

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ГЕОФІЗИКИ ім. С.І. СУББОТІНА**

СХВАЛЕНО

Вченою радою Інституту геофізики
ім. С.І. Субботіна НАН України
«20» грудня_2021 р.
Протокол № 15

ЗАТВЕРДЖЕНО

Директор Інституту геофізики
ім. С.І. Субботіна НАНУ
«20» грудня_2021 р.



Віталій СТАРОСТЕНКО

Голова вченої ради

Інституту геофізики ім. С.І.Субботіна НАН України
академік НАН України

В. Сітаросієнко

Віталій СТАРОСТЕНКО

УДК 550.31

Коболев В.П., Кутас Р.І.

Фізика Землі

(назва навчальної дисципліни)

ПРОГРАМА

навчальної дисципліни для

третього (освітньо-наукового) рівня, доктор філософії (PhD)

(назва освітньо-кваліфікаційного рівня)

Кількість кредитів Європейської кредитної трансферно-накопичувальної
системи (ЄКТС): 3 кредити - 90 годин

за спеціальністю:

103 Науки про Землю

Київ 2021

РОЗРОБЛЕНО ТА ВНЕСЕНО:

Інститутом геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України
(повне найменування вищого навчального закладу)

Робочу програму схвалено та затверджено на засіданні Вченої ради Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України (протокол № 15 від 20.12.2021 р.)

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

Коболєв Володимир Павлович – доктор геологічних наук, професор, член-кор. НАНУ, головний науковий співробітник відділу петромагнетизму і морської геофізики Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України.

Кутас Роман Іванович - доктор геолого-мінералогічних наук, професор, член-кор. НАНУ, завідувач відділу геотермії та сучасної геодинаміки Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України.

1. Опис навчальної дисципліни

" Фізика Землі "

(за вимогами ECTS)

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо – кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни, денна форма навчання
Кількість кредитів - 3	Галузь знань <u>10-Природничі науки</u>	Нормативна
Загальна кількість годин для денної форми навчання – 90	Спеціальність 103-Науки про Землю	Рік підготовки
		2
		Семестр
		3,4
	Освітньо-кваліфікаційний рівень: Доктор філософії	Лекцій 20 годин
		Практичні заняття 15 годин
		Семінари 10 годин
		Самостійна робота 45 годин
		Вид контролю: іспит

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: Надати можливість молодим дослідникам розширити свої знання стосовно різноманітних проблемних питань фізики Землі (ФЗ), котра є невід’ємною частиною фізики серед других її розділів, таких як сонячна-земна фізика, фізика планет, фізика Сонця, тощо. Природньо, що в ФЗ повинні працювати всі закони, притаманні таким розділам фізики, як, наприклад, механіка, електродинаміка, гідродинаміка, тощо. Наразі ФЗ практично не має загальних фундаментальних законів й закономірностей. За виключенням, наприклад, таких емпіричних законів сейсмології Гуттенберга-Рихтера и Оморі. В дійсному курсі ФЗ сформульовані окремі задачі, вирішення яких передбачає проведення теоретичних и експериментальних досліджень, а також численного моделювання.

Предметом вивчення навчальної дисципліни є взаємозв’язок основних фізичних властивостей Землі, як складної і багатофункціональної системи, з її утворенням, еволюцією, будовою та речовинним складом. Пропонований курс складається з двох розділів, перший з яких присвячений фундаментальним засадам ФЗ. При цьому, увага приділяється не тільки широко відомим фактам, але окремим проблемам, які не отримали до цих пір чіткого пояснення. У другому розділі дається опис експериментальних методів і застосування результатів глобальних геофізичних спостережень і модельних геодинамічних побудов.

Основними завданнями вивчення дисципліни є: розгляд прояву відомих властивостей Землі, таких як її магнітне, гравітаційне та електричне поля, теплові потоки, термодинамічні та геодинамічні засади, тощо, які наразі потребують пошуку пояснення їх розподілу з загальних позицій.

Відповідно до вимог Національної рамки кваліфікацій дев'ятого рівня освіти дисципліна забезпечує набуття аспірантами таких компетентностей.

