітньо-наукова програма	Екологія	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	вибіркова	
Загальна кількість годин	150	
Кількість кредитів ECTS	5	
Кількість змістових модулів	не передбачено	
Курсовий проект (робота)	не передбачено	
Форма контролю	екзамен	
Показники навчальної дисципліни для денної, вечірньої та заочної форми навчання		
	денна, вечірня форма навчання	заочна форма навчання
Рік підготовки (курс)	2	2
Семестр	3	3
Лекційні заняття	20	20
Практичні, семінарські заняття	30	30
Лабораторні заняття	-	-
Самостійна робота	100	100
Індивідуальні завдання	-	-
Кількість тижневих аудиторних годин для денної форми навчання	5	5

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою вивчення дисципліни «Біоіндикація об'єктів довкілля» є формування у здобувачів уявлення про біологічний контроль стану навколишнього середовища, про сучасні принципи та методи біоіндикації та біотестування, використання живих організмів як індикаторів стану навколишнього середовища для визначення антропогенних навантажень на екосистеми. Особлива увага приділяється принципам оцінки якості довкілля методами біотестування та біоіндикації, новітнім розробкам в галузі біоіндикації та перспективним методам біотестування.

Предметом дисципліни «Біоіндикація об'єктів довкілля» є оволодіння знаннями і навичками щодо біологічних, фізіологічних, анатомічних та інших відхилень у розвитку живих організмів, а також їх угруповань, що виникають під дією зовнішніх факторів, використання тест-об'єктів та тест-реакцій, що широко застосовуються в сучасному біомоніторингу, з метою оцінки стану компонентів природного середовища.

У результаті вивчення дисципліни здобувач повинен:

з н а т и:

- теоретичні положення та методологічні основи щодо використання живих організмів як індикаторів стану навколишнього середовища, біотестування та біоіндикації з метою оцінки якості довкілля;

- особливості біоіндикації на різних рівнях організації живої природи (клітинному, організмовому, популяційному, біоценотичному);

- форми біоіндикації та вимоги, які висуваються до організмів-індикаторів;

- особливості використання тварин, рослин та мікроорганізмів у біологічному моніторингу, переваги та складності використання біоіндикаторів;

- основні методи оцінки якості навколишнього середовища за допомогою живих організмів;

- сучасні методики та основні методи біоіндикації в дослідженнях навколишнього середовища;

- особливості впливу поллютантів різної природи на тест-об'єкти та принципи формування реакції організмів;

- сучасні галузі застосування біоіндикаторів;

- порядок проведення процедури біотестування та біоіндикації.

в м і т и:

- використовувати принципи та методи біологічного контролю стану навколишнього середовища;

- приймати оптимальні рішення, направлені на раціональний вибір методів біотестування та біоіндикації; вибирати найбільш практичні для вирішення завдань об'єкти біоіндикації, тест-об'єкти та тест-функції.

- використовувати нові підходи в галузі біологічного моніторингу;

- володіти навичками застосування даних біологічного контролю при складанні науково-обґрунтованого екологічного прогнозу;

- володіти методами біотестування та біоіндикації під час біологічного моніторингу;
- практично здійснити оцінку наземних, водних та ґрунтових екосистем на основі методів біоіндикації та біотестування;
- застосовувати методи біоіндикації для оцінки екологічного стану атмосферного повітря, ґрунтів і водних джерел на територіях з різним рівнем техногенного навантаження;
- оцінювати вплив промислових об'єктів на складові природного середовища з використанням методів біоіндикації;
- оцінювати ефективність природоохоронних заходів за допомогою методів біоіндикації.
- здійснювати процедуру біотестування та біоіндикації об'єктів довкілля з урахуванням нормативної і законодавчої бази України.

Основними **компетентностями**, якими повинен володіти здобувач після вивчення дисципліни, є:

ЗК01. Здатність розв'язувати комплексні проблеми на основі системного наукового та загальнокультурного світогляду, що стосуються екології, охорони довкілля і раціонального природокористування із дотриманням принципів професійної етики та академічної доброчесності.

СК03. Здатність виконувати оригінальні дослідження процесів і явищ в екосистемах різного рівня організації, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у сфері екології, охорони довкілля та природокористування, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень за використання сучасних наукових методів.

СК06. Здатність застосовувати сучасні методичні підходи для дослідження навколишнього природного середовища та оцінювання впливу окремих видів діяльності на стан його окремих компонентів, 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.

Програмні результати вивчення дисципліни:

ПРН01. Розуміти основні концепції, теоретичні і практичні проблеми, історію розвитку та сучасного стану наукових знань з екології, охорони довкілля та природокористування; формулювати і перевіряти гіпотези, використовувати для обґрунтування висновків належні докази (результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень і математичного та комп'ютерного моделювання) з метою розв'язання значущих наукових та науково-прикладних проблем екології.

