

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

«ЗАТВЕРДЖЕНО»
на засіданні групи забезпечення
спеціальності
від «16» 02 2022 року
Протокол № 5
Голова групи Ч Чугай А.В.

«УЗГОДЖЕНО»
Декан природоохоронного
факультету Ч Чугай А.В.

СИЛЛАБУС

навчальної дисципліни
«МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ СТАНУ ДОВКІЛЛЯ»
(назва навчальної дисципліни)

101 «Екологія»
(шифр та назва спеціальності)

ОП «ЕКОЛОГІЯ, ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ТА
ЗБАЛАНСОВАНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ»
(назва освітньої програми)

бакалавр денна
(рівень вищої освіти) (форма навчання)

3 VI 6/180 іспит
(рік навчання) (семестр навчання) (кількість кредитів ЕКТС/годин) (форма контролю)

Екології та охорони довкілля
(кафедра)

Одеса, 2022 р.

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Мета	Формування у студентів теоретичних знань і практичних навичок у сфері математичного моделювання реальних процесів розповсюдження шкідливих домішок у довкіллі, складання прогнозів його забруднення та застосування їх для регулювання техногенних викидів підприємств до навколишнього середовища.
Компетентність	K23. Здатність прогнозувати стан окремих складових навколишнього природного середовища, у т.ч. з використанням методів математичного моделювання
Результат навчання	P231. Знання понятійного апарату та загальних принципів моделювання і прогнозування стану довкілля. P232. Уміння обирати та використовувати методи математичного моделювання і прогнозування стану довкілля.
Базові знання	Знати основні терміни і поняття, що використовуються в межах означеної дисципліни; основні принципи, підходи та методи оцінки і прогнозу стану довкілля; головні фактори середовища, що впливають на забруднення довкілля; основні математичні моделі розрахунку розповсюдження шкідливих домішок; типи прогнозів забруднення повітря, ґрунтів та поверхневих вод
Базові вміння	Вміти використовувати чисельні і статистичні моделі розрахунку розповсюдження шкідливих домішок; узагальненні показники забруднення середовища; усі фактори та умови, які формують концентрацію забруднювальної речовини у геофізичному середовищі, критерії оцінки екологічного стану ґрунтів та рослинного покриву; найголовніші процеси поглинання та міграції забруднювальних речовин у ґрунтах і рослинному покриві; принципи розрахунку їх можливих змінень під впливом антропогенного забруднення.
Базові навички	Обрати необхідну модель і виконати розрахунки показників забруднення; обрати початкові і граничні умови вирішення математичних моделей; визначити фактори впливу на стан забруднення середовища; скласти прогнози забруднення повітря, ґрунтів та рослинного покриву, поверхневих вод, застосувавши їх для регулювання промислових викидів підприємств в довкілля; оцінити адекватність і ефективність прогностичних схем.
Пов'язані силлабуси	-
Попередні дисципліни	«Вища математика», «Техноекологія»
Наступні дисципліни	«Екологічна оцінка ППП», «Нормування антропогенного навантаження на ПС»

Кількість годин	лекції: 60 год. практичні заняття: 30 год. самостійна робота студентів: 90 год.
-----------------	---

2. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

2.1. Лекційні модулі

Код	Назва модуля та тем	Кількість годин	
		аудиторні	СРС
ЗМ-Л1	Загальні уявлення про математичне моделювання та види прогнозів забруднення атмосфери		
	1. Математичні моделі як основа прогнозів забруднення довкілля	2	1
	2. Вплив метеорологічних і синоптичних умов на забруднення повітря у місті	2	1
	3. Математичне моделювання розповсюдження домішок в атмосферному повітрі	4	1
	4. Чисельне моделювання процесів забруднення атмосфери у місті	4	1
	5. Синоптико-статистичні прогнози забруднення повітря у місті	4	2
	6. Оцінка ефективності методів прогнозу забруднення атмосфери	4	1
	Модульна тестова контрольна робота №1		5
ЗМ-Л2	Моделювання і прогнозування стану водного середовища		
	1. Поняття математичної моделі та математичного моделювання	2	1
	2. Точність обчислювальних експериментів.	2	2
	3. Статистичне моделювання.	4	2
	4. Моделювання перенесення забруднювальних речовин у водному середовищі.	8	2
	5. Імітаційне моделювання.	4	2
	Модульна тестова контрольна робота №2		5
ЗМ-Л3	Математичне моделювання і прогноз міграції забруднювальних речовин у ґрунтовому та рослинному покриві		
	1. Моделювання основних процесів життєдіяльності рослин.	4	1
	2. Моделювання міграції радіонуклідів в агроценозах.	6	2
	3. Математичне моделювання процесу поглинання важких металів ґрунтом та рослинами.	4	2
	4. Математичне моделювання впливу осолонцювання і засолення ґрунту на розвиток рослин.	4	2
	5. Визначення виносу біогенних елементів з сільськогосподарських угідь.	2	2
	Модульна тестова контрольна робота №3		5
	Іспит		20
	Разом	60	60

