НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ

ІНСТИТУТ ГЕОФІЗИКИ ім. С.І. СУББОТІНА

СХВАЛЕНО	**ЗАТВЕРДЖЕНО**
Вченою радою Інституту геофізики	Директор Інституту геофізики
ім. С.І. Субботіна НАН України	ім. С.І. Субботіна НАН України
«20» грудня_ 2021 р.	Віталій СТАРОСТЕНКО
Протокол № 15	«20» грудня_ 2021 р.

Голова вченої ради

Інституту геофізики ім. С.І.Субботіна НАН України

академік НАН України Віталій СТАРОСТЕНКО

УДК 551.51

Бойченко С. Г.

Фізика атмосфери та фізичні основи теорії клімату

(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): 1 кредит - 30 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 грудня 2021)**

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

Бойченко Світлана Григорівна – доктор географічних наук, доцент, провідний науковий співробітник відділу геомагнетизму Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України.

ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

"Фізика атмосфери та фізичні основи теорії клімату"

(за вимогами ECTS)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	**Галузь знань, напрям підготовки, освітньо – кваліфікаційний рівень**	**Характеристика навчальної дисципліни, денна форма навчання**
Кількість кредитів - 1	Галузь знань 10-Природничі науки (шифр, назва)	Нормативна
Загальна кількість годин для денної форми навчання – 30	Спеціальність 103-Науки про Землю	Рік підготовки
		2
		Семестр
		3
		Лекцій 8 години
	Освітньо-кваліфікаційний рівень: Доктор філософії	Практичні 6 годин
		Семінари 4 годин
		Самостійна робота 12
		Вид контролю: залік

Спецкурс «Фізика атмосфери та фізичні основи теорії клімату» - дисципліна дає уяву про фізичні процеси в атмосфері, основні методи досліджень, аналізу та прогнозу метеорологічних величин та явищ, фізичні основи теорії клімату, вплив атмосфери на природні сфери та екологічний стан довкілля.

Мета – підвищення рівня теоретичної і професійної підготовки, знання основних фізичних законів та процесів в атмосфері та її взаємодії з літосферою і гідросферою, а також знання щодо змін клімату та наслідків для довкілля, а також вміння застосування знань для вирішення дослідницьких і прикладних задач.

Завдання даної дисципліни формування необхідного рівня знань про основні фізико-географічні закономірності процесів у атмосфері, що дозволить орієнтуватися у природі атмосферних явищ і використовувати ці знання у практичній діяльності у сфері раціонального використання природних ресурсів.

Предметом вивчення навчальної дисципліни є система сучасних знань про атмосферу Землі, закономірності її існування та руху; встановлення взаємозв’язків між атмосферними та кліматичними процесами та екологічним станом навколишнього середовища.

В результаті вивчення курсу студент повинен **знати:**

- методи досліджень в метеорології і кліматології;
- склад і будову атмосфери, основні компоненти, властивості, режими атмосфери;
- фізико-хімічні та фізичні характеристики і закони, що лежать в основі атмосферних процесів та процесів в земній кліматичній системі;
- географічний розподіл елементів радіаційного балансу Землі та метеопараметрів;

- характер впливу на метеопараметри орографії, географічного положення океанічних течій, процесів на Сонці тощо;
- особливості динаміки метеорологічних параметрів і кліматичних умов;
- процеси конденсації, утворювання хмар, опадів і їх класифікація, вологообмін на земній кулі;
- основні поняття синоптичної метеорології;
- процеси формування клімату, класифікацію кліматів і районування території,
- методи кліматичного моніторингу, фактори, що впливають на клімат.

Вміти:

- володіти класичними знаннями про фізико-хімічні процеси в атмосфері та взаємозв'язки між кліматичними та геологічними процесами;
- здійснювати аналіз і оцінку достовірності матеріалів метеорологічних вимірювань і інформації;
- бути обізнаними з особливостями сучасних глобальних і регіональних змін клімату та наслідками від них;
- використовувати кліматичну класифікацію і районування для забезпечення нормального функціонування підприємств.

