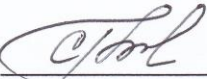


**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Львівський національний університет імені Івана Франка**  
**Біологічний факультет**  
**Кафедра мікробіології**

Затверджено на засіданні кафедри мікробіології  
біологічного факультету Львівського  
національного університету імені Івана Франка  
(протокол № 4 від 22 лютого 2023 р.)

Завідувач кафедри  проф. Світлана ГНАТУШ

**Силабус з навчальної дисципліни**  
**«БІОГЕОХІМІЧНА ДІЯЛЬНІСТЬ МІКРООРГАНІЗМІВ»**,  
яку викладають в межах освітньо-професійної програми "Мікробіологія"  
другого (магістерського) рівня вищої освіти  
для здобувачів зі спеціальності 091 Біологія та біохімія

Львів

<b>Назва дисципліни</b>	Біогеохімічна діяльність мікроорганізмів
<b>Адреса викладання дисципліни</b>	Вул. Грушевського 4, 79005, Львів
<b>Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна</b>	Біологічний факультет, кафедра мікробіології
<b>Галузь знань, шифр та назва спеціальності</b>	09 Біологія, 091 Біологія та біохімія
<b>Викладачі дисципліни</b>	Перетятко Тарас Богданович, кандидат біологічних наук, доцент кафедри мікробіології Яворська Галина Василівна, кандидат біологічних наук, доцент кафедри мікробіології
<b>Контактна інформація викладачів</b>	taras.peretyatko@lnu.edu.ua halyna.yavorska@lnu.edu.ua
<b>Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються</b>	Консультації за попередньою домовленістю (вул. Грушевського 4, ауд. 302) або онлайн на платформі Zoom. Для погодження часу онлайн консультацій слід писати на електронну пошту або телефонувати.
<b>Сторінка дисципліни</b>	<a href="https://bioweb.lnu.edu.ua/course/bioheohimichna-diyalnist-mikroorhanizmv">https://bioweb.lnu.edu.ua/course/bioheohimichna-diyalnist-mikroorhanizmv</a>
<b>Інформація про дисципліну</b>	«Біогеохімічна діяльність мікроорганізмів» є нормативною дисципліною зі спеціальності 091 Біологія та біохімія (ОПП «Мікробіологія») для другого (магістерського) рівня вищої освіти, яка викладається у 2 семестрі для студентів денної форми навчання в обсязі 4 кредити (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
<b>Коротка анотація дисципліни</b>	Навчальну дисципліну розроблено так, щоб надати учасникам необхідні знання для формування системи знань щодо участі різних груп мікроорганізмів у глобальних біогеохімічних циклах елементів у водоймах та ґрунтах, здатності бактерій трансформувати метали і мінерали, пошкодженні матеріалів і виробів, біотехнологій видобування металів, біоремедіації довкілля, деструкції ксенобіотиків.
<b>Мета та цілі дисципліни</b>	Метою вивчення нормативної дисципліни «Біогеохімічна діяльність мікроорганізмів» є ознайомлення здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти з роллю мікроорганізмів у біосфері і їх геохімічною діяльністю в умовах техногенезу, а також виховання навичок та формування вмінь порівнювати роль мікроорганізмів та інших біологічних об'єктів у біосфері; аналізувати

