

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«БІОМАЙНІНГ»



Ступінь освіти	магістр
Освітньо-професійна програма	Екологія
Тривалість викладання	1, 2 чверті
Заняття:	
лекції:	2 години
лабораторні заняття:	1 година
Мова викладання	українська

Сторінка курсу в СДО НТУ «ДП»:

<https://do.nmu.org.ua/course/view.php?id=4613>

Кафедра, що викладає Кафедра екології та технологій захисту
навколишнього середовища



Викладач:

Ковров Олександр Станіславович

докт. техн. наук, професор, професор кафедри
екології та ТЗНС

<https://ecology.nmu.org.ua/ua/Personal/Kovrov.php>

kovrov.o.s@nmu.one

1. Анотація до курсу

Біомайнінг (біогірництво), або біотехнології у гірництві – комплексна міждисциплінарна галузь знань, яка базується на ряді фундаментальних і прикладних наук таких, як екологія, біотехнологія, хімія, мікробіологія. Вона орієнтована на інноваційні технології видобутку, збагачення та переробки корисних копалин на основі використання живих організмів.

Одним з перспективних напрямків біомайнінгу є використання мікроорганізмів для вилуговування корисних компонентів, зокрема металів, які представляють економічний інтерес, з гірничих порід, відвалів, стічних вод, продуктів флотації тощо.

Мобілізація важких металів людиною шляхом розробки родовищ корисних копалин та процесінгу мінеральних руд призводить до вивільнення цих елементів у навколишнє середовище. Оскільки важкі метали не розкладаються, вони накопичуються в навколишньому середовищі і згодом забруднюють харчові ланцюги екосистем. Це забруднення становить небезпеку для навколишнього середовища та здоров'я людей. Деякі важкі метали є канцерогенними, мутагенними, тератогенними та ендокринними деструкторами, тоді як інші викликають неврологічні та поведінкові зміни, особливо у дітей.

Проблема забруднення важкими металами стає більш серйозною зі збільшенням темпів індустріалізації та різноманітних впливів на природні біогеохімічні цикли. На відміну від органічних речовин, важкі метали по суті є небіодеградуєчими і тому накопичуються у навколишньому середовищі. Накопичення важких металів у ґрунтах та природних водах становить небезпеку для навколишнього середовища та здоров'я людини. Ці елементи по ланцюгам живлення накопичуються в тканинах живих організмів і внаслідок біоаккумуляції їх концентрація зростає при переході з нижчого трофічного рівня на більш високий. У ґрунті важкі метали чинять токсичну дію на ґрунтову біоту зокрема мікроорганізми, що суттєво впливає на біопродуктивність екосистеми в цілому.

Фіторе mediaція – це використання рослин та пов'язаних з ними ґрунтових мікроорганізмів для зменшення концентрації або токсичного впливу забруднень у навколишньому середовищі. Це відносно недавня технологія і сприймається як економічно доцільна, ефективна, екологічно чиста технологія, яка схвально сприймається громадськістю. Наразі досліджуються нові ефективні рослини-гіперакумулятори металів для застосування в технологіях фіторе mediaції.

2. Мета та завдання курсу

Мета дисципліни полягає у формуванні у майбутніх фахівців (магістрів) компетентностей для ефективного використання інноваційних технологій з видобутку, збагачення та переробки корисних копалин за участі мікроорганізмів, очистки шахтних вод, бактеріального знесірчення вугілля та інших технологій біомайнінгу, а також технологій фіторе mediaції забруднених і деградованих промислових територій з використанням рослин, відновлення техногенних ландшафтів для контролю та моніторингу забруднення важкими металами та органічними сполуками.

Завдання курсу:

