МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені А. С. МАКАРЕНКА

Природничо-географічний факультет

Данильченко О. С.

Системна геодинаміка

Методичні вказівки
для виконання практичних та самостійних робіт

Суми
Вид-во СумДПУ імені А. С. Макаренка
2026

УДК 911.2 (551.2/.3)

Д 18

Друкується згідно з рішенням вченої ради
Сумського державного педагогічного університету імені А.С. Макаренка
(протокол № 11 від 21 травня 2026 р.)

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Кандиба Ю. І. – кандидат географічних наук, доцент кафедри соціально-економічної географії і регіонознавства Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна;

Корнус А. О. – кандидат географічних наук, доцент кафедри загальної та регіональної географії Сумського державного педагогічного університету імені А. С. Макаренка.

Д 18 Данильченко О. С. Системна геодинаміка : методичні вказівки для виконання практичних та самостійних робіт. Суми: СумДПУ імені А. С. Макаренка, 2026. 28 с.

Методичні вказівки розраховані на здобувачів вищої освіти спеціальностей Е4 науки про Землю та А4 Середня освіта (Географія) другого рівня вищої освіти. Містять інформаційний зміст навчальної дисципліни, контрольні запитання до тем курсу, практичні завдання, завдання для самостійної роботи та список рекомендованої літератури.

© Данильченко О. С.
© СумДПУ імені А. С. Макаренка, 2026

ВСТУП

Мета навчальної дисципліни «Системна геодинаміка» - це формування у майбутніх фахівців системного уявлення про Землю як відкриту динамічну систему, розвиток здатності аналізувати взаємодію геосфер, механізми внутрішньої та зовнішньої геодинаміки, з'ясовувати механізми розвитку геосфер та їх взаємодії у глобальному й регіональному масштабах.

Основні завдання навчальної дисципліни «Системна геодинаміка»: формування у здобувачів освіти уявлення про Землю як складну відкриту геосистему, що функціонує та розвивається під впливом внутрішніх і зовнішніх чинників; вивчення основних закономірностей функціонування та взаємодії геосфер Землі; розкриття сутності ендогенних та екзогенних геодинамічних процесів і їх ролі у формуванні географічної оболонки; формування навичок системного аналізу природних процесів і явищ; розвиток умінь встановлювати причинно-наслідкові зв'язки між компонентами геосфер; оволодіння методами дослідження геодинамічних процесів на глобальному та регіональному рівнях; формування здатності до наукового узагальнення та інтерпретації географічної інформації.

У результаті вивчення навчальної дисципліни «Системна геодинаміка» здобувач освіти повинен знати:

- сутність та основні поняття системної геодинаміки;
- структуру Землі як відкритої динамічної системи;
- склад, будову та функціональні особливості геосфер Землі;
- основні закономірності взаємодії внутрішніх і зовнішніх геосфер;
- механізми ендогенних (тектонічні рухи, магматизм, метаморфізм) та екзогенних (вивітрювання, ерозія, акумуляція) процесів;
- сучасні геодинамічні концепції (тектоніка літосферних плит, глобальна геодинаміка, системний підхід у географії);
- енергетичні джерела та рушійні сили геодинамічних процесів.

ІНФОРМАЦІЙНИЙ ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Розділ 1. Земля як складна геодинамічна система

Тема 1. Вступ. Зміст, мета і завдання курсу «Системна геодинаміка». Місце у системі географічних наук. Об’єкт і предмет навчальної дисципліни «Системна геодинаміка». Понятійно-термінологічний апарат.

Тема 2. Системний підхід у геодинаміці. Генезис системного підходу у науках про Землю. Теорія систем у науках про Землю. Поняття відкритої системи. Земля як відкрита термодинамічна система. Поняття рівноваги, нестійкості, біфуркації. Самоорганізація та емерджентність у геосистемах.

Тема 3. Геосфери та їх системні взаємодії. Літосфера, атмосфера, гідросфера, біосфера як підсистеми. Енергетичний баланс Землі. Біогеохімічні цикли. Планетарні межі та критичні стани. Системні зворотні зв’язки.

Розділ 2. Внутрішня геодинаміка

Тема 4. Глибинна будова Землі та джерела енергії. Шаруватість Землі. Геофізичні методи дослідження. Радіогенне тепло. Мантійна конвекція. Тепловий потік. Плюми та суперплюми.

Тема 5. Тектоніка літосферних плит. Історія становлення теорії. Типи меж плит. Спрединг. Субдукція. Континентальні колізії. Суперконтинентальний цикл. Рифтові системи. Орогенез.

Тема 6. Сейсмічність і вулканізм. Глобальні сейсмічні пояси. Типи землетрусів. Механізми накопичення напружень. Магматизм і дегазація мантії. Геодинамічні пояси Геодинамічні ризики.

Розділ 3. Зовнішня та антропогенна геодинаміка

Тема 7. Екзогенні процеси. Фізичне та хімічне вивітрювання. Флювіальні процеси. Гляціальні процеси. Морська абразія. Еолові процеси. Денудаційні рівні. Сучасні темпи ерозії. Атмосферна циркуляція. Глобальні кліматичні цикли.

Тема 8. Техногенні впливи на геодинамічні процеси. Урбанізація і деформація поверхні. Гірничо-видобувна діяльність. Підземне будівництво. Осушення та зрошення. Сучасні глобальні трансформації геосистем. Антропоцен як новий етап розвитку Землі. Порушення біогеохімічних циклів. Масштабні зміни рельєфу. Взаємодія природних і техногенних процесів.

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ПРАКТИЧНИХ І САМОСТІЙНИХ РОБІТ

Тема 1-2. Вступ. Зміст, мета і завдання курсу «Системна геодинаміка». Системний підхід у геодинаміці

Практична робота

Тема: Системний підхід у геодинаміці

Мета: розглянути Землю як відкриту термодинамічну систему, пояснити ієрархічну організацію геосистем, обґрунтувати необхідність системного підходу в сучасній географії

Теоретичні запитання для самопідготовки:

1. Охарактеризуйте системну геодинаміку як постнекласичний етап розвитку наук про Землю.
2. Розкрийте поняття «система» та її основні ознаки в контексті наук про Землю.
3. Поясніть, чому Земля розглядається як відкрита термодинамічна система.
4. У чому полягає нелінійність геодинамічних процесів? Наведіть приклади.
5. Дайте визначення поняттям «біфуркація» та «критичний стан» у геодинаміці.
6. Поясніть механізми самоорганізації в природних системах.
7. Розкрийте сутність емерджентності та її прояви на планетарному рівні.
8. Охарактеризуйте роль позитивних і негативних зворотних зв’язків у функціонуванні Землі.
9. Поясніть ієрархічну організацію геосистем.
10. У чому полягає проблема прогнозованості складних геодинамічних систем?
11. Розкрийте поняття стійкості геосистем.
12. Поясніть часову масштабність геодинамічних процесів.
13. Обґрунтуйте необхідність системного підходу в сучасній географії.