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.

3. Програма і структура навчальної дисципліни

Тема 1. Історичні передумови виникнення та розвитку біоіндикації і біотестування. Принципи організації біологічного моніторингу. Новітні розробки в галузі біоіндикації та перспективні методи біотестування.

Біологічний моніторинг як складова частина екологічного моніторингу. Біоіндикація та біотестування як дві форми біомоніторингу довкілля. Екологічні основи біоіндикації та біотестування. Переваги та недоліки застосування біологічних методів контролю довкілля.

Загальна характеристика біологічних методів оцінки стану довкілля. Використання біофізичних та біохімічних методів (біолюмінесцентні методи, флуоресцентні методи аналізу, методи оцінки метаболічних порушень). Генетичні методи. Імунологічні методи. Морфолого-анатомічні методи.

Біологічний контроль на різних рівнях організації. Біохімічні та фізіологічні реакції; анатомічні, морфологічні, біоритмічні та поведінкові відхилення; флористичні та фауністичні зміни; ценотичні зміни; біогеоценотичні зміни; зміни ландшафтів.

Тема 2. Біоіндикація навколишнього середовища. Особливості використання рослин, лишайників, тварин та мікроорганізмів як біоіндикаторів. Вимоги до видів-біоіндикаторів. Області застосування біоіндикації.

Загальні засади використання біоіндикаторів. Обмеження використання біоіндикації в оцінці забруднення довкілля.

Особливості використання рослин як біоіндикаторів. Реєстрація зміни стану рослин на фізіологічному, анатомо-морфологічному рівнях. Зміна сезонних ритмів рослин в умовах забруднення повітря. Дія антропогенних факторів на динаміку та характер поширення рослинних популяцій.

Особливості використання лишайників як біоіндикаторів. Критерії та методи оцінки чутливості епіфітних видів лишайників до дії атмосферних поллютантів. Реєстрація зміни стану лишайників на фізіологічному, анатомо-морфологічному рівнях. Особливості поширення кущових, листуватих та накипних лишайників.

Особливості використання тварин як біоіндикаторів. Реєстрація зміни стану тварин на фізіологічному, анатомо-морфологічному, поведінковому рівнях. Дія антропогенних факторів на динаміку та характер поширення популяцій тварин. Ентомоіндикація.

Визначення загального мікробного числа (для аеробних гетеротрофів). Вплив антропогенного впливу на якісний та кількісний склад мікроорганізмів в екосистемах. Роль санітарно-показових мікроорганізмів у оцінці ступеня забруднення ґрунту, води та повітря. Колі-титр та колі-індекс.

Тема 3. Особливості використання мікроорганізмів як біоіндикаторів забруднення водойм. Співвідношення та функціональна активність еколого-трофічних груп мікроорганізмів для оцінки стану водних екосистем.

Коротка характеристика мікроорганізмів водойм. Участь у самоочищенні вод. Використання водних мікроорганізмів в біоіндикаторних цілях.

Вивчення якісного складу бактеріоценозів водойм. Видове та морфологічне розмаїття водних бактерій. Аналіз специфічних фізіологічних груп бактерій: сульфатвовідновлювальні бактерії, мікроорганізми циклу азоту.

Кількісні показники водного бактеріального ценозу. Загальна чисельність бактерій у різних природних озерах та водосховищах. Класи якості води за мікробіологічними показниками. Нормативні документи щодо мікробіологічних показників якості води. Облік різних груп гетеротрофних бактерій. Кількісне співвідношення мікроорганізмів, розрахованих різними методами, їх використання у ДСТУ.

Інтенсивність деяких мікробних процесів. Характеристика водойм за показниками бактеріальної контамінації.

Тема 4. Мікроорганізми – індикатори стану ґрунтів. Характеристика ґрунтових мікроорганізмів та можливість їх використання з метою біоіндикації. Співвідношення та функціональна активність еколого-трофічних груп мікроорганізмів для оцінки стану ґрунтових екосистем.

Ґрунтова родючість. Чисельність ґрунтових мікроорганізмів в різних ґрунтах. Видова різноманітність ґрунтової мікробіоти. Зміни у структурі мікробних ценозів ґрунтів. Самоочищення ґрунтів. Швидкість деструкції органічної речовини.

Біологічна активність ґрунтів. Загальна мікробна чисельність. Чисельність основних груп ґрунтових мікроорганізмів (ґрунтових сапротрофних бактерій, актиноміцетів, ґрунтових мікроміцетів).

Показники інтенсивності трансформації сполук вуглецю та азоту у ґрунті («дыхання» ґрунту, динаміка азоту аміаку та нітратів у ґрунті, азотфіксація, амоніфікація, нітрифікація та денітрифікація). Активність ферментативних систем та інші показники. Кореляційні зв'язки ферментативної активності ґрунтів з деякими агрохімічними властивостями.

