МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Факультет геологічний
Кафедра мінералогії, геохімії і петрографії
імені професора Ореста Матковського

Затверджено
на засіданні кафедри мінералогії, петрографії і геохімії
імені професора Ореста Матковського
геологічного факультету
Львівського національного університету
імені Івана Франка
(протокол № 1 від 8.09.2025 р.)

Завідувачка кафедри мінералогії,
петрографії і геохімії
імені професора Ореста Матковського

Ірина ПОБЕРЕЖСЬКА

Силабус з навчальної дисципліни

«Геохімія»,

що викладається в межах ОПП «Геологія», «Геологія нафти і газу», «Геохімія та мінералогія»,

другого (магістерського) рівня вищої освіти для здобувачів

зі спеціальності Е4 Науки про Землю

Львів 2025

Назва дисципліни	Геохімія
Адреса викладання дисципліни	вул. Грушевського, 4, Львів
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	Геологічний факультет, кафедра мінералогії, петрографії і геохімії імені професора Ореста Матковського
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	**Галузь знань** Е "Природничі науки, математика та статистика" **Спеціальність** Е4 Науки про Землю
Викладачі дисципліни	**Побережська Ірина Володимирівна,** завідувач кафедри мінералогії, петрографії і геохімії імені професора Ореста Матковського, кандидат геолого-мінералогічних наук, доцент **Білик Наталія Теодорівна** асистент кафедри мінералогії, петрографії і геохімії імені професора Ореста Матковського
Контактна інформація викладачів	iryna.poberezhska@lnu.edu.ua https://geology.lnu.edu.ua/employee/poberezhska-iryna-volodymyrivna nataliya.bilyk@lnu.edu.ua https://geology.lnu.edu.ua/employee/bilyk-nataliya-teodorivna
Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються	Консультації по курсу відбуваються в день проведення лекцій/ лабораторних занять (на кафедрі, ауд. 219). Також можливі он-лайн консультації через MS Teams. Для погодження часу он-лайн консультацій слід писати в чат команди ГЕОХІМІЯ в Teams.
Сторінка курсу	https://geology.lnu.edu.ua/course/heokhimiia
Інформація про дисципліну	Дисципліна «**Геохімія**» » є нормативною дисципліною з циклу професійної та практичної підготовки з спеціальності Е4 Науки про Землю, яка викладається в **I** семестрі в обсязі **4,0** кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Коротка анотація дисципліни	Геохімія має вирішальне значення для кількісного визначення механізмів, швидкостей і джерел, що стоять за кожним аспектом системи Землі. Засвоївши цей курс, магістр отримує спеціальні знання та навички в сучасних геохімічних методів, що потрібні для кар'єри в різних галузях геології та наук про навколишнє середовище. Курс передбачає практичну лабораторну та польову підготовку з відбору проб, а також досвід обробки та аналізу геохімічних даних із використанням сучасного програмного забезпечення. Він готує до роботи в промисловості, включаючи прикладні модулі нафто-газової та екологічної геохімії.
Мета та цілі дисципліни	**Мета**: формування сучасного розуміння геохімічних аспектів основних геологічних та екологічних проблем; засвоєння широкого набору практичних навичок роботи з геохімічними проблемами. **Цілі**: Набуття компетентності оперування основними принципами в геохімії, включаючи баланс маси, хімія розчинів і мінералоутворення, геохімічний транспорт елементів; знайомство із застосуванням як стабільних, так і радіоізотопних вимірювань до проблеми в геології та екології
Література для вивчення дисципліни	**Основна література:** 1. Шнюков С.Є., Гожик А.П. Основи геохімії / Навчальний посібник, Київ. КНУ ім. Т. Г. Шевченка, – 2011. – 245. 2. Alexandre P. Practical Geochemistry /Springer, 2021. –124 p. 3. Dickin A.P. Radiogenic Isotope Geology/ Cambridge. University Press, 2005. – 509 p

4. Hoefs J. Stable Isotope Geochemistry/ Springer, 2009. – 293 p Misra KC (2012) Introduction to Geochemistry: Principles and Applications/Wiley-Blackwell, Oxford, 452 p.
5. Rollinson H., Pease V. Using geochemical data: to understand geological processes / Cambridge University Press, 2021

Додаткова література:

