

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет ветеринарної медицини
та біотехнологій імені С.З. Гжицького

Факультет ветеринарної гігієни, екології та права
Кафедра екології

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
до самостійної роботи із дисципліни
«Екологічна біотехнологія»

для студентів денної форм навчання
Галузь знань: 10 «Природничі науки»
Спеціальність: 101 «Екологія»
другий (магістерський) рівень спеціальності
за освітньою програмою «Екологія»

Львів 2021

Укладач:

Завідувач кафедри, д.с.-г.н,
професор кафедри екології

Р.П. Параняк

Параняк Р.П. Екологічна біотехнологія: методичні рекомендації до самостійної роботи для студентів спеціальності 101 "Екологія". Львів : ЛНУВМБ, 2021. 38 с.

Рецензенти:

Смолінська О.Є. – доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри філософії та педагогіки Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького;

Мальований М.С. – доктор технічних наук, завідувач кафедри екології та збалансованого природокористування Інституту екології, природоохоронної діяльності та туризму ім. В'ячеслава Чорновола Національного університету «Львівська політехніка».

Методичні рекомендації призначені для самостійної роботи студентів спеціальності "Екологія" при вивченні навчального курсу " Екологічна біотехнологія ". Містять перелік основних термінів, основної та допоміжної літератури за темами навчального плану.

Методичні рекомендації обговорені та схвалені на засіданні кафедри екології протокол №7 від «21» січня 2021 р.

Розглянуто та затверджено на засіданні навчально-методичної ради ФВГЕП (протокол № 5 від «22» січня 2021 р.)

© Роман Параняк, 2021

© Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького, 2021

Зміст

Опис та навчально-тематичний план дисципліни	4
Вступ	6
2. Методичні рекомендації до самостійної роботи.....	8
Тема 1. Екобіотехнологія – комплексна міждисциплінарна наука	8
Тема 2. Біомоніторинг довкілля.....	11
Тема 3. Альтернативні продукти екобіотехнології.....	15
Тема 4. Системи очищення стічних вод.....	18
Тема 5. Специфіка біоочисних комплексів виробництв.....	22
Тема 6. Біодобрива – екобіотехнологічна альтернатива збагачення ґрунтів	27
Тема 7. Біоочищення ґрунтів.....	30
Тема 8. Біоочищення повітря	33
3. Перелік питань для самоперевірки та самоконтролю	36
4. Список рекомендованої літератури.....	38

Опис та навчально-тематичний план дисципліни

Опис навчальної дисципліни згідно робочої програми

Найменування показників	Всього годин	
	Денна форма	Заочна форма
Кількість кредитів/годин	3,5/105	-
Усього годин аудиторної роботи	32	-
в т.ч.:		
лекційні заняття, год.	16	-
практичні заняття, год.	16	-
лабораторні заняття, год.		
семінарські заняття, год.		-
Усього годин самостійної роботи	73	-
Форма контролю	залік	

Примітка.

*Частка аудиторного навчального часу студента у відсотковому вимірі:
для денної форми здобуття освіти – 30,5 %*

Розподіл навчальних занять за розділами дисципліни

Назви розділів і тем	Денна форма			Заочна форма		
	л	п	с	л	п	с
Тема 1. Екобіотехнологія – комплексна міждисциплінарна наука	2	2	6	-	-	-
Тема 2. Біомоніторинг довкілля	2	2	6	-	-	-
Тема 3. Альтернативні продукти екобіотехнології	2	2	6	-	-	-
Тема 4. Системи очищення стічних вод	2	2	6	-	-	-
Тема 5. Специфіка біоочисних комплексів виробництв	2	2	12	-	-	-
Тема 6. Біодобрива – екобіотехнологічна альтернатива збагачення ґрунтів	2	2	5	-	-	-
Тема 7. Біоочищення ґрунтів	2	2	16	-	-	-
Тема 8. Біоочищення повітря	2	2	16	-	-	-
Разом	16	16	73	-	-	-

Вступ

Метою вивчення дисципліни «Екологічна біотехнологія» є надання майбутнім фахівцям-екологам теоретичних знань і практичних умінь щодо застосування біотехнологічних методів для захисту довкілля та біологічної безпеки суспільства.

Живі організми є унікальним за властивостями та можливостями використання інструментом впливу на довкілля. Суть біотехнології полягає у використанні біологічних процесів та живих організмів у виробництві. Сфера застосування біотехнологічних методів надзвичайно широка й невідпинно зростає із плином часу, а тому фахівець у цій галузі повинен невідпинно вдосконалюватись. Цьому сприятиме набуття навиків до самоосвіти та самостійного вивчення матеріалу.

Ці методичні рекомендації пропонують майбутньому фахівцю-екологу короткий експурс у різні сфери екологічного застосування біотехнологічних методів із значним обсягом посилань на праці вітчизняних та зарубіжних спеціалістів. Слід пам'ятати, що у більшості випадків обсяг матеріалу стосовно певних аспектів біометодів у екології не є обмежений, а залежить від здатності та бажання здобувати нові знання й навики, а тому до матеріалу, поданого у даних рекомендаціях слід відноситись лише як до відправної точки, основи, якщо студент дійсно бажає бути кваліфікованим фахівцем у галузі біотехнологічних технік й інструментів та їх використанні у справі охорони довкілля.

Неодмінною часткою вивчення курсу є використання основної рекомендованої літератури [1-3] із загального списку джерел у відповідному розділі цих рекомендацій. Ці посилання вказано у квадратних дужках. Проте для поглибленого вивчення окремих тем настійливо рекомендуємо допитливим студентам використовувати й вивчати спеціалізовані джерела, у тому числі іноземною мовою, що додаються до кожної теми. Такі посилання вказано у вигляді верхнього індексу й стосуються номера посилання у межах поточної теми.

1. Загальні засади самостійної роботи студента

Самостійна робота студента у структурі вивчення навчальної дисципліни є однією з найбільш важливих складових навчального процесу. Якість самостійної роботи безпосередньо впливає на глибину, стійкість та структурованість набутих знань і умінь, здатності майбутнього фахівця використовувати знання на практиці.

У структурі самостійної роботи розрізняють її види (підготовка до аудиторних занять та різних видів контролю знань; пошуково-аналітична робота, із використанням рекомендованої літератури, офіційних веб-ресурсів та широкого спектру електронних джерел; науково-дослідна робота, що набуває форм доповідей на семінарах та підготовки курсових проєктів; практика на підприємствах та в організаціях; участь у тренінгах тощо) та форми (виконання домашніх завдань; самостійне вивчення теоретичного матеріалу; підготовка до контрольних, самостійних робіт й інших форм поточного контролю; письмове оформлення звітів з лабораторних робіт; підготовка до модульних та семестрових видів звітності; підготовка рефератів тощо) самостійної роботи студента.

Самостійна робота передбачена робочою програмою з навчальної дисципліни "Екологічна біотехнологія" для студентів спеціальності 101 "Екологія" другого (магістерського) рівня вищої освіти у обсязі 69,5 % навчального часу. Розподіл самостійної роботи за темами подано у наступній таблиці.

Тема	год
1. Екобіотехнологія – комплексна міждисциплінарна наука	6
2. Біомоніторинг довкілля	6
3. Альтернативні продукти екобіотехнології	6
4. Системи очищення стічних вод	6
5. Специфіка біоочисних комплексів виробництв	12
6. Біодобрива – екобіотехнологічна альтернатива збагачення ґрунтів	5
7. Біоочищення ґрунтів	16
8. Біоочищення повітря	16

2. Методичні рекомендації до самостійної роботи

Тема 1. Екобіотехнологія – комплексна міждисциплінарна наука

Технологія, біологія, екологія, потреби суспільства, кризи антропогенного походження, біологічні методи виробництва, біологічні методи впливу на довкілля, класичні біотехнології, екобіотехнологія, біоенергетика.

Біотехнологія – міждисциплінарна галузь, що виникла на стику біологічних, хімічних і технічних наук. З розвитком біотехнології пов'язують вирішення глобальних проблем людства – нестачу продовольства, енергії, мінеральних ресурсів, стан здоров'я людей та навколишнього середовища. Кваліфікація біотехнолога передбачає високий рівень спеціальних наукових знань, широкий кругозір у галузі сучасних досягнень світової науки, високу майстерність експериментатора, оригінальність наукової думки.

Професійна підготовка майбутніх біотехнологів у ВНЗ не повинна обмежуватись лише передачею певних знань і формуванням професійних навичок. Вона повинна мати тісний зв'язок із професійною орієнтацією особистості, із формуванням певної системи цінностей, які є характерними для представників біотехнологічної сфери.

Сьогодні практично усі розуміють, наскільки злободенними є проблеми збереження довкілля і раціонального використання природних ресурсів. Проте взаємодія цивілізації та біосфери на початку третього тисячоліття трактується як протистояння двох антагоністичних світів – світу людини і світу природи. Саме біотехнології як технології, що базуються на використанні законів розвитку живої природи, можуть стати одним із тих засобів, завдяки яким людству вдасться гармонізувати цю взаємодію і зменшити техногенне навантаження на біосферу.

