


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Факультет геологічний
Кафедра загальної та історичної геології і палеонтології

Затверджено

На засіданні кафедри загальної та історичної геології і палеонтології геологічного факультету Львівського національного університету імені Івана Франка (протокол № 8/22 від 30 серпня 2022 р.)

Завідувачка кафедри загальної та історичної геології і палеонтології

 доцент **А.В. Іваніна**

Силабус з навчальної дисципліни
«Структурний аналіз»
що викладається в межах ОПП «Геологія»
другого (магістерського) рівня вищої освіти для здобувачів з
спеціальності 103 Науки про Землю

Львів 2022 р.

Назва дисципліни	Структурний аналіз
Адреса викладання дисципліни	вул. Грушевського, 4, Львів
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	Геологічний факультет, кафедра загальної та історичної геології і палеонтології
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	10 Природничі науки, 103 Науки про Землю
Викладач дисципліни	ГенераловаЛариса Володимирівна, канд. геол. н., доцент кафедри загальної та історичної геології і палеонтології
Контактна інформація викладачів	larysa.heneralova@lnu.edu.ua , вул. Грушевського, 4, к.222
Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються	Консультації в день проведення лекцій/лабораторних занять Консультації викладачі здійснює згідно затвердженого графіку або за попередньою домовленістю
Сторінка курсу	https://geology.lnu.edu.ua/academics/master
Інформація про дисципліну	Курс “Структурний аналіз” є <i>вибірковою дисципліною з циклу професійної та практичної підготовки</i> і ключовим для поглибленого опанування спеціальних курсів з циклу нормативних навчальних дисциплін спеціальності 103 Науки про Землю , яка викладається на першому курсі магістратури у другому семестрі в обсязі 120 год: лекції –16 год., лабораторні заняття – 32 год., самостійна робота – 72 год. Форма підсумкового контролю – залік. За умови успішного опанування дисципліни студенту присвоюють 4,0 кредити (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Коротка анотація дисципліни	Курс “Структурний аналіз” передбачає розгляд базових понять, теоретичних основ та методів сучасного структурного аналізу. В межах курсу студентів знайомлять з уявленнями про напружено-деформаційні стани реологічно різних геологічних середовищ, зв'язок напружень і деформацій; розглядають прояви структурно-текстурної анізотропії гірських порід, типи тектонітів, кліважу, сланцюватості, смугастості та механізми їх формування; характеризують елементарні структурні парагенезиси поширених складчастих, розривних та граніто-гнейсових структур, розглядають роль фізичного і математичного моделювання у структурному аналізі. Лабораторні заняття спрямовані на те, щоб студенти набули навичок первинного опрацювання тектонофізичних методів реконструкції палеотектонічних полів напружень на основі стереопроєкцій, ознайомились з головними напрямками фізичного та математичного моделювання тектонічних процесів і структур.
Мета та цілі дисципліни	Метою вивчення дисципліни “Структурний аналіз” є знайомлення магістрів з особливостями формування необхідних теоретичних знань і практичних навичок, які спрямовані на з'ясування динамо-кінематичних умов формування геологічних структур. <i>Завданням курсу</i> є формування у студентів належного рівня про базові положення і поняття механіки реологічно відмінних геологічних середовищ та їхнє використання для пояснення динамо-кінематичних умов формування і