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 геофізичні задачі в частині фізики атмосфери 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 атмосфери та основ фізичної теорії клімату, її будову та процеси, з точки зору фундаментальних загальнонаукових принципів і знань. 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 процесів в атмосфері та в між ланками земної кліматичної системи.

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.	методи досліджень в метеорології і кліматології	Лекції, самостійна робота	Індивідуальне опитування	10%
1.2.	фізико-хімічні та фізичні характеристики і закони, що лежать в основі атмосферних процесів та процесів в земній кліматичній системі	Лекції, семінари, самостійна робота	Індивідуальне опитування	10%

1.3.	географічний розподіл елементів радіаційного балансу Землі та метеопараметрів	Лекції, самостійна робота	Індивідуальне опитування	5%
1.4.	характер впливу на метеопараметри орографії, географічного положення океанічних течій, процесів на Сонці тощо	Лекції, семінари, самостійна робота	Індивідуальне опитування	10%
1.5.	особливості динаміки метеорологічних параметрів і кліматичних умов	Лекції, семінари, самостійна робота	Індивідуальне опитування	5%
1.6.	основні поняття синоптичної метеорології; процеси конденсації, утворювання хмар, опадів і їх класифікація, вологообмін на земній кулі	Лекції, самостійна робота	Індивідуальне опитування	5%
1.7.	процеси формування клімату, атмосферного парникового ефекту, класифікація кліматів і районування території	Лекції, семінари, самостійна робота	Індивідуальне опитування	10%
	Вміти:			
2.1	володіти класичними знаннями про фізико-хімічні процеси в атмосфері та взаємозв’язки між кліматичними та геологічними процесами.	Лекції, семінари, самостійна робота	Індивідуальне опитування	10%
2.2	здійснювати аналіз і оцінку достовірності матеріалів метеорологічних вимірювань і інформації.	Лекції, семінари, самостійна робота	Індивідуальне опитування	10%
2.3	бути обізнаними з особливостями сучасних глобальних і регіональних змін клімату та наслідками від них	Лекції, семінари, самостійна робота	Індивідуальне опитування	5%
2.4	використовувати кліматичну класифікацію і районування для забезпечення нормального функціонування підприємств	Лекції, семінари, самостійна робота	Індивідуальне опитування	10%

	Комунікація:			
3.	Представляти результати наукового пошуку у формі усної доповіді/стендової презентації з використанням сучасних технологій коректно та змістовно вести дискусію	Семінари	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) / **Програмні результати навчання (назва)**	**1.1**	**1.2**	**1.3**	**1.4**	**1.5**	**1.6**	**1.7**	**2.1**	**2.2**	**2.3**	**2.4**	**3**	**4**
ПРН01. Знання основних понять, термінів та методів досліджень в метеорології і кліматології	■	■	■	■	■	■	■						
ПРН02. Знання теорії та розуміння фізичних законів, що лежать в основі атмосферних процесів та процесів в земній кліматичній системі	■	■	■	■	■	■	■						
ПРН03. Знання і розуміння особливостей зонального та географічного розподілу елементів радіаційного балансу Землі та метеопараметрів		■	■	■	■	■							
ПРН04. Знання і розуміння особливостей впливу на атмосферні процеси зовнішніх і внутрішніх компонентів земної кліматичної системи		■	■	■	■	■							
ПРН05. Знання та володіння особливостями динаміки метеорологічних параметрів і кліматичних умов		■	■	■	■								
ПРН06. Знання основних синоптичної утворень та розуміння формування синоптичних процесів конденсації					■	■							
ПРН07. Знання та розуміння процесів формування клімату, фізичних основ теорії клімату, формування атмосферного парникового		■	■	■	■	■	■						

