

**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 НАН України
Віталій СТАРОСТЕНКО
«20» грудня_2021 р.



Голова вченої ради

Інституту геофізики ім. С.І.Субботіна НАН України

академік НАН України *В. Старостенко* Віталій СТАРОСТЕНКО

УДК 001.89

Орлюк М.І., Бахмутов В.Г.

Магнітне поле Землі. Палеомагнетизм.

(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): 2 кредити - 60 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:

Орлюк Михайло Іванович – доктор геологічних наук, професор, завідувач відділу геомагнетизму Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України.

Бахмутов Володимир Георгійович - доктор геологічних наук, професор, член-кор. НАНУ, завідувач відділу петромагнетизму і морської геофізики Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України.

ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

"Магнітне поле Землі. Палеомагнетизм."

(за вимогами ECTS)

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо – кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни, денна форма навчання
Кількість кредитів - 2	Галузь знань <u>10-Природничі науки</u>	Нормативна
Загальна кількість годин для денної форми навчання – 60	Спеціальність 103-Науки про Землю	Рік підготовки
		2
		Семестр
		3
		Лекцій 20 годин
	Освітньо-кваліфікаційний рівень: Доктор філософії	Практичні заняття 20 годин
		Семінари 10 годин
		Самостійна робота 45 годин
		Вид контролю: залік

Мета: Розширити знання щодо просторово-часової структури сучасного та давнього геомагнітного поля, технологій та результатів геомагнітних досліджень, а також впровадження навиків їх практичного застосування для вирішення фундаментальних та прикладних завдань геології, геофізики і екології. Ознайомити студентів з теоретичними основами магнетизму гірських порід та палеомагнітного методу досліджень, вимірювальною апаратурою, методиками проведення польових робіт і інтерпретацією результатів з практичним застосуванням методів магнетизму гірських порід і палеомагнетизму при вирішенні різних геологічних завдань.

Предметом вивчення навчальної дисципліни є магнітне поле Землі, його просторово-часова структура та природа внутрішніх і зовнішніх джерел

Основними **завданнями** вивчення дисципліни є:

Засвоєння сучасних знань та відомостей про просторово-часову структуру геомагнітного поля; про методи його спостереження, аналізу емпіричних даних та їх інтерпретації; застосування результатів геомагнітних досліджень стосовно будови, еволюції та взаємозв'язку різних шарів Землі та планети в цілому.

У результаті вивчення навчальної дисципліни аспірант повинен **знати**:

- основні характеристики сучасного та давнього геомагнітного поля;
- сучасні методи спостереження, аналізу та технології геомагнітних досліджень;
- сучасний стан досліджень магнітного поля Землі, його просторово-часових змін, теоретичні основи магнітного моделювання та його втілення у практику геофізичних досліджень;

- фізичні та геологічні основи методів магнетизму гірських порід і палеомагнетизму; можливості та обмеження цих методів при вирішенні різних геологічних задач;

- основні принципи застосування результатів цих методів у міждисциплінарних дослідженнях.

вміти:

- розробляти різноманітні та різномасштабні цифрові карти геомагнітного поля;
- виконувати якісну та кількісну інтерпретацію магнітних аномалій;
- використовувати програмно-алгоритмічний комплекс 3D магнітного моделювання для розробки різномасштабних магнітних моделей літосфери Землі;
- інтерпретувати та тлумачити результати магнітного моделювання у комплексі з іншими геолого-геофізичними даними;
- виконувати аналіз і інтерпретацію палеомагнітних даних при палеогеографічних і геодинамічних реконструкціях;
- використовувати методи магнетизму гірських порід і палеомагнетизму при вирішенні різних геологічних задач і при пошуках родовищ корисних копалин;

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 до 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.

ЗК04. Аналіз та синтез. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу на основі логічних аргументів та перевірених фактів, формування системного наукового світогляду та загального культурного кругозору.

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.

ЗК06. Гнучкість мислення. Здатність шукати власні шляхи вирішення проблеми, критично сприймати і аналізувати чужі думки та ідеї, рецензувати публікації й автореферати, проводити критичний аналіз власних матеріалів.

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.

ЗК08. Популяризаційні навички. Уміння спілкуватися із нефахівцями, певні навички викладання.