- Засвоїти теоретичні знання та практичні навички щодо використання мікроорганізмів для процесів біовилуговування металів і очистки шахтних вод.
- Опанувати фундаментальні знання щодо мікробного вилуговування і біологічного окислення, засвоїти приклади технічних процесів біовилуговування, зокрема аеробного вилуговування у купах, баках і реакторах. Знати види бактерій, що беруть участь в біовилуговуванні і умови мікробного росту.
- Вивчити біовилуговування як екологічну проблему стосовно дренажу кислих шахтних вод, біохімічні процеси мікробного відновлення сірки та використання даного процесу для очистки шахтних вод.
- Засвоїти методи спостереження, інструментального та лабораторного контролю якості навколишнього середовища, зокрема методами біоіндикації; визначати фізико-хімічні параметри об'єктів навколишнього середовища техногенного походження і обґрунтовувати заходи щодо їх поліпшення
- Засвоїти основні принципи та підходи щодо фіторе mediaції та відновлення порушених і забруднених територій, а також основні рослини-гіперакумулятори, механізми фітопоглинання важких металів з ґрунтового розчину та їх гіперакумуляції в тканинах рослин.
- Навчитись обґрунтовувати доцільність застосування певних фітотехнологій для відновлення забруднених територій і ландшафтів на підставі вихідних даних про об'єкт: фітоекстракція, фітоаккумуляція, ризофільтрація, фітодеградація, фітовипаровування, фітостабілізація.
- Навчитись застосовувати сучасні технології фіторе mediaції для відновлення забруднених і деградованих ландшафтів: вермікультивування, галофітні біотехнології, гіперакумулятивні біотехнології.

3. Результати навчання

ПР21.1-С1 Обґрунтовувати напрями переробки промислових відходів та вторинних мінеральних ресурсів біотехнологічними методами

ПР21.2-С1 Обґрунтовувати та застосовувати сучасні біологічні методи захисту та відновлення деградованих об'єктів навколишнього середовища; визначати, у яких випадках біовилуговування може бути варіантом для отримання корисних компонентів з відходів промисловості; пропонувати мікроорганізми для використання у біовилуговуванні в залежності від бажаних параметрів процесу; оцінювати екологічні проблеми, пов'язані з процесами біовилуговування та пропонувати заходи щодо їх вирішення.

ПР21.3-С1 Обирати потенційні рослини-фітоекстрактори для забруднених ґрунтів і техногенних субстратів, визначати біоіндикаційні показники, розраховувати коефіцієнти біоаккумуляції та транслокації, розрізняти рослини, придатні для фітоекстракції та фітомайнінгу, обґрунтовувати вибір рослин для практичного використання у фіторе mediaційних і біомайнінгових технологіях.

ПР21.4-С1 Комплексно оцінювати техногенні субстрати як потенційні джерела цінних компонентів, обирати рослини для фітоекстракції та фітомайнінгу, розраховувати фітоекстракційні коефіцієнти, оцінювати рослинну біомасу як біоруду, моделювати біовилуговування цінних компонентів, складати баланс мас процесів біомайнінгу.

ПР21.5-С1 Моделювати біосорбцію та осадження металів із продуктивних розчинів, оцінювати екологічні ризики на кожному етапі технологічного біомайнінгового ланцюга, формувати обґрунтований висновок щодо перспективності біомайнінгової технології.

ПР22.1-С1 Обґрунтовувати напрями використання інноваційних технологій фіторе mediaції забруднених і деградованих промислових територій з використанням рослин, відновлення техногенних ландшафтів для контролю та моніторингу забруднення важкими металами та органічними сполуками з урахуванням біологічного різноманіття природно-техногенних ландшафтів.

ПР22.2-С1 Обирати та обґрунтовувати напрями фіторе mediaції та біомайнінгу гірничопромислових земель з урахуванням властивостей рослин до фітоекстракції та фітоаккумуляції важких металів з подальшою утилізацією.

ПР22.3-С1 Виконувати оцінку біоресурсного потенціалу відновлення порушених та забруднених гірничопромислових територій з обґрунтуванням пріоритетних видів рослин здатних до створення піонерних фітоценозів.

ПР22.4-С1 Оцінювати перспективи екосистемного відновлення техногенних ландшафтів, біологічної рекультивації відвалів гірських порід та відходів гірничо-металургійної промисловості для забезпечення стійкого функціонування територій.

4. Структура курсу

ЛЕКЦІЇ

1. Основи мікробіології для гірництва.

Відмінності еукаріотичних і прокаріотичних клітин. Основні класи біомолекул (вуглеводи, жири, білки, нуклеїнові кислоти). Мікробний поділ: поживні речовини, культуральне середовище, фізико-хімічні умови, математичний опис.

2. Основні поняття енергетичного метаболізму мікроорганізмів.

Окислювально-відновні реакції; біохімічні стандартні умови; АТФ, відносини між окисно-відновним потенціалом і енергією; концентраційна залежність окисно-відновного потенціалу; приклади хімічних речовин – донорів та/або акцепторів електронів. Автотрофний метаболізм. Хемолітотрофний, фототрофний та органотрофний тип обміну речовин

3. Механізм біовилуговування.

