

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА
Географічний факультет
Кафедра метеорології та кліматології

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник декана
з навчальної роботи



(Пасько В.Ф.)
_____ 2021 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
МОДЕЛЮВАННЯ В АГРОМЕТЕОРОЛОГІЇ**
для студентів

галузь знань **10 Природничі науки**
спеціальність **103 Науки про Землю**
освітній рівень **Магістр**
освітня програма **Метеорологія**
спеціалізація
вид дисципліни **обов'язкова**

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2021/2022
Семестр	2
Кількість кредитів ECTS	6
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	іспит

Викладачі: **Кривошеїн Олександр Олегович**, кандидат географічних наук,
доцент кафедри метеорології та кліматології


Пролонговано: на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

КИЇВ – 2021

Розробники: **Кривошеїн Олександр Олегович**, кандидат географічних наук,
доцент кафедри метеорології та кліматології

ЗАТВЕРДЖЕНО
Завідувач кафедри
метеорології та кліматології

 проф. Сніжко С. І.

Протокол № 1 від «26» серпня 2021 р.

Схвалено науково-методичною комісією географічного факультету

Протокол від «30» серпня 2021 року №6

Голова науково-методичної комісії  (Корогода Н.П.)

ВСТУП

1. Мета дисципліни – вивчення теоретичних основ і методів математичного моделювання гідрометеорологічного режиму в системі «грунт–рослина–атмосфера», вивчення закономірностей впливу чинників навколишнього середовища на ріст, розвиток та формування урожаю сільськогосподарських культур; набуття студентами практичних навичок використання фізико-статистичних моделей формування урожайності сільськогосподарських культур, динамічних моделей продукційного процесу рослин та агрокліматичних моделей оцінки агроекологічного потенціалу території. Набуття базових навичок програмування на мові R.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

1. Успішне опанування курсів «Метеорологія», «Методи агрометеорологічних та агрокліматичних досліджень», «Фізика атмосфери», «Екологічна кліматологія».

2. Знання основних закономірностей впливу погоди і клімату на агрофітоценози. Вміння оцінювати й аналізувати особливості та наслідки впливу погодних умов на об'єкти сільськогосподарського виробництва. Володіння навичками обробки агрометеорологічної та агрокліматичної інформації, методами агрометеорологічного прогнозування, методами синтезу й аналізу інформації.

3. Анотація навчальної дисципліни: навчальна дисципліна присвячена вивченню теоретичних основ і методів математичного моделювання радіаційного, теплового і водного режимів у агрофітоценозах, а також їхнього впливу на процеси росту, розвитку і формування урожайності сільськогосподарських культур. Курс складається з двох змістових модулів. Перший змістовий модуль присвячено теорії моделювання (основним принципам математичного моделювання в агрометеорології, властивостям об'єктів моделювання і підходам до моделювання енерго- та масообміну в ґрунтово-рослинному покриві). Другий змістовий модуль присвячено питанням моделювання процесів росту і розвитку рослин та формування урожаю посівів сільськогосподарських культур, а саме вивченню змісту, структури та особливостей застосування фізико-статистичних моделей і динамічних імітаційних моделей продукційного процесу рослин, а також огляду сучасних підходів і перспектив розвитку моделювання. Встановлення та використання мови програмування R.

4. Завдання (навчальні цілі): набуття студентами необхідних теоретичних знань і практичних навичок із застосування методів математичного моделювання гідрометеорологічного режиму в системі «грунт–рослина–атмосфера», процесів росту і розвитку сільськогосподарських культур та формування їх урожайності.

Згідно з вимогами Стандарту вищої освіти України для другого (магістерського) рівня вищої освіти, галузі знань 10 – Природничі науки,

спеціальності 103 – Науки про Землю, дисципліна забезпечує набуття здобувачами вищої освіти наступних компетентностей:

інтегральної:

- здатність розв'язувати складні наукові задачі та практичні проблеми, включно з прийняттям рішень щодо відбору даних та вибору методів досліджень при вивченні атмосфери у різних просторово-часових масштабах із використанням комплексу міждисциплінарних даних та в умовах недостатності інформації;

загальних:

- K01. Здатність до адаптації і дії в новій ситуації, пов'язаній з роботою за фахом.
- K04. Здатність працювати в міжнародному контексті та в глобальному інформаційному середовищі за фахом.
- K06. Здатність до абстрактного мислення, пошуку, опрацювання, аналізу та синтезу інформації.