Класичні біотехнології – сукупність промислових методів і процесів, що ґрунтуються на цілеспрямованому використанні різно-

манітних живих організмів або їхніх частин з метою отримання корисних для людини продуктів. У деяких біо-технологічних циклах використовуються не самі живі мікроорганізми, а певні складові їхньої життєдіяльності. З позицій екології та охорони навколишнього природного середовища біотехнології мають суттєву перевагу над більш уживаними та звичними хімічними технологіями.

Завдання екобіотехнології – це передусім збереження природної екологічної рівноваги, тобто інтерес становить не лише кінцевий продукт, а й певні особливості процесу його отримання. Саме ці особливості відіграють визначальну роль в екологізації біотехнологічного виробництва. **Екобіотехнологія** – це синтетичний міждисциплінарний напрям сучасних наукових досліджень, який утворився як результат перетину інтересів, підходів, принципів та методів прикладних напрямів екологічної науки і класичних та сучасних біотехнологій або, інакше кажучи, це технологічні процеси, що здійснюються завдяки використанню живих організмів та інших біологічних агентів і спрямовані на захист і відновлення порушеного людиною довкілля, збереження функціональної стійкості біосфери в цілому або її певних компонентів (природних екосистем), зрештою – забезпечення сталого та гармонійного розвитку ноосфери.

Одним із перспективних сучасних напрямів розвитку екобіотехнології має стати біоенергетика – галузь, яка допоможе водночас розв'язати значну кількість екологічних проблем. Біоенергетика – термін досить широкого змісту. З одного боку, це наука про загальні закономірності перетворення енергії у живих системах (клітинах, організмах, екосистемах тощо). З другого боку, біоенергетику можна трактувати як напрям промислової енергетики (більш коректним терміном буде «технічна біоенергетика»), що пов'язаний із використанням нетрадиційних джерел енергії біологічного походження. Технічна біоенергетика переважно займається переробкою різноманітної біологічної сировини та органічних відходів у біопаливо (тверде, рідке, біогаз). Обидва згадані напрями біоенергетики взаємопов'язані і, розвиваючись, гармонійно доповнюють один одного.

Нині у світі продовжують розвиватись явища, що порушують цивілізований плин життя. Так, вичерпуються традиційні джерела

енергії, зростає вартість їх видобування, інтенсивно забруднюється довкілля, руйнується біосфера, утворюється надмірна кількість органічних відходів промислового, сільськогосподарського та побутового походження. Ліквідація усіх цих негараздів має здійснюватися прискореними темпами, інакше людство неминуче чекає доля динозаврів. Екобіотехнологія і біоенергетика – це вибір, який має глобальну перспективу для успішного розвитку цивілізації. Подолання сучасних і запобігання ймовірним екологічним кризам неможливі без застосування новітніх екобіотехнологій.

Важливими напрямками також мають стати розробка технологій, спрямованих на виробництво біогазу та водню з органічних відходів, мікробіологічна деструкція ксенобіотиків, застосування біоіндикації та біотестування у системі екологічного моніторингу. Для гармонізації взаємовідносин людини і біосфери та розробки новітніх систем відновлення природного середовища за допомогою сучасних екобіотехнологій нагальною є також організація якісної підготовки фахівців із екобіотехнології.

Допоміжна рекомендована література

1. Мишак О. О. (2013). Сутність та особливості професійної підготовки майбутніх біотехнологів. *Біоресурси і природокористування*, (5, № 1-2), 149-155.
2. Екобіотехнологія та біоенергетика: проблеми становлення і розвитку / В. Кухар, Є. Кузьмінський, О. Ігнатюк, Н. Голуб// *Вісн. НАН України*. – 2005. – N 9. – С. 3-18.
3. Пирог Т. П. Становлення та розвиток біотехнології / Т. П. Пирог, О. А. Ігнатова // *Загальна біотехнологія : підручник*. – Київ : НУХТ, 2009. – С. 9-16.
4. McMahon K. D., Martin H. G., Hugenholtz P. (2007). Integrating ecology into biotechnology. *Current opinion in biotechnology*, 18(3), 287-292.
5. Gruia R., Gaceu L. (2019). Eco-Biotechnology, Concept and Applications in Food. *Journal of EcoAgriTourism*, 2.

Тема 2. Біомоніторинг довкілля

Техногенне забруднення територій, біохімічні та фізіологічні ефекти забруднювачів, біотестовий аналіз, тест-об'єкт, біоіндикатори, фітоіндикація, дендроіндикація, реакції відгуку, індекс стану, токсичні ефекти, біотестування повітря, вод та донних відкладів, ґрунтів, біосенсиори.

Постійне спостереження за наслідками впливу діяльності людини на довкілля є необхідним елементом для розуміння негативних впливів і підвищення безпеки. **Моніторинг довкілля** – інформаційна система регламентованих періодичних безперервних, довгострокових спостережень, оцінки і прогнозу змін стану природного середовища. **Біологічний моніторинг** — це контроль стану довкілля за допомогою живих організмів. Біомоніторинг передбачає використання організмів для оцінки забруднення навколишнього середовища, наприклад навколишнього повітря або води. Це можна зробити якісно, спостерігаючи та фіксуючи зміни у стані біоти, або кількісно вимірюючи накопичення хімічних речовин у тканинах організму. Спостерігаючи та вимірюючи вплив довкілля на організми, що проживають в ньому, можна запідозрити або зробити висновок про стан і характер забруднення.

Для розуміння принципів використання біоіндикаційних методів та організації біомоніторингу довкілля слід знати і розуміти загальні теоретичні основи, на яких побудовані системи біоіндикації та методологія біоіндикаційних досліджень; завдання і принципи біотестового аналізу, критерії вибору тесту і тест-об'єкта, основні реакції відгуку, що враховуються при біотестуванні; принципи використання явищ біоакумулювання речовин для оцінки якості середовища; концептуальні засади застосування біомаркерів для виявлення біохімічних і фізіологічних ефектів забруднювачів; підходи біоіндикації на основі структурних параметрів біологічних співтовариств; спеціальні підходи і індекси, які застосовуються при оцінці якості водного, наземно-повітряного та ґрунтового середовищ існування; фактори, що визначають величину екологічного ризику, покроковий

опис процедури його оцінки, а також виявлення місця і ролі біоіндикації в оцінці екологічного ризику.

Моніторинг та біомоніторинг здійснюють переважно за геосферами результуючого впливу: атмосфери, біосфери, літосфери або земель.

Відповідно до ст. 169 Земельного кодексу України, до техногенно забруднених земель відносяться землі, забруднені внаслідок господарської діяльності людини, що призвела до деградації земель та її негативного впливу на довкілля і здоров'я людей. Забруднення земель внаслідок господарської діяльності людини та її негативного впливу на довкілля і здоров'я людей може мати місце як у разі впливу антропогенних факторів (аварії, техногенні катастрофи тощо), так і у разі виникнення ситуацій, що знаходяться поза контролем людини (повені, землетруси і т. ін. у місцях розміщення шкідливих техногенних факторів). У окремі категорії виділяють *землі радіаційно небезпечні, землі радіоактивно забруднені, землі, забруднені важкими металами, іншими хімічними елементами*. У рамках даного курсу увагу зосереджено лише на останній категорії, як найбільш поширеній та такій, для контролю якої біометоди цілком конкурують із технологічними методами виявлення забруднень.

Для оцінки й контролю екологічного стану водойм вживають екологічний, біологічний та інші види моніторингу. Це допомагає попередити кризові ситуації, що можуть виникнути через незадовільну роботу комплексів очищення, хоча не гарантує захист від аварій, техногенних катастроф тощо. Екосистеми водойм утворюють об'єднання вищого рівня, що складається з біоценозу (рослини, тварини та мікроорганізми) та абіотичних факторів середовища існування. При визначенні параметрів водної екосистеми також слід враховувати кругообіг речовин, особливо азотовмісних органічних сполук у формі білків та їх гідролізатів і енергії, що є необхідною умовою для існування і корисних, і шкідливих живих організмів, які набагато довше живуть в анаеробних умовах. Скидання неочищених каналізаційних стоків у водойми породжує небезпеку інфекційних захворювань і може стати причиною зниження вмісту розчиненого у воді кисню і деградації водних екосистем.

Методологічний комплекс на основі біомоніторингу формує концептуальні підходи різнобічного проведення моніторингових програм, що за принципами поділяються на біотестування та біо-

індикацію в нормуванні. У наступній таблиці перелічено методики, що можуть бути запроваджені шляхом стандартизації на державному рівні. Складені технічні умови є передумовою розробки державного нормативного документу з використанням зазначених методів у сучасних екологічних програмах, що реалізуються за принципами інформування населення про якість довкілля.