Практичні завдання:

Завдання 1. Побудувати структурну модель енергетичного функціонування Землі - як відкритої термодинамічної системи.

Методичні вказівки: 1) Скласти схему енергетичного балансу Землі, включивши: сонячну радіацію (короткохвильове випромінювання), альбедо, випромінювання, внутрішнє тепло Землі, теплові потоки мантії. 2) Визначити: джерела надходження енергії, механізми її трансформації, шляхи дисипації. 4) Пояснити чому Земля не перебуває у стані термодинамічної рівноваги, як енергетична нерівновага сприяє геодинамічним процесам. 5) Визначити мінімум 3 зворотні зв'язки в системі (наприклад, альбедо–температура, вуглецевий цикл–клімат). 6) Результат представити у вигляді схеми.

Завдання 2. Проаналізувати одну із запропонованих геосистем як відкритої нелінійної системи.

Методичні вказівки: 1) Оберіть одну з геосистем: літосфера, кліматична система, річковий басейн, тектонічна плита. Кожна з них розглядається як: відкрита система (обмінюється енергією та речовиною із середовищем), нелінійна система (реакція системи не пропорційна впливам), динамічна система (здатна змінювати стан у часі). 2) Визначити просторові та функціональні межі системи. 3) Охарактеризувати потоки енергії та речовини : які потоки проходять через систему. 4) Визначити основні зворотні зв'язки - механізми, через які система регулює власний стан. 5) Проаналізувати можливі точки нестійкості - моменти, коли невелика зміна параметрів викликає різку перебудову системи. 6) Скласти структурну схему взаємодії елементів. Схема повинна показувати: основні елементи системи; потоки енергії; потоки речовини; зворотні зв'язки. Рекомендується використовувати блокову системну схему: у центрі - геосистема, навколо - її компоненти.

Завдання 3. Проаналізувати річкову мережу як самоорганізовану геосистему, в якій упорядкована структура формується внаслідок локальних природних процесів без централізованого управління.

Методичні вказівки: 1) Обрати конкретний басейн (наприклад, Дніпра або Дністра). 2) Проаналізувати просторову організацію річок у басейні: структуру річкової мережі, ієрархію приток, закономірності розгалуження. 3) Пояснити як глобальна структура річкової системи формується через локальні

геоморфологічні процеси (водна ерозія, гравітація, гідрологічний режим (опади та стік визначають інтенсивність ерозії), літологія порід, стійкість (порід впливає на форму долин і русел)). Взаємодія цих факторів формує самоорганізовану дренажну мережу. 4) Чому мережа має фрактальні ознаки. (*фрактал* - це структура, що має подібність на різних масштабах (у річковій системі великі притоки нагадують малі, геометрія розгалуження повторюється). 5) Визначити прояви позитивних і негативних зворотних зв'язків.

Завдання для самостійної роботи:

Завдання 1. Порівняльний аналіз наукових парадигм у системній геодинаміці.

Методичні вказівки: 1) Підготувати аналітичне есе на тему: «Еволюція наукових підходів у геодинаміці: від редукціонізму до синергетики». 2) Необхідно охарактеризувати класичну, некласичну та постнекласичну парадигми; визначити їх методологічні відмінності; обґрунтувати роль системного підходу.

Завдання 2. Моделювання складної геосистеми.

Методичні вказівки: *1)* Розробити концептуальну модель Землі як складної адаптивної системи. 2) Необхідно: визначити основні підсистеми, описати характер зв'язків, пояснити механізми саморегуляції, проаналізувати потенційні сценарії розвитку. 3) Форма виконання: текст + структурна схема.

Тема 3. Геосфери та їх системні взаємодії

Практична робота

Тема: Геосфери та їх системні взаємодії

Мета: розглянути поняття геосфери як підсистеми планетарної системи, охарактеризувати системну модель взаємодії літосфери, атмосфери, гідросфери та біосфери, обґрунтувати роль біогеохімічних циклів у стабільності Земної системи

Теоретичні запитання для самопідготовки:

1. Розкрийте поняття геосфери як підсистеми планетарної системи.
2. Охарактеризуйте літосферу як структурно-енергетичну основу геодинаміки.

3. Поясніть роль атмосфери у формуванні енергетичного режиму Землі.
4. Проаналізуйте функціональну роль гідросфери у регуляції клімату.
5. Обґрунтуйте активну геодинамічну роль біосфери.
6. Поясніть механізми взаємодії геосфер.
7. Охарактеризуйте складові енергетичного балансу Землі.
8. Розкрийте механізм парникового ефекту як системного явища.
9. Поясніть вплив внутрішнього теплового потоку на геодинаміку.
10. Розкрийте структуру глобального вуглецевого циклу.
11. Поясніть роль океану у регуляції вуглецевого балансу.
12. Охарактеризуйте азотний цикл та його системні наслідки.
13. Поясніть взаємозв'язок водного циклу та клімату.
14. Обґрунтуйте роль біогеохімічних циклів у стабільності Земної системи.

Практичні завдання:

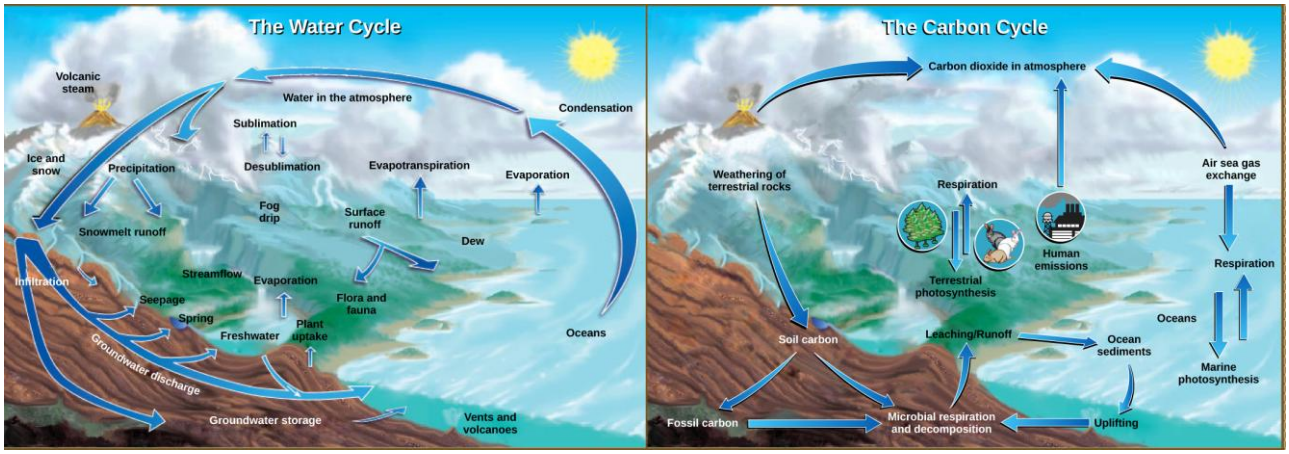
Завдання 1. Сформувати системну модель взаємодії літосфери, атмосфери, гідросфери та біосфери.