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

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 характеристики сучасного та давнього геомагнітного поля	Лекції, самостійна робота	Індивідуальне опитування	10%
1.2.	сучасні методи спостереження, аналізу та технології геомагнітних досліджень	Лекції, самостійна робота	Індивідуальне опитування	10%
1.3.	сучасний стан досліджень магнітного поля Землі, його просторово-часових змін, теоретичні основи магнітного моделювання та його втілення у практику геофізичних досліджень	Лекції, самостійна робота	Індивідуальне опитування	10%
1.4.	фізичні та геологічні основи методів магнетизму гірських порід і палеомагнетизму; можливості та обмеження цих методів при вирішенні різних геологічних задач	Лекції, самостійна робота	Індивідуальне опитування	10%
1.5	основні принципи застосування результатів цих методів у міждисциплінарних дослідженнях	Лекції, самостійна робота	Індивідуальне опитування	10%
	Вміти:			
2.1	розробляти різноманітні та різномасштабні цифрові карти геомагнітного поля та виконувати якісну та кількісну інтерпретацію магнітних аномалій	Лекції, самостійна робота	Індивідуальне опитування	10%
2.2	використовувати програмно-алгоритмічний комплекс 3D магнітного моделювання для розробки різномасштабних магнітних моделей літосфери Землі;	Лекції, самостійна робота	Індивідуальне опитування	10%

2.3	інтерпретувати та тлумачити результати магнітного моделювання у комплексі з іншими геолого-геофізичними даними	Лекції, самостійна робота	Індивідуальне опитування	10%
2.4	виконувати аналіз і інтерпретацію палеомагнітних даних при палеогеографічних і геодинамічних реконструкціях та використовувати методи магнетизму гірських порід і палеомагнетизму при вирішенні різних геологічних задач і при пошуках родовищ корисних копалин	Лекції, практичні заняття	Індивідуальне опитування	10%
Комунікація:				
3.	Представляти результати наукового пошуку у формі усної доповіді/стендової презентації з використанням сучасних технологій коректно та змістовно вести дискусію	Практичні заняття	Оцінювання практичних завдань/усних доповідей/презентацій	5%
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	5%

Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання:

Результати навчання дисципліни (код)	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	2.1	2.2	2.3	2.4	3	4
Програмні результати навчання (назва)											
ПРН01. Знання та розуміння	■	■	■	■							

основних понять і термінів, фізико-математичних основ усіх базових методів магнетизму гірських порід і палеомагнетизму											
ПРН02. Знання методології, розуміння практичного застосування польового та/або лабораторного експерименту, його обробки та різного рівня геолого-геофізичної інтерпретації та розуміння принципів програмно-алгоритмічний моделювання для розробки різномасштабних магнітних моделей літосфери Землі;	■	■	■	■							
ПРН03. Знання принципів будови та роботи апаратури та методики проведення польових робіт, підходів до розв'язку прямих та зворотних задач геофізики		■	■								
ПРН04. Знання для визначення і вирішення проблемних питань і прийняття обґрунтованих рішень в науках про Землю, в тому числі, в питаннях геофізичних досліджень, інтерпретації даних щодо магнетизму гірських порід та палеомагнетизму.	■	■	■	■	■						
ПРН05. Знання сучасних методів магнетизму гірських порід і палеомагнетизму; можливості та обмеження цих методів при вирішенні різних геологічних задач	■	■	■	■							
ПРН06. Знання та розуміння методів розробки і впровадження прикладних розробок.	■				■						
ПРН7. 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.											
ПРН8. Вміти з нових дослідницьких позицій формувати загальну методологічну базу власного наукового дослідження, усвідомлювати його актуальність, мету і значення для розвитку інших галузей науки, суспільно-політичного, економічного життя.						■	■	■	■		
ПРН9. 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).						■	■	■	■		
ПРН10. 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.											
ПРН11. Вміння та навички працювати з приладами, та організувати експедиційні дослідження		■	■	■		■	■	■		■	
ПРН12. 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						■	■	■	■	■	■
ПРН13. Вміння та навички критично сприймати й аналізувати ідеї та шукати власні шляхи вирішення проблеми, проводити критичний аналіз власних матеріалів, генерувати власні нові ідеї, приймати обґрунтовані рішення						■	■	■	■	■	■
ПРН14. Вміння та навички розробляти і реалізовувати проекти й програми у сфері Наук про Землю.										■	■

Кількість годин, відведених навчальним планом на вивчення дисципліни, становить 60 год., із них 20 год. – лекції, 20 год. – практичні заняття, 10 год. – семінари, 10 год. – самостійна робота. Вивчення аспірантами навчальної дисципліни "Магнітне поле Землі. Палеомагнетизм" завершується складанням заліку.