	<p>здатність різних груп мікроорганізмів забезпечувати окремі ланки глобальних біогеохімічних циклів елементів у природі; проводити мікробіологічний аналіз деструкції різних природних та синтетичних матеріалів; визначати причини пошкоджень виробів і матеріалів, спричинених мікроорганізмами. Основними цілями дисципліни є сформувати в здобувачів цілісну систему знань про участь різних груп мікроорганізмів у глобальних біогеохімічних циклах елементів у водоймах та ґрунтах, здатності бактерій трансформувати метали; утворення та функціонування біоплівки як головного чинника мікробної корозії; сформувати уявлення про участь різних груп мікроорганізмів у процесах колообігу карбону, нітрогену, сульфуру фосфору, феруму, мангану; ролі мікроорганізмів в утворенні та деструкції різних мінералів; формування зони агресивного мікробного угруповання під час корозійних процесів.</p>
<p><b>Література для вивчення дисципліни</b></p>	<p>Основна література:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Андреюк К. І., Козлова І. П., Коптева Ж. П. та ін.</i> Мікробна корозія підземних споруд. К.: Наукова думка, 2005. 259 с.</li> <li>2. <i>Білоніжка П.</i> Геохімія біосфери: монографія. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2018. 182 с.</li> <li>3. <i>Верхоляк Н. С., Перетятко Т. Б.</i> Використання ароматичних сполук бактеріями. I. Аеробна й анаеробна деструкція // Біологічні Студії / Studia Biologica. 2018. Т. 12, № 2. С. 135–156.</li> <li>4. <i>Гудзь С. П., Гнатуш С. О., Білінська І. С.</i> Мікробіологія. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2009. 360 с.</li> <li>5. <i>Козлова І. П., Радченко О. С., Стенура Л. Г. та ін.</i> Геохімічна діяльність мікроорганізмів та її прикладні аспекти. К.: Наукова думка, 2008. 528 с.</li> <li>6. <i>Перетятко Т. Б.</i> Біогеохімічна діяльність мікроорганізмів: методичні вказівки для студентів спеціальності 091 – Біологія. Львів: Львівський національний університет імені Івана Франка, 2019. 32 с.</li> <li>7. <i>Ayilara M. S., Babalola O. O.</i> Bioremediation of environmental wastes: the role of microorganisms // Front. Agron. 2023. Vol. 5. 1183691.</li> <li>8. <i>Bala S., Garg D., Thirumalesh B. V. et al.</i> Recent strategies for bioremediation of emerging pollutants: a review for a green and sustainable environment // Toxics. 2022. Vol. 10. 484.</li> </ol>

9. *Fenchel T., King G. M., Blackburn T. H.* Bacterial biogeochemistry. 3<sup>rd</sup> edition. Academic Press is an imprint of Elsevier, 2012. 303 p.
10. *Gadd G. M.* Metals, minerals and microbes: geomicrobiology and bioremediation // *Microbiology*. 2010. Vol. 156. P. 609–643.
11. *Meng S., Peng T., Liu X. et al.* Ecological role of bacteria involved in the biogeochemical cycles of mangroves based on functional genes detected through GeoChip 5.0 // *mSphere*. 2022. Vol. 7, N 1. e00936-21.
12. *Ortiz-Castillo J. E., Mirazimi M., Mohammadi M. et al.* The role of microorganisms in the formation, dissolution, and transformation of secondary minerals in mine rock and drainage: a review // *Minerals*. 2021. Vol. 11. 1349.
13. *Schlesinger W. H., Bernhardt E. S.* Biogeochemistry: an analysis of global change. 3rd edition. Academic Press is an imprint of Elsevier, 2013. 63 p.
14. *Zhang X., Wu K., Han Z. et al.* Microbial diversity and biogeochemical cycling potential in deep-sea sediments associated with seamount, trench, and cold seep ecosystems // *Front Microbiol*. 2022. Vol. 13. 1029564.

Додаткова література:

15. *Борецька М. О., Козлова І. П.* Біоплівка на поверхні металу як фактор мікробної корозії // *Мікробіол. журн.* 2010. Т. 72, № 3. С. 57–65.
16. *Галушка А., Перетятко Т., Гудзь С.* Бактерії циклу сірки та їх роль у природі // *Вісник Львів. ун-ту. Серія біол.* 2007. Вип. 43. С. 61–77.
17. *Перетятко Т. Б., Галушка А. А., Гудзь С. П.* Використання металів як кінцевих акцепторів електронів сульфатвідновлювальними бактеріями // *Біологічні студії*. 2009. Т. 3, № 3. С. 141–158.
18. *Abatenh E., Gizaw B., Tsegaye Z. et al.* The role of microorganisms in bioremediation // *Open. J. Environ. Biol.* 2017. Vol. 2, N 1. P. 38–46.
19. *Camacho A., Walter X. A., Mozo A. P.* Photoferrotrophy: remains of an ancient photosynthesis in modern environments // *Frontiers in Microbiology*. 2017. Vol. 8. 323.
20. *Dang Y. T. H., Power A., Cozzolino D. et al.* Analytical characterisation of material corrosion by biofilms // *Journal of Bio- and Tribo-Corrosion*. 2022. Vol. 8. 50.
21. *Embacher J., Zeilinger S., Kirchmair M. et al.* Wood de-