Вміст термофілів як індикатор ступеня окультурення ґрунтів.

Мікробіологічний метод визначення потреби ґрунту в основних макро- та мікроелементах. Методи визначення потреби ґрунту у фосфорі, калії, кальції за допомогою мікроорганізмів. Методи визначення потреби ґрунтів у мікроелементах. Представники родів *Aspergillus*, *Azotobacter*, *Beijerinckia*, *Rhizobium* як індикаторні мікроорганізми щодо мікроелементів.

Використання мікробіологічних методів у визначенні екологічно доцільних доз мінерального азоту для сільськогосподарських рослин.

Індикація антропогенних порушень ґрунтів.

Фізичний вплив на ґрунти. Меліоративні заходи. Мікробіологічна діагностика ґрунтів на основі комплексу ґрунтових актиноміцетів як показник

ступеня окультуреності. Видова різноманітність та загальна чисельність мікроорганізмів, чисельність неспорових бактерій, актиноміцетів як біоіндикатор рекреаційних зон та рекреаційного навантаження під різними фітоценозами. Чисельність окремих груп мікроорганізмів у ґрунтах, схильних до різного антропогенного впливу.

Хімічне забруднення ґрунтів. Біоіндикація деяких типів хімічного забруднення ґрунтів за мікробіологічними показниками. Вплив техногенних викидів на біологічну активність ґрунтів і трансформацію органічної речовини.

Нафтове забруднення. Мікроорганізми, що використовують вищі гомологи метану (*Pseudomonas*, *Methylococcus*, *Methylobacter*, *Arthrobacter*, *Corynebacterium*, *Rhodococcus*, *Nocardia*), як індикатори щодо нафтових родовищ чи антропогенного забруднення ґрунтів нафтою та продуктами її переробки. Структурні зміни амілолітичної мікробної спільноти ґрунту залежно від концентрації в ній нафти.

Забруднення важкими металами. Концептуальна модель впливу забруднювача на мікробні спільноти ґрунтів та її використання при оцінці стану ґрунтів. Використання синекологічних діаграм як показників змін, що відбуваються в структурі мікробної спільноти.

Біологічне забруднення ґрунтів. Побутові та сільськогосподарські відходи, аерозолі мікробіологічних виробництв. Потенційно небезпечні мікроорганізми – патогенні та токсикогенні, здатні викликати кишкові інфекції та харчові отруєння у людини, епідемічні захворювання у людини та тварин, токсикози рослин. Санітарно-мікробіологічне дослідження ґрунтів.

Тема 5. Мікроорганізми – індикатори забруднення повітряного середовища. Якісний та кількісний склад мікроорганізмів повітряного середовища як індикатор стану атмосферного повітря та повітря закритих приміщень.

Загальна характеристика мікроорганізмів повітряного середовища та їх індикаторне значення. Фактори, що впливають на якісний та кількісний склад мікроорганізмів повітря.

Мікроорганізми – індикатори ступеня загального забруднення повітряного середовища. Критерії оцінки забрудненості повітря побутових приміщень за кількістю мікроорганізмів.

Мікроорганізми – індикатори забруднення повітряного середовища викидами хімічних підприємств. Індикація забруднення повітряного середовища за змінами властивостей мікроорганізмів, що її населяють (первинний скринінг). Первинний скринінг хімічних речовин, що попадають в атмосферу.

Оцінка рівня забруднення атмосферного повітря за рівнем поширення резидентного стафілококового зараження населення.

Екологічна діагностика стану повітряного середовища у районах розвитку хімічної промисловості на основі аналізу санітарно-мікробіологічних показників. Використання способу біоіндикації забруднення атмосферного повітря для екологічного картування районів розвитку хімічної промисловості.

Тема 6. Мікроорганізми – індикатори санітарного стану навколишнього середовища. Санітарно-мікробіологічний аналіз об'єктів довкілля. Біотестування навколишнього середовища.

Біоіндикація забруднення у різних середовищах. Біоіндикація забруднення повітря. Біоіндикація забруднення водою. Біоіндикація забруднення ґрунту.

Санітарно-мікробіологічне дослідження об'єктів довкілля. Загальна характеристика санітарно-показових мікроорганізмів. Основні групи санітарно-показових мікроорганізмів: індикатори фекального забруднення, повітряно-краплинного забруднення та забруднення об'єктів зовнішнього середовища органічними субстратами, що розкладаються.

Санітарно-гігієнічний контроль як один із факторів забезпечення захисту населення, що мешкає на техногенно забруднених територіях.