спеціальних (фахових, предметних):

- K17. Вміння формулювати задачі моделювання, створювати моделі атмосферних процесів із використанням математичних, картографічних методів і геоінформаційних технологій.

5. Результати навчання за дисципліною:

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація*; 4. автономність та відповідальність*)		Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
1.1.	Знати функції моделей у сучасній агрометеорологічній науці; принципи і підходи до прийняття господарських рішень у рослинництві та землеробстві з використанням результатів моделювання	лекція, самостійна робота	бліц-опитування, презентація	10%
1.2	Знати основні принципи моделювання в агрометеорології.	лекція, практична робота, самостійна робота	тест, бліц-опитування, презентація	10%

1.3	Знати основні принципи і методи створення бази вхідних метеорологічних даних для біофізичного моделювання	лекція, практична робота, самостійна робота	тест, бліц-опитування, презентація, виконання аналітично-розрахункових робіт	10%
1.4	Знати основні принципи і методи створення бази вхідних фітофенологічних даних для біофізичного моделювання. Калібрування моделі	лекція, практична робота, самостійна робота	тест, бліц-опитування, презентація, виконання аналітично-розрахункових робіт	10%
1.5	Знати основні принципи і методи створення бази вхідних ґрунтових даних для біофізичного моделювання	лекція, практична робота, самостійна робота	тест, бліц-опитування, презентація	10%
1.6	Знати і вміти встановлювати сучасну мову програмування R та відповідне до неї інтегроване середовище розробки (IDE) Rstudio	лекція, практична робота, самостійна робота	тест, бліц-опитування, презентація, виконання аналітично-розрахункових робіт	10%
2.1	Вміти застосовувати фізико-статистичні моделі формування урожаю сільськогосподарських культур в середовищі R.	практична робота	виконання аналітично-розрахункових робіт, презентація	30%
2.2.	Вміти застосовувати динамічні моделі формування урожаю сільськогосподарських культур в середовищі R	практична робота		
2.3.	Вміти користуватися бібліотекою RWOFOST для моделювання параметрів біопродуктивності с/х культур	практична робота		
2.4.	Вміти використовувати сучасні методи аналізу результатів моніторингу стану посівів і прогнозування урожайності сільськогосподарських культур	практична робота		

4.1	Демонструвати автономність під час аналізу теоретичних засад моделювання, підготовки вхідної інформації та виконання розрахунків за різними математичними моделями формування урожайності сільськогосподарських культур, а також під час аналізу отриманих результатів.	практична робота, самостійна робота	опитування, виконання аналітично-розрахункових робіт, презентація, дискурс, іспит	10%
-----	---	-------------------------------------	---	-----

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Результати навчання дисципліни	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	2.1	2.2	2.3	2.4	4.1
Програмні результати навчання											
Аналізувати закономірності виникнення та розвитку процесів і явищ в атмосфері за їх взаємодії з іншими геосферами (ПРН-1)		+									+
Застосовувати свої знання для визначення і вирішення проблемних питань і прийняття обґрунтованих рішень в метеорології (ПРН-2)							+	+	+	+	+
Моделювати атмосферні процеси і явища, застосовуючи картографічні та математичні методи і геоінформаційні технології (ПРН-12)	+		+	+	+	+					+

7. Схема формування оцінки

Контроль знань здійснюється за модульно-рейтинговою системою, яка передбачає дворівневе оцінювання засвоєного матеріалу. Максимальна оцінка становить 100 балів, 60 із яких студент може набрати в ході семестрового контролю і 40 балів – на іспиті.

У змістовий модуль 1 (ЗМ1) входять теми 1–5, у змістовий модуль 2 (ЗМ2) – теми 6–12.

7.1. Форми оцінювання студентів: Семестрову кількість балів формують бали, отримані студентом у процесі освоєння матеріалу з двох змістових модулів та виконання індивідуальних творчих робіт.