	<p>cay fungi and their bacterial interaction partners in the built environment – a systematic review on fungal bacteria interactions in dead wood and timber // <i>Fungal Biology Reviews</i>. 2023. Vol. 45. 100305.</p> <p>22. <i>Filote C., Ros M., Simion I. M. et al.</i> Continuous systems bioremediation of wastewaters loaded with heavy metals using microorganisms // <i>Processes</i>. 2022. Vol. 10. 1758.</p> <p>23. <i>Fitzgerald W. F., Lamborg C. H.</i> Geochemistry of mercury in the environment // <i>Earth Systems and Environmental Sciences</i>. 2014. Vol. 11. P. 91–129.</p> <p>24. <i>Johnson J. E., Webb S. M., Ma C. et al.</i> Manganese mineralogy and diagenesis in the sedimentary rock record // <i>Geochimica et Cosmochimica Acta</i>. 2016. Vol. 173. P. 210–231.</p> <p>25. <i>Loken L. C., Small G. E., Finlay J. C. et al.</i> Nitrogen cycling in a freshwater estuary // <i>Biogeochemistry</i>. 2016. Vol. 127. P. 199–216.</p> <p>26. <i>Mohan N., Montazer Z., Sharma P. K. et al.</i> Microbial and enzymatic degradation of synthetic plastics // <i>Frontiers in Microbiology</i>. 2020. Vol. 11. 580709.</p> <p>27. <i>Pal M. K., Lavanya M.</i> Microbial influenced corrosion: understanding bioadhesion and biofilm formation // <i>Journal of Bio- and Tribo-Corrosion</i>. 2022. Vol. 8. 76.</p> <p>28. <i>Pande V., Pandey S. C., Sati D. et al.</i> Microbial interventions in bioremediation of heavy metal contaminants in agroecosystem // <i>Front. Microbiol.</i> 2022. Vol. 13. 824084.</p> <p>29. <i>Polutrenko M., Kryzhanivskiy Y., Pilyashenko-Novohatnyi A., Peretyatko T.</i> The main aspects of microbiological protection of underground oil-and-gas pipelines // <i>Journal of Hydrocarbon Power Engineering</i>. 2014. Vol. 1, N 1. P. 21–29.</p> <p>30. <i>Wang Y., Zhang R., Duan J. et al.</i> Extracellular polymeric substances and biocorrosion/biofouling: recent advances and future perspectives // <i>Int. J. Mol. Sci.</i> 2022. Vol. 23. 5566.</p> <p>31. <i>Ward B.</i> The global nitrogen cycle / <i>Fundamentals of Geobiology</i>. First Edition 2012. P. 36–48.</p> <p>32. <i>Wu B., Liub F., Fang W. et al.</i> Microbial sulfur metabolism and environmental implications // <i>Science of the Total Environment</i>. 2021. Vol. 15. 778.</p>
<b>Обсяг курсу</b>	120 годин. З них 32 години лекцій, 16 годин практичних занять та 72 годин самостійної роботи.
<b>Очікувані результати навчання</b>	Курс розроблено так, щоб сформувати у здобувачів загальні (ЗК) і фахові компетентності (ФК): ЗК07. Здатність до пошуку та аналізу інформації з



використанням різних джерел, зокрема й результатів власних досліджень.

ФК01. Здатність користуватися новітніми досягненнями біології та біохімії, необхідними для професійної, дослідницької та/або інноваційної діяльності.

ФК07. Здатність діагностувати стан біологічних систем за результатами дослідження організмів різних рівнів організації.

ФК16: Здатність визначати і аналізувати актуальні напрямки розвитку прикладної мікробіології.

ФК17. Здатність аналізувати і прогнозувати біогеохімічні процеси за участі мікроорганізмів та оцінити роль мікроорганізмів у здійсненні біогеохімічних колообігів хімічних елементів.

та досягнути програмних результатів:

ПР02. Використовувати бібліотеки, інформаційні бази даних, інтернет ресурси для пошуку необхідної інформації.

ПР06. Аналізувати біологічні явища та процеси на молекулярному, клітинному, організменному, популяційно-видовому та біосферному рівнях з точки зору фундаментальних загальнонаукових знань, а також за використання спеціальних сучасних методів досліджень.

ПР07. Описувати й аналізувати принципи структурно-функціональної організації, механізмів регуляції та адаптації організмів до впливу різних чинників.

ПР13. Дотримуватися основних правил біологічної етики, біобезпеки, біозахисту, оцінювати ризики застосування новітніх біологічних, біотехнологічних і медико-біологічних методів та технологій, визначати потенційно небезпечні організми чи виробничі процеси, що можуть створювати загрозу виникнення надзвичайних ситуацій.