ефекту.													
ПРН08. Вміння і навички здійснювати аналіз і оцінку достовірності матеріалів метеорологічних вимірювань і інформації.	■								■		■	■	■
ПРН9. Вміння та навики відслідковувати нові досягнення у професійній сфері й знаходити наукові джерела, які мають відношення до сфери наукових інтересів, працювати з різними джерелами, розшукувати, обробляти, аналізувати та синтезувати отриману інформацію (наукові статті, науково-аналітичні матеріали, бази даних тощо).									■		■	■	■
ПРН10. Вміти з нових дослідницьких позицій формулювати загальну методологічну базу наукового дослідження, усвідомлювати актуальність, мету і значення для розвитку інших галузей науки, суспільно-політичного, економічного життя.									■		■	■	■
ПРН11. Вміння і навички використовувати кліматичну класифікацію і районування для забезпечення нормального функціонування підприємств.						■		■	■	■	■		

ПРН12. Вміння та навики 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 навики використовувати сучасні інформаційні й комунікаційні технології, комп'ютерні засоби та програми при проведенні наукових досліджень, оцінювати й забезпечувати якість виконуваних робіт									■		■	■	■
ПРН14. Вміння та навики 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									■		■	■	■
ПРН15. Вміння та навики розробляти і реалізовувати проекти й програми у сфері Наук про Землю.								■	■	■	■	■	■

Розподіл навчального часу.

Кількість годин, відведених навчальним планом на вивчення дисципліни, становить 30 год., із них 8 год. – лекції, 6 год. – практичні заняття 4 год. – семінари, 12 год. – самостійна робота. Вивчення аспірантами навчальної дисципліни "Фізика атмосфери та фізичні основи теорії клімату" 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 "Фізика атмосфери та фізичні основи теорії клімату"
(ІІ курс – 3 семестр)

ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН

№	Тема	Лекції	Практична робота	Семінари	Самостійна робота	Разом
1	2	3	4	5	6	7
1.1.	Тема 1. Основний хімічний склад земної та структура атмосфери та атмосфер планет Сонячної системи. Основні закони термодинаміки атмосфери.	1	2		-	2
1.2.	Тема 2. Фізика хмар та атмосферних опадів.	1		1	2	4
1.3.	Тема 3. Основні закономірності загальної циркуляції земної атмосфери.	1		1	2	4
1.4.	Тема 4. Атмосферний аерозоль.	1	2			2
1.5.	Тема 5. Атмосферний озон.	1		1	2	4
1.6.	Тема 6. Палеокліматичні реконструкції клімату минулого.	1		1	2	4
1.7.	Тема 7. Фізична природа глобального атмосферного парникового ефекту.	1			2	4
1.8.	Тема 8. Основні закономірності змін глобального клімату. Особливості сучасних кліматичних умов України.	1	2		2	5
	Разом	**8**	**6**	**4**	**12**	**29**

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 "ФІЗИКА АТМОСФЕРИ ТА ФІЗИЧНІ ОСНОВИ ТЕОРІЇ КЛІМАТУ"

Тема 1. Основний хімічний склад земної та структура атмосфери та атмосфер планет Сонячної системи. Основні закони термодинаміки атмосфери. Основні поняття метеорології та кліматології. Методи досліджень в метеорології та кліматології. Природна радіоактивність атмосфери. Основні рівняння термогідродинаміки атмосфери. Сухоадіабатичні та вологоадіабатичні процеси в атмосфері.

Тема 2. Фізика хмар та атмосферних опадів. Основні типи хмар. Механізми утворення хмар в атмосфері. Загальна характеристика основних типів атмосферних опадів. Механізм Фіндайзена-Бержерона утворення зародків атмосферних опадів.

Тема 3. Основні закономірності загальної циркуляції земної атмосфери. Основні механізми формування та схема загальної циркуляції атмосфери. Загальна характеристика основних атмосферних синоптичних утворень (фронтів, циклонів, антициклонів). Взаємодія циркуляції атмосфери з циркуляцією Світового океану.