6. Гожик А.П., Байсарович І.М., Зінченко О.В., Шнюков С.Є Геохімія зони гіпергенезу / Київ. КНУ ім. Т. Г. Шевченка, – 2011. – 110 с.
7. Мончак Л.С., Трубенко О.М. Прикладна геохімія нафти і газу. – Івано-Франківськ: Факел, 2008. 67 с.
8. Нестеровський, В. А. Богатиренко В. А.. Геохімія нафти і газу : навчальний посібник /Київ: ВПЦ "Київський університет", 2020. – 176 с.
7. Побережська І.В. Ультраосновні породи Західно-Лащівського масиву (Побузький рудний район). / Побережська І.В., Білик Н.Т., Сливко Є.М., Боднарчук В.В., Бірук Д.С., Меркушин І.Є. // Мінералогічний збірник. – 2024. – № 74. – 2078-6220 (56-66) – DOI: https://doi.org/10.30970/min.74.05.
8. Albarede F (2009) Geochemistry, an introduction, 2nd edn./ Cambridge University Press
9. Dembicki, Harry Jr. Practical Petroleum Geochemistry For Exploration And Production/ Elsevier,2022, 426 p
10. Encyclopedia of geochemistry : a comprehensive reference source on the chemistry of the earth Edited White W. Springer, 2020. –1574 p.
11. Peter Ryan Environmental and Low-Temperature Geochemistry John Wiley & Sons, Inc., Year: 2019
12. Stanley E. Manahan Environmental Chemistry. Eleventh edition published 2022
13. White WM (2013) Geochemistry/ Wiley-Blackwell, Oxford
14. White WM Isotope Geochemistry/ Wiley-Blackwell, 2015

Інтернет-джерела.

Інформація про хімічні елементи

1. WebElementsTM Periodic table (professional edition) http://www.webelements.com/

Інформація щодо ізотопів

2. The Berkeley Laboratory Isotopes Project's http://ie.lbl.gov/education/isotopes.htm

Геохімічні веб-ресурси

3. http://www.geo.cornell.edu/geology/classes/Geochemweblinks.HTML

Геохімічні бази даних

4. EarthChem Home: Search Geochemical Data - Geochemistry Database - USGS
5. Geochemical Earth Reference Model (GERM)
6. Geochemistry of Rocks of the Oceans and Continents (GEOROC) http://georoc.mpch-mainz.gwdg.de

Вся рекомендована література надана викладачем в on-line сховищах MOODLE і TEAMS виключно в освітніх цілях без права її передачі третім особам. У презентаціях лекцій та вказівках до лабораторних занять будуть вказані конкретні розділи, сторінки та інтернет-джерела, які потрібно прочитати та використати для засвоєння матеріалу лекцій та виконання індивідуальних

	проектів.
Обсяг курсу	**Загальна кількість годин - 120.** З них: *для очної форми навчання:* аудиторних годин - 48: лекцій - 16 лабораторних занять - 32 самостійна робота - 72 *для заочної форми навчання:* аудиторних годин - 20: лекцій - 8 лабораторних занять - 12 самостійна робота - 100
Очікувані результати навчання	Після завершення цього курсу студент буде : **Знати** визначення головних понять та термінів, які зустрінуті під час вивчення курсу. **Вміти** визначити який ізотопний аналіз придатний для певного виду досліджень геологічного матеріалу. Вивчати геохронологію порід за радіоактивними ізотопами. Передбачати походження гірських порід за їхнім хімічним складом. Розшифровувати геологічні події за даними геохімічних аналізів та ізотопного складу. **Загальні компетентності** ЗК1- Здатність до адаптації і дії в новій ситуації ЗК2 – Вміння виявляти, ставити, вирішувати проблеми. **Фахові компетентності спеціальності** ФК3 – Розуміння планети як єдиної системи, найважливіших проблем її будови та розвитку. ФК4 – Володіння сучасними методами досліджень, які використовуються у виробничих і науково-дослідницьких організаціях при вивченні Землі, її геосфер та їхніх компонентів. ФК7 – Уміння проводити мінералогічні, петрографічні і геохімічні дослідження в полі та лабораторії. ФК8 – Здатність здійснювати реконструкцію процесів мінералоутворення при виконанні тематичних та пошуково-розвідувальних робіт. ФК9 – Здатність використовувати професійно профільовані знання й практичні навички для з’ясування просторово-часових закономірностей розподілу мінералів **Програмні результати навчання** ПРН1 - Аналізувати особливості природних та антропогенних систем і об'єктів геосфер Землі. ПРН2 – Застосовувати свої знання для визначення і вирішення проблемних питань і прийняття обґрунтованих рішень в науках про Землю. ПРН5 – Планувати і здійснювати наукові експерименти, писати наукові роботи за фахом ПРН7 – Знати сучасні методи дослідження Землі та її геосфер і вміти їх застосовувати у виробничій та науково-дослідницькій діяльності. ПРН10 – Вирішувати практичні задачі наук про Землю (за спеціалізацією) з використанням теорій, принципів та методів різних спеціальностей з галузі природничих наук ПРН14 – Вміти планувати і проводити мінералогічні, петрографічні і геохімічні польові та лабораторні дослідження і виконувати звіти, презентації. ПРН16 – Виявляти еволюційну спрямованість геохімічних процесів та режими геодинамічного розвитку земної кори досліджуваних територій від