Біовилуговування та біоокиснення. Основні механізми та шляхи біовилуговування. Мікробне окиснення/відновлення заліза. Мікробне окиснення/відновлення сірки

4. Технології біовилуговування.

Біотехнології видобування металів із сульфідних руд та вторинних мінеральних ресурсів: заліза, свинцю, міді, марганцю, нікелю, цинку, кобальту, миш'яку, ртуті, урану, золота та ін.

5. Основи фіторе mediaції порушених та забруднених територій.

Основні рослини-гіперакумулятори та спектр забруднювачів для вилучення рослинами з твердих субстратів. Спектр забруднювачів для вилучення рослинами з твердих субстратів. Критерії підбору рослин для технологій фіторе mediaції

6. Технології фіторе mediaції.

Технології фітомайнінгу: фітоекстракція, фітоаккумуляція, ризофільтрація, фітодеградація, фітовипаровування, фітостабілізація. Технології утилізації фітоекстракторів. Вивчення успішних технологій фіторе mediaції

7. Прикладні аспекти фіторе mediaції деградованих та забруднених земель.

Обґрунтування способу і технології фіторе mediaції породного відвалу вугільної шахти. Дослідження перспектив використання композитних брикетів з відходів кави для технологій фіторе mediaції деградованих земель. Дослідження впливу важких металів на ростові показники рослин-фіторе mediaнтів. Використання технологій вермікультивування і отримання біогумусу для поліпшення якості ґрунтів. Перспективи фіторекультиваци деградованих земель композитними біогумусовими брикетами.

ЛАБОРАТОРНІ ЗАНЯТТЯ
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1. Підбір рослин-фітоекстракторів для вилучення важких металів та критичних елементів із забруднених ґрунтів і техногенних субстратів.
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2. Біотестування та біоіндикація фітотоксичності забруднених ґрунтів і техногенних субстратів з використанням чутливих рослин.
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3. Вегетаційна оцінка фітоекстракційного потенціалу рослин для вилучення важких металів і критичних елементів із забруднених ґрунтів та техногенних субстратів.
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4. Оцінка фітомайнінгового потенціалу рослинної біомаси як біоруди.
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5. Розрахункова оцінка біовилуговування цінних компонентів із рослинної золи та техногенних субстратів.
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6. Моделювання біосорбції та осадження металів із продуктивних розчинів після біовилуговування.
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7. Розрахункове обґрунтування повного біомайнінгового ланцюга: фітоекстракція → біоруда → біовилуговування → біосорбція та осадження металів

5. Технічне обладнання та/або програмне забезпечення

Використовується лабораторна та інструментальна база кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища, комп'ютерне та мультимедійне обладнання в комп'ютерному класі (ауд. 10/710), а також дистанційна платформа університету Moodle.

6. Система оцінювання та вимоги

6.1. Навчальні досягнення здобувачів вищої освіти за результатами вивчення курсу оцінюватимуться за шкалою, що наведена нижче:

Рейтингова шкала	Інституційна шкала
90 – 100	відмінно
74-89	добре
60-73	задовільно
0-59	незадовільно

6.2. Здобувачі вищої освіти можуть отримати **підсумкову оцінку** з навчальної дисципліни на підставі поточного оцінювання знань за умови, якщо набрана кількість балів з поточного тестування та самостійної роботи складатиме не менше 60 балів.

Максимальне оцінювання:

Теоретична частина	Практична частина		Додаткові бали за участь у тематичних дискусіях	Разом
	При своєчасному складанні	При несвоєчасному складанні		
60	35	25	5	100

Теоретична частина оцінюється за результатами здачі контрольної тестової роботи, яка містить 26 запитань, з яких 25 – прості тести (1 правильна відповідь), 1 задача (на 10 балів). Максимальна кількість балів за контрольний тест – 60.

До кожної лабораторної роботи складається звіт. Лабораторні роботи приймаються за контрольними запитаннями до кожної з робіт.

6.3. Критерії оцінювання підсумкової роботи

Опитування за тестом проводиться з використанням технології Google Forms. Підрахунок кількості балів відбувається автоматично.

Шкала оцінювання: 54-60 балів - відмінно; 44-53 бали - добре; 36-43 бали - задовільно; 0-35 балів – незадовільно.

6.4. Критерії оцінювання лабораторної роботи

Лабораторні роботи приймаються за контрольними запитаннями до кожної роботи. За кожну лабораторну роботу здобувач вищої освіти може отримати наступну кількість балів:

5 балів: отримано правильну відповідь на контрольні запитання, з поясненням змісту окремих складових лабораторної роботи.

