

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Факультет геологічний
Кафедра геології корисних копалин і геофізики

Затверджено
на засіданні кафедри геології
корисних копалин і геофізики
геологічного факультету
Львівського національного університету
імені Івана Франка
(протокол № 1 від 30.08.2023 р.)

Завідувач кафедри



Олег ГАЙОВСЬКИЙ

Силабус з навчальної дисципліни
«Основи термобарогеохімії»,
що викладається в межах ОПШ
Геологія. Комп'ютерні технології в науках про Землю
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти для здобувачів з
спеціальності 103 Науки про Землю

Назва дисципліни	Основи термобарогеохімії
Адреса викладання дисципліни	Львівський національний університет імені Івана Франка, геологічний факультет, кафедра геології корисних копалин і геофізики, вул. Грушевського, 4, м. Львів
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	Геологічний факультет, кафедра геології корисних копалин і геофізики
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	10 Природничі науки 103 Науки про Землю
Викладачі дисципліни	Павлунь Микола Миколайович – доктор геологічних наук, професор кафедри геології корисних копалин і геофізики Ціхонь Сергій Іванович – кандидат геологічних наук, доцент, в.о. декана геологічного факультету
Контактна інформація викладачів	e-mail: mykola.pavlun@lnu.edu.ua serhii.tsikhon@lnu.edu.ua вул. Грушевського, 4, кімната 232, 234
Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються	Консультації, за необхідності, проводяться в день лекцій і практичних занять, або за попередньою домовленістю. Крім того, можливі онлайн консультації через Telegram, Zoom, Teams, електронну пошту або інші ресурси. Для погодження часу онлайн консультацій слід писати на електронну пошту викладача або телефонувати.
Сторінка курсу	https://geology.lnu.edu.ua/course/termobarogeohimiya
Інформація про дисципліну	Курс «Основи термобарогеохімії» є одним з головних у формуванні сучасних уявлень про фізико-хімічні процеси, що відбуваються у надрах Землі.
Коротка анотація дисципліни	Дисципліна «Основи термобарогеохімії» є вибірковою дисципліною з спеціальності 103 Науки про Землю для освітньої програми <i>Геологія. Комп'ютерні технології в науках про Землю</i> , яка викладається в 5 семестрі в обсязі 4 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Мета та цілі дисципліни	Мета вивчення вибіркової дисципліни «Основи термобарогеохімії» полягає у розкритті перед студентами одного із шляхів пізнання діалектичної єдності геологічних і фізико-хімічних процесів, оскільки повне уявлення про природу різноманітних мінеральних скупчень, тим більше про генезис родовищ корисних копалин, неможливе без знання про загальну спрямованість і динаміку теплового режиму, агрегатний стан та іонно-газовий склад середовища, його щільність (густина), окислювально-відновні та кислотно-лужні властивості. Головні цілі: студенти повинні опанувати теоретичну частину курсу, головні методи термобарогеохімії і їхнє використання на практиці.
Література для вивчення дисципліни	Основна література: 1. Калюжний В.А. Методи вивчення багатофазових включень у мінералах. К., 1960. 2. Roedder, E. Fluid inclusions / Rev. Mineral., 1984. vol. 12 Min. Soc. America, Washington, 644 p. 3. Robert H. Goldstein, T. James Reynolds. Systematics of Fluid Inclusions in Diagenetic Minerals, – 1994, – 199 с. https://doi.org/10.2110/scn.94.31 4. Ляхов Ю.В., Павлунь М.М., Пізнюк А.В. Методичні вказівки до курсу «Основи термобарогеохімії» (визначення ерозійного зрізу та