Інтегральна компетентність (ІК)

ІК. Здатність визначати та розв'язувати комплексні науково-прикладні геолого-геофізичні задачі (проблеми) з генеруванням нових знань та / або інноваційних прикладних рішень, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань, оволодіння методологією наукової та науково-педагогічної діяльності, проведення самостійного наукового дослідження, результати якого мають наукову новизну, теоретичне та практичне значення.

Загальні компетентності (ЗК):

ЗК01. Комунікативні навички. Компетентність у використанні іноземної мови. Здатність до ефективної комунікації та представлення складної комплексної інформації у стислій формі усно та письмово, використовуючи інформаційно-комунікаційні технології та відповідні технічні терміни. Здатність розуміння іншомовних професійних текстів, використання англійської мови для спілкування в міжнародному загальному, науковому і професійному середовищі.

ЗК02. Дослідницька здатність. Компетентність у проведенні наукових досліджень на рівні доктора філософії, прийнятті обґрунтованих рішень, розв'язанні проблем та вирішенні науково – прикладних завдань. Здатність планувати зміст та управляти часом підготовки дисертаційного дослідження.

ЗК03. Здатність до пошуку та аналізу інформації з різних джерел. Здатність до використання сучасних інформаційних та комунікаційних технологій, комп'ютерних засобів та програм. Здатність працювати з сучасними бібліографічними і реферативними базами даних, а також наукометричними платформами.

ЗК05. Групова робота. Здатність виконувати дослідження в групі під керівництвом лідера, мати навички, що демонструють здатність до врахування строгих вимог дисципліни, планування та управління часом. Здатність передавати і поширювати наукові знання.

ЗК07. Креативність. Здатність генерувати нові науково – теоретичні та практично спрямовані ідеї, шукати власні шляхи вирішення проблеми. Здатність виділяти

протиріччя та не вирішені раніше задачі, проблеми або їх частини, формулювати та експериментально перевіряти наукові гіпотези. Здатність застосовувати знання на практиці при проведенні інноваційної діяльності.

ЗК09. Етичні установки. Дотримання етичних принципів з точки зору професійної чесності та порядності. Здатність працювати самостійно, бути критичним і самокритичним.

Спеціальні (фахові, предметні (ФК)):

ФК01. Глибокі знання та розуміння. Здатність на основі теорії, методології, експерименту та його інтерпретації аналізувати проблеми фізики Землі, її будову та процеси, з точки зору фундаментальних загальнонаукових принципів і знань, а також на основі комплексних спеціальних геолого-геофізичних досліджень (сейсмічних, гравіметричних, магнітометричних та електрометричних та інших) з метою прогнозу пошуків родовищ корисних копалин. Компетентність у володінні теоретичними і методологічними основами, міжнародними стандартами та інструментальними засобами у сфері геофізичних методів, планування і управління інноваційними проектами.

ФК02. Розв'язання проблем. Здатність розв'язувати широке коло проблем та задач шляхом розуміння їх фундаментальних основ та використання як теоретичних, так і експериментальних методів, засвоєних за допомогою освітньо-наукової програми.

ФК03. Обчислювальні навички. Здатність використовувати відповідне програмне забезпечення (мови програмування, автоматизовані пакети програм тощо) та великі масиви статистичної інформації для здійснення досліджень та моделювання геолого-геофізичної будови надр Землі.

ФК04. Здатність до навчання. Здатність шляхом самостійного навчання освоїти нові області, використовуючи здобуті фахові знання. Компетентність у технології підготовки наукових публікацій, дисертацій та доповідей у сфері Наук про Землю.

Результати навчання за дисципліною:

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		Форми та методи викладання і навчання	Методи оцінювання	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Знати:			
1.1.	Основні параметри Землі: масу, розміри, швидкість обертання, ступінь стиснення, фрактальні властивості і скейлінг, хімічний	Лекції, самостійна робота	Індивідуальне опитування	10%