Консультації: Чернякова О.І., раз на тиждень 1 година згідно розкладу занять за графіком консультацій, затвердженого на засіданні кафедри.

Юрасов С.М. раз на тиждень 1 година згідно розкладу занять за графіком консультацій, затвердженого на засіданні кафедри.

Ільїна В.Г., раз на тиждень 1 година згідно розкладу занять за графіком консультацій, затвердженого на засіданні кафедри.

2.2. Практичний модуль

Код	Назва тем	Кількість годин	
		аудиторні	СРС
ЗМ-П1	1. Статистичний прогноз забруднення атмосфери методом множинної лінійної регресії	6	6
	2. Прогноз показника Р методом розпізнавання образів	4	4
ЗМ-П2	1. Побудова режимної функції висоти хвиль	4	4
	2. Детальні методи розрахунку розводження стічних вод у потоках	6	6
ЗМ-П3	1. Моделювання основних процесів життєдіяльності рослин	2	3
	2. Моделювання впливу осолонцювання та засолення ґрунту на зростання і розвиток рослин	3	2
	3. Моделювання процесів поглинання і міграції важких металів та їх впливу на сільськогосподарські рослини	2	3
	4. Моделювання радіонуклідного забруднення ґрунту та рослинного покриву	3	2
	Разом:	30	30

Консультації: Чернякова О.І., раз на тиждень 1 година згідно розкладу занять за графіком консультацій, затвердженого на засіданні кафедри.

Юрасов С.М. раз на тиждень 1 година згідно розкладу занять за графіком консультацій, затвердженого на засіданні кафедри.

Ільїна В.Г., раз на тиждень 1 година згідно розкладу занять за графіком консультацій, затвердженого на засіданні кафедри.

2.3. Самостійна робота студента та контрольні заходи

Код модуля	Завдання на СРС та контрольні заходи	Кількість годин СРС	Строк проведення (семестр, тиждень)
ЗМ-Л1	Підготовка до лекційних занять. Виконання модульної тестової контрольної роботи (обов'язковий).	7 5	1-5 тиждень
ЗМ-П1	Підготовка до практичних занять. Усне опитування та захист розрахункових робіт (обов'язковий)	10	1-5 тиждень
ЗМ-Л2	Підготовка до лекційних занять. Виконання модульної тестової контрольної роботи (обов'язковий).	9 5	6-10 тиждень
ЗМ-П2	Підготовка до практичних занять. Усне опитування та захист розрахункових робіт (обов'язковий)	10	6-10 тиждень
ЗМ-Л3	Підготовка до лекційних занять. Виконання модульної тестової контрольної роботи (обов'язковий).	9 5	11-15 тиждень
ЗМ-П3	Підготовка до практичних занять. Усне опитування та захист розрахункових робіт (обов'язковий)	10	11-15 тиждень
	Підготовка до іспиту	20	
	Разом:	90	

2.3.1. Методика проведення та оцінювання контрольного заходу для ЗМ-Л1, ЗМ-Л2, ЗМ-Л3

Організація контролю знань студентів побудована за накопичувально-модульним принципом згідно вимог діючого в університеті Положення «Про проведення підсумкового контролю знань студентів».

З *теоретичного* курсу навчальної дисципліни студент повинен бути готовим відповідати на усні запитання лектора під час лекційних занять; виконати 10 тестових завдань відкритого типу модульної контрольної роботи.