Впровадження методів біотестування та біоіндикації ³

№	Назва методики	Механізми та критерії нормування якості довкілля
1	Методика біотестування присутності інсектициду в листі шовковиці за загибеллю гусениць шовковичного шовкопряда	лімітування, сертифікація, стандартизація, екологізація, складання лабораторного паспорту, біотестування
2	Методики біотестування присутності солей важких металів у воді та ґрунті за загибеллю гусениць шовковичного шовкопряда	
3	Методика біотестування техногенного забруднення навколишнього природного середовища за ознаками життєдіяльності популяції шовковичного шовкопряда	
4	Методика біотестування токсичності вод, донних відкладень, бурових розчинів, водних розчинів окремих речовин та їх сумішей за пригніченням росту одноклітинних прісноводних водоростей	лімітування, ліцензування, сертифікація, паспортизація, стандартизація, допустиме навантаження, квантифікація компонентів природного середовища, біотестування
5	Методика біотестування присутності політантів у природних середовищах за зміною стану прооксидантно-антиоксидантної системи базидіоміцетів	
6	Методика біоіндикації антропогенної трансформації екотопів за морфологічною мінливістю квіткових рослин	лімітування, сертифікація, стандартизація, паспортизація, допустиме навантаження, квантифікація компонент природного середовища, біоіндикація
7	Методика біоіндикації якості ґрунту за величиною синекоекологічних показників угруповань панцирних кліщів	
8	Методика біоіндикації якості навколишнього природного середовища за величиною показників психофізіологічного стану людини	ліцензування, стандартизація, норми ризику, екологізація умов виробничої діяльності

До суттєвих переваг біомоніторингових методів належать можливість вимірювання сумарного ефекту зовнішнього впливу; а його

особливостями є вивчення впливу забруднення на рослини і тварин; визначення впливу в просторі й часі; можливість вживати профілактичні заходи.

Важливим здобутком біотехнологій для моніторингу є розробка і запровадження біосенсорів. **Біосенсор** – аналітичний пристрій, створений на основі окремих видів організмів, комплексів організмів, клітин або виділених з них ферментних систем, а також специфічних біологічних речовин, що використовується для детектування речовин. Основою є біологічний елемент, що може бути фрагментом тканини, мікроорганізмом, клітиною-рецептором тощо і створений зазвичай шляхом біологічної інженерії. Інша складова – трансдюсер (transducer) – перетворювач, який перетворює сигнал від чутливого елемента на інший, який може бути легко зареєстрований, працює фізико-хімічним способом: оптичним, п'єзоелектричним, електрохімічним, електрохімілюмінесценцією тощо.

Допоміжна рекомендована література

1. Хрутьба В. О., Барабаш О. В., Зюзюн В. І. (2020). Застосування біомоніторингу для виявлення небезпек в проєктах критичної інфраструктури. *Bulletin of NTU" KhPI". Series: Strategic Management, Portfolio, Program and Project Management*, (2), 71-77.
2. *Методи вимірювання параметрів навколишнього природного середовища: Навчальний посібник* / Масікевич Ю.Г. та ін.. – Чернівці: Зелена Буковина, 2005. – 344 с.
3. Беспалова С. В., Горецький О. С., Злотін О. З., Максимович В. О., Лялюк Н. М., Штірц А. Д., Маслодудова К. М. (2013). Концептуальні підходи до нормування в системі екологічного біомоніторингу. *Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону*, (1), 8-15.
4. Myszka D. G. (1999). Improving biosensor analysis. *Journal of molecular recognition*, 12(5), 279-284.
5. Coulet P. R., Blum L. J. (Eds.). (2019). *Biosensor principles and applications*. CRC Press.

Тема 3. Альтернативні продукти екобіотехнології

Альтернативні види палива, відновлювана енергетика, біогаз, метаногенез, біоетанол, біодизель, біопрепарати, біогуmus, альтернативні кормові білкові продукти

Уся продукція агрокомплексу отримана із використанням живих організмів: тварин, рослин та мікроорганізмів, точніше регульованих систем із їх використанням. Низка корисних для людини відносно простих хімічних сполук продукується методами, які формально можна віднести до біотехнологічних в силу визначення, наведеного у Темі 1. Ці продукти, як от виробництво молочних продуктів бродіння, пивних дріжджів, етилового спирту, деяких видів рідкого палива давно стали традиційними. Проте починаючи із активного розвитку біотехнологій у ХХ ст. виробництво цих та широкого спектру інших видів продукції перейшло на новий рівень. При цьому говорять про *альтернативні продукти біотехнології*, як от енергетичні ресурси, які можна отримати із біомаси, білкові продукти на основі мікроорганізмів, а не традиційних технологій розведення у тваринництві, нові або новим чином отримані препарати медичної спрямованості, як от отриманий у 1978 із використанням бактерії *Escherichia coli* інсулін тощо. У випадку, якщо продукт має виразне значення для охорони довкілля, як от альтернативні види палива, що дають змогу вирішити низку проблем використання енергетичних ресурсів, у тому числі обмеженості викопного палива та негативного впливу від його спалювання на довкілля, можна говорити про альтернативні продукти екобіотехнології.

Паливні ресурси, отримані із біологічних джерел із використанням сучасних технологій, отримують назву із префіксом "біо-": біогаз, біодизель, біоетанол тощо.

Біогаз – газ, який утворюється при мікробіологічному розкладанні метановим бродінням біомаси чи біовідходів (розкладання біомаси відбувається під впливом трьох видів бактерій), твердих і рідких органічних відходів: на звалищах, болотах, каналізації, вигрібних ямах тощо. Поряд із енергетичним значенням він є важливим,

оскільки його виробництво супроводжує процес утилізації відходів. Добувають з відходів тваринництва, харчової промисловості, стічних вод та твердих побутових відходів (відсортованих, без неорганічних домішок, та домішок неприродного походження).

Біодизель – екологічно чистий вид біопалива, а також паливна добавка, яке отримують із рослинної олії чи тваринного жиру і використовується для заміни нафтового дизельного палива. З хімічної точки зору це пальне являє собою суміш метилових та/або етилових моноалкілових ефірів довголанцюжкових жирних кислот (насичених і ненасичених). Біодизель є альтернативним автомобільним паливом. Його використання у світі зростає. Європейський Союз є найбільшим виробником біодизелю, а Франція та Німеччина у його складі – провідними країнами-виробниками станом на другу декаду XXI ст. Для збільшення використання біодизеля існує політика, яка вимагає змішування біодизеля у паливо, включаючи штрафні санкції, якщо ці норми не будуть досягнуті. У Франції задекларовано мета досягнення 10% частки цього виду палива. Як стимул для країн Європейського Союзу продовжувати виробництво біопалива, існують податкові знижки для певних квот на виробництво біопалива. У Німеччині мінімальний відсоток біодизелю в транспортному дизелі встановлений на рівні 7%, так званий "B7".

Біоетанол – це етанол (одноатомний спирт C_2H_5OH), який отримують у процесі переробки рослинної сировини для використання як біопаливо або паливну добавку. Світове виробництво біоетанолу як альтернативного пального для транспорту зросло з 17 млрд літрів у 2000 до 52 млрд літрів у 2007; у 2011 – 85 млрд літрів. Біоетанол використовується переважно в Бразилії та Сполучених Штатах, і разом ці країни забезпечили у 2008 році 89% світового виробництва етанолу. Більшість автомобілів США можуть працювати на суміші 10% біоетанолу та бензину, це законодавчо закріплено в деяких штатах і містах. Біоетанол можна отримувати із різних видів сировини, проте економічна ефективність такого виробництва різниться. Традиційно його виробляють із цукрової тростини, кукурудзи, сорго, пшениці, цукрового буряка, проса, тополі тощо. У міру покращення технологій та підвищення виходу етанолу із різних сировинних матеріалів виробництво етанолу може стати економічно більш

доцільним. В даний час з використанням біотехнологій тривають дослідження щодо підвищення врожаю етанолу з кожної одиниці кукурудзи. Крім того, поки ціни на нафту залишаються високими, економічне використання інших сировинних ресурсів, таких як целюлоза, може бути економічно доцільним. Побічні продукти, такі як солома або деревна тріска, теж можна перетворити на етанол. Теоретично доволі високий рівень етанолу на одиницю площі угідь можна одержати із використанням швидкорослих видів, таких як трави, які крім того, можна вирощувати на землі, непридатній для зернових культур.