Тема 4. Атмосферний аерозоль. Загальна характеристика та основні механізми утворення тропосферного та стратосферного аерозолю. Роль аерозолю у формування клімату на планеті.

Тема 5. Атмосферний озон. Фізико-хімічні властивості стратосферного і тропосферного озону та механізми утворення та руйнування. Сезонно-широтний та вертикальний розподіл озону в атмосфері.

Тема 6. Палеокліматичні реконструкції клімату минулого та причини його коливань. Астрономічні фактори, що формують довгоперіодні коливання клімату. Особливості клімату останнього мільйона років. Клімат останнього тисячоліття. Палеокліматичні аналоги теплих епох минулого.

Тема 7. Фізична природа глобального атмосферного парникового ефекту. Фізична природа глобального атмосферного парникового ефекту. Радіаційний баланс. Сонячна постійна. Планетарне альбедо Землі. Напівемпірична модель глобального клімату.

Тема 8. Основні закономірності змін глобального клімату. Особливості сучасних кліматичних умов України. Особливості сучасного глобального потепління. Особливості змін температурного режиму стратосфери. Сценарії можливих змін клімату до кінця 21ст. Екологічні і соціально-економічні наслідки від змін клімату. Особливості сучасного клімату України та його

трансформація в умовах глобального потепління. Сценарії можливих змін кліматичних умов України до кінця 21 ст. Екологічні і соціально-економічні наслідки від змін клімату.

ЗМІСТ СЕМІНАРСЬКИХ ЗАНЯТЬ ТА ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

1. Міжнародні конвенції та протоколи в галузі охорони навколишнього середовища.

- Міжнародні документи зі змін клімату та озорони озону
- Рамкова конвенція ООН про зміни клімату, 1992.
- Кіотський протокол до Рамкової конвенції про зміни клімату, 1997
- Огляд конференцій сторін Рамкової конвенції оон про зміну клімату
- Віденська конвенція про охорону озонового шару, 1985.
- Монреальський протокол по речовинам руйнуючим озоновий шар, 1987

2. Загальна характеристика тропосферного і стратосферного аерозолю.

- Характеристика стратосферного і тропосферного аерозолю: природний аерозоль: континентальний, морський, аерозоль вулканічного, біологічного, космічного походження; аерозоль антропогенного походження;
- Основні фізичні механізми його формування та хімічний і дисперсний склад, седиментація тощо.
- Роль атмосферного аерозолю в кліматичних процесах.

3. Атмосферний озон

- Особливості динаміки загального вмісту озону.
- Фізичні механізми утворення і руйнування озону в атмосфері (вертикальний та сезонно-широтний розподіл).
- Особливості динаміки вмісту тропосферного та стратосферного озону (фізичні механізми утворення та руйнування, сезонно-широтний розподіл, вертикальний профіль).
- Антропогенний вплив на озоновий шар.

4. Загальна характеристика основних атмосферних синоптичних утворень.

- Загальна характеристика фронтів, циклонів, антициклонів.
- Загальна характеристика зони внутрішньотропічної зони конвергенції, зони субтропічних антициклонів, зони інтенсивної синоптичної діяльності помірних широт.
- Загальна характеристика несприятливих явищ погоди: смерчів, торнадо тощо.

5. Особливості вікової динаміки відносного вмісту парникових газів H_2O, CO_2, CH_4 N_2O

- Особливості вікової динаміки відносного вмісту водяної пари (джерела та стоки, вертикальний профіль, сезонно-широтний розподіл тощо) .
- Особливості вікової динаміки відносного вмісту CO2, CH4 N2O (джерела та стоки, вертикальний профіль, сезонно-широтний розподіл тощо) .
- Еволюція вмісту парникових газів в атмосфері фанерозою.

6. Особливості сучасного глобального потепління та екологічні і соціально-економічні наслідки від змін клімату

- Загальна характеристика глобального клімату. Сучасна динаміка глобальної температури та атмосферних опадів.