	<p>закономірностей будови верхньокорових структур. Значну частину курсу відведено розгляду структурних парагенезисів розломів різних морфодинамічних типів, механізмів утворення складчастих структур та відповідних їм сингенетичних дислокацій вищих порядків. Одне із першочергових завдань курсу полягає у засвоєнні студентами сучасних методів мезоструктурного аналізу. До переліку важливих питань входять розгляд впливу різних чинників на деформування порід в умовах літосфери, визначення величини деформації, ознайомлення з головними напрямками фізичного й математичного моделювання тектонічних процесів і структур.</p>
<p>Література для вивчення дисципліни</p>	<p>Базова література:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Лукієнко О. І., Вакарчук С. Г., Кравченко Д. В.</i> Структурно-парагенетичний аналіз (на тектонофаціальній основі): Кн. 1. Епізона. Київ. 2014. 206 с. http://www.geol.univ.kiev.ua/lib/Lukienko_Vakarchuk_Kravchenko.pdf 2. Моделювання геодинамічних процесів: курс лекцій для студентів-магістрів геологічного факультету напряму підготовки 8.04010301 – геологія / М.М. Хом'як, Л.М. Хом'як. Львів: Львівський національний університет імені Івана Франка, 2017. 95 с. 3. Спеціальні методи в геології: навчальний посібник / за загальною редакцією І.Д. Багрія, В.І. Альохіна. Покровськ: ДВНЗ «ДонНТУ», 2017. 215 с. 4. <i>Шевчук В. В., Кузь І.С., Юрчишин А.С.</i> Тектонофізичні основи структурного аналізу : навчальний посібник. Львів : ЛНУ ім. Івана Франка, 2002. 124 с. 5. <i>Шевчук В. В., Лавренюк М. В., Кравченко Д.В.</i> Основи структурного аналізу : підручник. К.: Вид.-полігр. центр “Київський університет”, 2013. 287с. 6. <i>Boyer S. E., Elliott D.</i> Thrust systems. Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists, 1982. 66(9), 1196–1230. https://doi.org/10.1306/03B5A77D-16D1-11D7-8645000102C1865D 7. <i>Festa A., Pini G. A., Ogata K., Dilek Y.</i> Diagnostic features and field-criteria in recognition of tectonic, sedimentary and diapiric mélanges in orogenic belts and exhumed subduction-accretion complexes. <i>Gondwana Research</i>, 2019.74, 7–30. https://doi.org/10.1016/j.gr.2019.01.003 8. <i>Fossen H.</i> Structural Geology (2nd ed.). Cambridge: Cambridge University Press. 2016. 450 p. https://doi.org/10.1017/9781107415096 https://www.cambridge.org/core/books/structural-geology/4F99FE5530610FB31EAA89FB0E9865EF (для видання 2010) 9. <i>McClay K. R.</i> Glossary of thrust tectonics terms. In K. R. McClay (Ed.), <i>Thrust Tectonics</i>. London: Chapman and Hall. 1992. pp. 419–433
<p>Обсяг курсу</p>	<p>120 годин аудиторних занять. З них 16 год. лекцій, 32 год. лабораторних робіт та 72 год.самостійної роботи</p>
<p>Очікувані результати навчання</p>	<p>Загальні компетентності: K01. Здатність до адаптації і дії в новій ситуації. K02. Вміння виявляти, ставити, вирішувати проблеми.</p> <p>Спеціальні (фахові) компетентності: K10. Розуміння планети як єдиної системи, найважливіших проблем її будови та розвитку. K11. Володіння сучасними методами досліджень, які використовуються у виробничих і науково-дослідницьких організаціях при вивченні Землі, її геосфер та їхніх компонентів. K12. Здатність застосовувати знання і необхідні практичні навички</p>

з планування, організації, мотивування, контролю та регулювання діяльності профільних підприємств і установ.

K17. Вміння формулювати задачі моделювання, створювати моделі об'єктів і процесів у геосферах та їхніх компонентах із використанням математичних, картографічних методів і геоінформаційних технологій

Програмні результати навчання:

ПР01. Аналізувати особливості природних та антропогенних систем і об'єктів геосфер Землі.

ПР02. Застосовувати свої знання для визначення і вирішення проблемних питань і прийняття обґрунтованих рішень в науках про Землю.

ПР03. Вміти спілкуватися з фахівцями та експертами різного рівня інших галузей знань, у тому числі в міжнародному контексті, в глобальному інформаційному середовищі

ПР04. Розробляти, керувати та управляти проектами в науках про Землю, оцінювати і забезпечувати якість робіт

ПР07. Знати сучасні методи дослідження Землі та її геосфер і вміти їх застосовувати у виробничій та науково-дослідницькій діяльності

Додатково для освітньо-наукових програм

ПР13. Ідентифікувати та класифікувати відомі і реєструвати нові об'єкти в складі геосфер, їхні властивості, явища та процеси, їх притаманні.

Додатково для освітньо-професійних програм

ПР10. Вирішувати практичні задачі наук про Землю (за спеціальністю) з використанням теорій, принципів та методів різних спеціальностей в галузі природничих наук.