Допоміжна рекомендована література

1. Калетнік Г. М. (2013). Біопаливо: продовольча, енергетична та екологічна безпека України. *Біоенергетика*, (2), 12-14.
2. Гізбуллін Н. Г. (2013). Біопаливо-користь чи шкода. *Біоенергетика*, (1), 22-25.
3. Сторожик Л. І., Музика О. В. (2019). Ефективність вирощування сорго цукрового для переробки на біопаливо. *Таврійський науковий вісник*, (108), 100-109.
4. Тарасенко Н. В., Лісовська І. В. (2020). Альтернативне біопаливо на основі природних відходів. *Хімічні проблеми сьогодення*, 144-144.
5. Латоша В. В. (2020). Порівняльна характеристика біопалива з нафтовим дизельним паливом. І Міжнародна науково-практична конференція "Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі". 281-283.
6. Овчинніков Д. В. (2017). Біоетанол як моторне паливо: переваги і недоліки. *Вісник Національного транспортного університету*, (1), 300-307.
7. Rosen M. A. (2018). Environmental sustainability tools in the biofuel industry. *Biofuel Research Journal*, 5(1), 751-752.
8. Alalwan H. A., Alminshid A. H., Aljaafari H. A. (2019). Promising evolution of biofuel generations. Subject review. *Renewable Energy Focus*, 28, 127-139.

Тема 4. Системи очищення стічних вод

Біоінженерні очисні споруди, біоставки, біоплато, аеробне окиснення, анаеробне окиснення, аеротенк, фільтрація, денітрифікація, біотенки, іммобілізовані системи

Запобігання забрудненню водойм багато в чому залежить від надійної та якісної очистки стічних вод. Серйозну небезпеку для поверхневих вод становлять стічні води різного генезису. Окремі дослідження стосуються очищення стічних вод комунальних підприємств, стічних вод виробництв органічного синтезу, стічних вод коксохімічного виробництва, стічних вод від біорезистентної фармацевтичної продукції, вуглеводневмісних стічних вод та стоків агропромислового комплексу тощо. В процесі біоочищення стічних вод використовують активний мул, що характеризується значною різноманітністю найпростіших за видовим складом при невеликому кількісному переважанні одного з видів. Підбір оптимального складу активного мулу залишається однією із актуальних задач сучасних біотехнологій у галузі очистки стічних вод.

Аеротенками називають залізобетонні аеровані резервуари відкритого типу. Очищення стічних вод за допомогою біоплівки, яка росте на іммобілізованих носіях в підвішеному шарі в анаеробних умовах використовує реактори, відомі як *біотенки*. Аеробний та анаеробний методи мають свої переваги й недоліки та оптимальні області застосування. Процес очищення в аеротенку йде в міру протікання через нього аерованої суміші стічної води й активного мулу. Аерація необхідна для насичення води киснем і підтримки мулу в зваженому стані. Біотенк та аеробний біореактор – технологічні відсіки, в яких стічна вода піддається аеробному біологічному очищенню від органічних речовин і сполук азоту. Для збільшення концентрації аеробної мікрофлори (мулу) та досягнення необхідної якості очищення в біотенку розміщується вільноплаваюче пластинкове завантаження (MMBR). Аеробні умови в зонах біологічного очищення створюються нагнітанням в них повітря від компресора. Компресор встановлюється в герметичному боксі або в технічному

приміщенні. Очищення стічних вод завершується вторинним відстійником з тонкошаровим модулем, який необхідний для відокремлення активного мулу (бактерій) від очищеної води.

Поля зрошення – це спеціально підготовлені земельні ділянки, використовувані одночасно для очищення стічних вод і агрокультурних цілей [2]. Очищення стічних вод у цих умовах проходить під дією ґрунтової мікрофлори, сонця, повітря і під впливом життєдіяльності рослин. У ґрунті полів зрошення знаходяться бактерії, актиноміцети, дріжджі, гриби, водорості, найпростіші і безхребетні тварини. Стічні води містять в основному бактерії. У змішаних біоценозах активного шару ґрунту виникають складні взаємодії мікроорганізмів симбіотичного і конкурентного порядку.

Розрахунок полів фільтрації або зрошення проводять за середньодобової норми навантаження, тобто кількості стічних вод, що приходить на 1 га площі полів у середньому за добу протягом року. Якщо Q – середньодобова витрата стічних вод, ($\text{м}^3/\text{добу}$); q – навантаження стічних вод на поля зрошення, що визначаються як середньозважена величина з навантажень на ділянки з різними видами сільськогосподарських культур (див. табл.), то корисну площу S_u

Норми навантаження побутових стічних вод на поля зрошення для районів із середньорічною висотою шару атмосферних опадів 300-500 мм

Середньорічна температура повітря, °С	Навантаження на поля зрошення в залежності від типу ґрунту, $\text{м}^3/(\text{га}/\text{добу})$		
	суглинок	супісок	пісок
До 3,5	30/15	40/20	60/30
3,6 –6	35/20	50/25	75/40
6,1–9,5	45/25	60/30	80/40
9,6–11	60/30	70/35	85/45
Понад 11	70/35	80/40	90/45

розраховують як

$$S_u = Q / q.$$

На основі знайденої корисної площі для полів зрошення чи фільтрації знаходять повну розрахункову площу:

$$S = (Su + Sr) \cdot (1 + k),$$

Тут Sr – резервна площа полів, що дорівнює 10–25% від корисної площі Su для полів фільтрації і зрошення, k – коефіцієнт, що враховує збільшення площі у зв'язку з облаштуванням допоміжних споруд, для полів фільтрації $k = 0,25$ – $0,30$, для полів зрошення $k = 0,15$ – $0,25$.

Для повного розрахунку споруд біологічного очищення стічних вод у природних умовах необхідно визначати характеристики їх дренажної системи, а саме кількість карт полів, витрати води на одну карту та водовідведення. Приклади розрахунку площ полів зрошення, зайнятих городніми культурами, наведено у [2, с. 31–34].

Розрахунок аеротенків включає визначення ємності та габаритів спорудження, обсягу необхідного повітря та надлишкового активного мулу, а також тривалість аерації, у тому числі необхідний для очищення води в процесі регенерації активного мулу і необхідний час очищення води. Тривалість аерації в аеротенках визначають за формулою:

$$t = (La - Lt) / a / (1 - s) / r,$$

де La – біологічна потреба кисню (БПК) стічної води, що надходить до аеротенку, мг/л; Lt – БПК повн очищеної води, мг/л; a – доза мулу (г/л), для аеротенків, розрахованих на повне очищення міських стічних вод необхідно 1 – 3 г/л кількості мулу: при БПК стічної води, що надходить до аеротенку до 100 $\rightarrow a = 1,2$; при $La = 101$ – $150 \rightarrow a = 1,5$; при $La = 151$ – $200 \rightarrow a = 1,8$; при La понад 201 $\rightarrow 1,8 < a < 3$; для аеротенків розрахованих на повну мінералізацію мулу $a = 5$ г/л. s – зольність мулу в частках одиниць, приймається для аеротенків з повною мінералізацією мулу 0,35; r – середні розрахункові швидкості окислювання в мг БПК на 1 г беззольної речовини мулу за 1 год, приймається для міських стічних вод за СНіП 2.04.03-85. для аеротенків з повною мінералізацією мулу $r = 4$ мг БПК на 1 г беззольної речовини за 1 год.

Значення t , підраховане за попередньою формулою, справедливе, якщо середньорічна температура стічної води складає $T = 15^\circ\text{C}$,

при інших значеннях температури обчислена величина t збільшується на відношення $t = 15 / T$. Тривалість аерації приймається не менше ніж 2 год. Робочий обсяг аеротенку:

$$V = t Q / 24 \text{ (м}^3\text{)}$$

де Q – розрахункова витрата стічної води, м³/добу.

Допоміжна рекомендована література

1. Состав организмов активного мулу при очищении углеводневых сточных вод та стоков агропромышленного комплекса / О. И. Семенова, Н. О. Бублиенко, Т. О. Шиловост, Л. Р. Решетняк // *Продовольчі ресурси*. – 2018. – № 10. – С. 237–242.
2. Семенова О.І., Сулейко Т.Л., Шиловост Т.О., Бублиенко Н.О. (2012). Аеротенк-прояснювач (Патент на корисну модель № 75309).
3. Грицина О.О. (2017). Динаміка температурних режимів очищення стічної води в системі відстійник-аеротенк-відстійник” каналізаційних очисних споруд м. Рівне. *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури*, (69), 121-127.
4. Пат. 75550 Україна, МПК (2012.01) G05D 27/00 C02F 3/02 Спосіб керування процесом біологічного очищення стічних вод / Горносталь С.А., Петухова Е.А., Уваров Ю.В.; заявник та патентовласник Національний університет цивільного захисту України. – № u201204793; заяв. 17.04.2012; опубл. 10.12.2012, бюл. № 23.
5. Wu S. Y., Lin C. N., Chang J. S., Lee K. S., Lin P. J. (2002). Microbial hydrogen production with immobilized sewage sludge. *Biotechnology progress*, 18(5), 921-926.
6. Mujtaba G., Lee K. (2017). Treatment of real wastewater using co-culture of immobilized *Chlorella vulgaris* and suspended activated sludge. *Water research*, 120, 174-184.
7. Cheremisinoff N. P. (1997). *Biotechnology for waste and wastewater treatment*. Elsevier.