Коротка характеристика окремих представників санітарно-показових мікроорганізмів. Бактерії групи кишкових паличок, загальні та термотолерантні коліформні бактерії, бактерії *Escherichia coli* Ентерококи (фекальні стрептококи), бактерії роду *Enterococcus*, сульфитредукуючі клостридії (*Clostridium perfringens*, *C. sporogenes*). Бактерії групи протею (роду *Proteus*). Бактерії роду *Staphylococcus* як показники забрудненості повітря приміщень та води в зонах рекреації водою, плавальних басейнів. Термофільні мікроорганізми як індикатори забруднення навколишнього середовища органічними субстратами, що розкладаються. Співвідношення різних груп санітарно-показових мікроорганізмів залежно від часу та давності забруднення. Коротка характеристика патогенних бактерій роду *Salmonella*.

Мікроорганізми – індикатори санітарного стану водного середовища. Мікробіологічні показники якості води поверхневих водних об'єктів. Оцінка якості води водних об'єктів у контрольних створах та у місцях питного, господарсько-побутового та рекреаційного водокористування за мікробіологічними показниками. Мікробіологічні показники якості питної води.

Мікроорганізми – індикатори санітарного стану ґрунтів. Санітарний нагляд за якістю ґрунтів. Санітарний стан ґрунтів населених місць згідно комплексу санітарно-хімічних, санітарно-бактеріологічних, санітарно-паразитологічних, санітарно-ентомологічних показників. Оцінка ступеня біологічного забруднення ґрунту.

Мікроорганізми – індикатори санітарного стану повітряного середовища. Мікробіологічні показники (загальне мікробне число, кількість колоній золотистого стафілококу (*S.aureus*), кількість цвілевих та дріжджових грибів) як індикатори класу чистоти повітря. Рівні бактеріального навантаження повітряного середовища приміщень лікувальних закладів. Мікробіологічні показники якості повітряного середовища.

Загальні засади біотестування. Місце біотестування у загальній системі оцінки середовища. Вимоги до методів біотестування.

Біотестування якості води. Принципи біотестування гострої та хронічної токсичності природних та стічних вод. Основні прийоми біотестування вод, тест-організми, що використовуються (бактерії, водорості, парамеції, дафнії, церодоафнії, риби і т.д.).

Біотестування забруднення повітря. Методи активної (трансплантаційної) ліхеноіндикації. Біотестування токсичності талих вод снігового покриву як засіб оцінки забруднення повітряного середовища.

Тема 7. Організаційно-правове забезпечення біологічного моніторингу щодо додержання вимог законодавства щодо охорони навколишнього природного середовища.

Правове забезпечення контролю за додержанням вимог законодавства України та інших країн щодо охорони навколишнього природного середовища.

Нормативні документи щодо якості повітря, води та ґрунту та окремих мікробіологічних показників: нормативно-правові акти (Закони України, Кодекси, постанови КМУ, постанови Міністерств) та нормативно-технічні документи (ДСТУ, технічні умови, методичні рекомендації).

Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості води питної (ДСТУ 7525:2014). Настанови щодо оцінювання та підрахування колоній мікроорганізмів на середовищі, яке використовують для визначення якості води (ДСТУ ISO 9998:2005). Оцінювання здатності до аеробного біологічного розкладання органічних сполук у водному середовищі. Напівбезперервний метод із використанням активного мулу (ДСТУ ISO 9887-2002). Тест на пригнічення росту *Pseudomonas putida* (тест на пригнічення розмноження клітин *Pseudomonas*) (ДСТУ ISO 10712-2003).

Якість ґрунту. Визначення чисельності мікроорганізмів у ґрунті методом посіву на тверде (агаризоване) живильне середовище (ДСТУ 7847:2015). Визначення активності ґрунтового ферменту поліфенолоксидази фотоелектронколориметричним методом (ДСТУ 7928:2015). Настанови щодо вибору та оцінювання методів біологічних аналізів для екоотоксикологічного характеризування ґрунтів і ґрунтових матеріалів (ДСТУ ISO 17616:2010). Настанови щодо лабораторного випробування біодеградації органічних хімічних речовин у ґрунті в аеробних умовах (ДСТУ ISO 11266-2001). Біологічні методи. Визначання мінералізації азоту і нітрифікації в ґрунтах та впливу хімічних речовин на ці процеси (ДСТУ ISO 14238-2003). Визначання ґрунтової мікробної біомаси. Частина 1. Метод субстрат-стимульованого дихання (ДСТУ ISO 14240-1-2003). Настанови з лабораторного випробування біодеградації органічних хімічних речовин у ґрунті в анаеробних умовах (ДСТУ ISO 15473:2005). Визначення чисельності та активності ґрунтової мікрофлори із застосуванням кривих дихання (ДСТУ ISO 17155:2005).

Державні санітарні норми та правила "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" (ДСанПіН 2.2.4-171-10). Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання (ДСТУ 4808:2007).

Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами).