Методичні вказівки: 1) Побудувати структурну схему взаємодії чотирьох геосфер. 2) Позначити: потоки енергії, потоки речовини, ключові біогеохімічні цикли. 3) Виділити не менше 4 зворотних зв'язків. 4) Визначити потенційні критичні вузли системи. 5) Результат представити у вигляді схеми.

Завдання 2. Проаналізувати один із глобальних біогеохімічних циклів як складну систему обміну речовини між геосферами Землі.

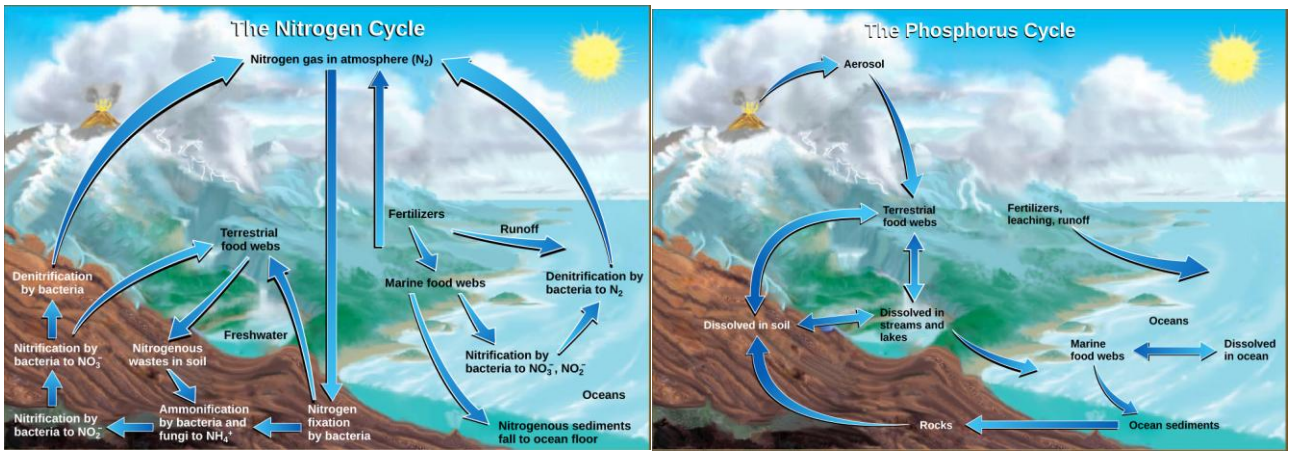
Методичні вказівки: 1) Оберіть один цикл: вуглецевий, азотний, водний чи ін. (рис. 1-3). Потрібно розглянути цикл як систему взаємодії резервуарів та потоків речовини. 2) Визначити резервуари речовини – місця накопичення речовини. Пояснити роль кожного резервуару у функціонуванні циклу. 3) Охарактеризувати потоки між ними. 4) Описати напрямки та інтенсивність потоків. 5) Виявити ключові регуляторні механізми - механізми саморегуляції. 6) Визначити можливу точку біфуркації – критичний стан системи, після якого вона може перейти до нового режиму функціонування. 7) Проаналізувати

антропогенний вплив як фактор системної дестабілізації, як діяльність людини змінює цикл. 8) Результат представити у вигляді схеми та аналітичного тексту.



а) б)

Рис. 1. Колообіг води (а), вуглецевий цикл (б)



а) б)

Рис. 2. Азотний цикл (а), цикл фосфору (б)

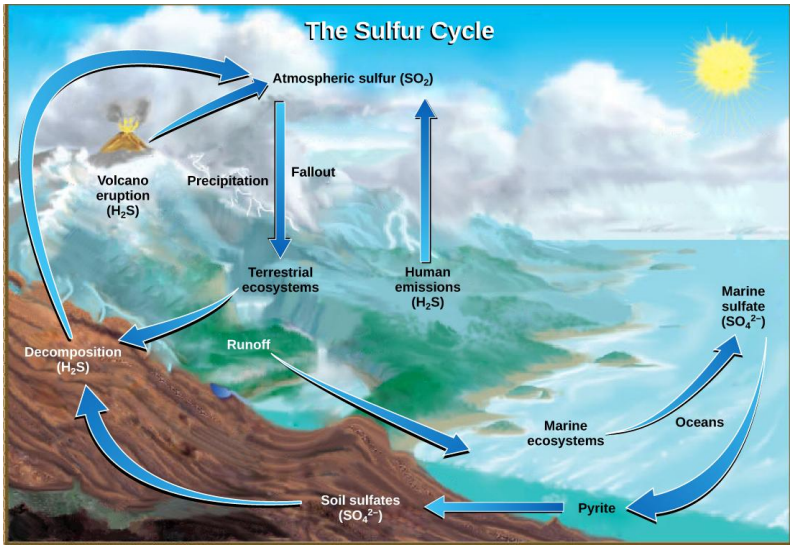


Рис. 3. Цикл сірки

Завдання для самостійної роботи:

Завдання 1. Складіть аналітичне есе на тему: «Планетарні межі як концепція збереження стабільності Земної системи».

Методичні вказівки: розкрити теоретичні засади концепції, охарактеризувати 3–4 ключові межі, пояснити ризики перевищення, зробити власні узагальнення.

Завдання 2. Здійсніть системну оцінку стійкості геосистеми.

Методичні вказівки: 1) Оберіть одну із запропонованих систем: глобальна кліматична система, океанічна циркуляція, біосфера, кріосфера. 2) Опишіть структуру системи, визначіть основні зворотні зв'язки, визначить потенційні критичні пороги та прогнозні сценарії розвитку.