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 "Магнітне поле Землі. Палеомагнетизм."

(II курс – 3 семестр)

Змістовий модуль 1

Магнітне поле Землі.

№	Зміст	Лекції, год.	Практичні, год.	Семінари, год.	Самостійна робота, год.	Разом, год.
1	2	3	4	5	6	7
1.1.	Тема 1. Історичні аспекти дослідження магнітного поля Землі.	2	-	-	-	2
1.2.	Тема 2. Методи наземних, аеро- та супутникових спостережень та аналізу геомагнітного поля.	2	-	-	1	3
1.3.	Тема 3. Розробка та аналіз різномасштабних цифрових карт геомагнітного поля.	2	-	-	1	3
1.4.	Тема 4. Головне магнітне поле Землі. Магнітосфера Землі.	2	-	-	1	3
1.5.	Тема 5. Просторово-часова структура сучасного геомагнітного поля. Магнітне поле внутрішніх та зовнішніх джерел.	1	4	2	1	8
1.6.	Тема 6. Технологія магнітного моделювання та магнітні моделі літосфери Землі.	2	4	3	1	10
	Разом	11	8	5	5	29

Змістовий модуль 2

Основи магнетизму гірських порід і палеомагнетизму.

1.7.	Тема 7. Фізичні основи магнетизму гірських порід і мінералів.	2	2	-	1	5
1.8.	Тема 8. Апаратура магнітно-мінералогічного аналізу, вимірювання природної залишкової намагніченості і магнітної сприйнятливості.	2	6	-	1	9
1.9.	Тема 9. Палеомагнітні напрямки та палеомагнітні полюси	1	2	2	1	6
1.10.	Тема 10. Палеомагнетизм і магніостратиграфія.	2	2	-	1	5
1.11.	Тема 11. Палеомагнетизм і тектоніка.	2	-	3	1	6
	Разом	9	12	5	5	31
	Всього	20	20	10	10	60

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

Магнітне поле Землі. Основи магнетизму гірських порід і палеомагнетизму.

Тема 1. Історичні аспекти дослідження магнітного поля Землі.

Історико-наукові аспекти розвитку магнітометрії.

Еволюція поглядів на предмет, методи і результати геомагнітних досліджень.

Періодизація історії магнітометрії, основні етапи розвитку.

Прилади і технології для вимірів абсолютних та відносних геомагнітних вимірів та їх значення щодо дослідження просторово-часової структури геомагнітного поля.

Застосування магніторозвідки при вивченні глибинної структури земної кори та верхньої мантиї, прогнозуванні рудних та горючих корисних копалин, а також міждисциплінарних досліджень сейсмотектонічного та екологічного спрямування.

Тема 2. Методи наземних, аеро- та супутникових спостережень та аналізу геомагнітного поля.

Прилади для наземних, морських, аеро-, страто- та супутникових спостережень.

Технології наземних, морських, аеро-, страто- та супутникових спостережень.

Магнітні обсерваторії та пункти вікового ходу.

Технології магнітного картування.

Тема 3. Розробка та аналіз різномасштабних цифрових карт геомагнітного поля.

Типи та масштаби магнітних зйомок.

Силкові (B_x , B_y , B_z) та кутові (D , J) елементи геомагнітного поля.

Розробка карт аномального магнітного поля та модуля індукції B .

Технологія розрахунку та побудови карт повних та аномальних значень компонент геомагнітного поля.

Цифрова карта аномального магнітного поля Землі (WDMAM).

Тема 4. Головне магнітне поле Землі. Магнітосфера Землі.

Внутрішнє магнітне поле Землі та його просторова структура.

Магнітосфера Землі.

Магнітний потенціал. Сферичний гармонічний аналіз.

Геомагнітні та магнітні полюси Землі.

Моделі головного (нормального) геомагнітного поля (DGRF/IGRF – Definitive Geomagnetic Reference Field/International Geomagnetic Reference Field)

Фізичні теорії головного магнітного поля Землі.

Тема 5. Просторово-часова структура сучасного геомагнітного поля. Внутрішні та зовнішні джерела

Магнітне поле Землі та його часові зміни.