Після завершення цього курсу студент повинен *знати:*

- засади фізико-математичного опису напруженого стану суцільного середовища;
- критерії та закономірності крихкого руйнування гірських порід;
- умови пружного, пластичного та в'язкого деформування гірських порід;
- особливості деформування геологічного середовища під впливом різних чинників;
- методи реконструкції палеотектонічних полів напружень;
- структурні парагенезиси розломних зон різних динамо-кінематичних типів;
- парагенезиси площинних і лінійних структурно-текстурних елементів;
- типізацію складчастих форм за механізмом утворення та структурні елементи, які їх ускладнюють;

вміти:

- визначати тип та величину деформації;
- виконувати реконструкції палеотектонічних полів напружень;
- розпізнавати розривні системи та площинні і лінійні структурно-текстурні елементи;
- застосовувати теоретичні знання та емпіричні відомості щодо структурних парагенезисів для з'ясування механізмів корового

	<p>структурування;</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ напрями фізичного й математичного моделювання тектонічних процесів і структур. ➤ використовувати наукову професійну літературу
Ключові слова	Напруження, деформація, дислокації, геометричний аналіз, структурно-текстурні елементи, структурний парагенезис, стереографічна проекція, методи тектонофізики, моделювання
Формат курсу	Очний
Підсумковий контроль, форма	Залік
	Проведення лекцій, лабораторних робіт та консультації для кращого розуміння тем
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з фізики, та геофізики, загальної геології, структурної геології, геотектоніки.
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	Презентації, лекції, лабораторні роботи, дискусія, діалог
Необхідне обладнання	мультимедійний проектор, доступ до мережі Internet, Office обладнання 365, навчальні геологічні карти, геологічні карти території України та Світу, навчальні колекції взірців, бланковки
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням:</p> <p>Підрахунок балів студента буде виконано шляхом їх сумування за формами поточного контролю знань, якими є:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ самостійні (домашні) завдання; ▪ контрольні роботи (змістовні модулі); ▪ графічні роботи; ▪ захисти тем для самостійного опрацювання <p>Щоб отримати відмітку «зараховано» студенту потрібно набрати за формами поточного контролю більше 51 балу.</p> <p>Письмові роботи: Очікується, що студенти виконають декілька видів письмових робіт (есе, описова робота виду).</p> <p>Академічна доброчесність: Очікується, що роботи студентів будуть їх 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 письмовій роботі студента є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману.</p> <p>Відвідання занять є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції і лабораторні 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 письмових робіт, передбачених курсом.</p> <p>Література. Уся література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надана викладачем виключно в освітніх цілях без права її передачі третім особам. Студенти заохочуються до</p>

	<p>використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.</p> <p>Політика виставлення балів. Враховуються бали набрані на поточному тестуванні, самостійній роботі та бали підсумкового тестування. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час лабораторного заняття; 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; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін.</p> <p>Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.</p>
<p>Питання до заліку чи екзамену.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Визначить головні завдання дисципліни “Структурний аналіз”, об’єкт і предмет її досліджень? 2. Назвіть етапи структурного аналізу. 3. Що визначає наука тектонофізика? 4. Назвіть постулати механіки суцільного середовища. 5. Схарактеризуйте поняття “напружений стан у точці” 6. Які властивості мають головних напружень? 7. Схарактеризуйте тензор напружень для елементарного кубу 8. Як орієнтовані нормальні і дотичні напруження на площинці? 9. Як визначити нормальне та дотичне напруження на площинці, знаючи її орієнтацію та компоненти тензора напруження? 10. Що зображають на колі Мора, як його будують? Які співвідношення на колі Мора ви знаєте? 11. Назвіть типи деформацій за характером зміни форми геологічних тіл 12. Які види деформацій за фізичними і механічними характеристиками ви можете назвати? 13. Прослідкуйте зв'язок між різними видами деформацій та реологічною поведінкою геологічних тіл. 14. Схарактеризуйте деформацію розтягу-стиску 15. Схарактеризуйте деформацію зсуву. 16. Схарактеризуйте зв'язок між напруженнями і деформаціями. 17. Побудуйте типову діаграму деформування в координатах ε–σ. 18. Які деформації називають пластичними? 19. Сформулюйте закон Гука для лінійно-пружного ізотропного тіла. 20. Схарактеризуйте фізичний зміст модуля Юнга та коефіцієнта Пуассона. 21. Назвіть механізми утворення пластичної деформації. 22. Які складові деформації повзкості? 23. Що таке еліпсоїд деформації 24. Які вам відомі інженерні теорії міцності? 25. Схарактеризуйте теорію міцності Мора (теорію граничних напружених станів).