Оцінювання за формами контролю:

	ЗМ1		ЗМ2	
	Min. - <u>18</u> балів	Max. - <u>30</u> балів	Min. - <u>18</u> балів	Max. - <u>30</u> балів
Усна відповідь (бліц-опитування)	$0.5 \times 3 = 1.5$	$1.0 \times 3 = 3.0^*$	$1.0 \times 3 = 3.0$	$1.5 \times 3 = 4.5$
Доповнення	$0.5 \times 3 = 1.5$	$1.0 \times 3 = 3.0$	$0.5 \times 3 = 1.5$	$1.0 \times 3 = 3.0$
Проміжний контроль знань студентів (тести)	$0.5 \times 3 = 1.5$	$1.0 \times 3 = 3.0$	$0.5 \times 3 = 1.5$	$1.5 \times 3 = 4.5$
Оцінювання розрахункових робіт (дослідницько-аналітична робота)	$1.5 \times 3 = 4.5$	$2.0 \times 3 = 6.0$	$0.5 \times 6 = 3.0$	$1.0 \times 6 = 6.0$
Модульна контрольна робота	$9.0 \times 1 = 9.0$	$15.0 \times 1 = 15.0$	$9.0 \times 1 = 9.0$	$12.0 \times 1 = 12.0$
<p>«1.0»/ «1.7» - мінімальна/максимальна оцінка, яку може отримати студент. $\times 3$ – мінімальна/максимальна залікова кількість робіт чи завдань. $= 3^*/5.1^*$ – сумарна кількість балів, яку може отримати студент.</p>				

Підсумкове оцінювання у формі екзамену: максимальна кількість балів на екзамені – 40, мінімальна кількість балів, які додаються до семестрових – 24 (60 % максимальної кількості балів, відведених на екзамен).

До складання екзамену з дисципліни допускаються студенти, які впродовж семестру набрали не менш як 36 балів (60 % максимальної кількості балів, відведених на семестровий контроль).

Для студентів, які набрали впродовж семестру сумарно меншу кількість балів ніж критично-розрахунковий мінімум – 36 балів для складання екзамену потрібно повторно пройти поточний контроль знань (наприклад, у вигляді тестування) в установленому порядку.

У випадку відсутності студента з поважних причин відпрацювання та перездачі контрольних робіт здійснюються у відповідності до «Положення про порядок оцінювання знань студентів при кредитно-модульній системі організації навчального процесу».

7.2. Організація оцінювання: Оцінювання здійснюється впродовж семестру, включаючи і самостійну роботу та виконання індивідуальних завдань.

7.3. Шкала відповідності оцінок:

Відмінно / Excellent	90-100
Добре / Good	75-89
Задовільно / Satisfactory	60-74
Незадовільно / Fail	0-59

8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекцій і практичних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин		
		Лекції	Практичні	Самостійна робота
Змістовий модуль 1. ТЕОРІЯ МОДЕЛЮВАННЯ В АГРОЕКОСИСТЕМАХ				
1	Вступ. Роль моделей у сучасній агрометеорологічній науці та практиці спеціалізованого обслуговування землеробства.	2	-	2
2	Тема 2. Основні принципи моделювання в агрометеорології. Типи моделей.	2	-	10
3	Тема 3. Створення бази вхідних метеорологічних даних для біофізичного моделювання	4	2	14
4	Тема 4. Створення бази вхідних фітофенологічних даних для біофізичного моделювання. Калібрування моделі	4	2	14
5	Тема 5. Створення бази вхідних ґрунтових даних для біофізичного моделювання	4	2	12
	<i>Модульна контрольна робота 1</i>			2
Змістовий модуль 2. МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ФОРМУВАННЯ УРОЖАЮ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР				
6	Тема 6. Встановлення мови програмування R та відповідного IDE Rstudio	3	-	10
7	Тема 7. Моделювання продукційного процесу рослин на мові програмування R з використанням відповідних бібліотек	5	2	16
8	Тема 8. Фізико-статистичні моделі урожайності	2	2	10
9	Тема 9. Статистичні дані як основа фізико-статистичного моделювання та прогнозування врожайності.	2	2	12
10	Тема 10. Базова динамічна модель формування урожаю сільськогосподарських культур WOFOST	2	2	12
11	Тема 11. Сучасні методи аналізу результатів моніторингу стану посівів і прогнозування урожайності сільськогосподарських культур	2	1	5
12	Тема 12. Модель WOFOST та її адаптація для території України	2	1	5
	<i>Підсумкова модульна контрольна робота</i>			2
	ВСЬОГО¹	34	16	126

Загальний обсяг **180 год.**, в тому числі:

лекцій – **34 год.**; практичні заняття – **16 год.**; консультації – **4 год.**; самостійна робота – **126 год.**

9. Рекомендовані джерела:

Основні:

1. Бихеле З. Н., Молдау Х. А. Росс Ю. К. Математическое моделирование транспирации и фотосинтеза растений при недостатке почвенной влаги. – Л.: Гидрометеоиздат, 1980. – 223 с.