Тема 5. Специфіка біоочисних комплексів виробництв

Біоінженерні системи, біодеградація, ензими, біоремедіація, компостування, фіторемедіація, вермикюльтура, вермикомпостування, біоплівки

Для промислового виробництва характерним є накопичення значних обсягів відходів різного генезису. У багатьох промислово розвинених країн зростаючі темпи економіки супроводжуються накопиченням шкідливих речовин, що мігрують у довкілля із місць збереження промислових та побутових відходів. До специфічних і небезпечних відходів зазвичай відносять забруднення довкілля нафтопродуктами й поверхнево активними речовинами; синтетичними матеріалами, такими як полімери; потенційно агресивними речовинами, такі як пестициди, лікарські препарати, відходи металургійного та хімічного виробництва, лакофарбової промисловості тощо.

Важливу роль у вирішенні екологічних проблем відіграють біотехнологічні методи [1, с.167]:

- Біодеградація нафтових забруднень у ґрунті та у воді. З метою ліквідації наслідків аварійного розлиття нафти використовують біотехнологічні способи відновлення забруднених територій за допомогою біопрепаратів, у яких активним агентом виступають ферменти оксидоредуктаз та гідролаз бактерій;
- Біодеструкція полімерів. Стійкі до розкладу вологою, світлом, холодом чи теплом або ґрунтовими мікроорганізмами пластикові упаковки виявляють негативний вплив на довкілля. Тому в багатьох країнах світу триває розробка пакувальних матеріалів, виготовлених на основі полігідроксibuтирату чи полілактату, або із спеціально обробленого крохмалю в суміші з целюлозою.
- Біодеградація пестицидів. Деякі мікроорганізми мають здатність ферментативно змінювати молекулу шкідливого ксенобіотика таким чином, що вона потім легко руйнується під дією інших організмів. Таке явище мікробного симбіозу було названо кометаболізмом. Саме завдяки процесу кометаболізму

відбувається деградація складних хімічних сполук, до яких відносяться пестициди.

Різноманітні види виробництв характеризуються такими видами впливу на довкілля, наслідком яких є розсіяння забруднюючих елементів на значних площах ґрунту. Типовими прикладами є забруднення сільськогосподарських земель пестицидами, ділянок біля шахтних звалищ важкими металами, околиць майданчиків для відходів підприємств переробної промисловості – біологічними відходами. У природних умовах важкі хімічні елементи кінцево осідають (іммобілізуються) у підґрунтових структурах та зв'язуються у інертні форми, біологічні органічні речовини розкладаються (деградують) із плином часу, принаймні це характерно для більшості речовин. Проблемою є те, що темпи відновлення природних систем уже давно не йдуть ні у яке порівняння із темпами накопичення відходів та забруднення ґрунтів й донних відкладів. Тому гостро стоїть проблема біодеградації відходів до рівня, коли вони не нестимуть загрози довкіллю.

Вивчення мікробіологічного способу очищення ґрунту від пестицидів є надзвичайно актуальним. У зв'язку з цим ведуться пошуки штамів мікроорганізмів-деструкторів для різних видів пестицидів. Мікробна деградація токсикантів, здійснювана за рахунок ферментних систем, є обнадійливим підходом для деструкції органічних токсикантів. Біологічні методи відновлення забруднених ґрунтів вимагають набагато менше витрат для свого застосування, ніж відомі небіологічні технології, що пояснює актуальність проведених досліджень по розробці і застосуванню на практиці біотехнологічних способів очищення ґрунтів, забруднених пестицидами.

Очищення ґрунту від нафти та нафтопродуктів на даний час залишається проблемою екологічної безпеки життєдіяльності людини. Техногенні забруднення вказаними речовинами негативно впливають на природні мікробні ценози ґрунту, флору та фауну і призводять до виключення із землекористування значних с/г угідь. При забрудненні вуглеводнями підвищується гідрофобність та порушується водно-повітряний режим у ґрунті, у ньому збільшується кількість фітотоксичних форм мікроорганізмів, що негативно

впливає на ріст і розвиток рослин та їх видове різноманіття. Використання препаратів для очищення поверхневих вод від вуглеводнів нафти у рекомендованих нормах їх внесення у забруднене середовище не спричиняє негативної дії на гідробіонтів прісноводних екосистем.

Великомасштабне м'ясо-молочне тваринництво й промислове птахівництво створили проблему скупчення на прилеглих до господарств територіях значної кількості рідких фракцій високотоксичного гною та посліду [1]. Ці відходи без належних змін не можуть бути використані в сільському господарстві.

Для утилізації цих небезпечних рідких відходів тваринництва й птахівництва доцільно застосовувати такі ефективні біотехнологічні методи: *метанове бродіння* в біогазових установках; *компостування* в спеціалізованих господарствах. Природне компостування відходів (грунтове перетворення свіжого гною великої рогатої худоби або курячого посліду на органічне добриво) за участю багатьох видів і форм ґрунтових мікроорганізмів: бактерій, актиноміцетів, мікрофлори, грибів, дощових черв'яків – це дуже тривалий процес, який не дає необхідних результатів. Встановлено, що навіть через три роки в біоконвертованому гної ще міститься велика кількість високомолекулярних органічних сполук, недоступних для засвоєння кореневою системою рослин. У такому гної майже повністю зберігає життєздатність і схожість насіння бур'янів, залишаються незруйнованими гнізда деяких шкідників (наприклад, капустянки). При розкиданні цієї компостованої маси відбувається вторинне засмічення посівів бур'янами й шкідливими фітофагами. Для поліпшення якості компосту, скорочення терміну переробки органічних відходів доцільно застосовувати сучасні інтенсивні біотехнології вермикомпостування. Вермикомпостування на відкритому майданчику дозволяє переробляти велику кількість органічних відходів теплої пори року. Використання закритих приміщень дозволяє створити оптимальні умови вермикомпостування протягом усього року з прискореною інтенсивністю переробки субстрату, а також забезпечує зростання популяції черв'яків, необхідних для розселення на відкритому майданчику навесні. У закритому приміщенні чисельність черв'яків

часом збільшується в десятки разів швидше, ніж на відкритих майданчиках.

Залишається проблемним генне конструювання нових мікробних штамів, що здатні руйнувати або біоконвертувати багато інших видів ксенобіотичних речовин (складних за структурою гетероциклічних сполук), що є відходами хімічної промисловості. Окремі видання, як от International Journal of Environmental Bioremediation & Biodegradation, International Biodeterioration & Biodegradation та інші присвячено актуальним проблемам застосування біотехнологій для запобігання та усунення негативного впливу антропогенного забруднення ґрунтів та водних систем на довкілля.

Проводять активну розробку нових специфічних систем для нейтралізації агресивних компонентів відходів, у тому числі тонкоплівкові системи та системи із використанням нанoeлементів. **Біоплівки** – це сукупності одиничних або множинних популяцій, які прикріплені до абіотичних або біотичних поверхонь за допомогою позаклітинних полімерних речовин. Експресія генів у клітинах біоплівки відрізняється від експресії планктонної стадії, і диференційовано експресовані гени регулюють утворення та розвиток біоплівки. Системи біоплівок особливо придатні для обробки непостійних сполук через їх високу мікробну біомасу та здатність знерухомлювати сполуки. Біоремедіації також сприяє посилений перенос генів між біоплівочними організмами та підвищена біодоступність забруднюючих речовин для деградації в результаті бактеріального хемотаксису. Стратегії підвищення ефективності біоремедіації включають генну інженерію для поліпшення штамів та хемотаксичної здатності, використання змішаних популяційних біоплівок та оптимізацію фізико-хімічних умов.

Допоміжна рекомендована література

1. Петрова А.Т. Технологічні аспекти біоремедіації забруднених ґрунтів / Міжнар. наук.-практ. конф. "Сучасні тренди та перспективи логістики, маркетингу, збутової діяльності плодоовочівництва в епоху цифрових технологій". Херсон, 2019. – С. 267-279.