ПР14. Дотримуватись норм академічної доброчесності під час навчання та провадження наукової діяльності, знати основні правові норми щодо захисту інтелектуальної власності.

ПР15. Уміти самостійно планувати і виконувати інноваційне завдання та формулювати висновки за його результатами.

ПР16. Критично осмислювати теорії, принципи, методи з різних галузей біології для вирішення практичних задач і проблем.

ПР22. Критично осмислювати основні напрямки

	<p>розвитку практичної мікробіології для вирішення задач і проблем у мирний час і під час військових дій.</p> <p>ПР24. Аналізувати та оцінювати методологічні підходи для дослідження біогеохімічної діяльності мікроорганізмів та встановлення їхньої ролі у процесах колообігу хімічних елементів.</p> <p>Після завершення цього курсу студент буде:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- знати хімічний склад земної кори; про участь різних груп мікроорганізмів у трансформуванні сполук карбону, нітрогену, сульфуру та фосфору у водному та ґрунтовому середовищах; про здатність бактерій і мікроскопічних грибів в утворенні та деструкції мінералів; механізми аеробної й анаеробної корозії металів; методи захисту виробів і матеріалів від біодеструкторів; про роль мікроорганізмів у вилуговуванні металів; ознаки пошкоджень різних матеріалів мікроорганізмами; про біоремедіацію ґрунтів і ґрунтових вод мікроорганізмами;</li> <li>- вміти використовуючи знання про фізіологічні особливості мікроорганізмів аналізувати їх роль у глобальних біогеохімічних циклах елементів (карбону, нітрогену, сульфуру і фосфору) і трансформуванні металів (феруму, мангану, аурому, арсену і меркурію); використовувати різні методи для виділення мікроорганізмів із природних зразків з елементами біопошкодження; аналізувати вплив аніонного складу ґрунту на інтенсивність мікробної корозії; розробити методи виявлення мікроорганізмів, які пошкоджують різні матеріали.</li> </ul>
<b>Ключові слова</b>	біогеохімія, бактерії, гриби, біодеструкція, цикли елементів.
<b>Формат курсу</b>	Очний або дистанційний.
	Проведення лекцій, практичних робіт та консультації. Електронний курс у системі Moodle.
<b>Теми</b>	Наведено у табл. 1.
<b>Підсумковий контроль, форма</b>	Іспит у кінці семестру.
<b>Пререквізити</b>	Викладання навчальної дисципліни ґрунтується на знаннях, отриманих у результаті вивчення попередніх навчальних дисциплін та потребують базових знань з загальної та неорганічної хімії, мікробіології, генетики, біохімії для сприйняття категоріального апарату предмету.
<b>Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу</b>	Лекції, презентації (ілюстрація, демонстрація), розповідь, пояснення, проектно-орієнтоване навчання, розв'язування ситуативних задач, дискусія, кооперативне навчання. Методи контролю: усний і письмовий.

<p><b>Необхідне обладнання</b></p>	<p>Персональний комп'ютер, загальноживані комп'ютерні програми і операційні системи, проектор.</p>
<p><b>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</b></p>	<p>Дисципліна має два змістові модулі, які охоплюють матеріал усіх тем. Оцінювання проводять за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за таким співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• практичні заняття: 24% семестрової оцінки; максимальна кількість балів – 24;</li> <li>• контрольні роботи (модулі): 26% семестрової оцінки; максимальна кількість балів – 26;</li> <li>• іспит: 50% семестрової оцінки. Максимальна кількість балів – 50.</li> </ul> <p>Дисципліна має два змістові модулі, які охоплюють матеріал усіх тем. Теми самостійної роботи включено у модульні контрольні роботи під час проведення поточного контролю і в екзаменаційні білети.</p> <p>Змістовий модуль 1: 13 тестів по 1 балу (з них 8 балів – за розв'язання тестів з тем лекційних і практичних занять і 5 балів – з тем самостійної роботи); оцінка роботи студента на практичних заняттях –12 балів (по 3 бали за кожне практичне заняття).</p> <p>Змістовий модуль 2: 13 тестів по 1 балу (з них 8 балів – за розв'язання тестів з тем лекційних і практичних занять і 5 балів – з тем самостійної роботи); оцінка роботи студента на практичних заняттях –12 балів (по 3 бали за кожне практичне заняття).</p> <p>Перевірка самостійної роботи: 10 балів – за розв'язання тестів на двох контрольних роботах, 10 балів – теоретичне питання на іспиті в екзаменаційному білеті.</p> <p>Оцінку на іспиті здобувач отримує за усну відповідь на екзаменаційний білет, що складається з трьох містить три описові запитання по 10 балів і розв'язання 20-ти тестових завдань різного рівня складності з використанням платформи Moodle (по одному балу за кожне завдання).</p> <p>При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність здобувачів під час практичних занять; недопустимість пропусків та запізнь на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях не пов'язаних з навчанням; списування та плагіат; невчасне виконання поставленого завдання та ін. <b>Академічна доброчесність.</b> Роботи здобувачів є винятково оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Жодні форми порушення академічної доброчесності (брак посилань на використані джерела, фабрикування джерел, списування, втручання у роботу інших здобувачів та ін.) не толеруються. Виявлення ознак академічної недоброчесності</p>



