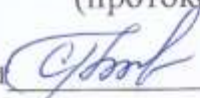


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Біологічний факультет
Кафедра мікробіології

Затверджено на засіданні кафедри мікробіології
біологічного факультету
Львівського національного університету імені Івана Франка
(протокол 4 від 18 березня 2025 р.)

Завідувачка кафедри  проф. Світлана ГНАТУШ

**Силабус з навчальної дисципліни
«БІОТЕХНОЛОГІЇ РЕМЕДІАЦІЇ ДОВКІЛЛЯ»,
яку викладають для здобувачів
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
освітньо-професійної програми «Біотехнології та біоінженерія»
зі спеціальності «162 Біотехнології та біоінженерія»**

Львів – 2025

Назва дисципліни	Біотехнології ремедіації довкілля
Адреса викладання дисципліни	вул. Грушевського 4, Львів, 79005
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	біологічний факультет, кафедра мікробіології
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	16 Хімічна та біоінженерія / 162 Біотехнології та біоінженерія
Викладачі дисципліни	Яворська Галина Василівна, к. б. н., доцентка кафедри мікробіології, доцент
Контактна інформація викладачів	halyna.yavorska@lnu.edu.ua http://bioweb.lnu.edu.ua/employee/yavorska-h-v
Консультації з дисципліни відбуваються	вул. Грушевського 4, ауд. 302 Консультації за попередньою домовленістю. Он-лайн консультації через Zoom або подібні ресурси. Для погодження часу онлайн консультацій слід писати або дзвонити
Сторінка дисципліни	
Інформація про дисципліну	Дисципліна «Біотехнології ремедіації довкілля» є вибірковою дисципліною, яку викладають у VI семестрі в обсязі 6 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS). Ця дисципліна є необхідною для розуміння принципів і методів біологічного відновлення забруднених екосистем та значення таких технологій для сталого розвитку й захисту довкілля.
Коротка анотація дисципліни	Дисципліна розроблено так, щоб надати учасникам необхідні знання про біотехнологічні підходи до очищення ґрунту, води та повітря від різноманітних забруднювачів. У змісті дисципліни представлено теоретичні та практичні знання щодо ознайомлення з основними методами біоремедіації, включно з використанням мікроорганізмів, рослин і грибів. Особлива увага приділяється формуванню вмінь самостійного аналізування ролі біотехнології для збереження довкілля, що сприятиме успішній самореалізації у майбутній професійній діяльності. Робота ґрунтується на повазі та толерантності один до одного. Ми будемо вчитися ставити питання, випробовувати нові ідеї, ризикувати, помилятися та приходити до нових думок і поглядів, самостійно чи разом.
Мета та цілі дисципліни	Метою вивчення вибіркової дисципліни «Біотехнології ремедіації довкілля» є сформувати знання про сучасні біотехнологічні методи очищення довкілля, основи біомоніторингу, та виховати навички застосування здобутих знань

	<p>задля вирішення проблем забруднення навколишнього середовища.</p> <p>Завдання (навчальні цілі):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Сформувати систему знань про основні види забруднень та біотехнологічні методи їх усунення. 2. Сформувати вміння самостійно аналізувати ефективність різних методів біоремедіації для конкретних забруднювачів та умов. 3. Сформувати уявлення про роль генетично модифікованих організмів та нанобіотехнологій у процесах відновлення довкілля.
<p>Література для вивчення дисципліни</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Modupe A.& Olubukola B. (2023). Bioremediation of environmental wastes: the role of microorganisms // <i>Frontiers in Agronomy</i>. https://www.10.3389/fagro.2023.1183691. 2. Zaman Musaib Ul, Pandit B. A, Kumar R., Sofi T A. (2023) Bioremediation: A Sustainable Green Biotechnology. A Review // <i>International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology</i>. Vol. 11 (VIII). https://www.ijraset.com/best-journal/bioremediation-a-sustainable-green-technology 3. Dr-Vinaya T.& Kannan, Karthik. (2022). Microbes and Microbial Biotechnology for Green Remediation. https://www.10.1016/B978-0-323-90452-0.00003-7. 4. Naveen A. & Tahmish F. (2024). Environmental sustainability and biotechnology: opportunities and challenges // <i>Environmental Sustainability</i>. https://www.10.1007/s42398-024-00317-9. 5. STEPHEN, EZEONU & Tagbo, Richard & Anike, Ephraim & Oje, Obinna & Onwurah, Ikechukwu. (2012). Biotechnological Tools for Environmental Sustainability // <i>Prospects and Challenges for Environments in Nigeria-A Standard Review</i>. <i>Biotechnology research international</i>. 2012. 450802. https://www.10.1155/2012/450802. 6. Feng, Weiying & Deng, Yuxin & Cao, Yingnan & Liu, Jing & Han, Yunping & Liu, Jianguo & Miao, Qingfeng & Yang, Fang & Zhu, Ying & Giesy, John. (2023). Biotechnology Remediation and Environmental Behavior of Microplastics in Soils: A Review. <i>Reviews of Environmental Contamination and Toxicology</i>. 261. https://www.10.1007/s44169-023-00038-w. 7. Silva, Renata & Silva, Yali & Silva, Thayse & Sarubbo, Leonie & Luna, Juliana. (2022). Recent advances in environmental biotechnology: role of biosurfactants in remediation of heavy metals. <i>Research, Society and Development</i>. 11. e4411527453. https://www.10.33448/rsd-v11i5.27453.