	склад.			
1.2.	Внутрішній устрій за даними сейсмології, поділ на оболонки та реологію їх речовини.	Лекції, самостійна робота	Індивідуальне опитування	5%
1.3.	Еволюцію термодинамічних параметрів Землі	Лекції, самостійна робота	Індивідуальне опитування	10%
1.4.	Принципи мінімізації гравітаційного потенціалу	Лекції, самостійна робота	Індивідуальне опитування	10%
1.5	Моделі генерації і параметри геомагнітного поля: інверсії, екскурси, західний дрейф, рух магнітних полюсів в контексті різних моделей	Лекції, самостійна робота	Індивідуальне опитування	10%
1.6	Методи сейсмічної томографії та аналізу власних коливань Землі	Лекції, самостійна робота	Індивідуальне опитування	5%
1.7	Геодинаміку і фундаментальні характеристики Землі	Лекції, самостійна робота	Індивідуальне опитування	10%
Вміти:				
2.1	З використанням модулів пружності і коефіцієнтів Пуассона виконати порівняння: холодної та гарячої моделей Землі	Лекції, самостійна робота	Індивідуальне опитування	5%
2.2	Визначати розподіл РТ-параметрів по глибині та їх визначення на поверхні Землі в минулому за складом бульбашок в мінералах і ізотопного методу.	Лекції, самостійна робота	Індивідуальне опитування	10%
2.3	Оцінювати розміри джерел генерації геомагнітного поля	Лекції, самостійна робота	Індивідуальне опитування	5%
Комунікація:				
3.	Представляти результати наукового пошуку у формі усної доповіді/стендової презентації	Практичні заняття	Оцінювання практичних завдань/усних доповідей/презентацій	10%

	використання сучасних технологій коректно та змістовно вести дискусію			
	Автономність та відповідальність:			
4.	Виявляти лідерські якості. Здатність працювати самостійно, бути критичним і самокритичним. Дотримання етичних принципів з точки зору професійної чесності та порядності	Самостійна робота	Оцінювання усних доповідей/презентацій	10%

Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання:

Результати навчання дисципліни (код) Програмні результат и навчання (назва)	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	2.1	2.2	2.3	3	4
ПРН01. Знання та розуміння основних понять і термінів, фізико-математичних основ усіх базових геофізичних методів, загальних принципів будови апаратури та методики проведення польових робіт, підходів до розв'язку прямих та зворотних задач геофізики	■	■	■	■	■	■	■			■		
ПРН02. Знання теорій і методології, розуміння практичного застосування польового та / або лабораторного експерименту, його обробки та різного рівня геолого-геофізичної інтерпретації (від якісної до обчислення та побудови складних теоретичних та реальних моделей геологічного середовища) для	■	■	■	■	■	■	■		■			

широкого класу методів наукових геолого-геофізичних досліджень та вміння їх використовувати на належному рівні.												
ПРН04. Знання для визначення і вирішення проблемних питань і прийняття обґрунтованих рішень в науках про Землю, в тому числі, в питаннях геофізичних досліджень, геологічної інтерпретації даних геофізичних досліджень та моделювання геологічних об'єктів за геофізичними даними.							■			■		
ПРН05. Знання сучасних методів дослідження Землі та її геосфер і розуміння їх застосування у виробничій та науково-дослідницькій діяльності дозволяє використовувати геофізичні дослідження для вивчення верхньої частини земної кори та її осадового шару.						■	■			■		
ПРН08. Знання та розуміння методів управління безпекою за нормальних умов роботи і під час виникнення надзвичайних ситуацій. Розуміння особистої відповідальності за професійні рішення, які можуть давати інформацію про геологічне середовище			■				■					■
ПРН09. Знання та розуміння методів розробки і впровадження прикладних розробок.							■					
ПРН10. Вміння та навички проводити критичний аналіз різних інформаційних джерел конкретних освітніх, наукових та професійних текстів у сфері обраної спеціальності, виявляти			■				■	■				

теоретичні та практичні проблеми, а також дискусійні питання у сфері конкретних освітніх, наукових та професійних текстів у галузі Наук про Землю, виявляти, ставити та вирішувати наукові задачі й проблеми.						■						
ПРН11. Вміти з нових дослідницьких позицій формулювати загальну методологічну базу власного наукового дослідження, усвідомлювати його актуальність, мету і значення для розвитку інших галузей науки, суспільно-політичного, економічного життя.							■	■		■		
ПРН12. Вміння та навички відслідковувати найновіші досягнення у професійній сфері й знаходити наукові джерела, які мають відношення до сфери наукових інтересів здобувача, працювати з різними джерелами, розшукувати, обробляти, аналізувати та синтезувати отриману інформацію (наукові статті, науково-аналітичні матеріали, бази даних тощо).						■	■	■		■		
ПРН13. Вміння та навички визначати актуальні напрями досліджень, виконувати незалежні оригінальні самостійні геофізичні дослідження природних об'єктів і процесів у геосферах в польових і лабораторних умовах, отримувати наукові достовірні та обґрунтовані результати у сфері Наук про Землю.			■				■				■	
ПРН14. Вміння та навички працювати											■	