	<p>вертикального розмаху зруденіння). Львів, 1990.</p> <p>5. Попівняк І.В., Ціхонь С.І. Прикладна термобарогеохімія / Основи термобарогеохімічного пробовідбирання (Курс лекцій для студентів геологічного факультету) Част.2. Львів „Євросвіт”, 2005, 75 с.</p> <p>6. Попівняк І.В., Ціхонь С.І., Школка В.В., Основи термобарогеохімії / Визначення тиску за істотно газовими включеннями в мінералах (до курсу “Основи темобарогеохімії”), Львів „Євросвіт”, 2008, 41 с.</p> <p>Додаткова література:</p> <p>1. Ермаков Н.П. Исследования минералообразующих растворов. Х., 1950.</p> <p>2. Лазько Є.М., Ляхов Ю.В., Павлунь М.М., Пізніур А.В., Попівняк І.В. Термобарогеохімія в прикладній геології (пошуки, розвідка та експлуатація родовищ). – Мінерал. зб. Львів. ун-ту, 1992, с. 28-36.</p> <p>3. Попівняк І. Генерації флюїдних включень – діагностика та системні (структурно-генетичні) властивості // Мінерал. зб. № 54. Вип. 1. С. 30–47.</p> <p>4. CHRISTOPHER S. ROMANEK, ETHAN L. GROSSMA, JOHN W. MORSE. Carbon isotopic fractionation in synthetic aragonite and calcite: Effects of temperature and precipitation rate / <i>Geochimica et Cosmochimica Acta</i>. 1992. Vol. 56,. P. 419–430.</p>
Обсяг курсу	120 годин відводиться на вивчення курсу, з них 32 години аудиторних занять (лекції) та 88 годин для самостійної роботи студента.
Очікувані результати навчання	<p>Після завершення цього курсу студент буде знати:</p> <ul style="list-style-type: none"> – класифікацію флюїдних включень в мінералах за агрегатним станом і фазовим складом; – генетичну класифікацію флюїдних включень в мінералах; – способи утворення і перетворення флюїдних включень в мінералах; – методи термометрії; – методи барометрії; – методи вивчення хімічного складу включень в мінералах. <p>уміти:</p> <ul style="list-style-type: none"> – розпізнавати флюїдні включення різних генетичних груп; – визначати температуру мінералоутворення за багатофазовими включеннями в мінералах; – визначати тиск у системі мінералоутворення за багатофазовими включеннями в мінералах; – інтерпретувати за вивченням флюїдних включень у мінералах умови мінералоутворення.
Ключові слова	Флюїди, флюїдні включення, термобарогеохімія, мінерали, генерація мінералів, мінеральна асоціація, мінеральний комплекс, стадія мінералоутворення.
Формат курсу	Очний, а за необхідності дистанційний у Teams, Moodle
Теми	Подано нижче у табличній формі СХЕМА КУРСУ*
Підсумковий контроль, форма	залік в кінці семестру
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з таких дисциплін: «Мінералогія», «Основи петрографії».
Навчальні методи та техніки, які будуть	Словесно-наочні та словесно-практичні методи навчання (лекції, презентації, інформаційні технології та ресурси).

використовуватися під час викладання курсу	Інноваційні технології навчання (робота в команді).
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> – підготовка презентацій по лекціях – 25 балів; – модульний контроль (тестові завдання по 25 балів) – 50 балів; – індивідуальне завдання – 25 балів. <p>Підсумкова максимальна кількість балів 100</p> <p><i>Академічна доброчесність.</i> Очікується, що роботи студентів є їхніми оригінальними дослідженнями або міркуваннями. Списування, втручання в роботу інших студентів, відсутність посилань на використані джерела при виконанні індивідуального завдання - приклади можливої академічної недоброчесності. Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.</p> <p><i>Відвідання занять</i> є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції і лабораторні. Студенти мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття.</p> <p><i>Література.</i> Уся література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надана викладачем виключно в освітніх цілях без права її передачі третім особам. Студенти заохочуються до використання й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.</p> <p><i>Політика виставлення балів.</i> Враховуються бали набрані на контрольних замірах, лабораторних заняттях, самостійній роботі.</p>
Питання до заліку	<p>Залік проводиться у вигляді тестів. Приклад тестів подано нижче у формі таблиці ТЕСТИ**.</p>
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