	<p>26. які джерела напружень в літосфері?</p> <p>27. Схарактеризуйте основи геометричного аналізу.</p> <p>28. Які елементарні задачі розв'язують на сітці Вульфа.</p> <p>29. Схарактеризуйте метод аналізу розривів і тріщин М.В. Гзовського.</p> <p>30. Структурно-кінематичний метод В.Д. Парфенова.</p> <p>31. Які методи досліджень напружено-деформаційного стану геологічних середовищ.</p> <p>32. Структурні парагенезиси розломних зон.</p> <p>33. Співвідношення між різними ешолонованими тріщинними зонами сколювання</p> <p>34. Структурні парагенезиси головних генетичних типів складок</p> <p>35. Структурно-текстурна анізотропія гірських порід</p> <p>36. Класифікації тектонітів.</p> <p>37. Механізми пластичної деформації гірських порід</p> <p>38. Типи кліважу і динамокінематичні умови їх утворення</p> <p>39. Типи сланцюватості і динамокінематичні умови їх утворення</p> <p>40. Типи смугастості і динамокінематичні умови їх утворення</p> <p>41. Гранітогнейсові структури та їх парагенезиси.</p> <p>42. Основні напрями фізичного моделювання</p> <p>43. Моделювання складчастості загального зім'яття</p> <p>44. Моделювання тектонічних розривів</p> <p>45. Моделювання великомасштабних деформацій літосфери</p> <p>46. У чому відмінності між фізичним і математичним (комп'ютерним) моделювання?</p> <p>47. Суть математичного моделювання</p> <p>48. Назвіть підходи і методи математичного моделювання</p> <p>49. Наведіть приклади математичного моделювання локальних тектонічних структур</p>
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

Схема курсу «Структурний аналіз»

Тиждень	Тема, короткі тези	Форма діяльності	Література	К-сть год
1-2	<i>Лекція 1. Земна кора як механічно неоднорідне середовище.</i> Об'єкт, предмет вивчення та сфера застосування структурного аналізу. Методи вивчення напружено-деформованого стану геологічного середовища. Неоднорідності будови земної кори і літосфери. Анізотропія механічних властивостей геологічних середовищ.	Лекція	1, 2, 5	4
3-4	<i>Лекція 2. Напруження в суцільному середовищі. Напруження у точці.</i> Масові та поверхневі сили. Вектор напруження, його нормальна та дотична складові. Тензор напружень. Головні напрями та головні напруження. Нормальні та дотичні напруження для	Лекція	1, 2, 4	4

	плоского напруженого стану. Головні напрями та головні напруження. Коло Мора: Алгоритм побудови та визначення за його допомогою критичних напружень. Кульовий тензор та девіатор напружень.			
5-6	<i>Лекція 3. Деформація в механіці суцільних середовищ.</i> Тензор деформації та його властивості. Інваріанти деформації, їхній фізичний зміст. Деформації стиснення-розтягу, чистого та простого зсуву.	Лекція	1, 2, 4	4
7-8	<i>Лекція 4. Деформація гірських порід .</i> Пружне середовище. Діаграма розтягу (стиснення): пружне деформування, межа пружності, межа пластичності та межа міцності. Лінійно-пружне ізотропне однорідне середовище. Умови пластичної деформації. Реологічні моделі пружно-пластичного деформування. Механізми пластичного деформування. Повзкість, релаксація та в'язкість гірських порід. Міцність та руйнування гірських порід. Теорії міцності. Критерій руйнування кола Мора. Обвідна кіл Мора. Коефіцієнт внутрішнього тертя. Механізми руйнування порід.	Лекція	1, 2, 4	2
9-10	<i>Лекція 5: Тектонічні деформації в умовах земної кори.</i> Головні чинники деформування порід земної кори. Вплив температури, усебічного тиску, швидкості деформування та порового тиску рідини на механічні властивості порід. Вивчення напружень та оцінка напруженого стану земної кори	Лекція	1, 4, 5	2
11-12	<i>Лекція 6. Вторинні структурно-текстурні елементи гірських порід. Дислокаційні структури.</i> Кліваж. Сланцюватість. Смугастість. Лінійність. Будинаж. Муллійон-структури. Тектоніти. класифікація тектонітів. Механізми пластичної деформації гірських порід.	Лекція	1-3, 5-9	4
13-14	<i>Лекція 7: Елементарні парагенезиси структурно-текстурних елементів складчастих і розривних структур. Гранітогнейсові структури та їх парагенезиси.</i> Структурний парагенезис розломів та розломних зон різних морфологодинамічних типів. Базові визначення та поняття тектонофізичного підходу до вивчення розломів. Особливості тектонічних полів напружень під час формування скидів, підкидів та зсувів. Механізми утворення складок та супутніх їм структурних і текстурних елементів.	Лекція	4, 5-9	4
15-16	<i>Лекція 8. Фізичне моделювання. Суть механіко-математичне моделювання геологічних структур.</i> Мета, принципи, основні напрями фізичного моделювання. Види тектонофізичних моделей. Моделювання великомасштабних деформацій літосфери. Моделювання тектонічних полів напружень.	Лекція	4, 5	4