Тема 4. Глибинна будова Землі та джерела енергії

Практична робота

Тема: Глибинна будова Землі

Мета: розглянути глибинну будову Землі, охарактеризувати фізичні властивості кори, мантії та ядра, проаналізувати природу мантійних плюмів і суперплюмів

Теоретичні запитання для самопідготовки:

1. Проаналізуйте процес планетарної диференціації та його роль у формуванні шаруватої структури Землі.
2. Охарактеризуйте фізичні властивості кори, мантії та ядра.
3. Поясніть природу меж Мохоровичича, Гутенберга та Лемана.
4. Розкрийте фізичну сутність сейсмічних хвиль і їх значення для вивчення надр.
5. Охарактеризуйте джерела внутрішнього тепла Землі.
6. Проаналізуйте природу мантійних плюмів і суперплюмів.

Практичні завдання:

Завдання 1. Оцінити можливість виникнення конвекційних процесів у мантії Землі шляхом розрахунку числа Релея.

Методичні вказівки: Інтенсивність конвекції характеризується числом Релея (Ra) – безрозмірним параметром, що визначає співвідношення між тепловою підйомною силою та силами, які гальмують рух (в'язкість і теплопровідність). Формула числа Релея (1):

$$Ra = \frac{g\alpha\Delta T d^3}{\kappa\nu} \tag{1}$$

де: g прискорення вільного падіння (м/с²), α - коефіцієнт теплового розширення (1/К), ΔТ - різниця температур між нижньою та верхньою межами шару (К), d - товщина шару (м), к - коефіцієнт теплової дифузії (м²/с), ν - кінематична в'язкість (м²/с)

Критичне значення числа Релея: $Ra_{кр} \approx 10^3$

Якщо Ra < Rакр – конвекція не виникає, тепло передається теплопровідністю.

Ra > Rакр – виникає конвекційний рух.

1. Використовуючи задані параметри (g, α, ΔТ, d, к, ν), розрахувати число Релея.

Варіант 1

Розрахувати умови виникнення конвекції у мантійному шарі за такими параметрами:

Параметр	Значення
g	9.8 м/с²
α	2.5×10^{-5} 1/K
ΔT	2000 K
d	2.8×10^6 м
к	1.2×10^{-6} м²/с
ν	8×10^{17} м²/с

Варіант 2

Виконати розрахунок числа Релея для мантійного шару за такими параметрами:

Параметр	Значення
g	9.8 м/с²
α	3.2×10^{-5} 1/K
ΔT	2700 K
d	2.9×10^6 м
к	9×10^{-7} м²/с
ν	1.2×10^{18} м²/с

2. Порівняти з критичним значенням.

3. Зробити висновок про характер конвекції.

4. Пояснити, як зміна температури вплине на інтенсивність процесу.

Завдання для самостійної роботи:

Завдання 1. Здійснити аналітичне дослідження на тему: «Мантійна конвекція як системоутворюючий процес у геодинаміці Землі»

Методичні вказівки: **1)** Розглянути фізичну модель мантійної конвекції: причини виникнення конвекційних потоків, роль температурного градієнта, значення числа Релея. 2) Проаналізувати сучасні наукові підходи до пояснення мантійної конвекції: модель шаруватої мантії, модель повної мантійної конвекції, плюмова тектоніка. 3) Пояснити зв'язок мантійної конвекції з тектонікою літосферних плит: механізм руху літосферних плит, формування серединно-океанічних хребтів, зони субдукції. 4) Проаналізувати роль мантійної конвекції у формуванні геодинамічних поясів Землі. 5) Сформулювати власні узагальнення щодо значення конвекційних процесів у геодинаміці планети.

Тема 5-6. Тектоніка літосферних плит. Сейсмічність і вулканізм

Практична робота

Тема: Тектоніка літосферних плит

Мета: проаналізувати фізичну природу руху літосферних плит; пояснити механізми субдукції, спредингу, колізії, орогенезу; розкрити концепцію суперконтинентального циклу

Теоретичні запитання для самопідготовки:

1. Розкрийте історію становлення теорії тектоніки плит.
2. Обґрунтуйте фізичну природу руху літосферних плит.
3. Порівняйте механізми ridge push, slab pull та basal drag.
4. Охарактеризуйте дивергентні межі плит.
5. Поясніть механізм субдукції та його геодинамічні наслідки.
6. Розкрийте особливості континентальних колізій.
7. Проаналізуйте стадії розвитку рифтових систем.
8. Поясніть механізм орогенезу.
9. Розкрийте концепцію суперконтинентального циклу.
10. Поясніть механізм накопичення та вивільнення тектонічних напружень.
11. Охарактеризуйте типи землетрусів.
12. Поясніть будову та функціонування глобальних сейсмічних поясів.

13. Поясніть зв’язок субдукції та вулканізму.

14. Охарактеризуйте роль вулканізму у глобальному вуглецевому циклі.

15. Поясніть природу лахарів як комплексного геосферного явища.

Практичні завдання:

Завдання 1. Здійснити аналіз кінематики плит.

Методичні вказівки: Використовуючи карту літосферних плит, визначити: 1) типи меж для трьох обраних регіонів; 2) проаналізувати механізм руху кожної плити; 3) визначити домінуючу рушійну силу (slab pull, ridge push), 4) пояснити очікувані геодинамічні прояви (сейсмічність, вулканізм). 5) Результат представити у вигляді схеми і пояснення.

Завдання 2. Ознайомитися з особливостями будови та функціонування основних геодинамічних поясів Землі, проаналізувати їх тектонічну структуру, типи меж літосферних плит, сейсмічну активність, магматизм та оцінити геодинамічні ризики.

Методичні вказівки: *Геодинамічні пояси – це великі регіони Землі, де спостерігається підвищена тектонічна активність, зосереджені процеси деформації літосфери, інтенсивний магматизм і часті землетруси. Вони формуються вздовж меж літосферних плит і відображають основні механізми глобальної тектоніки. Основними геодинамічними поясами Землі є: Тихоокеанський геодинамічний пояс, Альпійсько-Гімалайський пояс, Серединно-океанічний пояс. Кожен із них характеризується специфічною структурою літосферних плит, типами їх взаємодії, особливостями магматизму та сейсмічності.*

Необхідно обрати один геодинамічний пояс та виконати його системний аналіз за планом:

1. Описати тектонічну структуру поясу (географічне положення поясу, основні тектонічні елементи, великі гірські системи, основні літосферні плити)
2. Визначити типи меж літосферних плит (конвергентні межі (зони субдукції або колізії), дивергентні межі, трансформні розломи, пояснити їх роль у формуванні структури поясу)

3. Проаналізувати сейсмічний режим (частоту землетрусів, глибину гіпоцентрів, максимальні магнітуди, розподіл сейсмічних зон)

4. Пояснити тип магматизму (типи магми, вулканічну активність, зв’язок магматизму з межами плит)

5. Оцінити потенційні геодинамічні ризики (сильні землетруси, вулканічні виверження, цунамі, зсуви)

Завдання для самостійної роботи:

Задання 1. Здійснити моделювання геодинамічного ризику.