	<p>Регуляторні документи та настанови</p> <p>8. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища». https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text</p> <p>9. Наказ Міністерства екології та природних ресурсів України від 19.04.2016 № 160 «Про затвердження Порядку ведення Державного кадастру відходів».</p> <p>10. Закон України «Про поводження з відходами».</p> <p>11. Державні санітарно-протиепідемічні правила і норми щодо поводження з медичними відходами. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0959-15#n13</p> <p>12. Водний кодекс України.</p> <p>Інформаційні ресурси</p> <p>13. Державна екологічна інспекція України.</p> <p>14. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України.</p> <p>Джерела літератури до окремих тем подано у презентаціях до лекцій та/або розміщено на платформі Moodle. Уся література, яку здобувачі не зможуть знайти самостійно, буде надана викладачем виключно в освітніх цілях без права її передачі третім особам. Здобувачі заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.</p> <p>Бібліотека ЛНУ імені Івана Франка: https://lnulibrary.lviv.ua/</p> <p>Система дистанційного навчання Moodle ЛНУ імені Івана Франка: http://e-learning.lnu.edu.ua/</p>
Обсяг дисципліни	180 годин / 6 кредитів ECTS. 64 год аудиторних занять, з них 32 год лекцій, 32 год практичних занять; 116 годин самостійної роботи.
Очікувані результати навчання	Для забезпечення такого результату здобувачі знатимуть: основні принципи біоремедіації, види забруднень та методи їх біологічної деградації; технології фіторемедіації, мікоремедіації та бактеріальної ремедіації; а також вмітимуть: характеризувати найраціональніші методи очищення ґрунтів, водних ресурсів та повітря; застосовувати методи моніторингу ефективності біоремедіаційних процесів; аналізувати та інтерпретувати результати екологічного біомоніторингу.
Ключові слова	Біотехнологія, біоремедіація, ремедіація, фіторемедіація, біомоніторинг, біодеградація, забруднення, екологічна біотехнологія, мікробіологія довкілля.
Формат дисципліни	очний/дистанційний (за умови карантинних обмежень, воєнного стану тощо)
	проведення лекцій, практичних занять та консультацій

Теми	Див. табл.-схему нижче
Підсумковий контроль, форма	Залік у кінці семестру. Форми: письмова, тестова, усна
Пререквізити	Для вивчення курсу необхідними є знання з дисциплін "Мікробіологія", "Основи екології", "Загальна та неорганічна хімія", що формують практичні навички, розуміння основ біологічних процесів.
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання дисципліни	Методи навчання: словесні, наочні, самостійної роботи студентів, стимулювання і мотивації навчальної діяльності, активні, проблемно-пошукові та інтерактивні. Методи контролю: усний, письмовий
Необхідне обладнання	персональний комп'ютер, загальнонавчальні комп'ютерні програми і операційні системи, проектор
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховують за інтерактивну діяльність в поєднанні зі самостійною роботою: максимальна кількість балів – 100.</p> <p>Алгоритм оцінювання здобувачів: використання формульованого й сумативного оцінювання. <i>Формульоване</i> з використанням ІТ-інструментів (задля зворотного зв'язку – Mentimeter, самоперевірки знань – Kahoot, взаємооцінювання – Moodle та ін., розвитку творчих підходів – Microsoft, Canva, MindMeister, MindMup та ін., для формування чітких критеріїв – Prometheus, Moodle тощо). <i>Сумативне:</i> з використанням само оцінювання, взаємооцінювання та ІТ-інструментів. Оцінки здобувачі можуть відстежувати упродовж семестру на платформі Moodle і на етапі завершення семестру – Dekanat.</p> <p>Оцінювання відбувається упродовж семестру за інтерактивну діяльність (представлення проєктів, участь в дискусіях, робота в малих групах).</p> <p>Організація оцінювання й практичних занять: елементи семестрового оцінювання проводять упродовж семестру під час практичних занять і підсумовують у залік. На початку семестру формуються (за бажанням) команди (малі групи). Впродовж семестру кожна команда матиме можливість бути в ролях: доповідачів, експертів-опонентів, суддів (інтерактивна частина) і активних учасників (практична частина). Саме командна робота сприятиме налагодженню комунікації, забезпечить обмін досвідом та знаннями, розвиватиме майстерність дискутування, вибору правильної стратегії оцінювання. Ретельна підготовка до практичного заняття та активна участь забезпечать накопичення необхідної кількості балів. Особливу увагу варто</p>