геофізичними приладами, організувати бригадну геофізичну зйомку для ефективного вирішення поставленої задачі				■								
ПРН15. Вміння та навички організовувати творчу діяльність і процес проведення наукових досліджень, використовувати сучасні інформаційні й комунікаційні технології, комп'ютерні засоби та програми при проведенні наукових досліджень, оцінювати й забезпечувати якість виконуваних робіт							■					
ПРН18. Вміння та навички спілкуватися на конференціях, симпозіумах, наукових семінарах із широкою науковою спільнотою та громадськістю в галузі наукової та/або професійної діяльності з метою обговорення дискусійних питань, результатів досліджень, узгодження дій і спільної роботи, вміння доводити результати досліджень та інновацій до колег, публічно представляти, захищати результати своїх досліджень, обговорювати їх і дискутувати з науково-професійною спільнотою, використовувати сучасні засоби візуальної презентації результатів дослідження.										■		
ПРН21. Вміння та навички критично сприймати й аналізувати чужі думки та ідеї, шукати власні шляхи вирішення проблеми, проводити критичний аналіз власних матеріалів, генерувати власні нові ідеї, приймати												■

обґрунтовані рішення												
----------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Кількість годин, відведених навчальним планом на вивчення дисципліни, становить 90 год., із них 20 год. – лекції, 15 год. – практичні заняття, 10 год. – семінари, 45 год. – самостійна робота. Вивчення аспірантами навчальної дисципліни "Фізика Землі" завершується складанням іспиту.

Форми проведення занять: лекції, практичні та семінари. Організація роботи слухачів навчальної дисципліни передбачає формування поняттєво-категоріального масиву інформації з кожної теми, контрольні питання та самостійні завдання, роботу з науково-технічною літературою, а також розв'язання проблемних наукових задач та ситуацій.

Поточний контроль: здійснюється на заняттях через індивідуальне і перехресне усне опитування, бліцопитування; письмові контрольні роботи; практичні, індивідуальні та самостійні завдання; робота з діаграмами, графіками, схемами; розв'язання творчих задач; самоконтроль, тестова форма оцінювання навчальних досягнень аспірантів тощо.

ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН
(СТРУКТУРА ЗАЛІКОВОГО КРЕДИТУ)
з навчальної дисципліни "Фізика Землі"
(II курс – 3 та 4 семестри)

№	Зміст	Лекції, год.	Практичні, год.	Семінари, год.	Самостійна робота, год.	Разом, год.
1	2	3	4	5	6	7

Змістовий модуль 1
Фундаментальні засади Фізики Землі

1	2	3	4	5	6	7
1.1.	Тема 1. Місце Землі в Сонячній системі, основні параметри	2	2	1	5	10
1.2.	Тема 2. Устрій та моделі утворення Землі	2	2	1	5	10
1.3.	Тема 3. Термодинаміка Землі, еволюція параметрів	2	2	1	5	10
1.4.	Тема 4. Фрактальні властивості і скейлінг у фізиці Землі	2	2	1	5	10
1.5.	Тема 5. Геохімічні аспекти.	2	2	1	5	10
Разом		10	10	5	25	50

Змістовий модуль 2
Основні фізичні властивості Землі

1	2	3	4	5	6	7
2.1.	Тема 6. Моделі генерації геомагнітного поля	2	1	1	4	8
2.2.	Тема 7. Гравітаційне поле Землі	2	1	1	4	8
2.3.	Тема 8. Електропровідність кори і верхньої мантиї.	2	1	1	4	8
2.4.	Тема 9. Сейсмічність Землі	2	1	1	4	8
2.5.	Тема 10. Геодинаміка і фундаментальні характеристики Землі	2	1	1	4	8
Разом		10	5	5	20	40
Всього		20	15	10	45	90

Методичне забезпечення навчальної дисципліни забезпечують:

опорні конспекти лекцій, бібліотечні посібники зі списку рекомендованої літератури, електронні посібники, мультимедійні презентації, діючі нормативно-правові законодавчі акти України, довідково-інформаційні інтернет - джерела тощо.