- Сезонно-широтний розподіл температури та сум атмосферних опадів.
- Демпфіруючий вплив Світового океану на коливання клімату.
- Вплив сонячної активності на кліматичні процеси на Землі.
- Вплив вулканічної діяльності на клімат.
- Сценарії можливих змін глобального клімату до кінця 21 ст.

7. Особливості змін клімату на території України та наслідки від них

- Клімат України в минулому (палеокліматичні реконструкції).
- Особливості кліматичних умов на території України.
- Зміни клімату на території України.
- Стихійні гідрометеорологічні явища природи. Повторюваність стихійних гідрометеорологічних явищ на території України в сучасну епоху.
- Сценарії можливих змін кліматичних умов України до кінця 21ст.
- Сучасна динаміка рівня Чорного та Азовського морів.
- Особливості змін клімату в гірських регіонах (Українські Карпати та Кримські гори).

САМОСТІЙНА РОБОТА

Самостійна робота студента полягає у вивченні літературних публікацій (підручників, посібників, наукових та науково-популярних статей, методичних розробок, практикумів тощо), рекомендованих до відповідних тем, як і інших джерел інформації, їх критичному аналізі та узагальненні при підготовці до теоретичних, лабораторних, семінарських занять, виконанні індивідуальних навчально-дослідних завдань, підготовці до поточних модульних опитувань та кінцевого змішаного заліку.

ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ДО ЗАЛІКУ

1. Основний хімічний склад сучасної атмосфери Землі. Порівняння з хімічним складом атмосфер інших планет Сонячної системи.
2. Вертикальна структура земної атмосфери.
3. Загальна характеристика основних атмосферних синоптичних утворень (фронтів, циклонів, антициклонів).
4. Основний радіоізотопний склад земної атмосфери. Механізми формування природної радіоактивності земної атмосфери.
5. Особливості вікової динаміки відносного вмісту вуглекислого газу в атмосфері.
6. Особливості вікової динаміки відносного вмісту метану в атмосфері.
7. Особливості вікової динаміки відносного вмісту закису азоту в атмосфері.
8. Еволюція загального вмісту вільного кисню в земній атмосфері в епоху фанерозою. Основні механізми його утворення.
9. Вплив вулканічної діяльності на коливання клімату на планеті.
10. Стихійні гідрометеорологічні явища природи. Повторюваність стихійних гідрометеорологічних явищ на території України.
11. Сонячна постійна. Вплив ритмів сонячної активності на клімат.
12. Планетарне альбедо Землі.
13. Напівемпірична модель глобального клімату.
14. Фізична природа атмосферного парникового ефекту. Механізм антропогенного підсилення атмосферного парникового ефекту.

15. Загальна характеристика основних типів атмосферних опадів. Механізм Фіндайзена-Бержерона утворення зародків атмосферних опадів.
16. Особливості кліматичних умов останнього тисячоліття.
17. Особливості сучасних глобальних змін клімату та екологічні наслідки від глобальних змін клімату.
18. Поняття клімат. Основні кліматоформуючі фактори.
19. Загальна характеристика стратосферного та тропосферного аерозольного шару. Хімічний склад аерозолю, основний механізм його утворення.
20. Особливості сучасних змін кліматичних умов України та екологічні наслідки від них.
21. Загальна характеристика хмарного покриву Землі. Основні механізми формування хмарного покриву.
22. Особливості динаміки вмісту тропосферного та стратосферного озону.
23. Фізичні механізми утворення тропосферного озону в тропосфері.
24. Загальна характеристика основних типів атмосферних опадів. Сезонно-широтний розподіл атмосферних опадів в Північній півкулі.
25. Загальна характеристика теплих кліматичних епох минулого (оптимум голоцену, микулинське міжльодовиків`є, оптимум пліоцену).
26. Динаміка рівня Світового океану під впливом глобальних змін клімату та можливі екологічні наслідки.
27. Динаміка рівня Чорного и Азовського морів під впливом глобальних змін клімату та можливі екологічні наслідки.