	<p>звернути на активну участь здобувачів в оцінюванні як самих себе, так і інших.</p> <p>У випадку онлайн навчання оцінювання проводять на платформі Moodle (http://e-learning.lnu.edu.ua) з використанням різних платформ цифрових технологій і віртуальних лабораторій Labster.</p> <p>Академічна доброчесність: очікується, що роботи здобувачів будуть їх оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикування джерел, списування, втручання в роботу інших здобувачів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються. Відвідування занять є важливою складовою навчання. Очікується, що всі здобувачі братимуть участь в навчальному процесі, бо саме так можна поставити запитання, обговорити незрозумілі терміни, поняття. Особливо важливо є присутність на практичних заняттях. Важливі нотатки! Робота на лекційних та практичних заняттях ґрунтується на ПОВАЗІ (до здобувачів і викладачів). Ми всі будемо вчитися і маємо право помилятися, виправляючи помилки, матимемо можливість попрактикувати й набути практичних навиків та освоїти нові цифрові технології, що є невід'ємною частиною навчання. Ця дисципліна дасть змогу розвивати <i>soft i hard skills</i>.</p> <p>Політика виставлення балів. Будуть враховані бали набрані за результатами самостійної роботи та бали за діяльність на заняттях. Критерії оцінювання будуть доступні для кожної форми діяльності на платформі Moodle й представлені на початку семестру. Буде забезпечено зворотній зв'язок з боку викладачки (усно та письмово). Щоб перевірити свої оцінки за завдання та прочитати коментарі викладача, клацніть на посилання в Moodle «Журнал оцінок» у меню лівої бічної панелі на сторінці дисципліни. Якщо викладач залишив коментар, натисніть на завдання, щоб переглянути. Наприкінці семестру усі оцінки відображатимуться в електронному журналі системи dekanat (https://dekanat.lnu.edu.ua).</p>
<p>Питання до модульних контролів (замірів знань)</p>	<p>Усі необхідні матеріали розміщено на платформі Moodle (https://e-learning.lnu.edu.ua). Оцінювання відбувається з використанням різних діяльностей.</p>
<p>Опитування</p>	<p>Анкету-оцінку з метою оцінювання якості Дисциплінау буде надано по завершенню Дисциплінау на платформі Moodle</p>

Таблиця 1

Схема дисципліни «Біотехнології ремедіації довкілля»

Тиж-день, дата*	Тема занять	Форма заняття, тривалість, год	Термін виконання*
1.	Вступ до біотехнології ремедіації. Визначення, цілі та завдання. Класифікація біотехнологічних методів очищення: біоремедіація, фіторемедіація, мікоремедіація.	Лекція, 2	1 тиж-день
	Екологічні виклики та роль біотехнології. Біомоніторинг. <i>Дискусія:</i> Які екологічні виклики є найактуальнішими для України? Якою є роль біотехнології у вирішенні екологічних проблем?	практичне заняття, 2 самостійна робота, 7	
2.	Мікробіологічна ремедіація ґрунтів. Механізми деградації забруднювачів мікроорганізмами. Біостимуляція та біоаугментація.	Лекція, 2	1 тиж-день
	Механізми деградації нафтопродуктів мікроорганізмами. Порівняння методів біостимуляції та біоаугментації.	практичне заняття, 2 самостійна робота, 7	
3.	Фіторемедіація. Використання рослин для очищення ґрунтів і води. Механізми: фітоекстракція, фітостабілізація, фітоволатилізація, ризофільтрація.	Лекція, 2	1 тиж-день
	Фітоекстракція як ефективний метод видалення важких металів. Ризофільтрація: можливості очищення стічних вод.	практичне заняття, 2 самостійна робота, 7	
4.	Мікоремедіація. Роль грибів у біодеградації органічних забруднень (нафтопродукти, пестициди). Механізми деградації. Ферментативна деградація	Лекція, 2	1 тиж-день
	Роль грибів у біодеградації пестицидів. Ферментативні механізми очищення, що використовуються грибами.	практичне заняття, 2 самостійна робота, 7	
5.	Біотехнологія очищення водних ресурсів. Біологічні очисні споруди: аеротенки, біофільтри, біоставки.	Лекція, 2	1 тиж-день