ЗМІСТ НОРМАТИВНО-НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1.

Вступ у фізику Землі

Тема 1. Місце Землі в Сонячній системі, основні параметри.

Еволюція уявлень про Землю та гіпотези її утворення. Місце Землі в Сонячній системі, спільність і відмінності від інших планет. Основні параметри Землі: маса, розміри, швидкість обертання, ступінь стиснення, тепловий потік, геомагнітне поле, термодинаміка та ін. Чинники руху осі обертання Землі у просторі, зміни швидкості обертання Землі і наслідки цих змін..

Тема 2. Устрій та моделі утворення Землі.

Внутрішній устрій за даними сейсмології, поділ на оболонки. Стандартна модель Землі. Реологія речовини оболонок Землі. Модулі пружності і коефіцієнт Пуассона. Порівняння двох моделей: холодної та гарячої. Фізика ядра (залізне або не залізне, наприклад, щільна астрофізична плазма), фізика ядра, мантії (чи можлива глобальна конвекція) і земної кори.

Тема 3. Термодинаміка Землі, еволюція параметрів

Основні параметри теплового поля Землі. Джерела глибинного тепла. Тепловий потік, методи вимірювань і результати. Розподіл температури по глибині і визначення РТ-параметрів на поверхні Землі в минулому за складом бульбашок в мінералах і ізотопного методу.

Тема 4. Фрактальні властивості і скейлінг у фізиці Землі.

Земля - відкрита система, властивості відкритих систем. Рівняння Фоккера-Планка і самоорганізована критичність. Флікер-шум і фрактальні властивості систем, фрактальна розмірність. Тимчасові ряди і показник Херста. Самоподібність і самоафінність. Фрактальні властивості: спалахів на Сонці, сейсмічності, вулканізму, геомагнітного поля, висоти гір, родовищ вуглеводнів та ін.

Тема 5. Геохімічні аспекти.

Хімічний склад Землі, материки та океани, граніти і базальти на Землі, причини і механізми утворення корисних копалин (металів, алмазів, вуглеводнів), протиріччя і невирішені питання. Водень в земних оболонках і його роль в утворенні вуглеводнів і формуванні астеносфери.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2.

Експериментальні методи і результати спостережень

Тема 6. Геомагнітне поле.

Ранні гіпотези. Моделі генерації і параметри геомагнітного поля, Супутникові спостереження, повний вектор і момент. Геомагнітні мережі. Результати спостережень. Оцінка розмірів джерела генерації. Основи палеомагнетизму, методи і прилади, результати, палеомагнітна шкала і її зв'язок з палеонтологічною. Інверсії, екскурси, західний дрейф, рух магнітних полюсів і палеоекваторів в контексті розглянутих моделей структурно-тектонічної еволюції Землі.

Тема 7. Гравітаційне поле Землі.

Огляд сучасних уявлень про природу гравітації. Чому планети майже сферичні? Принцип мінімізації гравітаційного потенціалу. Гравіметрія, припливи, неприливні варіації, геоїд, ізоастазія. Методи оцінки сили тяжіння в минулому, результати. Вимірювання градієнтів

гравітаційного поля. Спостереження з використанням супутників, їх результати.

Тема 8. Електропровідність кори і верхньої мантії.

Атмосферний електричне поле (АЕП), електропровідність кори і верхньої мантії, електромагнітні методи. Апаратура і результати вимірювань. Унітарна варіація (крива Карнегі) АЕП. Результати спостережень та довготривалі тренди змін АЕП в різних обсерваторіях світу.

Тема 9. Сейсмічність Землі.