	<p>в письмовій роботі є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману. <b>Відвідання занять.</b> Усі здобувачі відвідують усі лекції та практичні заняття курсу. Вони мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. Здобувачі зобов'язані дотримуватись усіх строків термінів визначених для виконання письмових робіт, передбачених курсом. <b>Література.</b> 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 іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.</p>
<p><b>Питання до модульних контролів (замірів знань)</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Хімічний склад земної кори.</li> <li>2. Біогеохімія атмосфери Землі.</li> <li>3. Система гідросфери. Класифікація ґрунтових вод. Стратифікація водойм.</li> <li>4. Цикл карбону. Перетворення органічних сполук карбону в ґрунтах.</li> <li>5. Перетворення органічного карбону у водоймах.</li> <li>6. Утворення та розкладання нафти мікроорганізмами. Мікробіологічне утворення метану.</li> <li>7. Цикл нітрогену.</li> <li>8. Колообіг нітрогену у прісних і солоних водоймах. Антропогенний вплив на колообіг нітрогену.</li> <li>9. Цикл сульфору.</li> <li>10. Асиміляційне і дисиміляційне відновлення сульфатів мікроорганізмами.</li> <li>11. Цикл фосфору.</li> <li>12. Осадження та утворення вторинних фосфоровмісних мінералів.</li> <li>13. Мобілізація, асиміляція, іммобілізація й акумулювання металів мікроорганізмами.</li> <li>14. Цикл феруму. Окиснення відновлених форм феруму анаеробними хемолітотрофними і фотолітотрофними бактеріями.</li> <li>15. Цикл мангану.</li> <li>16. Мікробіологічні перетворення аурому. Мікробно індукване осадження аурому.</li> <li>17. Мікробіологічні перетворення арсену. Акумуляція та осадження арсену мікроорганізмами.</li> <li>18. Мікробіологічні перетворення меркурію.</li> <li>19. Мікробне трансформування силіцію.</li> <li>20. Перетворення карбонатів мікроорганізмами.</li> <li>21. Утворення та розкладання покладів сірки.</li> <li>22. Утворення та деструкція сульфідних руд.</li> </ol>

	<p>23. Утворення та розкладання залізних і манганових руд.</p> <p>24. Механізми аеробної й анаеробної корозії.</p> <p>25. Роль сіркоокиснювальних та сульфатвідновлювальних бактерій у створенні екстремальних корозійних ситуацій.</p> <p>26. Феросфера – зона формування агресивного мікробного угруповання.</p> <p>27. Підходи до прогнозування корозійної ситуації у підземному середовищі.</p> <p>28. Мікробіологічні аспекти активного і пасивного захисту підземних споруд від мікробної корозії.</p> <p>29. Формування біоплівки на поверхні захисних покриттів.</p> <p>30. Методи захисту виробів і матеріалів від біодеструкторів.</p> <p>31. Вилуговування металів із сульфідних руд мікроорганізмами.</p> <p>32. Вилуговування металів із розчинів.</p> <p>33. Окиснення та відновлення металів мікроорганізмами.</p> <p>34. Біосорбція металів мікроорганізмами.</p> <p>35. Деструкція природних органічних речовин бактеріями і плісневими грибами.</p> <p>36. Пошкодження деревини мікроорганізмами.</p> <p>37. Пошкодження тканин і волокон бактеріями та грибами.</p> <p>38. Пошкодження натуральної та синтетичної шкіри мікроорганізмами.</p> <p>39. Пошкодження полімерних матеріалів бактеріями та грибами.</p> <p>40. Пошкодження гумотехнічних виробів і лакофарбових матеріалів мікроорганізмами.</p> <p>41. Деструкція ксенобіотиків аеробними мікроорганізмами.</p> <p>42. Деструкція ксенобіотиків анаеробними мікроорганізмами.</p> <p>43. Біологічні методи очищення стічних вод.</p> <p>44. Біоремедіація ґрунтів і ґрунтових вод за участі мікроорганізмів.</p>
<p><b>Опитування</b></p>	<p>Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.</p>