Методичні вказівки: 1) Необхідно обрати один тип геодинамічної небезпеки: сильний землетрус, вулканічне виверження, лахар, цунамі. 2) Після вибору:

1. Пояснити геодинамічну природу явища.
2. Визначити механізм його формування.
3. Побудувати причинно-наслідкову схему розвитку процесу.
4. Оцінити фактори геодинамічного ризику, використовуючи модель:

Ризик = Небезпека × Вразливість × Експозиція

де: небезпека – інтенсивність природного процесу; вразливість – здатність території або населення зазнавати шкоди; експозиція – кількість об'єктів, що потрапляють у зону впливу.

5. Запропонувати можливі підходи до мінімізації наслідків: інженерні заходи, системи моніторингу; раннє попередження; планування територій.

Тема 7. Екзогенні процеси

Практична робота

Тема: Екзогенні процеси

Мета: проаналізувати екзогенні процеси та їх основні джерела енергії; розглянути денудаційні рівні та сучасні темпи ерозії

Теоретичні запитання для самопідготовки:

1. Розкрийте системний характер екзогенних процесів та їх місце у функціонуванні географічної оболонки.

2. Проаналізуйте взаємозв’язок фізичного та хімічного вивітрювання з кліматичними умовами та літологічними особливостями території.
3. Охарактеризуйте флювіальні процеси як складову глобального кругообігу речовини та енергії.
4. Поясніть роль гляціальних процесів у палеогеографічних реконструкціях.
5. Проаналізуйте морську абразію як фактор трансформації прибережних геосистем.
6. Обґрунтуйте значення еолових процесів у формуванні аридних ландшафтів.
7. Розкрийте поняття денудаційних рівнів у контексті еволюції рельєфу.
8. Проаналізуйте сучасні темпи ерозії як індикатор антропогенного впливу на довкілля.
9. Охарактеризуйте роль атмосферної циркуляції у формуванні просторової диференціації екзогенних процесів.
10. Поясніть вплив глобальних кліматичних циклів на інтенсивність геоморфологічних процесів

Практичні завдання:

Завдання 1. Комплексний аналіз екзогенних процесів у межах геосистеми.

Методичні вказівки: 1) Оберіть конкретну територію (регіон України або світу). 2) Визначте домінуючі екзогенні процеси. 3) Проаналізуйте їх взаємодію. 4) Встановіть роль ендогенних, екзогенних та антропогенних чинників. 5) Зробіть висновок про сучасний стан розвитку рельєфу.

Завдання 2. Порівняльний аналіз ролі клімату в активізації процесів.

Методичні вказівки: 1) Порівняйте прояв екзогенних процесів у двох різних кліматичних областях (наприклад: помірна чи континентальна або полярна чи тропічна). 2) Визначте домінуючі процеси. 3) Поясніть причини їх переважання. 4) Встановіть зв’язок з атмосферною циркуляцією. 5) Зробіть узагальнення у вигляді таблиці.

Завдання 3. Оцінка динаміки екзогенних процесів.

Методичні вказівки: 1) Проаналізуйте сучасні темпи ерозії (водної або вітрової). 2) Визначте ключові фактори змін (природні та антропогенні). 3)

Оцініть можливі наслідки для геосистем. 4) Запропонуйте заходи щодо зменшення негативного впливу.

Завдання для самостійної роботи

Завдання 1. Підготуйте есе на тему: «Роль екзогенних процесів у формуванні сучасного стану географічної оболонки».

Методичні вказівки: 1) Необхідно розкрити системний характер процесів. 2) Показати взаємозв'язок із кліматом. 3) Навести приклади з різних регіонів світу. 4) Зробити узагальнюючі висновки.

Завдання 2. Розробіть концептуальну модель (схему), що відображає взаємодію екзогенних процесів та роль геосфер у цих процесах.

Методичні вказівки: 1) Розробіть схему, яка відображає основні екзогенні процеси (вивітрювання, ерозія, транспорт, акумуляція) та їх взаємозв'язок. 2) Позначте роль кліматичних чинників і геосфер у цих процесах.

Тема 8. Техногенні впливи на геодинамічні процеси

Практична робота

Тема: Техногенні впливи на геодинамічні процеси

Мета: проаналізувати місце техногенних процесів у системній геодинаміці; пояснити як урбанізація, деформація поверхні, гірничо-видобувна діяльність, підземне будівництво, осушення та зрошення впливають на геодинамічні процеси та трансформацію геосистем.

Теоретичні запитання для самопідготовки:

1. Розкрийте місце техногенних процесів у системній геодинаміці.
2. Поясніть механізми порушення напружено-деформованого стану літосфери внаслідок господарської діяльності.
3. Охарактеризуйте масштабність переміщення речовини людиною порівняно з природними процесами.
4. Поясніть системні зворотні зв'язки між техногенними та природними процесами.
5. Поясніть механізм осідання земної поверхні в урбанізованих регіонах.

6. Проаналізуйте вплив міського навантаження на консолідацію ґрунтів.
7. Розкрийте причини підтоплення урбанізованих територій.
8. Поясніть геодинамічні наслідки підземного будівництва.
9. Проаналізуйте роль міського теплового острова у зміні геофізичних режимів.
10. Охарактеризуйте техногенний рельєф як новий морфогенетичний тип.
14. Поясніть механізми гірничих ударів та просідань.
15. Проаналізуйте геомеханічні наслідки підземного видобутку.
16. Охарактеризуйте вплив кар'єрного видобутку на морфоструктуру території.
17. Поясніть наслідки осушення боліт для геодинамічної стабільності.
18. Проаналізуйте вторинне засолення як результат зрошення.
19. Поясніть антропогенну трансформацію вуглецевого циклу.
20. Розкрийте порушення азотного циклу та його геоекологічні наслідки.
21. Охарактеризуйте роль фосфорного навантаження у деградації водойм.
22. Обґрунтуйте поняття «техносфера» як складова геосистеми.