	докембрію до кайнозою. ПРН17 – Вміти аналізувати мінералогічні, петрографічні і геохімічні дані, визначати умови генезису гірських порід.
Ключові слова	Хімічний елемент, ізотоп, форма знаходження елемента, носій елемента, фаза, фракціонування, розчин, геохімічний резервуар, геохімічний цикл, геохімічний трасер, радіоактивний розпад, ізотопне датування, стабільні ізотопи, радіоактивні ізотопи
Формат курсу	Очний
Теми	Подано нижче у табличній формі СХЕМА КУРСУ
Підсумковий контроль, форма	Іспит в кінці семестру
Пререквізити	Викладання навчальної дисципліни базується на знаннях із курсів: загальна геологія, хімія, кристалографія, мінералогія, систематична мінералогія, петрографія, літологія, основи геохімії.
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	Головні навчальні методи: • словесні – лекції, бесіди, бесіди з елементами формування проблемних завдань • наочні – демонстрація, ілюстрація, мультимедійна презентація, спостереження • дослідницькі (виконання завдань самостійної роботи, спрямованих на активізацію отриманих знань підчас аудиторних занять) Техніки, які використовуються: • метод генерацій ідей • навчальна дискусія • метод кейсів • метод моделювання
Необхідне обладнання	Мультимедійних проектор. Колекція мінералів, порід та руд. Персональні комп'ютери студентів. Програмне забезпечення: MS Excel, PowerPoint, Grapher (trial), Surfer (trial), QGIS (free). Аналітичне обладнання лабораторій університету: скануючий електронний мікроскоп (Tescan VEGA 3 LMU), енергодисперсійний рентгенівський мікроаналізатор (Oxford Instruments Aztec ONE), растровий електронний мікроскоп-мікроаналізатор РЕММА-102-02, РФА спектрометр (ElvaX Pro). Портативні газові аналізатори. Комплект обладнання для відбору проб ґрунту. Портативний аналізатор вологості ґрунту.
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням: • Активність під час лабораторних занять – максимальна кількість балів 16; • Самостійні домашні роботи (3 роботи, 5 балів кожна) оцінюються відповідно від адекватності виконаних розрахунків (60 % оцінки), якості оформлення таблиць та графіки (40 % оцінки). Несвоєчасне виконання поставленого завдання призводить до зниження оцінки на 20 % за тиждень затримки. • Індивідуальний проект оцінюється в 10 балів у пропорції: змістовна частина – максимум 3 бали, візуалізація – 3 бали, презентація – 4 бали. • 3 контрольні заміри. За один контрольний замір – максимум 3 бали; • Іспит – максимальна кількість балів 50. Підсумкова максимальна кількість балів 100. **Академічна доброчесність**: Жодні форми порушення академічної

	доброчесності не толеруються. Очікується, що роботи студентів будуть їхніми оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикування джерел, списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в самостійній роботі студента є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману. **Відвідання занять** є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції і практичні заняття курсу. Студенти мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися усіх строків визначених для виконання усіх видів самостійних робіт, передбачених курсом.
Питання до іспиту	1. Відмінність елементу та ізотопу 2. Геохімічні класифікації хімічних елементів 3. Мас-спектрометр, принципи його функціонування 4. Радіоактивність, види радіоактивного розпаду. Батьківські та дочірні ізотопи. 5. Закон радіоактивного розпаду 6. Родини (ряди) радіоактивних елементів 7. Методи ізотопного датування гірських порід та мінералів 8. Причини завищення та заниження ізотопного віку мінералів та порід 9. Джерела аналітичних помилок та їх уникнення 10. Класифікація мінералів за ступенем радіоактивності 11. Визначення віку гірських порід і руд за звичайним свинцевим методом 12. Уран-торій-свинцевий метод: метод ізохрони 13. Геохімічний фон та геохімічна аномалія. 14. Основні чинники, що контролюють геохімічні параметри магматичних процесів 15. Основні чинники, що контролюють геохімічні параметри осадових процесів 16. Рубідій стронцієвий метод 17. Геохімічні трасери в осадових системах 18. Рідкоземельні елементи як геохімічні трасери 19. Основні чинники, що контролюють геохімічні параметри гідротермальних процесів 20. Переваги та недоліки уран-торій-свинцевого та калій аргонового методів 21. Геохімія стабільних ізотопів кисню 22. Геохімія стабільних ізотопів сірки 23. Геохімія стабільних ізотопів вуглецю 24. Генетичне і пошукове значення стабільних ізотопів вуглецю і сірки 25. Стабільні ізотопи стронцію та їх генетичне значення 26. Фракціонування стабільних ізотопів
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу

Схема **лекційного курсу** "**Геохімія**"