Таблиця 1

## Схема курсу «Біогеохімічна діяльність мікроорганізмів»

№ Тиж-день*	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності (заняття), год	Література, ресурси в інтернеті	Термін виконання
1	Загальна геохімічна організація біосфери. Хімічний склад земної кори. Роль мікроорганізмів у становленні складу атмосфери.	лекція – 2 год	1, 2, 5, 9, 31	1 тиждень
1	Система гідросфери. Класифікація ґрунтових вод. Хімічний склад вод океанів і річок. Характеристика біогеохімічних процесів, які відбуваються в атмосфері за участю мікроорганізмів.	самостійна робота – 6 год	2, 5, 9, 13, 30	1 тиждень
2	Глобальні біогеохімічні цикли елементів. Цикл карбону. Фіксація CO <sub>2</sub> автотрофними організмами з утворенням органічних сполук. Окиснення органічних сполук до вуглекислого газу.	лекція – 2 год	4, 5, 11, 13, 14, 21, 30	1 тиждень
2	Утворення та розкладання нафти мікроорганізмами. Мікробне окиснення метану до вуглекислого газу.	практична робота – 2 год	5, 6, 9, 13, 18	2 тижні
3	Цикл нітрогену. Амоніфікація. Нітрифікація. Денітрифікація. Азотофіксація. Анаеробне окиснення амонію. Антропогенний вплив на колообіг нітрогену.	лекція – 2 год	4, 5, 9, 11, 13, 14, 31	1 тиждень
4	Цикл сульфуру. Мінералізація сульфуровмісних органічних сполук. Мікробне окиснення сполук сульфуру. Відновлення сульфуровмісних сполук мікроорганізмами. Антропогенний вплив на колообіг сульфуру.	лекція – 2 год	1, 4, 5, 11, 13, 14, 16, 27, 32	1 тиждень
4	Колообіг нітрогену у прісних водоймах і Світовому океані. Антропогенний вплив на колообіг нітрогену.	практична робота – 2 год	4, 5, 6, 9, 11, 13, 14, 31	2 тижні
4	Цикл фосфору. Вивітрювання первинних фосфоровмісних мінералів. Асиміляція розчинних сполук фосфору мікроорганізмами. Мінералізація органічного фосфору. Осадження й утворення вторинних фосфоровмісних мінералів.	самостійна робота – 10 год	4, 5, 9, 11, 13	2 тижні

№ Тиж-день*	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності (заняття), год	Література, ресурси в інтернеті	Термін виконання
5	Трансформування металів мікроорганізмами. Мобілізація, асиміляція, іммобілізація й акумулювання металів.	лекція – 2 год	1, 2, 5, 9, 13, 17, 28, 31	1 тиждень
6	Цикли металів. Цикли феруму та мангану. Мікробіологічні перетворення ауруму й арсену.	лекція – 2 год	1, 2, 5, 9, 10, 13, 17, 19, 23, 24, 31	1 тиждень
6	Мікробіологічні перетворення меркурію.	практична робота – 2 год	5, 6, 9, 13, 17, 23	2 тижні
6	Трансформування металів мікроорганізмами.	самостійна робота – 8 год	1, 2, 10, 13, 17, 28	2 тижні
7	Утворення та деструкція мінералів мікроорганізмами. Формування мінералів за участю мікроорганізмів. Мікробне трансформування силіцію. Перетворення карбонатів мікроорганізмами.	лекція – 2 год	5, 9, 10, 12, 18, 24, 31	1 тиждень
8	Руйнування мінералів і гірських порід мікроорганізмами. Деструкція бокситів, карбонатів, оксалатів, силікатів.	лекція – 2 год	5, 6, 9, 10, 17, 32	1 тиждень
8	Утворення та розкладання залізних і марганцевих руд.	практична робота – 2 год	5, 6, 9, 12, 13, 24	2 тижні
8	Утворення та деструкція сульфідних та марганцевих руд мікроорганізмами. Біоінералізація золота бактеріями.	самостійна робота – 10 год	5, 10, 12, 13, 18, 24	2 тижні
9	Біопшкодження як індикатор біогеохімічної діяльності мікроорганізмів. Механізми аеробної й анаеробної корозії. Сучасні уявлення про біокорозійну активність ґрунтів.	лекція – 2 год	1, 5, 15, 16, 20, 27, 29, 30	1 тиждень
10	Стратегія вивчення мікробної корозії: біоплівка, її формування та функціонування. Екзополімери – основні чинники формування біоплівки. Мікробна корозія як результат взаємодії між біоплівкою та поверхнею металу.	лекція – 2 год	1, 5, 13, 15, 27, 29, 30	1 тиждень
10	Біоплівка – головний чинник мікро-	практична	1, 5, 6, 13,	2 тижні