Практичні завдання:

Завдання 1. Оцінити техногенну деформацію земної поверхні, спричинену змінами гідрогеологічних умов у межах урбанізованих територій, якщо відомо, що у центральній частині міста протягом 20 років відбулося інтенсивне водозниження – за даними спостережень рівень ґрунтових вод знизився на 6 м.

Методичні вказівки: На основі заданих параметрів стисливості ґрунтів розрахувати можливу величину консолідаційного осідання. Осідання можна оцінити за формулою (2):

$$S = m \times H \times \Delta\sigma \qquad (2)$$

де, S – осідання, m - коефіцієнт стисливості, H - потужність шару, Δσ - додаткове напруження

Вихідні дані: потужність стисливого шару глини – 15 м, коефіцієнт стисливості – 0,002, додаткове ефективне напруження – 80 кПа.

1) Побудувати причинно-наслідкову схему формування деформацій, враховуючи такі фактори: зниження рівня ґрунтових вод, ущільнення ґрунтів,

навантаження від забудови, техногенний вплив. 2) Оцінити можливі ризики для інфраструктури: деформацію фундаментів будівель, пошкодження інженерних мереж, нерівномірне осідання території.

Завдання 2. Проаналізувати геодинамічні зміни природного середовища під впливом гірничо-видобувної діяльності.

Методичні вказівки: Необхідно вибрати реальний або умовний гірничо-видобувний регіон та: 1) Визначити тип видобутку корисних копалин: підземний (шахтний), відкритий (кар'єрний). 2) Проаналізувати зміни рельєфу території, зокрема: утворення кар'єрів; відвалів порід; техногенних форм рельєфу. 3) Оцінити ризики геодинамічних процесів, таких як: просідання земної поверхні; зсуви; деформації ґрунтів. 4) Побудувати модель взаємодії системи «літосфера–гідросфера–техносфера», у межах якої показати взаємний вплив природних і техногенних процесів. 5) Запропонувати заходи мінімізації геодинамічних ризиків, наприклад: рекультивацію територій; контроль підземних вод; моніторинг деформацій.

Завдання 3. Проаналізувати вплив антропогенної діяльності на функціонування глобальних біогеохімічних циклів.

Методичні вказівки: 1) Оберіть цикл: вуглецевий, азотний або фосфорний. Порівняти природний та антропогенний потік речовини у межах обраного циклу. 2) Визначити масштаби перевищення природного балансу під впливом людської діяльності. 3) Проаналізувати екологічні, геодинамічні та кліматичні наслідки порушення циклу. 4) Скласти прогноз можливих системних змін у природному середовищі, наприклад: зміни клімату; деградація екосистем; зміни хімічного складу атмосфери або гідросфери.

Завдання для самостійної роботи:

Завдання 1. Складіть аналітичне есе на тему «Антропоцен: геологічна реальність чи концептуальна модель?»

Методичні вказівки: 1) Розкрити стратиграфічні критерії (для виділення нової геологічної епохи необхідні чіткі стратиграфічні маркери. Основні можливі індикатори: підвищення концентрації CO_2 та CH_4 у льодових кернах; глобальне

поширення радіоактивних ізотопів після ядерних випробувань;накопичення пластмас у донних відкладах; зміна складу біоти. Одним із ключових маркерів вважається радіоактивний сигнал 1950-х років, який зафіксований у багатьох геологічних архівах). 2) Проаналізувати наукові дискусії: різні підходи до визначення антропоцену. 3) Оцінити геодинамічні наслідки: техногенні землетруси; осідання територій через водозниження; зміни седиментаційних процесів; порушення біогеохімічних циклів; гірничо-видобувна діяльність; будівництво великих водосховищ; урбанізація. 4) Сформулювати власну позицію.

Завдання 2. Проаналізувати системну модель взаємодії природних і техногенних процесів.

Методичні вказівки: 1) Побудувати структурну схему взаємодії між системами: природні (літосфера, гідросфера, атмосфера, біосфера) та техногенні (промислові, урбанізовані, гірничі роботи, транспортна інфраструктура). 2) Виділити прямі та зворотні зв'язки: приклади (видобуток корисних копалин → порушення геологічної структури, водозниження → ущільнення ґрунтів, урбанізація → збільшення навантаження на поверхню). Природні процеси можуть впливати на техносферу: (землетруси → руйнування інфраструктури, зсуви → пошкодження доріг і будівель, повені → затоплення урбанізованих територій). 3) Визначити потенційні критичні точки. Критичні точки виникають тоді, коли система переходить у нестійкий стан. Наприклад: перевищення допустимого навантаження на ґрунти, різке зниження рівня підземних вод, інтенсивне кар'єрне видобування. 4) Оцінити рівень стійкості системи. Система є стійкою, якщо: природні процеси компенсують антропогенний вплив; відсутні різкі порушення геологічного середовища. Зменшення стійкості призводить до: техногенних катастроф, деградації ландшафтів, збільшення геодинамічних ризиків. 5) Запропонувати підхід до керування ризиками.

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ ЗНАНЬ З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «СИСТЕМНА ГЕОДИНАМІКА»

1. Охарактеризуйте системну геодинаміку як постнекласичний етап розвитку наук про Землю.
2. Розкрийте поняття «система» та її основні ознаки в контексті наук про Землю.
3. Поясніть, чому Земля розглядається як відкрита термодинамічна система.
4. Поясніть механізми самоорганізації в природних системах.
5. Розкрийте сутність емерджентності та її прояви на планетарному рівні.
6. Поясніть ієрархічну організацію геосистем.
7. Розкрийте поняття стійкості геосистем.
8. Обґрунтуйте необхідність системного підходу в сучасній географії.
7. Розкрийте поняття геосфери як підсистеми планетарної системи.
8. Охарактеризуйте літосферу як структурно-енергетичну основу геодинаміки.
9. Поясніть роль атмосфери у формуванні енергетичного режиму Землі.
10. Проаналізуйте функціональну роль гідросфери у регуляції клімату.
11. Обґрунтуйте активну геодинамічну роль біосфери.
12. Поясніть механізми взаємодії геосфер.
10. Охарактеризуйте складові енергетичного балансу Землі.
11. Розкрийте механізм парникового ефекту як системного явища.
15. Розкрийте структуру глобального вуглецевого циклу.
16. Поясніть роль океану у регуляції вуглецевого балансу.
17. Охарактеризуйте азотний цикл та його системні наслідки.
18. Поясніть взаємозв’язок водного циклу та клімату.
19. Обґрунтуйте роль біогеохімічних циклів у стабільності Земної системи.
20. Проаналізуйте процес планетарної диференціації та його роль у формуванні шаруватої структури Землі.
21. Охарактеризуйте фізичні властивості кори, мантії та ядра.
22. Поясніть природу меж Мохоровичича, Гутенберга та Лемана.