Білети на екзамен

Білет №1.

Основний хімічний склад сучасної атмосфери Землі. Порівняння з хімічним складом атмосфер інших планет Сонячної системи. Вертикальна структура земної атмосфери.

Загальна характеристика основних атмосферних синоптичних утворень.

Білет №2.

Основний радіоізотопний склад земної атмосфери. Механізми формування природної радіоактивності земної атмосфери.

Загальна характеристика атмосферного аерозолю. Основні фізичні механізми його формування.

Білет №3.

Еволюція загального вмісту вільного кисню в земній атмосфері в епоху фанерозою.

Сонячна постійна. Вплив ритмів сонячної активності на клімат.

Білет №4.

Особливості вікової динаміки відносного вмісту метану в атмосфері.

Вплив вулканічної діяльності на коливання клімату на планеті.

Білет №5.

Особливості сучасних глобальних змін клімату.

Екологічні наслідки від глобальних змін клімату.

Білет №6.

Планетарне альбедо Землі.

Фізична природа глобального атмосферного парникового ефекту.

Білет №7.

Напівемпірична модель глобального клімату.

Характерні особливості фазових переходів води в земній атмосфері.

Білет №8.

Загальна характеристика основних типів атмосферних опадів. Механізм Фіндайзена-Бержерона утворення зародків атмосферних опадів

Малі атмосферні газові домішки (водяна пара, вуглекислий газ, метан, закис азоту, озон) та їх вплив на геофізичні процеси.

Білет №9.

Загальна характеристика тропосферного і стратосферного аерозольного шару. Хімічний склад, фізичні механізми утворення.

Особливості сучасних змін кліматичних умов України та екологічні наслідки від них.

Білет №10.

Влив Світового океану на клімат. Динаміка рівня Світового океану під впливом змін клімату.

Загальна характеристика та механізми формування хмарного покриву Землі.

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. Антонов В.С. Короткий курс загальної метеорології: Навчальний посібник. Чернівці: Рута, 2004. – 336 с.
2. Бойченко С.Г. Напівемпіричні моделі та сценарії глобальних і регіональних коливань змін клімату. –К.: «Наукова думка», 2008. –С.310.
3. Врублевська О.О., Гончарова Л.Д., Катеруша Г.П. Кліматологія/ Підручник під ред. Є.П. Школьного, Одеса, Екологія, 2013 р. – 346 с.
4. Волощук В.М., Бойченко С.Г., Степаненко С.М., та ін. Глобальне потепління і клімат України: регіональні екологічні та соціально-економічні аспекти /ВПЦ "Київський університет", 2002, 117 с.
5. Гончарова Л.Д., Е.М. Серга, Є.П. Школьний. Клімат і загальна циркуляція атмосфери. – Київ: КНТ, 2005. – 251 с.
6. Клімат України. Вид–во Раєвського. –Київ, 2003. –.351 с.
7. Мак-Ивен М., Филлипс Л. Химия атмосферы: Пер. с англ. -М.:Мир, 1978. -375с.
8. Проценко Г.Д. Метеорологія та кліматологія: Навчальний посібник. / Г.Д. Проценко. – К., 2007. – 265 с.
9. Школьний Е.П. Фізика атмосфери. – К.: Видавництво «КНТ» 2007. – 698 с
10. Школьний Є.П., Гончарова Л.Д., Миротворская Н.К. Методы обработки и анализа гидрометеорологической информации. Одесса, 2000. -120 с.
11. Encyclopedia of World Climatology, 2005. Oliver, John E. (Ed.). –Berlin, Heidelberg, New York. Berlin: Springer Science & Business Media, 874 p. ISBN: 978–14020–4870–8.
12. IPCC, 2013: The Physical Science Basis. Working Group, I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate, UNEP/WMO. **2013**. http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1 (accessed on 12 April 2022).
13. IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. [Masson-Delmotte, V., et all. eds.)]. Cambridge University Press. **2021**; 3948 pp. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/ (accessed on 12 April 2022).