Лабораторні заняття

Тиждень	Назва теми	Кількість Годин
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
1	Первинні та вторинні форми залягання геологічних тіл, дислокаційні процеси та структури. Механізми дислокаційних перетворень гірських порід	2
2	Напруження у точці: вектор напружень та його складові.	2
3	Основи геометричного аналізу.	2
4	Методи М.В. Гзовського и В.Д. Парфьонова для виявлення просторового положення осей палеонапружень.	2
5	Морфокінематичний метод Гінтова-Ісяя та метод поясів В.М. Даниловича.	2
6	Кінематичний метод Гущенко-Анжельє.	2
7	Типи деформацій за характером зміни форми геологічних тіл. Види деформацій за фізичними і механічними характеристиками та реологічна поведінка тіл. Деформація стиснення-розтягу та зсуву.	2
8	Пластичність гірських порід. Реологічні моделі тектонічних процесів. Демонстрація головних діагностичних ознак на зразках.	2
9	Тектонічні деформації в умовах земної кори. Вплив температури, усебічного тиску, швидкості деформування та порового тиску рідини на механічні властивості порід.	2
10	Метод тектонофацій для визначення міри деформування складчастих товщ.	2
11	Кліваж. Сланцюватість. Смугастість. Лінійність.	
12	Структурні парагенезиси розломних зон.	2
13	Головні генетичні типи складок та їх структурні парагенезиси.	2
14	Моделювання великомасштабних деформацій літосфери.	2
15	Моделювання складчастості загального зім'яття.	2
16	Моделювання брилових структур та тектонічних розривів.	2

Самостійна робота

Тиждень	Назва теми	Кількість Годин

1-2	Базові принципи та методологія структурного аналізу на парагенетичній основі. Принципи ідентифікації структурних парагенезисів. Геодинамічний (кінематичний) напрям структурного аналізу. Структурно-речовинний напрям структурного аналізу.	6
2-4	Тензору напружень. Головні нормальні напруження. Розв'язання геологічних аналітичних вправ щодо визначення нормального і дотичних напружень.	8
5-6	Модель еліпсоїда обертання. Використання моделі еліпсоїда обертання для вивчення кількісних характеристик простого зсуву. Розв'язання геологічних вправ .	8
7-8	Реологія. Види деформацій та реологічна поведінка тіл. Реологічні моделі пружно-пластичного деформування. Тіла Гука. Тіла Сен-Венана. Тіла Бінгама. Тіла Ньютона.	8
9-10	Графічне визначення просторового положення осей палеонапружень методом аналізу розривів та тріщин М. В. Гзовського. Опанування методиками розв'язання елементарних задач на сітці Вульфа та на планісфері Проніна.	8
11-12	Вторинні структурно-текстурні елементи гірських порід. Типи Кліважу. Генетичні типи сланцюватисті. Типи смугастисті. Категорії лінійності. Будинаж. Мулліон-структури. Кінк-структури. Тектоніти. Побудова класифікаційної діаграми типів тектонітів. Вивчення кам'яного матеріалу навчальної колекції та експонатів Музею рудних формацій.	8
13-14	Структурні парагенезиси головних типів складок. Накладені складчасті деформації. Аналіз навчальних геологічних карт та побудова структурних схеми.	8
15-16	Моделювання тектонічних розривів. Утворення грабена в результаті розсування пластин (за Г. Клоосом). Розвиток двох систем тріщин сколювання в умовах простого зсування (за С. Стояновим). Системи тріщин в зоні активного динамічного впливу розриву в обстановці простого зсуву (за І. С. Шерманом) та ін.	10