23. Розкрийте фізичну сутність сейсмічних хвиль і їх значення для вивчення надр.
24. Охарактеризуйте джерела внутрішнього тепла Землі.
25. Проаналізуйте природу мантійних плюмів і суперплюмів.
26. Розкрийте історію становлення теорії тектоніки плит.
27. Обґрунтуйте фізичну природу руху літосферних плит.
28. Порівняйте механізми ridge push, slab pull та basal drag.
29. Охарактеризуйте дивергентні межі плит.
30. Поясніть механізм субдукції та його геодинамічні наслідки.
31. Розкрийте особливості континентальних колізій.
32. Проаналізуйте стадії розвитку рифтових систем.
33. Поясніть механізм орогенезу.
34. Розкрийте концепцію суперконтинентального циклу.
35. Поясніть механізм накопичення та вивільнення тектонічних напружень.
36. Охарактеризуйте типи землетрусів.
37. Поясніть будову та функціонування глобальних сейсмічних поясів.
38. Поясніть зв’язок субдукції та вулканізму.
39. Охарактеризуйте роль вулканізму у глобальному вуглецевому циклі.
40. Поясніть природу лахарів як комплексного геосферного явища.
41. Розкрийте системний характер екзогенних процесів та їх місце у функціонуванні географічної оболонки.
42. Проаналізуйте взаємозв’язок фізичного та хімічного вивітрювання з кліматичними умовами та літологічними особливостями території.
43. Охарактеризуйте флювіальні процеси як складову глобального кругообігу речовини та енергії.
44. Поясніть роль гляціальних процесів у палеогеографічних реконструкціях.
45. Проаналізуйте морську абразію як фактор трансформації прибережних геосистем.
46. Обґрунтуйте значення еолових процесів у формуванні аридних ландшафтів.
47. Розкрийте поняття денудаційних рівнів у контексті еволюції рельєфу.

48. Проаналізуйте сучасні темпи ерозії як індикатор антропогенного впливу на довкілля.
49. Поясніть вплив глобальних кліматичних циклів на інтенсивність геоморфологічних процесів.
50. Розкрийте місце техногенних процесів у системній геодинаміці.
51. Поясніть механізм осідання земної поверхні в урбанізованих регіонах.
52. Проаналізуйте вплив міського навантаження на консолідацію ґрунтів.
53. Розкрийте причини підтоплення урбанізованих територій.
54. Поясніть геодинамічні наслідки підземного будівництва.
55. Проаналізуйте роль міського теплового острова у зміні геофізичних режимів.
56. Охарактеризуйте техногенний рельєф як новий морфогенетичний тип.
57. Поясніть механізми гірничих ударів та просідань.
58. Проаналізуйте геомеханічні наслідки підземного видобутку.
59. Охарактеризуйте вплив кар’єрного видобутку на морфоструктуру території.
60. Поясніть наслідки осушення боліт для геодинамічної стабільності.
61. Проаналізуйте вторинне засолення як результат зрошення.
62. Поясніть антропогенну трансформацію вуглецевого циклу.
63. Розкрийте порушення азотного циклу та його геоекологічні наслідки.
64. Охарактеризуйте роль фосфорного навантаження у деградації водойм.
65. Обґрунтуйте поняття «техносфера» як складова геосистеми.

ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Поточний та підсумковий контроль проводяться відповідно до вимог Положення «Про порядок оцінювання навчальних досягнень здобувачів вищої освіти Сумського державного педагогічного університету імені А.С. Макаренка», затвердженого наказом № 252 від 20 травня 2024 р.

Методами формативного оцінювання є: усне опитування та коментарі викладача за його результатами, обговорення та самокорекція виконаної роботи студентами, самооціювання. Сумативне оцінювання включає оцінки за виконання практичних робіт, за результатами вивчення тем (поточний контроль), виконання завдань самостійної роботи, у тому числі індивідуальних навчально-дослідних завдань. Оцінювання знань здобувачів освіти охоплює усі теми, які передбачені робочою програмою навчальної дисципліни. Загальна оцінка з дисципліни складається з оцінок, які здобувач освіти отримує за виконання практичних занять, поточних тестових контролів (загалом 60 балів) та оцінку за результатами виконання самостійної роботи – 40 балів.

Вид контролю за семестр – залік, який полягає в оцінці засвоєння здобувачем освіти теоретичного та практичного матеріалу (виконаних ним певних видів робіт на практичних заняттях та під час самостійної роботи) з навчальної дисципліни за семестр. В умовах дистанційного навчання оцінювання практичних робіт, завдань самостійної роботи, поточного та підсумкового контролю здійснюється на платформі Moodle.

Для магістрантів заочної форми навчання підсумковий контроль проводиться в період заліково-екзаменаційної сесії. До залікової оцінки включається виконання завдань практичних робіт, тестових контрольних робіт та завдань самостійної роботи магістранта, яку він отримав під час попередньої сесії.

Критерії оцінювання результатів навчання

Шкала ЄКТС	Критерії оцінювання навчальних досягнень магістранта
A	Повністю й міцно засвоїв програмний матеріал з навчальної дисципліни «Системна геодинаміка»; вичерпно, послідовно, грамотно і логічно його викладає. Прогнозує і передбачає подальший хід явища, описує можливі наслідки, результати, що випливають з наявних даних. На основі проблемної ситуації, виділяє проблему, конструює гіпотези і перевіряє їх. При цьому не має утруднень при відповідях на видозмінені завдання, вільно справляється із класифікаціями, типологіями та іншими видами застосування знань, показує знайомство з монографічною літературою, правильно обґрунтовує прийняті рішення, володіє різнобічними навичками і прийомами виконання практичних робіт, володіє в повному обсязі специфічним поняттєво-термінологічним апаратом.
B	Твердо знає програмний матеріал, грамотно й по суті його викладає, допускаючи лише незначні й несуттєві неточності у відповідях на запитання, правильно застосовує теоретичні положення при виконанні практичних робіт, впевнено володіє необхідними навичками і прийомами їх виконання, коректно встановлює причинно-наслідкові зв'язки. Самостійно відтворює знання з елементами перетворення.
C	Знає програмний матеріал, грамотно його викладає його, але допускає деякі неточності під час відповіді; правильно застосовує теоретичні положення при виконанні практичних робіт, володіє основними необхідними навичками і прийомами їх виконання. Застосовує знання у видозміненій, але близькій до типової ситуації, однак потребує допомоги викладача. Дає свою власну інтерпретацію матеріалу. Уміє встановлювати причинно-наслідкові зв'язки.
Д	Знає лише основний матеріал дисципліни, але не засвоїв його важливих деталей, допускає неточності, недостатньо правильні формулювання, порушення послідовності у викладі програмного матеріалу і відчуває утруднення при виконанні практичних робіт.
E	Має прогалини у знанні основного матеріалу, самостійно відтворює інформацію та застосовує її у типовій ситуації, але при цьому виявляє невпевненість у своїх діях. На основі фактів робить висновки, але за допомогою викладача, намагається зробити звіт про виконані дії.
F	Не знає більшої частини програмного матеріалу, допускає суттєві помилки, не володіє у достатньому обсязі поняттєво-термінологічним апаратом науки, невпевнено, із помилками виконує практичні завдання, не вміє наводити приклади із життя та встановлювати причинно-наслідкові зв'язки, відтворює інформацію лише на основі зовнішньої підказки.
FX	Має фрагментарні знання програмного матеріалу, неточні загальні уявлення про навчальну дисципліну, не справляється з виконанням практичних робіт, відповіді на запитання дає «так» чи «ні».