Внутрішні та зовнішні джерела геомагнітного поля.

Нормальне та аномальне магнітне поле.

Віковий хід, варіації та збурення геомагнітного поля.

Генерація геомагнітного поля і палеомагнетизм.

Тема 6. Технологія магнітного моделювання та магнітні моделі різномасштабних та різнотипових структур літосфери Землі.

Аналіз геомагнітного поля. Методи розділення на регіональну та локальну складову.

Програмно-алгоритмічні комплекси тривимірного магнітного моделювання.

Методика побудови магнітних моделей земної кори.

Типові магнітні моделі різномасштабних тектонічних структур.

Різнномасштабні магнітні моделі літосфери Землі.

Тема 7. Фізичні основи магнетизму гірських порід і мінералів.

Фізичні основи магнетизму гірських порід. Діамагнетики, парамагнетики, феро- і ферімагнетики. Залежності магнітної сприйнятливості діа-, пара- і феромагнетиків від магнітного поля і температури. Магнітне упорядкування. Види енергій (кристалографічна, магнітостатична, магнітна і ін.). Доменна структура феромагнетиків, критерії визначення доменного стану. Критичний розмір однодомених часток. Релаксаційні процеси, суперпарамагнетизм. Природна залишкова намагніченість (ПЗН) гірських порід, види залишкової намагніченості (термозалишкова, хімічна орієнтаційна). Основні магнітні мінерали гірських порід: титаномagnetити, гемоільменіти, пірротин. Їх основні магнітні характеристики. Температури Кюрі (T_c) твердих розчинів, її залежність від мінерального складу. Поняття деблокуючої температури. Анізотропія магнітної сприйнятливості, магнітна текстура.

Тема 8. Апаратура магнітно-мінералогічного аналізу, вимірювання природної залишкової намагніченості і магнітної сприйнятливості.

Апаратура магнітно-мінералогічного аналізу: виміри магнітної сприйнятливості, природної залишкової намагніченості, залежності індуктивної і залишкової намагніченості від прикладеного магнітного поля і температури. Діагностика феррімагнітних мінералів гірських порід магнітно-мінералогічними методами. Виміри анізотропії магнітної сприйнятливості гірських порід. Апаратура для палеомагнітного аналізу. Використання методів магнетизму гірських порід для вирішення стратиграфічних, тектонічних і петрологічних завдань.

Тема 9. Палеомагнетизм, палеомагнітні напрямки та палеомагнітні полюси.

Основні постулати палеомагнетизму. Методика відбору зразків для палеомагнітного аналізу. Інверсії, екскурси, вікові варіації геомагнітного поля. Структура давнього геомагнітного поля. Режими генерації геомагнітного поля за палеомагнітними даними.

Стабільність ПЗН, час утворення ПЗН (давня, метахронна, характеристична, в'язка та ін). Виділення компонент ПЗН, магнітні чистки. Статистичні методи обробки векторних даних, основи компонентного аналізу. Статистика на сфері. Статистичні методи обробки палеомагнітних даних, розподіл Фішера, середньосайтові напрямки, палеомагнітні напрямки та палеомагнітні полюси. Польові тести стабільності ПЗН. Визначення напруженості давнього магнітного поля по магматичним і осадовим породам

Тема 10. Палеомагнетизм і магнітостратиграфія.

Загальні положення стратиграфії на основі магнітної полярності. Побудова часової шкали геомагнітної полярності. Морські магнітні аномалії. Ієрархія структурних елементів геомагнітного поля, інверсії, епізоди, екскурси. Біостратиграфічне калібрування. Проблеми похибки нахилення в осадових породах. Перемагнічування гірських порід. Прикладні аспекти магнітохронологічних досліджень.

Тема 11. Палеомагнетизм і тектоніка.

Палеомагнітні полюси і палеогеографічні карти. Траєкторія позірної міграції полюса. Світова база палеомагнітних даних. Палеогеографічні реконструкції континентів. Сучасні уявлення про дрейф континентів для протерозою та фанерозою (на прикладі Східноєвропейської і Сибірської платформи). Палеомагнітизм і регіональна тектоніка.

Семінарські і практичні заняття.

Магнітне поле Землі. Основи магнетизму гірських порід і палеомагнетизму (30 год.)