Структура навчальної дисципліни
повного терміну денної, вечірньої та заочної форми навчання

Назва теми	Кількість годин			
	всього	лекції	практичні	самостійна робота
Тема 1. Історичні передумови виникнення біологічного моніторингу. екологічного контролю, як виду природоохоронної діяльності. Принципи організації біологічного моніторингу.	16	2	4	10
Тема 2. Біоіндикація навколишнього середовища. Особливості використання рослин, лишайників, тварин та мікроорганізмів як біоіндикаторів. Біотестування навколишнього середовища.	30	4	6	20
Тема 3. Особливості використання мікроорганізмів як біоіндикаторів забруднення водойм. Співвідношення та функціональна активність еколого-трофічних груп мікроорганізмів для оцінки стану водних екосистем.	30	4	6	20
Тема 4. Мікроорганізми – індикатори стану ґрунтів. Характеристика ґрунтових мікроорганізмів та можливість їх використання з метою біоіндикації.	16	2	4	10
Тема 5. Мікроорганізми – індикатори забруднення повітряного середовища. Якісний та кількісний склад мікроорганізмів повітряного середовища як індикатор стану атмосферного повітря та повітря закритих приміщень.	14	2	4	10
Тема 6. Мікроорганізми – індикатори санітарного стану навколишнього середовища. Вплив антропогенного впливу на якісний та кількісний склад мікроорганізмів в екосистемах. Санітарно-мікробіологічний аналіз об'єктів довкілля.	14	2	2	10
Тема 7. Організаційно-правове забезпечення біологічного моніторингу щодо додержання вимог законодавства щодо охорони навколишнього природного середовища	30	4	4	20
Усього годин	150	20	30	100

4. Теми практичних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Характеристика якості ґрунтів за допомогою рослин індикаторів. Дія антропогенних факторів на динаміку та характер поширення рослинних популяцій. Фітоіндикація та облік видової різноманітності макрофітів. Розрахунок коефіцієнтів достовірності та значущості рослин-індикаторів. Оцінити ступінь забруднення середовища за допомогою насіння та проростків кресс-салату.	4
2	Аналіз та оцінка якості середовища за станом вищих рослин з використанням коефіцієнта флуктуючої асиметрії. Інтегральна експрес-оцінка якості середовища проживання живих організмів за флуктуючою асиметрією листовою пластини берези повислої (<i>Betula pendula</i>).	6
3	Аналіз та визначення загального мікробного числа у воді як критерій бактеріологічного забруднення. Визначення наявності кишкової палички. Загальна чисельність бактерій у різних природних озерах та водосховищах, розташованих у рекреаційній зоні міста. Класи якості води за мікробіологічними показниками. Нормативні документи щодо мікробіологічних показників якості води.	6
4	Видова різноманітність та загальна чисельність мікроорганізмів, чисельність неспорівих бактерій, актиноміцетів як біоіндикаторів рекреаційних зон та рекреаційного навантаження під різними фітоценозами. Чисельність окремих груп мікроорганізмів у ґрунтах, схильних до різного антропогенного впливу. Представники роду <i>Azotobacter</i> , як індикаторні мікроорганізми.	4
5	Аналіз та оцінка якості повітряного середовища за мікробіологічними показниками. Якісний та кількісний склад мікроорганізмів як індикатор стану атмосферного повітря та повітря закритих приміщень. Мікроорганізми – індикатори ступеня загального забруднення повітряного середовища. Критерії оцінки забрудненості повітря побутових приміщень за кількістю мікроорганізмів.	4
6	Аналіз та оцінка якості ґрунту на основі чисельності основних груп ґрунтових мікроорганізмів (ґрунтових сапротрофних бактерій, актиноміцетів, ґрунтових мікроміцетів). Визначення чисельності мікроорганізмів у ґрунті методом посіву на живильне середовище. Мікроорганізми – індикатори санітарного стану ґрунтів. Санітарний нагляд за якістю ґрунтів. Санітарний стан ґрунтів населених місць згідно комплексу санітарно-хімічних, санітарно-бактеріологічних, санітарно-паразитологічних, санітарно-ентомологічних показників. Оцінка ступеня біологічного забруднення ґрунту.	2
7	Аналіз екологічного стану довкілля за використання біоіндикації згідно вимог нормативних документів щодо якості ґрунту, повітря, води та окремих мікробіологічних показників: нормативно-правові акти (Закони України, Кодекси, постанови КМУ, постанови Міністерств) та нормативно-технічні документи (ДСТУ, технічні умови, методичні рекомендації та інші).	4
Разом		30

5. Контрольні питання для визначення рівня засвоєння знань здобувачами:

1. Біологічний моніторинг як складова частина моніторингу стану довкілля.
2. Назвати недоліки оцінки забруднення природних середовищ, засновані на вимірі концентрації хімічних речовин.
3. Переваги методів біоіндикації перед інструментальними методами оцінки стану природного середовища.
4. Дати визначення поняттям методи активного біомоніторингу, методи пасивного біомоніторингу, тест-об'єкт, тест-функція.
5. Форми біоіндикації.
6. Специфічна і неспецифічна індикація.
7. Рівні біоіндикації, їхня характеристика – об'єкти, показники.