СХЕМА КУРСУ*

№	Тема занять (перелік питань)	Форма діяльності та обсяг годин	Термін виконання
Частина 1. ТЕОРЕТИЧНА ТЕРМОБАРОГЕОХІМІЯ (ТБГХ)			
1	Тема 1. Загальні поняття про флюїдні включення в мінералах. 1. Загальна характеристика флюїдних включень у мінералах. 2. Стисла історія вивчення флюїдних включень у мінералах. 3. Поняття про мінералоутворювальне середовище та системи мінералоутворення. Інформативність включень рідких і газоподібних середовищ.	<i>Лекція – 2 год. Самостійна робота – 4 год.</i>	<i>1-й тиждень</i>
2	Тема 2. Класифікація флюїдних включень за агрегатним станом і фазовим складом. 1. Способи утворення і перетворення включень у мінералах. 2. Загальні причини і час утворення включень відносно "мінералу-господаря"	<i>Лекція – 2 год. Самостійна робота – 4 год.</i>	<i>2-й тиждень</i>
3	Тема 3. Генетична класифікація флюїдних включень (включень мінералоутворювального середовища, ВМС). 1. Діагностика генетичного типу включень в зернистих агрегатах. 2. Процеси і ознаки перетворення включень у мінералах.	<i>Лекція – 2 год. Самостійна робота – 6 год.</i>	<i>3-й тиждень</i>
4	Тема 4. Агрегатний стан і однорідність середовища мінералоутворення. 1. Фізико-хімічні моделі і параметри процесів мінералоутворення. 2. Включення-індикатори хімічного складу мінералоутворювального середовища. 3. Фазові перетворення включень мінералоутворювального середовища під час їхнього нагрівання та охолодження.	<i>Лекція – 2 год. Самостійна робота – 6 год.</i>	<i>4-й тиждень</i>
Частина 2. МЕТОДИ ТБГХ			
5	Тема 5. Підготовка мінералів для ТБГХ досліджень.	<i>Лекція – 2 год. Самостійна робота – 6 год.</i>	<i>5-й тиждень</i>
6	Тема 6. Метод гомогенізації включень. 1. Теоретичні основи та техніка методу гомогенізації. 2. Типи і види гомогенізації. 3. Температура гомогенізації флюїдних включень. Головні чинники впливу на точність визначень температури мінералоутворення способом гомогенізації включень. Характер залежності температури мінералоутворення від тиску і сольової	<i>Лекція – 4 год. Самостійна робота – 12 год.</i>	<i>6-й тиждень 7-й тиждень</i>

	концентрації флюїдних фаз. Порядок введення температурної поправки до температур гомогенізації включень.		
7	Тема 6. Метод декрепітації включень. Допоміжні методи термометрії. 1. Теоретичні основи та фізична сутність методу. 2. Апаратура, техніка та технологія декрептометричних досліджень. 3. Головні чинники, що впливають на температуру декрепітації включень. 4. Особливості інтерпретації.	<i>Лекція – 2 год Самостійна робота – 4 год.</i>	<i>8-й тиждень</i>
8	Тема 7. Методи барометрії. 1. Теоретичні основи та особливості визначення тиску за включеннями в мінералах. 2. Визначення тиску в системі мінералоутворення за сингенними істотно водними і вуглекислотними включеннями гомогенного захоплення (за включеннями з CO ₂). Теоретичні основи методу. Підбір сингенних включень CO ₂ і H ₂ O. Послідовність визначення тиску. Головні недоліки методу. 3. Визначення тиску в системі мінералоутворення за істотно газовими включеннями. Теоретичні основи методу. Послідовність визначення тиску. Головні недоліки методу. 4. Визначення тиску в системі мінералоутворення за водно-сольовими багатофазними включеннями з галітом (за включеннями з NaCl). Теоретичні основи методу. Головні недоліки методу.	<i>Лекція – 4 год. Самостійна робота – 10 год.</i>	<i>9-й тиждень 10-й тиждень</i>
9	Тема 8. Методи дослідження хімічного складу включень мінералоутворювального середовища. 1. Методи дослідження складу окремих включень. 2. Методи валового дослідження складу включень. Визначення концентрації розчинних компонентів у включеннях. 3. Кріометрія включень. 4. Перспективні методи визначення складу і концентрації флюїдів у включеннях.	<i>Лекція – 2 год Самостійна робота – 8 год.</i>	<i>11-й тиждень</i>
10	Тема 9. Термобарогеохімічне опробування. 1. Опробування для різних видів аналізів. 2. Системи термобарогеохімічного опробування	<i>Лекція – 2 год. Самостійна робота – 6 год.</i>	<i>12-й тиждень</i>
11	Тема 10. Прикладні аспекти термобарогеохімічних досліджень в геології.	<i>Лекція – 6 год. Самостійна робота – 16 год.</i>	<i>13-й тиждень 14-й</i>