№ Тиж-день*	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності (заняття), год	Література, ресурси в інтернеті	Термін виконання
	бної корозії.	робота – 2 год	15, 20, 27, 29, 30	
10	Мікробіологічні аспекти активного та пасивного захисту підземних споруд від мікробної корозії. Формування біоплівки на поверхні захисних покриттів.	самостійна робота – 10 год	1, 5, 13, 15, 20, 27, 29, 30	2 тижні
11	Біодеградація забруднюючих речовин мікроорганізмами. Чинники, що впливають на мікробну деградацію.	лекція – 2 год	1, 3, 5, 18, 22	1 тиж-день
12	Пошкодження матеріалів і виробів мікроорганізмами. Пошкодження деревини, волокон і тканин, шкіри, полімерних матеріалів бактеріями та грибами.	лекція – 2 год	1, 18, 21, 22	1 тиж-день
12	Методи захисту виробів і матеріалів від мікроорганізмів-деструкторів.	практична робота – 2 год	1, 5, 6, 18, 21, 22	2 тижні
12	Методи дослідження бактерію- та грибостійкості матеріалів.	самостійна робота – 10 год	1, 5, 18, 21, 22	2 тижні
13	Біотехнології видобування металів. Вилуговування металів зі сульфідних руд. Вилуговування металів із розчинів.	лекція – 2 год	1, 10, 11, 12, 22	1 тиж-день
14	Технології бактеріального вилуговування металів. Вилучення металів зі силікатних матеріалів. Вилуговування алюмінію, мангану, самородного золота.	лекція – 2 год	1, 9, 10, 12, 22	1 тиж-день
14	Окиснення та відновлення металів мікроорганізмами.	практична робота – 2 год	5, 6, 13, 17, 22, 28	2 тижні
14	Мікробне осадження сульфідів металів. Біосорбція металів. Збагачення руд: видалення силіцію, флотаційне збагачення руд.	самостійна робота – 10 год	5, 9, 13, 17, 23	2 тижні
15	Біоремедіація довкілля за участю мікроорганізмів.	лекція – 2 год	7, 8, 13, 18, 22, 29	1 тиж-день
16	Деструкція ксенобіотиків мікроорганізмами. Біологічні методи очищення стічних вод.	лекція – 2 год	3, 5, 8, 17, 18, 22	1 тиж-день
16	Біоремедіація ґрунтів і ґрунтових во	практична	6, 7, 8, 13,	2 тижні



№ Тиж-день*	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності (заняття), год	Література, ресурси в інтернеті	Термін виконання
	вод.	робота – 2 год	18, 22, 28	
16	Використання реакторів сухого типу і пульпових реакторів для очищення ґрунту.	самостійна робота – 8 год	13, 18, 22, 28	2 тижні

\* - може змінюватися згідно розкладу I семестру

Практичні заняття відбуваються з використанням інноваційних методів навчання (кооперативне навчання).

Автори



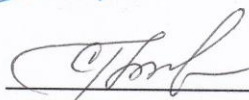
Тарас ПЕРЕТЯТКО



Галина ЯВОРСЬКА



«Погоджено»  
Голова методичної ради  
біологічного факультету  
Віталій ГОНЧАРЕНКО  
15.02. 2023 р.



Гарант ОПІ  
Світлана ГНАТУШ  
15.02 2023 р.