2. Біоремедіація ґрунтів : презентація / Красінько В. О. // НУХТ. – 2012. – 18 с.
3. Дурсун Ш., Симочко Л. Ю., Манколлі Х. (2020). Біоремедіація важких металів з ґрунту: огляд принципів і критеріїв використання. *Агроекологічний журнал*, (3), 6-12.
4. Думанська Т.У. Біоремедіація забрудненого нафтою та дизельним паливом ґрунту / Т.У. Думанська, Т.М. Ногіна, В.С. Підгорський // Науковий Вісник Ужгород. ун-ту. Серія „Біологія” – 2008. – Вип.22. – С. 122–125.
5. Ласло О. О. (2014). Відновлення порушених земель сільськогосподарського призначення за допомогою біоремедіації. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Сер.: Сільськогосподарські науки*, (1), 94-100.
6. Іутинська Г.О., Ямборко Н.А., Піндрус А.А., Мельничук С.Д., Лоханська В.Й., Баранов Ю.С., Самкова О.П. Мікробна деструкція похідних циклічних вуглеводнів (α -, β -, γ -гексахлорциклогексанів) у ґрунті / *Наукові доповіді НАУ*. – Київ, 2007. – №1 (6). – С. 1-7.
7. Vidali M. (2001). Bioremediation. an overview. *Pure and applied chemistry*, 73(7), 1163-1172.
8. Alexander M. (1999). *Biodegradation and bioremediation*. Gulf Professional Publishing.
9. Adams G. O., Fufeyin P. T., Okoro S. E., Ehinomen I. (2015). Bioremediation, biostimulation and bioaugmentation: a review. *International Journal of Environmental Bioremediation & Biodegradation*, 3(1), 28-39.
10. Atlas R. M. (1995). Bioremediation of petroleum pollutants. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 35(1-3), 317-327.
11. Singh R., Paul D., Jain R. K. (2006). Biofilms: implications in bioremediation. *Trends in microbiology*, 14(9), 389-397.
12. Flemming H. C., Wingender J. (2010). The biofilm matrix. *Nature reviews microbiology*, 8(9), 623-633.
13. Albertsson A. C., Andersson S. O., Karlsson S. (1987). The mechanism of biodegradation of polyethylene. *Polymer degradation and stability*, 18(1), 73-87.

Тема 6. Біодобрива – екобіотехнологічна альтернатива збагачення ґрунтів

Родючість, гумус, гуміфікація, біопрепарати, азотобактерин, фосфобактерин, ферментні комплекси, біологічні засоби захисту рослин

Природна родючість ґрунтів визначається характером та особливостями їх формування. Ціла низка комплексних факторів: кліматичних, гідрогеологічних, антропогенних; а також інтенсивність надходження на ґрунтову поверхню сонячної енергії, біологічні цикли розвитку рослин та ін. зумовлюють тривалість перебігу складного гетерогенного ґрунтоутворювального процесу. За даними багатьох провідних учених-ґрунтознавців панівна роль у формуванні стабільності якісних параметрів орних ґрунтів, їх поживних властивостей належить органічній частині, тобто органічним залишкам, і гумусу (органічним сполукам, що містяться в ґрунтовій масі у вільній формі чи у вигляді органо-мінеральних речовин). Джерелом гумусу слугують органічні залишки вищих рослин, мікро- й макро-організмів, що перебувають у ґрунті. Спектр їх хімічного складу достатньо різноманітний, це вода (75–90 %) і суха речовина, яка включає вуглеводи, білки, лігнін, ліпіди, смоли, воски, дубильні сполуки тощо. Особливе значення в природному гумусоутворенні мають реакції повільного біохімічного окиснення, у результаті яких утворюється система високомолекулярних органічних кислот.

Сировиною для виготовлення органічних добрив нового покоління можуть стати будь-які органічні матеріали, вуглецевмісні залишки, відходи тваринництва й птахівництва, комунальні органічні відходи, кора рослин, зрізані гілки, опале листя, лігнін тощо, які зараз у великій кількості скупчуються на звалищах, у відстійниках або спалюються. Ці матеріали, як правило, у непереробленому вигляді не можуть слугувати добривами, оскільки вони або токсичні, або швидко мінералізуються в ґрунті, не впливаючи істотно на його родючість. Проте переробка органічних відходів біотехнологічними методами і внесення їх у ґрунт у вигляді збалансованих органічних

добрих може стати ефективним інструментом регулювання гумусного стану земель [1, с. 144-148].

Екологічно чистий продукт, отриманий під час біоконверсії органічних відходів, під дією різних груп мікроорганізмів, як аеробних (компостування, вермикомпостування), так і анаеробних (метаногенез), називається *біогумусом* [2, с.238-239].

Установлено дію різних доз біогумусу на мікробіологічну активність ґрунтів при вирощуванні ярої пшениці. Біогумус має слабколужну реакцію (рН 7,4–7,8) при вмісті загального азоту від 0,84 до 1,22 %, фосфору – від 0,69 до 0,99 %, калію – від 0,9 до 1,17 % і рухомого амонію – від 232 до 347 мг/% речовини. В 1 г біогумусу, утвореного при вермикомпостуванні, міститься більше ніж 378 млн бактерій амоніфікаторів і 251 тис. бактерій, що розкладають целюлозу та мінералізують органічні речовини. В експериментах, де використовували біогумус, кількість мікроорганізмів у ґрунті була значно вищою, ніж у контролі. Найбільша кількість амоніфікуючих бактерій досягається при внесенні 10 т/га біогумусу, при цьому нітратів у ґрунті виявилось менше, ніж амонію. У міру росту ярої пшениці аж до збирання врожаю в ґрунті зростає кількість нітрифікуючих мікроорганізмів на ділянках із біогумусом. Вміст бактерій, що розкладають целюлозу в ґрунті, збільшується до фази кушіння ярої пшениці. Найбільше цих бактерій було на ділянках із біогумусом.

Внесення біогумусу в ґрунт прискорює мінералізацію фосфорорганічних сполук у результаті дії специфічних мікроорганізмів. Зі збільшенням норм із 10 до 30 т/га підвищується концентрація фосфороруйнівних бактерій. Вміст фосфорної кислоти в ґрунті залежить від кількості мікроорганізмів, що розкладають органічні та мінеральні сполуки фосфору. Використання біогумусу як добрива впливає на інтенсивне зростання мікрофлори, прискорює накопичення рухомих форм поживних речовин, необхідних для підвищення врожайності сільськогосподарських культур.

Для підвищення врожайності не менш важливим, аніж збалансований вміст необхідних хімічних елементів у ґрунті, є відсутність або послаблення негативного впливу з боку рослин-конкурентів, хвороботворних мікроорганізмів, шкідливих комах тощо. Створення

умов коли такий вплив мінімізовано, також можна віднести до способів підвищення родючості у сільському господарстві. Серед біопрепаратів, які використовують у сільському господарстві, можна виділити велику групу біофунгіцидів, основу яких складають бактерії сінної палички, наприклад: фітоспорин, баксис, алірін, бактофіт, гамайр та ін. Біопрепарати застосовують для захисту рослин від фітопатогенів упродовж усього вегетаційного періоду й для оброблення плодів перед складанням на зберігання [3, с.240-244].

Допоміжна рекомендована література

1. Дегтяр Д. І., Горлінський О. В., Карпенко В. І. (2012). Утилізація осаду стічних вод комунальних підприємств з отриманням біопалива та біодобрива. *Проблеми екологічної біотехнології*, (1).
2. Ясинська Л. І., Кохан А. В. (2008). Використання біодобрива в технології вирощування соняшнику. *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету*, (2), 18-20.
3. Шевчук М. Й., Дідковська Т. П. (2007). Ефективність застосування бактеріальних препаратів. *Сільськогосподарська мікробіологія*.
4. Куц О. В. (2017). Використання мікробних препаратів для оптимізації живлення рослин буряку столового. *Вісник ХНАУ. Серія: Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво і зберігання*, (2), 18-24.
5. Mishra D., Rajvir S., Mishra U., Kumar S. S. (2013). Role of bio-fertilizer in organic agriculture: a review. *Research Journal of Recent Sciences ISSN, 2277, 2502*.
6. Trujillo-Tapia M. N., Ramírez-Fuentes E. (2016). Bio-fertilizer: an alternative to reduce chemical fertilizer in agriculture. *Journal of Global Agriculture and Ecology*, 4(2), 99-103.
7. Ghaderi-Daneshmand N., Bakhshandeh A., Rostami M. R. (2012). Biofertilizer affects yield and yield components of wheat. *International Journal of Agriculture: Research and Review*, 2(6), 699-704.

Тема 7. Біоочищення ґрунтів

Ксенобіотики, біоремедіація, важкі метали, пестициди, біопрепарати, фіторемедіація, ризофільтрація, фітоекстракція, фітоволатилізація, фітостабілізація, фітостимуляція, фітодеградація

За останні декади серйозною проблемою багатьох промислово розвинених країн є забруднення ґрунтів та донних опадів, частка якого зростає, а вплив на стан довкілля стає усе більш критичним. Триваюче забруднення атмосферного повітря, поверхневих вод і приповерхневих середовищ (педосфери, ґрунту, водоносних горизонтів) веде до збільшення обсягів і рівня накопичення шкідливих речовин в довкіллі. Забруднення перестає бути локалізованим завдяки механізмам дифузії та інфільтрації багатьох токсичних хімічних сполук як у ґрунті, так і у рослинах та, як наслідок, в продуктах сільського господарства. Крім того, інтенсивні технології землеробства призвели до значного зменшення родючості ґрунтів, що поряд із забрудненням ґрунтів породжує високі екологічні ризики. Окремі пов'язані аспекти розглянуто у темі 5.