Природні джерела сейсмічних коливань та поширення по Землі. Землетруси, їх класифікація, магнітуда, глибини, епіцентри і гіпоцентри, сильні рухи, афтершоки. Сейсмічні хвилі і особливості їх поширення по Землі. Сейсмографи і сейсмічні мережі, методи комп'ютерного моделювання сейсмограм. Методи сейсмічної томографії, методи аналізу власних коливань Землі. Результати використання сейсмічних методів у визначенні структури внутрішнього і зовнішнього ядра, мантії, астеносфери і земної кори. Результати вивчення структури меж: внутрішнє ядро - зовнішнє ядро і ядро - мантія. Оцінка в'язкості речовини ядра і мантії і коефіцієнтів Пуассона. Фізика землетрусу: модель виходу тріщини на поверхню і ударно-хвильова модель. Закони Гуттенберга-Ріхтера і Оморі, фрактальний характер сейсмічності. Елементи фрактальної акустики в проблемі самоорганізації розкриття тріщин. Зв'язок між вулканізмом Землі, її сейсмічністю і варіаціями геомагнітного поля.

Тема 10. Геодинаміка і фундаментальні характеристики Землі.

Моделі: дрейф материків, спрединг і субдукція, плюми тощо. Тектоніка плит (переваги і недоліки). Явища геодинаміки в контексті принципу мінімізації гравітаційного потенціалу: зв'язок дрейфу материків з градієнтом геоїда, коливальний характер утворення гір і западин, плюми і суперплюми, зв'язок суперплюмів з суперхронами, плюми і дрейф гавайських вулканів. Фрактальний характер гір.

Питання до іспиту

1. Еволюція уявлень про Землю та гіпотези її утворення.
2. Явища геодинаміки в контексті принципу мінімізації гравітаційного потенціалу.
3. Результати використання сейсмічних методів у визначенні структури внутрішнього і зовнішнього ядра, мантії, астеносфери і земної кори.
4. Внутрішній устрій за даними сейсмології, поділ на оболонки. Стандартна модель Землі.
5. Сейсмографи і сейсмічні мережі, методи комп'ютерного моделювання сейсмограм.
6. Результати вивчення структури меж: внутрішнє ядро - зовнішнє ядро і ядро - мантія.
7. Основні параметри теплового поля Землі. Джерела глибинного тепла.
8. Принцип мінімізації гравітаційного потенціалу.
9. Оцінка в'язкості речовини ядра і мантії і коефіцієнтів Пуассона.
10. Земля - відкрита система, властивості відкритих систем. Рівняння Фоккера-Планка і самоорганізована критичність.
11. Водень в земних оболонках і його роль в утворенні вуглеводнів і формуванні астеносфери..
12. Фізика землетрусу: модель виходу тріщини на поверхню і ударно-хвильова модель.
13. Хімічний склад Землі, материки та океани, граніти і базальти на Землі, причини і механізми утворення корисних копалин.
14. Основи палеомагнетизму, методи і прилади, результати, палеомагнітна шкала і її зв'язок з палеонтологічною.
15. . Закони Гуттенберга-Ріхтера і Оморі, фрактальний характер сейсмічності.

16. Моделі генерації і параметри геомагнітного поля.
17. Гравіметрія, припливи, неприливні варіації, геоїд, ізостазія.
18. Елементи фрактальної акустики в проблемі самоорганізації розкриття тріщин. Зв'язок між вулканізмом Землі, її сейсмічністю і варіаціями геомагнітного поля.
19. Огляд сучасних уявлень про природу гравітації.
20. Флікер-шум і фрактальні властивості систем, фрактальна розмірність. Тимчасові ряди і показник Херста. Самоподібність і самоафінність.
21. Інверсії, екскурси, західний дрейф, рух магнітних полюсів і палеоекваторів в контексті розглянутих моделей структурно-тектонічної еволюції Землі.
22. Атмосферний електричне поле (АЕП), електропровідність кори і верхньої мантиї, електромагнітні методи.
23. Розподіл температури по глибині і визначення РТ-параметрів на поверхні Землі в минулому за складом бульбашок в мінералах і ізотопного методу.
24. Фізика ядра, мантиї і земної кори.
25. Реологія речовини оболонки Землі.
26. Природні джерела сейсмічних коливань та поширення по Землі. Землетруси, їх класифікація, магнітуда, глибини, епіцентри і гіпоцентри, сильні рухи, афтершоки.
27. Чинники руху осі обертання Землі у просторі, зміни швидкості обертання Землі і наслідки цих змін.
28. Основні параметри Землі: маса, розміри, швидкість обертання, ступінь стиснення, тепловий потік, геомагнітне поле, термодинаміка та ін.
29. Моделі: дрейф материків, спрединг і субдукція, плюми тощо.
30. Апаратура і результати вимірювань електропровідності кори і верхньої мантиї.