	<p>1. Вивчення рудних об'єктів та ореолів пропарювання.</p> <p>2. Визначення вертикального розмаху зруденіння та відносної глибини ерозійного зрізу за даними вивчення включень.</p> <p>3. Визначення температурного інтервалу кристалізації мінералів.</p> <p>4. Визначення оптимального температурного інтервалу кристалізації корисних компонентів.</p> <p>5. Визначення вертикального палеотемпературного градієнта.</p> <p>Моделювання та прогнозування ендегенного зруденіння за результатами термобарогеохімії.</p>		<p><i>тиждень</i></p> <p><i>15-й</i></p> <p><i>тиждень</i></p>
<i>12</i>	Тема 11. Термобарогеохімічне прогнозування і оцінка зруденіння на різних стадіях геологорозвідувального процесу.	<p><i>Лекція – 2 год.</i></p> <p><i>Самостійна робота – 6 год.</i></p>	<p><i>16-й</i></p> <p><i>тиждень</i></p>

ТЕСТИ**

до курсу «Основи термобарогеохімії»

№	Тестові завдання та варіанти відповідей	Вірна відповідь
1.	<p><i>Термобарогеохімія – це ...</i></p> <p>а) вчення про мінерали і руди. б) вчення про мінерало- та рудотворне середовище, яке ґрунтується на результатах комплексного фізико-хімічного вивчення включень, герметично ізольованих у мінералах протягом їхнього формування та постгенетичних перетворень. в) вчення про тверді включення в мінералах. г) наука, що вивчає геолого-мінералогічні умови формування геологічних тіл.</p>	б)
2.	<p><i>Яку інформацію дають включення мінералоутворювального середовища?</i></p> <p>а) просторову б) геологічну в) генетичну г) геолого-структурну</p>	в)
3.	<p><i>Чим відрізняються первинні від вторинних ВМС?</i></p> <p>а) за часом утворення б) за розташуванням в просторі в) за наповненням г) за вмістом вуглекислоти</p>	а)
4.	<p><i>В чому полягає суть методу гомогенізації?</i></p> <p>а) у переведенні їх у висхідний двофазний стан шляхом нагрівання мінерала-“господара” б) у переведенні їх у висхідний однофазовий стан шляхом штучного нагрівання мінерала-“господара” під мікроскопом в) у визначенні тиску в системі мінералоутворення г) у встановленні концентрації флюїдів</p>	б)
5.	<p><i>Що таке декрепітація?</i></p> <p>а) перехід з двофазового стану в однофазовий б) метод визначення тиску в) розривання, розтріскування включень внаслідок їхнього перегрівання г) метод визначення складу і концентрації</p>	в)
6.	<p><i>Як відбувається гомогенізації ВМС по першому типу?</i></p> <p>а) в рідку фазу б) в газову фазу в) з критичними явищами г) з точкою інверсії</p>	а)
7.	<p><i>Що таке гомогенізація ВМС з критичними явищами?</i></p> <p>А) в рідку фазу б) за критичної температури в) коли чинники теплового розширення та випаровування взаємно врівноважені г) з інверсією</p>	в)
8.	<p><i>Який критичний тиск для чистого CO₂?</i></p> <p>а) 3,7 МПа б) 7,3 МПа</p>	б)

	<p>в) 17,3 МПа г) 27,3 МПа</p>	
9.	<p><i>Хто вперше пояснив причини виникнення газового пухирця у включенні?</i></p> <p>а) Деві б) Сорбі в) Калюжний г) Єрмаков</p>	б)
10.	<p><i>Що таке возгонка (сублімація)</i></p> <p>а) кипіння б) перехід деяких речовин з твердого в газоподібний стан, оминаючи рідкий в) розшарування рідини складного складу на дві незмішувані фази, що зберігають рідкий стан г) перехід деяких речовин з рідкого в твердий стан, оминаючи газоподібний</p>	б)