Тема 1. Технології для вимірів абсолютних та відносних геомагнітних вимірів та їх значення щодо дослідження просторово-часової структури геомагнітного поля.

Тема 2. Прилади для наземних, морських, аеро-, страто- та супутникових спостережень. Технології наземних, морських, аеро-, страто- та супутникових спостережень. Магнітні обсерваторії та пункти вікового ходу.

Тема 3. Розробка карт аномального магнітного поля та модуля індукції В. Технологія розрахунку та побудови карт повних та аномальних значень компонент геомагнітного поля. Цифрова карта аномального магнітного поля Землі (WDMAM).

Тема 4. Моделі головного (нормального) геомагнітного поля (DGRF/IGRF – Definitive Geomagnetic Reference Field/International Geomagnetic Reference Field)
Фізичні теорії головного магнітного поля Землі.

Тема 5. Віковий хід, варіації та збурення геомагнітного поля.

Тема 6. Програмно-алгоритмічні комплекси тривимірного магнітного моделювання. Методика побудови магнітних моделей земної кори.

Тема 7. Основні магнітні мінерали гірських порід (титаномagnetити, гемоільменіти, пірротин) та їх основні характеристики.

Тема 8. Використання методів магнетизму гірських порід для вирішення стратиграфічних, тектонічних і петрологічних завдань.

Тема 9. Методика відбору зразків для палеомагнітного аналізу (інверсії, екскурси, вікові варіації геомагнітного поля).

Тема 11. Апаратура для палеомагнітного аналізу. Прикладні аспекти магнітохронологічних досліджень. Світова база палеомагнітних даних.

Екзаменаційні питання

1. Історично-наукові аспекти розвитку магнітометрії.
2. Прилади для наземних, морських, аеро-, страто- та супутникових спостережень.
3. Технології наземних, морських, аеро-, страто- та супутникових спостережень.
4. Магнітні обсерваторії та пункти вікового ходу.
5. Силі (В_x, В_y, В_z) та кутові (D, J) елементи геомагнітного поля.
6. Розробка карт аномального магнітного поля та модуля індукції В.
7. Технологія розрахунку та побудови карт повних та аномальних значень компонент геомагнітного поля.
8. Внутрішнє магнітне поле Землі та його просторова структура.
9. Магнітосфера Землі.
10. Магнітний потенціал. Сферичний гармонічний аналіз.
11. Геомагнітні та магнітні полюси Землі.
12. Моделі головного (нормального) геомагнітного поля (DGRF/IGRF – Definitive Geomagnetic Reference Field/International Geomagnetic Reference Field)
13. Фізичні теорії головного магнітного поля Землі.
14. Магнітне поле Землі та його часові зміни.
15. Внутрішні та зовнішні джерела геомагнітного поля.
16. Нормальне та аномальне магнітне поле.
17. Віковий хід, варіації та збурення геомагнітного поля.
18. Аналіз геомагнітного поля. Розділення на регіональну та локальну складову.
19. Математичне забезпечення тривимірного магнітного моделювання
20. Методика побудови магнітних моделей земної кори.
21. Типові магнітні моделі різномасштабних тектонічних структур.
22. Різномасштабні магнітні моделі літосфери Землі.
23. Фізична природа магнетизму.
24. Магнітна сприйнятливість гірських порід.
25. Характерні ознаки діа-, пара- і феромагнетиків.
26. Намагніченість, магнітна проникливість і магнітна сприйнятливість.
27. Доменна структура феромагнетиків.
28. Загальні особливості магнітних властивостей гірських порід.
29. Магнітні властивості гірських порід і методи їх визначення.
30. Намагнічування тіл в магнітному полі і характеристика намагнічування
31. Методи і апаратура палеомагнітних досліджень.
32. Природна залишкова намагніченість гірських порід.
33. Основні магнітні мінерали гірських порід.
34. Анізотропія магнітної сприйнятливості.
35. Апаратура для палеомагнітного аналізу.
36. Структура давнього геомагнітного поля.
37. Стабільність природної залишкової намагніченості, польові тести.
38. Напруженість давнього геомагнітного поля, методи її визначення.
39. Розрахунок палеомагнітних напрямків.
40. Палеомагнітний полюс: поняття, розрахунок, траєкторія позірної міграції полюса.
41. Шкали геомагнітної полярності.
42. Магнітохронологія і магніостратиграфія.
43. Палеогеографічні реконструкції по палеомагнітним даним.