Чимало речовин, що потрапляють у ґрунт, проявляють властивості *ксенобіотика* – чужорідної для біосфери хімічної речовини, що природно не синтезується, не може асимілюватись організмами внаслідок чого не бере участі у кругообігу речовин у природі, а тому накопичується у зовнішньому середовищі. Часто термін ще більше звужують, зараховуючи до ксенобіотиків різноманітні забруднювачі, зокрема пестициди, мінеральні добрива, мийні засоби, радіонукліди, синтетичні барвники та інші. Потрапляючи у довкілля, вони можуть спричиняти алергічні реакції, загибель організмів, мутації, знижувати імунітет, порушувати обмін речовин, порушувати хід процесів в природних екосистемах до рівня біосфери в цілому.

Вивчення перетворень ксенобіотиків шляхом детоксикації і деградації в живих організмах і в зовнішньому середовищі важливо для організації санітарно-гігієнічних заходів щодо охорони природи. Застосування біологічних та біотехнологічних методів відкриває широкі можливості боротьби із переліченими вище загрозами.

Для захисту та відновлення ґрунтів широко використовують як мікроорганізми, так і вищі рослини. Фіторе mediaція – відновлення забрудненого середовища з використанням різних видів рослин. Фіторе mediaційну технологію застосовують безпосередньо в районі забруднення, вона сприяє зниженню витрат і зменшенню контакту забрудненого ксенобіотика з людьми і довкіллям. Рослина впливає на довкілля різними способами, серед яких є: ризофільтрація – корені всмоктують воду та розчинені елементи, потрібні для життя рослин; фітоекстракція – накопичення в організмі рослини небезпечних забруднень; фітоволатилізація – випаровування води і летких хімічних елементів листям рослин; фітотрансформація: фітостабілізація – переведення хімічних сполук у менш рухому та активну форми (знижує ризик поширення забруднень); фітодеградація – деградація рослинами і симбіотичними мікроорганізмами органічної частини забруднень; фітостимуляція – стимуляція розвитку симбіотичних мікроорганізмів, що беруть участь у процесі очищення.

Фіторе mediaція пропонується як економічно ефективний підхід до оздоровлення навколишнього середовища на основі рослин, який використовує переваги здатності рослин концентрувати елементи та сполуки з навколишнього середовища та знешкоджувати різні сполуки. Концентруючий ефект є результатом здатності деяких рослин, званих гіперакумуляторами, біоакумулювати хімічні речовини. Санаційний ефект зовсім інший. Токсичні важкі метали не піддаються руйнуванню, але органічні забруднювачі можуть бути і, як правило, є основними мішенями для фітоочищення. Низка польових випробувань підтвердили доцільність використання рослин для очищення навколишнього середовища^{4,5}.

Програми селекції та генної інженерії є потужними методами для підвищення природних можливостей фітоочищення або для впровадження нових можливостей у рослини, адже зазвичай т.зв. гіперакумуляуючі можливості рослин проявляються у тому, що вміст деяких елементів у рослинах у рази перевищує їх вміст у ґрунті, проте тим не менш у рослинні тканини потрапляє лише незначний відсоток цього елемента порівняно із тим, скільки його у ґрунті. Гени фіторе mediaції можуть походити від мікроорганізму або

переноситися з однієї рослини на іншу, краще адаптовану до умов навколишнього середовища на місці очищення. Наприклад, гени, що кодують нітроредуктазу з бактерії, були вставлені в тютюн і демонстрували більш швидке видалення тротилу та підвищену стійкість до токсичних ефектів тротилу⁶. Дослідники також виявили механізм у рослин, який дозволяє їм рости навіть тоді, коли концентрація забруднення в ґрунті летальна для вихідних рослин.

Допоміжна рекомендована література

1. Гирля Л. М. Фіторемедіація – ефективний шлях зниження вмісту важких металів у ґрунтах / Л. М. Гирля // *Наукові праці [Чорноморського державного університету імені Петра Могили комплексу "Києво-Могилянська академія"]*. Серія : Екологія. – 2011. – Т. 152, Вип. 140. – С. 57-59. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npchdue_2011_152_140_14
2. Моклячук Л. І., Петришина В. А., Матусевич Г. Д. (2010). Моніторинг та фіторемедіація забруднених пестицидами ґрунтів. *Агроекологічний журнал*, (1), 15-18.
3. Сидоренко С.В. Фіторемедіація ґрунтів, забруднених важкими металами [Текст] / С.В. Сидоренко, Ю.М. Шупик // *Сучасні технології у промисловому виробництві: матеріали та програма IV Всеукраїнської міжвузівської науково-технічної конференції*, м. Суми, 19-22 квітня 2016 р.: у 2-х ч. / Редкол.: О.Г. Гусак, В.Г. Євтухов. – Суми: СумДУ, 2016. – Ч.2. – С. 56.
4. Salt D.E., Smith R.D., Raskin I. (1998). "Phytoremediation". *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. 49: 643–668. doi:10.1146/annurev.arplant.49.1.643
5. Pilon-Smits, E. (2005). Phytoremediation. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 56, 15-39.
6. Hannink N.; Rosser S. J.; French C. E.; Basran A.; Murray J. A.; Nicklin S.; Bruce N. C. (2001), "Phytodetoxification of TNT by transgenic plants expressing a bacterial nitroreductase", *Nature Biotechnology*, 19 (12): 1168–72, doi:10.1038/nbt1201-1168

Тема 8. Біоочищення повітря

Біофільтр, біоскрubber, біореактор, газоповітряні викиди, O_3 , $PM_{2.5}$, PM_{10} , CO , SO_2 , NO_2 , AQI , біоіндикація

Серйозною проблемою великих міст, а також багатьох видів сучасних виробництв є забруднення атмосферного повітря. Забруднювачами повітря є речовини, що присутні в атмосфері і впливають на здоров'я людини, стан тваринного, рослинного світу і мікроорганізмів. Насамперед, це кислотні дощі, атмосферні гази, радіоактивні забруднення, важкі метали, пестициди. Природними джерелами атмосферних забруднень є лісові пожежі, вітрова ерозія, життєдіяльність живих організмів, природна фоновіа радіоактивність. Факторами антропогенного забруднення в агросфері є гній, пестициди, добрива, нітрати, важкі метали, поверхнево-активні речовини [2, с. 124].

Біоіндикацією називають використання організмів чи їх угруповань, вміст в яких певних елементів або сполук, а також клітинна структура, поведінка та популяційна організація дають інформацію щодо якості навколишнього середовища. Значний антропогенний вплив на фітоценози мають такі забруднюючі речовини як діоксид сірки, оксиди азоту, вуглеводні. Із вищих рослин підвищену чутливість до SO_2 мають хвойні рослини (сосна, ялина, кедр). За інтенсивного забруднення лісу діоксидом сірки спостерігається пошкодження і попереднє опадання хвої сосни.

Біоіндикація є фіксуєчим методом виявлення інтегрального впливу забруднення повітря. Не менш важливим є попередити забруднення і тут можуть бути застосовані біотехнологічні методи. Біологічні методи очищення повітря ґрунтуються на здатності мікроорганізмів руйнувати в аеробних умовах широкий спектр речовин і сполук до кінцевих продуктів. Вибір методу визначається характером і параметрами забруднення. Основними газоповітряними викидами (ГПВ) виробництв є аерозолі, нестабільні дисперсні системи, що складаються з дрібних твердих частинок (клітин, їх агрегатів) у рідкій фазі, завислі в газовому середовищі. Усі організовані джерела ГПВ від ферментерів, сепараторів, флотаторів, центрифуг,

сушарок, пакувального відділення та іншого технологічного обладнання оснащуються системами очищення, нерозривно пов'язаними з технологічними особливостями окремих стадій процесу [3, с.258]. Найбільш поширеними, апробованими методами очищення ГПВ від біологічно активних частинок є фільтрація, теплове оброблення і «мокрі» системи очищення.

Для біологічного очищення повітря застосовують три типи установок: біофільтри, біоскрубери і біореактори з омиванням шаром [3, с. 218]. Біологічні методи очищення газоповітряних викидів почали застосовувати порівняно недавно і поки що в обмежених масштабах, але перспектива їх використання очевидна.

Установки біологічної очистки повітря є екологічно чистими, дешевими та простими в експлуатації. Тому, дослідження процесів біологічної очистки газоподібних викидів є актуальною темою. При використанні методу абсорбції вдаються до регенерації промивної води, яка включає такі способи: *фізичний спосіб* — відгонка легких фракцій, екстракція, дистиляція, ректифікація, упарювання; *хімічний спосіб* — використання перманганату, хлору, озону і т. д.; *біологічний спосіб* — біохімічне окиснення абсорбованих забруднень. Використання біотехнологічних методів для охорони навколишнього середовища, зокрема атмосфери, є дуже перспективним напрямком в сучасній екологічній біотехнології. Залежно від виду мікроорганізмів, які можливо використовувати у процесі детоксикації викидів, на одному і тому ж устаткуванні можливо здійснити очищення і дезодорацію цілого ряду компонентів забруднень газоповітряного потоку¹.