Додаткова:

14. Белевцев Р.Я., Бойченко С.Г., Спивак С.Д., Волощук В.М. Термодинамика газового обмена в окружающей среде.-Київ: «Наукова думка», 2007, с.250
15. Имбри Дж., Имбри К. Тайны ледниковых эпох (перев. с англ. под ред. Авсюка Г.А) -М.: Прогресс, 1988. –264 с.
16. Ку-Нан Лиоу. Основы радиационных процессов в атмосфере: Пер. с англ. -Л.: Гидрометиздат, 1984. -376с.
17. Клімат України: у минулому і майбутньому?, 2009. За ред. М.І. Кульбіди, М.Б. Барабаш – Київ: Сталь, 234 с.
18. Логинов К.Т., Бабиченко В.М., Кулаковская М.Ю. Опасные явления погоды на Украине. -Л.:Гидрометиздат, 1972. -236 с.
19. Мороз С.А. Історія Біосфери Землі. У 2 кн. Кн.1: Теоретико-методологічні засади пізнання.-К.: Заповіт, 1996.-440 с.
20. Мороз С.А. Історія Біосфери Землі. У 2 кн. Кн.2: Геолого-палеонтологічний життєопис.-К.: Заповіт, 1996.-442 с.
21. Поток энергии Солнца и его изменения (под ред. О.Уайта). -М.:Мир, 1980. -558 с.
22. Boychenko, S.; Voloshchuk, V.; Kuchma, T.; Serdyuchenko, N. Long–time changes of the thermal continentality index, the amplitudes and the phase of the seasonal temperature variation in Ukraine. Geofiz. Zhurnal **2018**, 40, 81–96. https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v40i3.2018.137175.
23. Boychenko, S.; Voloshchuk, V.; Movchan, Y.; Serdjuchenko, N.; Tkachenko, V.; Tyshchenko, O.; Savchenko, S. Features of climate change on Ukraine: Scenarios, consequences for nature and

agroecosystems. Proc. Natl. Aviat. Univ. **2016**, 4, 96–113. https://doi.org/10.18372/2306–1472.69.11061.

Інтернет ресурси

- http://cgo-sreznevskyi.kiev.ua/index.php?dv=metod-rob/
- https://public.wmo.int/en
- https://public.wmo.int/en/programmes/global-observing-system
- https://eco-city.org.ua/
- https://www.ecad.eu/
- https://meteo.gov.ua/ua/33393
- http://twri.tamu.edu/reports/2011/tr406.pdf
- http://www.wmo.int/pages/index_ru.html
- http://meteo.gov.ua/ua/hmc_
- http://www.twirpx.com/files/earth_science/climatolog
- http://ua.bookfi.org/g/метеорология+и+климатол
- http://planet.iitp.ru/mig/
- http://www.wetterzentrale.de/
- http://twri.tamu.edu/reports/2011/tr406.pdf
- http://meteo.gov.ua/ua/33345/hmc/hmc_main/
- https://agupubs.pericles-prod.literatumonline.com/journal/21698996/
- http://studentbooks.com.ua/content/view/1333/76/1/3/
- https://meteo.gov.ua/files/content/docs/meteo_kerdoc/Nastanova%20z%20gydrometz abezpechennja.pdf
- https://www.academia.edu/10591081/Climate_model_simulates_global_cold_climate _and_largescale_North_Atlantic_seaice_anomalies_during_Late_Maunder_Minimum_1675-1710_?auto=download
- https://climate.copernicus.eu/monthly-climate-bulletins
- .https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/strategies/progress/docs/com_2020_777_en.pdf
- https://climate.copernicus.eu/monthly-climate-bulletins