44. Палеомагнетизм в решении задач тектоники.
45. Использование методов магнетизма горских пород для решения стратиграфических, тектонических и петрологических задач.
46. Режимы генерации геомагнитного поля.

Список рекомендованной литературы

Основна

1. Яновский Б.М. Земной магнетизм, Изд-во Ленинградского Ун-та—1978.—592с.;
2. Блох Ю.И. Теоретические основы комплексной магниторазведки/ Блох Ю.И. —М.: - 2012. — 160с. Режим доступа: <http://sigma3d.com/pdf/books/blokh-complex.pdf>
3. Гордин В.М. Очерки по истории геомагнитных измерений. —М. ИФЗ РАН, — 2004. — 162с.
4. Сергеев В.А., Циганенко Н.А.. Магнитосфера Земли. — Наука,-М.- 1975.;
5. Пашкевич И.К., Марковский В.С., Орлюк М.И. и др. Магнитная модель литосферы Европы / Под ред. Г.И.Каратаева. — Киев: Наук.думка, 1990.
6. Петромагнитная модель литосферы . — Киев: Наук. думка, 1994. — 176с.
7. Chulliat, A., S. Macmillan, P. Alken, C. Beggan, M. Nair, B. Hamilton, A. Woods, V. Ridley, S. Maus and A. Thomson, 2015, The US/UK World Magnetic Model for 2015-2020: Technical Report, National Geophysical Data Center, NOAA. doi: 10.7289/V5TB14V7;
8. Chulliat, A., P. Alken, M. Nair, A. Woods, and S. Maus, 2015, The Enhanced Magnetic Model 2015-2020, National Centers for Environmental Information, NOAA. doi: 10.7289/V56971HV; Maus, S. et al., 2009. EMAG2: A 2-arc min resolution Earth Magnetic Anomaly Grid compiled from satellite, airborne, and marine magnetic measurements. *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 10, Q08005. doi:10.1029/2009GC002471;
9. Purucker, Michael E.; Whaler, Kathryn A. "6. Crustal magnetism". In Kono, M. *Geomagnetism* (PDF). Treatise on Geophysics 5. Elsevier. p. 195–236. ISBN 978-0-444-52748-6
10. Manda M., Korte M. (eds.), 2011. Geomagnetic Observations and Models. IAGA Special Sopron Book Series; Vol. 5. 343 p. doi: <http://doi.org/10.1007/978-90-481-9858-0>.
11. Lanza R., Meloni A., 2006. The Earth's magnetism: an introduction for geologist. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag. 287pp. <https://doi.org/10.1017/S0016756807003238>
12. Tauxe, L, Banerjee, S.K., Butler, R.F. and van der Voo R, Essentials of Paleomagnetism, 5th Web Edition, 2018. <https://earthref.org/MagIC/books/Tauxe/Essentials/>
13. Бахмутов В.Г. Палеоэволюционные геомагнитные вариации. Киев, Наук. Думка, 2006. -298с.
14. Kilifarska N.A., Bakhmutov V.G., Melnyk G.V. The Hidden Link Between Earth's Magnetic Field and Climate. Elsevier, 2020. — 228. — Paperback ISBN: 9780128193464, eBook ISBN: 9780128193471. <https://doi.org/10.1016/C2018-0-01667-9>
15. Hlavatskyi D.V., Bakhmutov V.G., 2020. Magnetostratigraphy and magnetic susceptibility of the best developed Pleistocene loess-palaeosol sequences of Ukraine: implications for correlation and proposed chronostratigraphic models // *Geological Quarterly*. 64(3). P. 723–753. doi:10.7306/gq.1544
16. Bakhmutov, V.G., Halászová, E., Ivanova, D.K., Józsa, Š., Reháková, D., Wimbledon, W.A.P., 2018. Biostratigraphy and magnetostratigraphy of the upper most Tithonian–Lower Berriasian in the Theodosia area of Crimea (southern Ukraine) // *Geological Quarterly*. 62 (2), P. 197–236, doi: 10.7306/gq.1404
17. Jeleńska M., Kądziałko-Hofmokr, M., Bakhmutov, V., Poliachenko, I., Ziółkowski, P., 2015. Paleomagnetic and rock magnetic study of Lower Devonian sediments from Podolia, SW Ukraine: remagnetization problems // *Geophysical Journal International*. 200 (1), P. 557-573. doi:10.1093/gji/ggu411
18. Hlavatskyi D., Bakhmutov V., 2021. Early–Middle Pleistocene Magnetostratigraphic and Rock Magnetic Records of the Dolynske Section (Lower Danube, Ukraine) and Their Application to the Correlation of Loess-Palaeosol Sequences in Eastern and South-Eastern Europe // *Quaternary*. 4 (4), P. 1–43. <https://doi.org/10.3390/quat4040043>