Система оцінювання: Навчальні досягнення здобувачів вищої освіти за результатами вивчення курсу оцінюватимуться за шкалою, що наведена нижче:

Рейтингова шкала	90 – 100	75-89	60-74	0-59
Інституційна шкала	відмінно	добре	задовільно	незадовільно

Список рекомендованої літератури

Основна

1. Артюшков Е.В. Геодинамика. -М.: Наука, 1979. – 327 с.
2. Гораи М. Эволюция расширяющейся Земли. М.: Недра, 1984.
3. Джеффрис Г. Земля, её происхождение, история и строение. М.: ИЛ, 1960.
4. Жарков В.Н. Внутреннее строение Земли и планет. М.: Наука, 1983. 415 с.
5. Кэри У. В поисках закономерностей развития Земли и Вселенной. История догм в науках о Земле // Москва: Мир, 1991. – 447 с.
6. Кутас Р.И. Поле тепловых потоков и геотермическая модель земной коры. - Киев: Наук. думка, 1978. - 140 с.
7. Магницкий В.А. Внутреннее строение и физика Земли. 1965. М.: Наука. 379 с.
8. Оровецкий Ю.П., Коболев В.П. Горячие пояса Земли. Киев: Наукова думка, 2006. – 312 с.
9. Рингвуд А Е Происхождение Земли и Луны. М.: Недра, 1982.
10. Рудник В.А., Соботович Э.В. Ранняя история Земли. М.: Недра, 1984.
11. Семененко Н. П. Геохимия сфер Земли. – К.: Наук. думка, 1987. – 160с.
12. Субботин С.И., Наумчик Г.Л., Рахимова И.Ш. Мантия Земли и тектогенез. К.: Наук. думка, 1968. – 175 с.
13. Тяпкин К.Ф. Физика Земли. – Киев: Вища шк., 1998. – 312 с.

14. Тяпкин К.Ф., Довбнич М.М. Новая ротационная гипотеза структурообразования и ее геолого-математическое обоснование. Донецк: Ноулидж, 2009. – 342 с.
15. Хартман У.К. На пути к современной теории образования планет // В сб. Протозвездные планеты, ч. 1, 2. М.: Мир, 1982.