2. Дмитренко В. П. Динамическая теория максимальной урожайности сельскохозйственных культур // Тр. УкрНИГМИ, 1976. – Вып. 148.
3. Константинов А. Р. Погода, почва и урожай озимой пшеницы. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 248 с.
4. Моделирование роста и продуктивности сельскохозйственных культур / Под ред. Ф. В. Т. Пеннинга де Фриза и Ч. Ч. ван Лаара. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 320 с.
5. Палагин Э. Г. Математическое моделирование агрометеорологических условий перезимовки озимых культур. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 191 с.
6. Полуэктов Р. А., Динамические модели агроэкосистемы. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 312 с.
7. Кривобок А.А., Кривошеин О.О., Адаменко Т.И. *Особенности технологической адаптации системы CGMS для мониторинга сельскохозйственных посевов в Украине.* Український гідрометеорологічний журнал. – Одеса, 2018. №22. – С.64-79.
8. Genovese, G.P. (2001). Introduction to the MARS Crop Yield Forecasting System (MCYFS). *Meeting on 4 and 5 October 2001, Luxembourg.* Space Applications Institute, Joint Research Centre of the European Commission, Ispra, Italy, pp. 15.
9. Diepen, C.A. van. (1998). Application of simple interpolation methods in agrometeorology. In: B. Gozzini, M. Hims (Eds). *Proceedings of workshop on dealing on spatialisation, 24-25 September, 1996, Toulouse.* EUR 18473 EN, Office for Official Publications of the EU
10. Keulen, H. van, Diepen, C.A. van. (1990). Crop growth models and agro-ecological characterization. In: A. Scaife (Ed.). *Proceedings of the first congress of the European Society of Agronomy, 5-7 December, Paris, CEC, ESA, INRA,* pp. 1-16.
11. Полуэктов Р. А., Э.И. Смоляр и др. Модели продукционного процесса сельскохозйственных культур. – С-Пб.: Изд-во С-Пб. ун-та, 2006. – 392 с.
12. Полевой А. Н. Сельскохозйственная метеорология. – С-Пб.: Гидрометеиздат: 1992. – 424 с.
13. Польовий А. М. Моделювання гідрометеорологічного режиму та продуктивності агроекосистем : [підручник] – Одеса: Екологія, 2013. – 432 с.
14. Сиротенко О.Д. Математическое моделирование водно-теплового режима и продуктивности агроэкосистем. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 167 с.
15. Тооминг Х. Г. Экологические принципы максимальной продуктивности посевов. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 264 с.
16. Methodology of the MARS crop yield forecasting system L. Kucera, G. Genovese (Eds.), *Agro-Meteorological Modelling, Processing and Analysis, vol. 2,* Office for the Official Publications of the European Communities, Luxembourg (2004). – 100 с.
17. Електронна бібліотека з агрометеорології. Проект ERASMUS+ ECOIMPACT [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Електронні дані. Одеса: Одеський державний екологічний університет/ – Режим доступу: <http://osenu.e-impact.net/mod/page/view.php?id=637> – Назва з екрану.

Додаткові:

1. Антоненко В. С. Моделирование влияния агрометеорологических условий на рост, развитие и формирование урожая озимой пшеницы // *Метеорология, климатология и гидрология.* – Одесса: 1998. - № 38. – С. 145-153.
2. Куссуль Н. Оценка состояния растительности и прогнозирование урожайности озимых культур Украины по спутниковым данным / Куссуль Н., Ильин Н., Скакун С., Лавренюк А. [Електронний ресурс] // *International Book Series "Information Science and Computing"* – С 103–109. – Режим доступу до матеріалу: http://www.foibg.com/ibs_isc/ibs-03/IBS-03-p16.pdf
3. Математические методы оценки агроклиматических ресурсов / Б.А. Жуков, А.Н. Полевой, А.Н. Витченко. С.А. Даниелов. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 207 с.
4. Мищенко З.А. Агроклиматология: [учебник] – К.: КНТ, 2009. – 511 с.

5. Полевой А.Н. Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 320 с.
6. Польовий А.М. Моделювання гідрометеорологічного режиму та продуктивності агроєкосистем. – К.: КНТ, 2007. – 344 с.
7. В. Wu, J. Meng, Q. Li, N. Yan, X. Du, M. Zhang Remote sensing-based global crop monitoring: experiences with China's crop watch system Int. J. Digit. Earth, 7 (2014), pp. 113-137.