4 бали: отримано правильну відповідь з незначними неточностями згідно з еталоном, відсутня формула та/або пояснення змісту окремих складових, або не зазначено одиниці виміру.

3 бали: отримано неправильну відповідь, проте використано формулу з поясненням змісту окремих її складових, зазначено одиниці виміру.

2 бали: отримано неправильну відповідь, проте використано формулу без пояснень змісту окремих її складових та не зазначено одиниці виміру.

1 бал: наведено неправильну відповідь, до якої не надано жодних пояснень.

Додаткові **5 балів** здобувач може отримати під час тематичних дискусій щодо визначення логіки лабораторних досліджень в галузі біомайнінгу.

7. Політика курсу

7.1. Політика щодо академічної доброчесності

Академічна доброчесність здобувачів вищої освіти є важливою умовою для опанування результатами навчання за дисципліною і отримання задовільної оцінки з поточного та підсумкового контролів. Академічна доброчесність базується на засудженні практик списування (виконання письмових робіт із залученням зовнішніх джерел інформації, крім дозволених для використання), плагіату (відтворення

опублікованих текстів інших авторів без зазначення авторства), фабрикації (вигадування даних чи фактів, що використовуються в освітньому процесі). Політика щодо академічної доброчесності регламентується положенням "Положення про систему запобігання та виявлення плагіату у Національному технічному університеті "Дніпровська політехніка". http://www.nmu.org.ua/ua/content/activity/usdocuments/System_of_prevention_and_detection_of_plagiarism.pdf.

У разі порушення здобувачем вищої освіти академічної доброчесності (списування, плагіат, фабрикація), робота оцінюється незадовільно та має бути виконана повторно. При цьому викладач залишає за собою право змінити тему завдання.

7.2. Комунікаційна політика

Здобувачі вищої освіти повинні мати активовану університетську пошту.

Усі письмові запитання до викладачів стосовно курсу мають надсилатися на університетську електронну пошту.

7.3. Політика щодо перескладання

Роботи, які здаються із порушенням термінів без поважних причин оцінюються на нижчу оцінку. Перескладання відбувається із дозволу деканату за наявності поважних причин (наприклад, лікарняний).

7.4 Політика щодо оскарження оцінювання

Якщо здобувач вищої освіти не згоден з оцінюванням його знань він може опротестувати виставлену викладачем оцінку у встановленому порядку.

7.5. Відвідування занять

Для здобувачів вищої освіти денної форми відвідування занять є обов'язковим. Поважними причинами для неявки на заняття є хвороба, участь в університетських заходах, академічна мобільність, які необхідно підтверджувати документами. Про відсутність на занятті та причини відсутності здобувач вищої освіти має повідомити викладача або особисто, або через старосту.

За об'єктивних причин (наприклад, міжнародна мобільність) навчання може відбутись в он-лайн формі за погодженням з керівником курсу.

7.6. Визнання результатів навчання, здобутих у неформальній та/або інформальній освіті

Результати навчання, здобуті студентами у неформальній та/або інформальній освіті можуть бути визнані відповідно до «Положення про визнання в Національному технічному університеті «Дніпровська політехніка» результатів навчання, набутих у неформальній та/або інформальній освіті» (<https://surl.li/jnwwii>), в якому наведена відповідна процедура визнання результатів:

https://ecology.nmu.org.ua/ua/Studies/Unformal_2025.pdf.

8 Рекомендовані джерела інформації

Базові

1. Біомайнінг [Електронний ресурс] : методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт для здобувачів ступеня магістра освітньо-професійної програми «Екологія» зі спеціальності Е2 Екологія / уклад. О.С. Ковров ; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро : НТУ «ДП», 2026. – 90 с.