	Механізми видалення сполук нітрогену та фосфору.		
	<i>Аналіз кейсів:</i> Розробка біоочисних споруд для промислового підприємства. Видалення фосфору та нітрогену в біореакторах.	практичне заняття, 2 самостійна робота, 7	
6.	Біотехнологічні методи очищення повітря. Біофільтрація, біоскрубери та біотриклінг-фільтри.	Лекція, 2	1 тиждень
	Особливості роботи біофільтрів та біоскруберів. Перспективи застосування біотриклінг-фільтрів у містах.	практичне заняття, 2 самостійна робота, 7	
7.	Ремедіація ґрунтів, забруднених нафтопродуктами. Основні мікроорганізми-деструктори. Біостимуляція та внесення біопрепаратів.	Лекція, 2	1 тиждень
	План біоремедіації території, забрудненої нафтою. Використання біопрепаратів для прискорення очищення.	практичне заняття, 2 самостійна робота, 7	
8.	Ремедіація ґрунтів та вод, забруднених важкими металами. Механізми біосорбції та біоаккумуляції. Роль фіторемедіації.	лекція, 2	1 тиждень
	Які методи є ефективнішими: біосорбція чи фіторемедіація? Як поєднувати біологічні та фізико-хімічні методи?	практичне заняття, 2 самостійна робота, 7	
9.	Біотехнологія утилізації відходів. Анаеробна ферментація (біогаз). Компостування та вермикомпостування.	лекція, 2	1 тиждень
	Технологія отримання біогазу з органічних відходів. Методи вермикомпостування: переваги та недоліки.	практичне заняття, 2 самостійна робота, 7	
10.	Молекулярні методи в екологічній біотехнології. PCR-тестування для ідентифікації біодеградантів. Генетична інженерія для посилення ремедіаційних властивостей.	лекція, 2	1 тиждень
	Які етичні питання виникають під час використання ГМО для біоремедіації? Майбутнє генетичної інженерії в екології.	практичне заняття, 2 самостійна робота, 7	

11.	Інженерні підходи до біоремедіації. Біореактори та системи <i>in situ/ex situ</i> .	лекція, 2	1 тиж- день
	Розробка схеми біореактора для очищення стічних вод від фенолів.	практичне заняття, 2 самостійна робота, 7	
12.	Моніторинг та оцінка ефективності біоремедіації. Фізико-хімічні, мікробіологічні та біохімічні показники.	лекція, 2	1 тиж- день
	<i>Кейс-стаді</i> : Інтерпретація результатів аналізів для оцінки ефективності біоремедіації ґрунту.	практичне заняття, 2 самостійна робота, 7	
13.	Економічна та екологічна оцінка біоремедіаційних технологій. Порівняння біологічних методів з фізико-хімічними.	лекція, 2	1 тиж- день
	Економічна доцільність біологічних та фізико-хімічних методів очищення. Вплив біоремедіації на екосистему.	практичне заняття, 2 самостійна робота, 7	
14.	<i>Кейс-стаді</i> : успішні проєкти біоремедіації у світі. Приклади очищення ґрунтів після техногенних катастроф.	лекція, 2	1 тиж- день
	Аналіз проєкту очищення ґрунту після аварії на танкері. Приклад біоремедіації (Київські очисні споруди). Біоконвейер.	практичне заняття, 2 самостійна робота, 7	
15.	Регуляторні аспекти та стандарти у біотехнології ремедіації. Законодавча база України та міжнародні норми.	лекція, 2	1 тиж- день
	Особливості законодавчої бази України щодо екологічних стандартів. Міжнародні норми та їх вплив на вітчизняні біотехнології.	практичне заняття, 2 самостійна робота, 7	
16.	Підготовка до підсумкового контролю. Консультації. Самостійне повторення матеріалу, виконання тестових завдань. Підготовка до усного опитування.	лекція, 2	1 тиж- день
	Проєктна робота та захист. Презентація індивідуальних або групових проєктів. Обговорення результатів та обґрунтування висновків.	практичне заняття, 2 самостійна	

	Завдання: захист проектної роботи з обраної теми, щодо контролю якості.	робота, 11	
--	---	------------	--

* - заповнюється згідно розкладу в I семестрі

** - питання на практичні заняття і завдання самостійної роботи розміщено на платформі Moodle (<https://e-learning.lnu.edu.ua>)

Авторка дисципліни

 Галина ЯВОРСЬКА

«Погоджено»

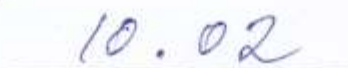
Голова методичної ради
біологічного факультету
Віталій ГОНЧАРЕНКО



 2025 р.



Гарант ОПІ
Віктор ФЕДОРЕНКО

 2025 р.