8. Критерії при виборі біоіндикаційних показників.
9. Назвати відмінність методів реєстраційної та накопичувальної біоіндикації (як різновидів пасивного біомоніторингу), навести приклад об'єктів дослідження.
10. Перерахувати критерії, відповідно до яких відбираються живі тест-об'єкти.
11. Типи чутливості біоіндикаторів. Рання й акумулятивна біоіндикація.
12. Навести приклади використання для біотестування бактерій, грибів, водоростей, безхребетних тварин, риб.
13. Тест-реакції, що використовуються в біотестування природних та стічних вод.
14. Поняття про індикаторні та представницькі тест-об'єкти.
15. Еколого-генетичний моніторинг стану довкілля.
16. Генетичні тест-системи для оцінки мутагенності та канцерогенності компонентів середовища.
17. Показові ушкодження молекулярного рівня як біоіндикаційні показники.
18. Показові ушкодження клітинного рівня як біоіндикаційні показники.
19. Критерії відбору біоіндикаційних показників на тканинному та організменному рівнів.
20. Показові ознаки пошкодження на тканинному рівні.
21. Характеристика і типи некрозів у рослин.
22. Характеристика стандартних тест-рослин для біоіндикації на тканинному рівні.
23. Патологічні прояви несприятливого зовнішнього впливу у тварин як біоіндикаційні показники.
24. Екобіоморфні ознаки як біоіндикаційні показники.
25. Показники популяційного рівня біоіндикації.
26. Вплив антропогенних стресорів на характер поширення рослин.
27. Екологічні індекси, використовувані в методі комплексної індикації (індекс Шеннона, індекс домінування, індекс подібності).
28. Фітоіндикаційні методи дослідження екологічного стану природного середовища.
29. Показники стану рослинності як індикатора екологічного стану території.
30. Класифікація фітоіндикаційних ознак.
31. Метод дендроіндикації.
32. Метод бріоіндикації.
33. Метод ліхеноіндикації (показник достатку-щільності, індекс чистоти атмосфери, індекс чистоти повітря).
34. Методи біотестування, їхні переваги і недоліки.
35. Оцінка подібності (коефіцієнт Сьоренсена, коефіцієнт Жаккара, індекс Шеннона, індекс Сімпсона, індекс біорізноманніття).
36. Зміна кислотності ґрунтів, рослини-індикатори кислотності і родючості ґрунтів.

37. Індикація засоленості ґрунтів – постійні, перемінні, негативні індикатори.
38. Як відбувається оцінка токсичності води методами біотестування?
39. Флуктуюча асиметрія – показник стабільності розвитку організмів та якості довкілля.
40. Механізми адаптації живих організмів до токсичним речовин.
41. Стрес-реакція – універсальна відповідь біологічних систем на екстремальні умови.
42. Екологічні групи гідробіонтів в оцінці стани водних екосистем.
43. Удосконалення системи оцінки сапробності водойм.
44. Морфофізіологічні індикатори стану популяцій тварин.
45. Величина внутрішньопопуляційної мінливості як індикатор стану популяції.
46. Фіто- та ліхеноіндикація забруднення повітря.
47. Використання лишайників в екологічному моніторингу.
48. Бріоіндикація.
49. Біоіндикація стану міського середовища.
50. Нові об'єкти та методи біоіндикаційних досліджень.
51. Біоіндикація радіоактивного забруднення територій.
52. Біоіндикатори та глобальні зміни клімату.
53. Вплив антропогенних стресорів на морфологічну структуру рослин.
54. Біоіндикація забрудненості ґрунтів.
55. Біоіндикація забруднення берегових екосистем.
56. Принципи створення біологічних систем, які попереджують про наявність токсичності.
57. Оцінка забрудненості ґрунтів за показником різноманіття ґрунтової мезофауни.
58. Використання цитогенетичних методів біотестування для оцінки токсичності атмосферного повітря, водних джерел і ґрунтів.
59. Методика розрахунку умовних показників ушкодженості об'єктів навколишнього середовища.
60. Мікробіологічна та біохімічна діагностика й індикація ґрунтів.

6. Методи навчання

Під час вивчення дисципліни використовують пояснювально-ілюстративний та дослідницький методи з залученням нормативних документів, наочного обладнання, комп'ютерних програм з відповідним програмним забезпеченням, наочних стендів, каталогів нормативних документів, Законів України тощо.

7. Форми і види контролю

Види і форми контролю регулюються Положенням про екзамен та заліки у Національному університеті біоресурсів і природокористування України https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u284/polozh_ekzameni_zaliki_2020_dlya_saytu.pdf.

1. Усний і письмовий поточний контроль знань.

2. Формою самостійної роботи здобувача є вивчення спеціальної літератури та виконання індивідуальних завдань.