Тиж-день	**Тема, короткі тези**	**К-ть ауд. годин**	**К-ть годин самост. роботи**
1	**Тема 1.** Основні поняття геохімії. Елемент і ізотоп.	2	4

	Термодинаміка та кінетика. Фази та фракціонування. Форми знаходження та носії хімічного елементу. Геохімічні потоки, резервуари, цикли.		
3	**Тема 2.** Геохімічні дані. Специфіка геохімічних даних для кожного із носіїв. Геохімічний фон та геохімічна аномалія. Основні чинники, що контролюють геохімічні параметри геологічних процесів.	2	2
5	**Тема 3.** Аналітична геохімія. Аналітичні методи в геохімії. Принципи вибору методів для вирішення конкретних завдань. Джерела аналітичних помилок. Базові геохімічні лабораторії.	2	3
7	**Тема 4.** Фракціонування та змішування в геохімічних системах. Геохімічні трасери.	2	2
9	**Тема 5 .** Геохімічні трасери в магматичних системах	2	2
11	**Тема 6 .** Геохімічні трасери в осадових системах	2	2
13	**Тема 7 .** Геохімічні трасери в гідротермальних системах	2	2
15	**Тема 8 .** Геохронологія. Основні ізотопні хронометри, області їх використання та оцінка достовірності.	2	3
	Всього	16	**20**

Лабораторні заняття з курсу Геохімія

Матеріали, необхідні для підготовки до лабораторних занять і виконання самостійних завдань знаходяться в команді ГЕОХІМІЯ в середовищі **MS Teams** .
Лабораторні заняття будуть трьох типів:

1. Ознайомлення із роботою аналітичного обладнання в лабораторіях університету.
2. Проведення польових геохімічних досліджень із використанням портативних аналізаторів та обладнання для відбору ґрунтових проб.
3. Обробка, статистичний аналіз та візуалізація геохімічних даних із використанням із використанням програмних пакетів MS Excel, Grapher, Surfer, QGIS.

Кожний студент на протязі семестру готує індивідуальний проект, використовуючи всі засвоєні методи обробки для масиву геохімічних даних, наданого викладачем. Завдання буде виконуватися в таблицях Excel та прикладних програмах і завершуватися презентацією результатів дослідження у форматі PowerPoint.

Тиж-день	**Тема, короткі тези**	**Кількість аудиторних годин**	**К-ть годин самостійної роботи**
1	**Тема 1.** Відбір та первинна обробка геохімічних проб. Перевірка залишкових знань з мінералогії, петрографії і літології	2	2
2	**Тема 2.** Відбір і первинна обробка геохімічних проб	2	2
3	**Тема 3.** Ознайомлення із рентгеноспектральним аналітичним обладнанням лабораторія електронної мікроскопії кафедри фізики твердого тіла	2	1
4	**Тема 4.** Ознайомлення із рентгеноспектральним аналітичним обладнанням Центру колективного користування науковим обладнанням “Лабораторія матеріалознавства інтерметалічних сполук”	2	1
5	**Тема 5.** Ознайомлення із рентгенофлюорисцентним	2	1

	аналітичним обладнанням Центру колективного користування науковим обладнанням “Лабораторія матеріалознавства інтерметалічних сполук”		
6	**Тема 6.** Портативні геохімічні аналізатори і їх використання в польових дослідженнях	2	2
7	**Тема 7.** Обробка та аналіз геохімічних даних перетворення одиниць статистичний аналіз	2	2
8	**Тема 8.** Статистичний аналіз геохімічних даних із використанням таблиць Excel.	2	3
9	**Тема 9.** Графічна візуалізація геохімічних даних в пакеті GRAPHER. Статистичні та варіативні діаграми	2	3
10	**Тема 10.** Графічна візуалізація геохімічних даних. Статистичні та варіативні діаграми	2	3
11	**Тема 11.** Графічна візуалізація геохімічних даних. Класифікаційні діаграми	2	3
12	**Тема 12.** Графічна візуалізація геохімічних даних. Дискримінаційні діаграми геологічних ситуацій	2	3
13	**Тема 13.** Графічна візуалізація просторового розподілу геохімічних параметрів в QGIS та SURFER	2	3
14	**Тема 14.** Графічна візуалізація даних радіоактивних ізотопів та їх інтерпретація	2	2
15	**Тема 15.** Розрахунок ізотопного віку в системі U-Pb та K–Ar	2	2
16	**Тема 16.** Графічна візуалізація даних стабільних ізотопів та їх інтерпретація	2	2
	Всього	32	**35**

.

На виконання **індивідуального проекту** відводиться **17** годин самостійної роботи студента.

Теми і вибірки геохімічних даних для індивідуальних проектів підбираються викладачами у відповідності із спрямуванням магістерської роботи кожного студента.