Розподіл балів, які отримують здобувачі освіти для екзамену (д.ф.н)

Поточний контроль									Сума	Загальна сума
РОЗДІЛ 1			РОЗДІЛ 2			РОЗДІЛ 3				
Т1	Т2	Т3	Т4	Т5	Т6	Т7	Т8	Кр		
	10	10	2	4	4		10	20	60	100
Самостійна робота										
	5	5	10			10	10		40	

Розподіл балів, які отримують здобувачі освіти для екзамену (з.ф.н)

Поточний контроль									Сума	Загальна сума
РОЗДІЛ 1			РОЗДІЛ 2			РОЗДІЛ 3				
Т1	Т2	Т3	Т4	Т5	Т6	Т7	Т8	Кр		
		20	2	4	4		10		40	100
Самостійна робота										
	5	5	10			10	10	20	60	

Т1, Т2… Т8 – теми розділів, Кр – контрольна робота

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою
90-100	**A**	відмінно
82-89	**B**	добре
74-81	**C**	
64-73	**D**	задовільно
60-63	**E**	
35-59	**FX**	незадовільно з можливістю повторного складання
1-34	**F**	незадовільно з обов’язковим повторним вивченням дисципліни

ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Балабух В.О. Навчально-методичний комплекс з дисципліни «Динаміка глобального клімату». К., 2024. 110 с.
2. Геосфери // Словник-довідник з екології : навч.-метод. посіб. / уклад. О. Г. Лановенко, О. О. Остапішина. Херсон : ПП Вишемирський В. С., 2013. С. 48.
3. Гідрологія. Метеорологія та кліматологія : курс лекцій / Уклад. Є.О.Варивода, М.В. Сарапіна. Харків : НУЦЗУ, 2016. 367 с.
4. Динаміка геосфер : методичні вказівки для виконання практичних та самостійних робіт / укл. О.С. Данильченко, О.М. Мащенко. Суми: СумДПУ імені А. С. Макаренка, 2023. 22 с.
5. Динамічна геоморфологія: навчальний посібник / Н.М. Погорільчук. Київ, 2022. 75 с.
6. Іванік О.М., Мєнасова А.Ш., Крочак М.Д. Загальна геологія: навчальний посібник. Київ. 2020. 205 с.
7. Мащенко О. М. Загальне землезнавство з основами теорії фізичної географії: навчально-методичний посібник для студентів спеціалізації: 014.07 Середня освіта (Географія). Полтава : ПНПУ імені В. Г. Короленка, 2016. 106 с.
8. Мащенко О.М. Загальне землезнавство. Навчальний посібник. Полтава: ПНПУ, 2010. 73 с.
9. Польовий, А. М. Фізика геосфер землі: ґрунтів, атмосфери, гідросфери. Частина І. Фізика ґрунтів: навчальний посібник. ОДЕКУ, Одеса, ОДЕКУ. 2022.
10. Овчарук, В. А. Конспект лекцій «Фізика геосфер Землі: ґрунтів, атмосфери, гідросфери», розділ «Фізичні процеси в гідросфері». ОДЕКУ, Одеса. 2022.
11. Худоба В.В. Географічна оболонка Землі та антропогенний вплив на її складові: лекція. Львів: ЛДУФК, 2019.

12. Ganguly J. (2020). Thermodynamics in Earth and Planetary Sciences. Springer International Publishing, Cham. 610 p. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-20879-0_1
13. Martinetto E. et al. (2020). Nature through Time. Springer Textbooks in Earth Sciences, Geography and Environment. Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-35058-1_1
14. Pontius J., McIntosh A. (2020). Critical Skills for Environmental Professionals. Springer Textbooks in Earth Sciences, Geography and Environment. Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-28542-5_1

ЗМІСТ

ВСТУП……. 3
ІНФОРМАЦІЙНИЙ ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ…… 4
ЗАВДАННЯ ДЛЯ ПРАКТИЧНИХ І САМОСТІЙНИХ РОБІТ…….. 5
Тема 1-2. Вступ. Зміст, мета і завдання курсу «Системна геодинаміка». Системний підхід у геодинаміці...…… 5
Тема 3. Геосфери та їх системні взаємодії ……..…….. 7
Тема 4. Глибинна будова Землі та джерела енергії ……..……..... 10
Тема 5-6. Тектоніка літосферних плит. Сейсмічність і вулканізм ……12
Тема 7. Екзогенні процеси……..…….. 14
Тема 8. Техногенні впливи на геодинамічні процеси……..... 16
ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ ЗНАНЬ З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «СИСТЕМНА ГЕОДИНАМІКА»……..……..…… 20
ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ……. 23
ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ…… 26

Навчально-методичне видання

ДАНИЛЬЧЕНКО Олена Сергіївна

СИСТЕМНА ГЕОДИНАМІКА

Методичні вказівки
для виконання практичних та самостійних робіт

Комп’ютерний набір та верстка ***О. С. Данильченко***

Підписано до друку 21.05.2026 р.
Формат 60х84/16. Гарн. Times New Roman. Папір друк. Друк ризогр.
Умовн. друк. арк. 1. Тираж 50 прим.

Суми: СумДПУ імені А. С. Макаренка
40002, м. Суми, вул. Роменська, 87
Свідоцтво ДК № 231 від 02.11.2000 р.

Виготовлено на обладнанні СумДПУ імені А.С. Макаренка