3. Екзамен.

Видами контролю знань здобувачів вищої освіти є поточний контроль, проміжна та підсумкова атестації. Поточний контроль здійснюється під час проведення практичних занять і має на меті перевірку рівня підготовленості здобувачів вищої освіти до виконання конкретної роботи.

Засвоєння здобувачем вищої освіти програмного матеріалу змістового модуля вважається успішним, якщо рейтингова оцінка його становить не менше, ніж 60 балів за 100-бальною шкалою.

Після проведення проміжних атестацій із змістових модулів і визначення їх рейтингових оцінок лектором дисципліни визначається рейтинг здобувача вищої освіти з навчальної роботи R_{nr} (не більше 70 балів) за формулою:

$$R_{nr} = 0,7 \cdot (R^{(1)зм} \cdot K^{(1)зм} + \dots + R^{(n)зм} \cdot K^{(n)зм}) / K_{дис}, \text{ де}$$

$R^{(1)зм}, \dots, R^{(n)зм}$ – рейтингові оцінки із змістових модулів за 100-бальною шкалою;

n – кількість змістових модулів;

$K^{(1)зм}, \dots, K^{(n)зм}$ – кількість кредитів Європейської кредитної трансфернонакопичувальної системи (ЄКТС) (або годин), передбачених робочим навчальним планом для відповідного змістового модуля;

$K_{дис} = K^{(1)зм} + \dots + K^{(n)зм}$ – кількість кредитів ЄКТС (або годин), передбачених робочим навчальним планом для дисципліни у поточному семестрі.

На рейтинг з навчальної роботи можуть впливати рейтинг з додаткової роботи та рейтинг штрафний. Рейтинг з додаткової роботи додається до рейтингу з навчальної і не може перевищувати 20 балів. Він визначається лектором і надається здобувачам вищої освіти рішенням кафедри за виконання робіт, які не передбачені навчальним планом, але сприяють підвищенню рівня їх знань з дисципліни. Рейтинг штрафний не перевищує 5 балів і віднімається від рейтингу з навчальної роботи.

Здобувач вищої освіти допускається до складання заліку з дисципліни, якщо з цієї дисципліни ним повністю виконані всі види робіт, передбачені робочим навчальним планом та робочою навчальною програмою, а його рейтинг з навчальної роботи з цієї дисципліни становить не менше, ніж 42 бали ($60 \text{ балів} \times 0,7 = 42 \text{ бали}$).

Здобувачі вищої освіти, які з навчальної роботи набрали 60 і більше балів, можуть не складати залік, але повинні з'явитись із заліковою книжкою на залік, де за своєю письмовою згодою (на бланку відповідей на білет) отримати залік "Автоматично", відповідно до набраної кількості балів, переведених у національні оцінки. Якщо здобувачі вищої освіти, які з навчальної роботи набрали 60 і більше балів, не з'явилися на залік, то екзаменатор у відомості обліку успішності навпроти їх прізвищ робить запис «не з'явився».

На заліку, що проводиться методом тестування, рейтинг здобувача вищої освіти з атестації $R_{ат}$ (не більше 30 балів) визначається за формулою

$R_{ат} = K_{прав} / K_{заг} \cdot 30$, де

де $K_{прав}$ – кількість правильних елементів у бланку відповідей здобувача,
 $K_{заг}$ – загальна кількість елементів у бланку еталонних відповідей.

Для визначення рейтингу здобувача вищої освіти із засвоєння дисципліни $R_{дис}$ (до 100 балів) одержаний рейтинг з атестації (до 30 балів) додається до рейтингу з навчальної роботи $R_{нр}$ (до 70 балів):

$R_{дис} = R_{нр} + R_{ат}$.

Рейтинг здобувача вищої освіти із засвоєння дисципліни у балах переводиться у національні оцінки:

Рейтинг, бали	Оцінка національна
90-100	зараховано
74-89	
60-73	
0-59	не зараховано

8. Науково-методичне забезпечення

Науково-методичне забезпечення навчального процесу передбачає: науково-освітню програму, навчальні плани, підручники і навчальні посібники; інструктивно-методичні матеріали практичних занять; контрольні роботи; текстові варіанти тестів для поточного і підсумкового контролю, методичні матеріали для організації самостійної роботи здобувачів.