В загальному випадку процес очищення викидів за допомогою мікроорганізмів можна представити як наступну послідовність етапів: Етап 1. При контакті газів, що містять компоненти забруднюючих речовин або одоранти з абсорбентом або фільтруючим шаром відбувається розчинення і емульгування цих компонентів у воді (у разі біоабсорбції), а також адсорбція на фільтруючому шарі (у разі біофільтрації). Етап 2. Розчинені і емульсовані у воді компоненти забруднень віддаляються з рідкої фази і фільтруючого шару за рахунок адсорбції їх мікроорганізмами. Етап 3. Адсорбовані компоненти

забруднень піддаються біохімічному окисненню у живих клітинах (стадія регенерації біологічного сорбенту), стають живленням для мікроорганізмів і служать для їх розмноження.

Розглянуті три процеси є послідовними етапами безперервних синхронних реакцій, в результаті яких підтримується ефект очищення і дезодорації викидів від забруднень. При апаратній реалізації процесу біологічного очищення газів існує можливість проведення процесу за двома варіантами: – етапи 1, 2, 3 можуть бути суміщені в одному апараті; – етапи 1 може протікати в окремому масообмінному апараті – абсорбері або скрубєрі, а етапи 2, 3 в апараті типу аеротенк.

Допоміжна рекомендована література

1. Шестопапов О. В., Пітак І. В. Аналіз існуючих процесів та апаратів біологічної очистки газових викидів // *Technology audit and production reserves*. – № 3/5(17), 2014. – С. 49-52.
2. Łebkowska M., Tabernacka A. (2000). Biotechnologiczne metody usuwania zanieczyszczeń z gazów odlotowych. *Biotechnologia*, 50(3), 141-150.
3. Nishimura S., Yoda M. (1997). Removal of hydrogen sulfide from an anaerobic biogas using a bio-scrubber. *Water Science and Technology*, 36(6-7), 349-356.
4. Lee S. H. (2018). Mathematical modeling for bio-scrubber process. *Quantitative Bio-Science*, 37(1), 27-32.
5. Aarnink A. J. A., Landman W. J. M., Melse R. W., Zhao Y., Ploegert J. P. M., Huynh T. T. T. (2011). Scrubber capabilities to remove airborne microorganisms and other aerial pollutants from the exhaust air of animal houses. *Transactions of the ASABE*, 54(5), 1921-1930.
6. Acuña M. E., Pérez F., Auria R., Revah S. (1999). Microbiological and kinetic aspects of a biofilter for the removal of toluene from waste gases. *Biotechnology and bioengineering*, 63(2), 175-184.

3. Перелік питань для самоперевірки та самоконтролю

1. Альтернативні види енергетичних джерел біологічного походження.
2. Біосенсиори та переваги їх застосування.
3. Види сировини для виготовлення біодизельного палива.
4. Види сировини для виготовлення біоетанолу.
5. Види сировини при виготовленні біогазу
6. Від чого залежить безпека застосування різних типів біодеструкторів?
7. Від чого залежить ефективність аеробних методів очищення стічних вод?
8. Від яких параметрів залежить ефективність роботи метантенків?
9. Для аналізу яких речовин доцільно використовувати біосенсиори?
10. Екологічні аспекти виробництва біопалива в Україні.
11. Екологічні переваги виробництва рідкого біопалива в Україні
12. Екологічні переваги методів біоочищення стічних вод
13. Екологічні переваги процесу вермикультивування
14. З якою метою використовують біосенсиори в гірничій промисловості?
15. За яким принципом формується біоценоз у біофільтрах очисних споруд?
16. За яких умов відбувається процес компостування органічних відходів?
17. Завдання біотехнологій в екології.
18. Коли для очищення стоків використовують метантенки?
19. На який період припадає виникнення сучасної біотехнології?
20. На яких біотехнологічних процесах базується біоочищення стічних вод?
21. Назвіть екологічні переваги виробництва й використання біогазу.
22. Назвіть принципи застосування біопрепаратів в агропромисловій галузі.
23. Области використання біогазових реакторів.
24. Описати основні стадії очищення повітря у біореакторах.
25. Описати основні стадії очищення повітря у біоскруберах.
26. Опишіть недоліки біохімічних методів очистки повітря.
27. Основні технологічні фактори і стадії метаногенезу.
28. Основні типи установок для очищення повітря.
29. Охарактеризуйте компонентний склад біогазу
30. Охарактеризуйте принцип фіксування азоту ґрунтовими мікроорганізмами
31. Охарактеризуйте хімічні особливості біоетанолу і біодизельного палива
32. Переваги використання іммобілізованих біофільтрів.
33. Перспективи використання біосенсорів у агропромисловому комплексі?
34. Предмет і об'єкти біотехнології.

35. Принципи і схема функціонування біосенсорів
36. Природоохоронний ефект компостування органічних відходів?
37. Проведіть порівняльний аналіз біоскруберів та біофільтрів.
38. Роль вермикомпосту у підвищенні родючості ґрунтів?
39. Стратегічні перспективи розвитку біотехнологій у світі?
40. Технологічні параметри метаногенезу та їхній вплив на якість біогазу
41. У чому полягає екологічна безпечність біопрепаратів та біодобрих?
42. У яких галузях, крім АПК, застосовують вермикультивування?
43. Чим визначається ефективність роботи біофільтра?
44. Чому до відходів сучасних підприємств із вирощування худоби та птахів мало застосовне природне компостування?
45. Що таке антагоністичні біопрепарати?
46. Що таке біоремедіація?
47. Що таке ксенобіотики?
48. Як вищі рослини покращують якість ґрунту поза сприянням роботи азотофіксуючих бактерій?
49. Як називається біотехнологічний продукт вермикультивування?
50. Як працюють клітинні біосенсиори та які їх екологічні переваги?
51. Як проводять виявлення антропогенні чинників у ґрунтах перед застосуванням біоремедіаційних методів?
52. Яка принципова різниця між метантенками й аеротенками?
53. Яке значення має вермикультивування для сільського господарства?
54. Який процес називають вермикультивування?
55. Яким чином несприятливі антропогенні фактори впливають на гомеостаз у ґрунтах?
56. Які біологічні способи збагачення ґрунту азотом використовуються в сільському господарстві?
57. Які біооб'єкти беруть участь у процесі вермикультивування?
58. Які біохімічні процеси лежать в основі біоочищення стічних вод?
59. Які види небезпечних сполук здатні руйнувати мікроорганізми задля очищення повітря?
60. Які види продукції можна виготовляти, застосовуючи біотехнології?
61. Які види речовин, що забруднюють повітря, сьогодні вилучають за допомогою біофільтрів?
62. Які вищі рослини сприяють фіксації атмосферного азоту в ґрунті?
63. Які гази видаляють із повітря абсорбцією водним середовищем?
64. Які господарські проблеми допомагає вирішити біотехнологія?
65. Які групи живих організмів беруть участь у процесі компостування?
66. Які групи препаратів можуть замінити пестициди?

67. Які групи хімічних речовин дозволяють аналізувати біосенсиори?
68. Які екологічні переваги мають ферментні біосенсиори?
69. Які забруднювачі можуть міститись у побутових стічних водах?
70. Які забруднювачі можуть міститись у промислових стічних водах?
71. Які існують екологічні переваги застосування біопрепаратів та біодобрих, на відміну від пестицидів?
72. Які компоненти входять до складу компосту, утвореного з органічних відходів?
73. Які науки сформували теоретичне підґрунтя біотехнології?
74. Які основні показники біохімічного очищення стічних вод?
75. Які особливості фітореMediaції? Які додаткові господарські завдання вона може вирішувати?
76. Які перспективи використання біогазових установок в Україні?
77. Які споруди для біоочищення стічних вод найбільш ефективні?
78. Які типи трансдьюсерів застосовуються в біосенсорах?
79. Які фактори впливають на ефективність фітореMediaції ґрунтів?
80. Якісний та кількісний біомоніторинг.

4. Список рекомендованої літератури

1. Горова А.І., Лисицька С.М., Павличенко А.В., Скворцова Т.В. Біотехнології в екології : навч. посібник. Дніпро : Національний гірничий університет, 2012. 184 с.
2. Кляченко О.Л., Мельничук М.Д., Іванова Т.В. Екологічні біотехнології: теорія і практика: навчальний посібник. Вінниця, ТОВ «Нілан-ЛТД», 2015. 254 с.
3. Пляцук Л. Д., Черниш Є. Ю. Екологічна біотехнологія: принципи створення біотехнологічних виробництв : навчальний посібник. Суми : Сумський державний університет, 2018. 293 с.