19. Kilifarska, N., Bakhmutov, V. and Melnyk, G., 2022. Coupling between Geomagnetic Field and Earth's Climate System. In "Magnetosphere" (Editors K. S. Essa and Dr. K. H. Mahmoud), IntechOpen Publisher. DOI: [10.5772/intechopen.103695](https://doi.org/10.5772/intechopen.103695)

Додаткова

1. Акасофу С.И., Чепмен С. Солнечно-земная физика. Т.1 и 2.-Мир.-1975.;
2. Крутиховская И.К., Пашкевич И.К., Силина И.М. Магнитная модель и структура земной коры Украинского щита.—К.: Наукова думка, 1982.—216с.
3. Коваленко-Завойський В.М. Іващенко І.М. Математичне забезпечення інтерпретації поля ΔB_g регіональних магнітних аномалій // Геофізичний журнал. —2006—Т.28, №5.
4. Thebault E., Finlay C. C., Beggan C. D., Alken P., Aubert J., Barrois O., Bertrand F., Bondar T., Boness A., Brocco L., Canet E., Chambodut A., Chulliat A., Coisson P., Civet F., Du A., Fournier A., Fratter I., Gillet N., Hamilton B., Hamoudi M., Hulot G., Jager T., Korte M., Kuang W., Lalanne X., Langlais B., Leger J. M., Lesur V., Lowes F. J., 2015. Special issue «International Geomagnetic Reference Field— the twelfth generation». Earth Planet. Space 67:79. <https://doi.org/10.1186/s40623-015-0313-0>
5. Нечаев С.В. Руководство для стационарных геомагнитных наблюдений. Иркутск, Изд-во Института географии им. В.Б.Сочавы СО РАН. —2006. — 140с.
6. Purucker M. E., Clark D. A., 2011. Mapping and interpretation of the Lithospheric Magnetic Field. In: M. Manda, M. Korte (eds.). Geomagnetic Observations and Models. IAGA Special Sopron Book Series Vol. 5, P. 311—337. doi: 10.1007/978-90—481-9858-0.
7. Орлюк М. И., Роменец А. А. Структура и динамика главного магнитного поля Земли на ее поверхности и в ближнем космосе//Odessa astronomical publications. 2011. Т. 24.С. 124—129.
8. Orlyuk M.I., Romenets A.A. Spatial-temporal change of the geomagnetic field: environmental aspect//Геофизич. Журнал. — 2020. — т.42, № 4. — С.18 -38. DOI: <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v42i4.2020.210670>
9. Орлюк М.И., Марченко А.В., Роменец А.А. Пространственно-временные изменения геомагнитного поля и сейсмичность// Геофизич. Журнал. — 2017. — т.39, № 6. — С.84-105.
10. Старостенко В.И., Шуман В.Н., Иващенко И.Н., Легостаева О.В., Савченко А.С., Скриник О.Я. Магнитные поля трехмерных анизотропных тел: теория и практика вычислений // Физика Земли.—2009. —№8.
11. D.Gubbins, E. Herrero-Bervera (eds), 2007. Encyclopedia of Geomagnetism and Paleomagnetism. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag. 1054 pp <https://doi.org/10.1017/S0016756808004469>
12. В.Ю. Максимчук, М.І. Орлюк, В.І. Трегубенко, Ю.М. Городиський, В.П. Мясоєдов, Є.Ф. Накалов Наземна абсолютна магнітна зйомка на опорній мережі пунктів вікового ходу в Україні для епохи 2005 року // Геофізический журнал. — 2010. — Т. 32, № 5. - С. 102-116
13. М.І. Орлюк, А.О. Роменець, І.М. Орлюк Магнітні поля Київського метрополітену: екологічний аспект // Доповіді Національної академії наук України. — 2020. — № 3. — С. 63-70.