9. Рекомендована література

Основна література

1. Patyka M.V., Boroday V.V. Laboratory manual in “Ecology of biological systems (ecology of microorganisms)” for the study of the discipline “Ecology of biological systems (Ecology of microorganisms)” Київ: ЦП Компрінт, 2019. 260 с.
2. Біоіндикація: словник-довідник [Текст] / О. В. Барабаш; Нац. трансп. ун-т. – Київ: НТУ, 2017. – 91 с.
3. Никифоров В. В., Дігтяр С. В., Мазницька О. В., Козловська Т. Ф. Біоіндикація та біотестування : навчальний посібник. – Кременчук: Видавництво ПП Щенбатих О. В., 2016. – 76 с.
4. Лисиця А.В. Біоіндикація і біотестування забруднених територій. Методичні рекомендації до самостійного вивчення дисципліни. Рівне: Дока-центр, 2018. – 94 с.
5. Притула Н.М. Біоіндикація : навчальний посібник для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності «Екологія» освітньо-професійної

- програми «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування». Запоріжжя: ЗНУ, 2020. 141 с.
6. Притула Н.М. Біоіндикація: методичні рекомендації до лабораторних робіт для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності «Екологія» освітньо-професійної програми «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування». Запоріжжя : ЗНУ, 2019. 71 с.
 7. Біологія: лабораторний практикум / Глібовицька Н. І. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2017. – 31 с.
 8. Лико Д. В., Лико С. М., Портухай О. І. Екологія: навчальний посібник. Херсон: Олді-плюс, 2016. 304 с.
 9. Екологія мікроорганізмів: лабораторний практикум для студентів спеціальності 101 «Екологія» / І. В. Матвеева, Р. М. Крамаренко, А. В. Яковлева, А. А. Явнюк. – К. : НАУ, 2019. – 76 с.
 10. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Екологія (Основи екології)» Ч. 1. (практичні роботи №1-3) для студентів усіх спеціальностей НУВГП денної та заочної форм навчання / Клименко М.О. Ліхо О.А., Троцюк В.С., Шевчук І.В., Михальчук М.А., Буднік З.М. – Рівне: НУВГП, 2016, - 35 с.

Додаткова література

1. ДСТУ 7525:2014 Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості
2. ДСТУ ISO 9998:2005 Якість води. Настанови щодо оцінювання та підрахування колоній мікроорганізмів на середовищі, яке використовують для визначення якості води (ISO 9998:1991, IDT)
3. ДСТУ ISO 9887-2002 Якість води. Оцінювання здатності до аеробного біологічного розкладання органічних сполук у водному середовищі. Напівбезперервний метод із використанням активного мулу (ISO 9887:1992, IDT)
4. ДСТУ ISO 10712-2003 Якість води. Тест на пригнічення росту *Pseudomonas putida* (тест на пригнічення розмноження клітин *Pseudomonas*) (ISO 10712:1995, IDT)
5. ДСТУ 7847:2015 Якість ґрунту. Визначення чисельності мікроорганізмів у ґрунті методом посіву на тверде (агаризоване) живильне середовище
6. ДСТУ 7928:2015 Якість ґрунту. Визначення активності ґрунтового ферменту поліфенолоксидази фотоелектронколориметричним методом
7. ДСТУ ISO 17616:2010 Якість ґрунту. Настанови щодо вибору та оцінювання методів біологічних аналізів для екотоксикологічного характеризування ґрунтів і ґрунтових матеріалів (ISO 17616:2008, IDT).
8. ДСТУ ISO 11266-2001 Якість ґрунту. Настанови щодо лабораторного випробовування біодеградації органічних хімічних речовин у ґрунті в аеробних умовах (ISO 11266:1994, IDT)

9. ДСТУ ISO 14238-2003 Якість ґрунту. Біологічні методи. Визначання мінералізації азоту і нітрифікації в ґрунтах та впливу хімічних речовин на ці процеси (ISO 14238:1997, IDT)
10. ДСТУ ISO 14240-1-2003 Якість ґрунту. Визначання ґрунтової мікробної біомаси. Частина 1. Метод субстрат-стимульованого дихання (ISO 14240-1:1997, IDT)
11. ДСТУ ISO 15473:2005 Якість ґрунту. Настанови з лабораторного випробування біодеградації органічних хімічних речовин у ґрунті в анаеробних умовах (ISO 15473:2002, IDT)
12. ДСТУ ISO 17155:2005 Якість ґрунту. Визначення чисельності та активності ґрунтової мікрофлори із застосуванням кривих дихання (ISO 17155:2002, IDT)
13. ДЕРЖАВНІ САНІТАРНІ НОРМИ ТА ПРАВИЛА "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" (ДСанПіН 2.2.4-171-10)
14. ДСТУ 4808:2007 Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання».
15. Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами).

11. Інформаційні ресурси

1. <http://zakon4.rada.gov.ua> Офіційний сайт Верховної Ради України
2. <http://www.mon.gov.ua> Офіційний сайт Міністерства освіти і науки України
3. <https://mepr.gov.ua> Офіційний сайт Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України
4. www.irbis-nbuv.gov.ua Наукова періодика України. Бібліотека ім. В. Вернадського
5. <http://sop.org.ua> Служба охорони природи – Інформаційний центр
6. <http://env.teset.sumdu.edu.ua> Науковий центр прикладних екологічних досліджень