2. Ковров О.С. Біомайнінг: монографія / О.С. Ковров, І.І. Клімкіна; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро: Журфонд, 2025. – 152 с.
3. Ковров О.С. Екологічні стратегії та інноваційні природоохоронні технології в ЄС та Україні: монографія / О.С. Ковров, Д.В. Кулікова; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро: Журфонд, 2025. – 236 с.
4. Харитонов М.М. Екологічна безпека ґрунтів в ЄС та Україні: монографія; М-во освіти і науки України, Дніпровський державний аграрно-економічний університет. – Дніпро: Журфонд, 2025. – 234 с.
5. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2021 році. – К., Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/01/Natsdopovid-2021-n.pdf>.
6. Цицюра Я.Г. Рекультивація і фіторе mediaція деградованих земель: метод. вказівки. Вінниця: ВНАУ, 2023. 360 с.
7. Клименко М.О. Техноекологія: підручник. / М.О. Клименко, І.І. Залеський. - Херсон: ОЛДІ ПЛЮС, 2017 - 348 с.
8. Войтків П.І., Іванов Є.М. Технології захисту та відновлення ґрунтів: навчально-методичний посібник. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2023. 280 с.
9. Землеробство: Підручник / За ред. І.Д. Примака. – К., 2020. – 578 с.
10. Манько Ю.П. Модель системи екологічного землеробства в Лісостепу України. / Ю.П. Манько, О.Л. Цюк // Методичні рекомендації для впровадження у виробництво. – Київ: Аграрна освіта, 2018. - 36 с.
11. Шувар І.А. та ін. 2018. Сидерати в сучасному землеробстві: науково-виробниче видання (монографія). Івано-Франківськ: Симфонія форте. 156 с.
12. Інноваційні підходи до фіторе mediaції та фіторекультивації у сучасних системах землеробства. Монографія / Я.Г. Цицюра, Ю.М. Шкатула, Т.А. Забарна, Л.В. Пелех. Вінниця: ТОВ «Друк», 2022. 1200 с. URL: <http://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/31038.pdf>.
13. Герасимов, О. І. (2018). Теоретичні основи технологій захисту навколишнього середовища: Навчальний посібник. ТЕС, Одеса. 228 с.

Допоміжні

1. Kovrov O., Klimkina I., Kodachenko L. Обґрунтування способу фіторе mediaції деградованих та забруднених земель композитними біогумусовими брикетами. Technology audit and production reserves: Industrial and technology systems. – 2019. – Vol. 5/3 (49). – P. 28–32. <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2019.183078>.
2. Ковров О.С., Красовський С.А., Сушко З.Л. (2023). Обґрунтування параметрів біологічної рекультивації відвалу шахти для зменшення викидів вуглепородного пилу в атмосферу. Екологічні науки № 4(49). 97-104. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.4-49.13>.
3. Красовський С.А., Ковров О.С. (2022). Вплив солей важких металів Pb та Cd на вегетативні показники Triticum Aestivum. Науково-технічний журнал «Техногенно-Екологічна Безпека», 12(2/2022), 32-36. <https://doi.org/10.52363/2522-1892.2022.2.4>
4. Красовський С.А., Ковров О.С., Клімкіна І.І. Визначення фізико-хімічних параметрів вугільного відвалу ДТЕК ШУ «Героїв космосу». Екологічні науки № 6(39), 2021, 137-140. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.6-39.23>.

5. Красовський С.А., Ковров О.С., Клімкіна І.І. Фіторемедіація вугільних відвалів Західного Донбасу. Зб. наук. праць НГУ. – 2021.– №65. – С.170–178. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/65.170>.

6. Ковров О.С., Клімкіна І.І., Самарська А.В. Красовський С.А. Лабораторне дослідження процесу біовилуговування важких металів як явища кислотного шахтного дренажу. Зб. наук. праць НГУ. – 2020.– №60. – С. 150–161. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/60.150>.

7. Kovrov O., Fedotov V., Zvoryhin K. Justification of phytoremediation technology of degraded landscapes on the basis of ecosystem approach. Technology audit and production reserves: Industrial and technology systems. – 2019. – Vol. 6/3 (50). – P. 3–9. <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2019.185204>.

8. Бондарчук, Ю. В., & Вовк, О. О. (2022). Біомайнінг – екологічна технологія при видобутку металів. *Технічна інженерія*, 2(90), 144–146. [https://doi.org/10.26642/ten-2022-2\(90\)-144-146](https://doi.org/10.26642/ten-2022-2(90)-144-146).

Інформаційні ресурси

- | | |
|---|--|
| – http://zakon4.rada.gov.ua | Офіційний сайт Верховної Ради України |
| – http://www.mon.gov.ua | Офіційний сайт Міністерства освіти і науки України |
| – www.irbis-nbuv.gov.ua | Наукова періодика України. Бібліотека ім. В. Вернадського |
| – http://env.teset.sumdu.edu.ua | Науковий центр прикладних екологічних досліджень |
| – http://ir.nmu.org.ua | Репозиторій НТУ «Дніпровська політехніка» [електронний ресурс] |