Додаткова

1. Анфилов В.Н., Хачай Ю.В. Мантийные плюмы: уровень генерации и механизм передачи энергии к поверхности Земли // Фундаментальные проблемы геотектоники. Материалы XL тектонического совещания, Том I. - М.: ГЕОС, 2007. С. 18-21.
2. Грачев А.Ф. Мантийные плюмы и проблемы геодинамики // Физика Земли. 2000. №4. С. 3-37.
3. Довбнич М.М. Влияние вариаций ротационного режима Земли и лунно-солнечных приливов на напряженное состояние тектоносферы // Доп. НАН України, 2007, №11. – С. 105-111.
4. Иогансон Л.И. Ротационные факторы тектогенеза — история вопроса и современное состояние // Ротационные процессы в геологии и физике. — Москва: КомКнига, 2007. — 528 с.
5. Коболев В.П. Земля: виртуальность тектоники плит, конформность фиксизма и мобилизма // Геодинамика, 2017, №1. – С. 37-59.
6. Коболев В.П. Структурно-тектонические и флюидо-динамические аспекты глубинной дегазации мегавпадины Черного моря // Mining of Mineral Deposits, Volume 11 (2017), № 1. - С. 31-49.
7. Коболев В.П. Плюм-тектонический сценарий консолидации центральной части Восточно-Европейской платформы // Материалы I Международной научной конференции «Проблемы региональной геологии запада Восточно-Европейской платформы и смежных территорий», Минск, 10-12 апреля 2019г. Минск, БГУ. С. 47-52.
8. Корчин В.А., Буртний П.А., Коболев В.П. Петрофизическое глубинное моделирование Украинского щита. Киев: Наукова думка, 2013. – 312с.
9. Кузнецов В.В. Ударно-волновая модель землетрясения. I. Сильные движения землетрясения как выход ударной волны на поверхность // Физическая мезомеханика, 12, №6, 2009. – С. 87-96.
10. Кутас Р.И., Коболев В.П., Цвященко В.А. Тепловая эволюция литосферы и её связь с глубинными процессами // Геофизический журнал. – 1990. Том. 12, №1. С.89-91.
11. Милановский Е.Е., Никишин А.М. Некоторые основные закономерности строения и геологической эволюции планет земной группы в связи с их положением в солнечной системе // Доклады АН СССР. – 1982. – Т. 265, №2. – С. 420-424.
12. Оровецкий Ю.П., Коболев В.П. Мантийный диапиризм и проблема эндогенного алмазообразования на Украинском щите // Геофизика. – 2000. - №6. С. 52-56.
13. Печерский Д.М. Инверсии геомагнитного поля, плюмы и изменения органического мира в фанерозое: удивительные совпадения // Физика Земли. 2003. № 1. С. 53-56.
14. Продайвода Г.Т., Хорошун Л.П., Коболев В.П., Назаренко Л.В. Математичне моделювання азимутальної анізотропії теплопровідності верхньої мантиї Землі // Геофизический журнал. - 2000. - Т. 22, №5 - С. 56-69.
15. Устьянцев В.Н. Энергетика, дегазация автоколебательной системы Земли. О едином волновом механизме структурообразования и генерации минералогических ассоциаций в блоках земной коры. М.: Наука, 2019. – 390 с.
16. Bédard J.H. Stagnant lids and mantle overturns: implications for Archaean tectonics, magma-genesis, crustal growth, mantle evolution, and the start of plate tectonics // Geoscience Frontiers. 2018. Vol. 9. Iss. 1. P. 19–49. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2017.01.005>.
17. Duncombe J. The unsolved mystery of the Earth blobs, *Eos*, 100, (2019), <https://doi.org/10.1029/2019EO117193>.

18. Kobolev V.P. An Idea of the Earth's Hot Belts: an application to the origin of the Black Sea depression // Proceedings of the International conference "The Earth's thermal field and related Research methods". - Moscow. - 2002. - P. 122-126.
19. Kobolev V.P. The riftogenic nature of Antarctica in context of Earth's hot belts // International Antarctic Conference IAC2008, Ukraine in Antarctica – National Priorities and Global Integration. May 23-25, 2008, Kyiv. P. 88.
20. Kobolev V., Orovetsky Yu. New system of views on the Earth structural evolution: beyond plate tectonics // Геофизический журнал. - 2010. – 32, № 4. С. 67-69.
21. Kutas R.I., Kobolev V.P., Tsvigashchenko V.A. Heat flow and geothermal model of Black Sea Depression // Tectonophysics. - 1998. - 291. - P. 91-100.
22. Kutas R.I., Kobolev V.P., Korchagin I.N., Rusakov O.M., Zubal S.D. Thermal field modelling the Earth's crust along the transect EUROBRIDGE 95-96 and Geotraverse VI // EAGE 66 Conference and Technical Exhibition. -Paris, France. – 2004. P. 113. CD-ROM Abstracts Volume. - Paris, France. - 2004.
23. Kutas R.I., Kobolev V.P. The thermal regime of the southern margin East-European craton // 2nd International Geothermal Conference GEOHEAT 2018, September 04–07, 2018, Petropavlovsk-Kamchatsky. Li J., Fei Y. Experimental constraints on core composition / The mantle and core, Ed. R. W. Carlson. Amsterdam: Elsevier. — 2005. — P. 521—546.
24. McDonough W. F. Compositional models for the Earth's core / The mantle and core, Ed. R. W. Carlson. Amsterdam: Elsevier. — 2005. — P. 547—568/
25. Nolet G., Karato S.-I., Montelli R. Plume fluxes from seismic tomography // Earth Planet. Sci. Lett. 2006. V. 248. P. 685-699.