Формами контролю засвоєння теоретичних знань є усне опитування під час лекційних занять (поточний контроль), модульні контрольні роботи за кожним змістовним модулем (внутрішньо семестровий контроль), складання підсумкової контрольної роботи (іспит).

Варіанти модульної контрольної роботи містять 10 запитань у тестовому вигляді. Кожна вірна відповідь оцінюється у 2 бали (ЗМ-Л1,

ЗМ-Л2, ЗМ-Л3). Максимальна кількість балів за виконаний варіант кожної модульної контрольної роботи становить **20 балів**.

Максимальна кількість балів, яку студент може отримати з лекційної частини складає **60 балів**.

2.3.2. Методика проведення та оцінювання контрольного заходу для ЗМ-П1, ЗМ-П2, ЗМ-П3

Формою контролю практичних модулів ЗМ-П1, ЗМ-П2, ЗМ-П3 є усне опитування під час проведення практичних занять, підготовка та захист розрахункових робіт (обов'язковий).

За період виконання практичних модулів максимальна кількість балів, яку студент може отримати за усне опитування та розрахункові роботи складає **60 балів**.

В цілому на дисципліну відведено **120** балів: теоретична частина **60** балів, практична частина **60** балів.

Студент допускається до іспиту, якщо він виконав всі види практичних робіт, передбачені навчальною програмою дисципліни і набрав за модульною системою **≥ 30 балів** (тобто **≥ 50%** від максимально можливої кількості балів) за практичну частину.

Варіанти підсумкової контрольної роботи (іспиту) містять 20 запитань у тестовому вигляді. Кожна вірна відповідь оцінюється у 5 балів. Максимальна кількість балів за підсумкову контрольну роботу становить **100 балів**.

Загальна кількісна оцінка (загальний бал успішності) з дисципліни є усередненою між кількісною оцінкою поточних контролюючих заходів (%) і кількісною оцінкою отриманою на іспиті (%). Якщо ж кількісна оцінка, одержана студентом на іспиті, менше 50% від максимально можливої, то загальний бал успішності дорівнює балу успішності на іспиті.

Студенти, які на останній день семестру мають заборгованість з практичної частини дисципліни, не допускаються до підсумкового семестрового контролю до моменту ліквідації цієї заборгованості у встановленому в ОДЕКУ порядку. Ліквідація заборгованості з практичної частини курсу здійснюється за графіком, який складається викладачами дисципліни, затверджується її завідувачем та оприлюднюється для студентів в останній день семестру.

3. РЕКОМЕНДАЦІ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ

3.1. Модуль ЗМ-Л1. Загальні уявлення про математичне моделювання та види прогнозів забруднення атмосфери (ЗА)

3.1.1. Повчання

Тема 1. Математичні моделі як основа прогнозів забруднення довкілля.

При вивченні теми звернути особливу увагу на такі питання: поняття математичної моделі поширення забруднювальних речовин в атмосферному повітрі; зв'язок моніторингу довкілля і математичного моделювання процесів ЗА; рівняння балансу для будь-якої субстанції.

Література [1, 3, 10].

Тема 2. Вплив метеорологічних і синоптичних умов на забруднення повітря у місті.

При вивченні теми звернути особливу увагу на такі питання: як впливає напрям та швидкість вітру, термічна стійкість, температура та умови застою повітря, опади, хмари, тумани на рівень забруднення атмосфери у місті; фізичний смисл інерційного фактору; вплив мікрометеорологічних умов у місті на формування рівня забруднення; синоптичні умови, що сприяють формуванню високого рівня забруднення повітря у місті та регіонах.

Література [1, 3, 11].

Тема 3. Математичне моделювання розповсюдження домішок в атмосферному повітрі.

При вивченні теми звернути особливу увагу на такі питання: внутрішні та зовнішні причини притоку та стоку забруднювальних речовин; рівняння балансу атмосферних домішок; вплив орографії на розповсюдження домішок від джерела.

Література [1, 3, 10].

Тема 4. Числове моделювання процесів забруднення атмосфери у місті.

При вивченні теми звернути особливу увагу на такі питання: види прогнозів забруднення атмосферного повітря; терміни, прийняті у чисельних прогнозах; застосування гаусової моделі розповсюдження шкідливої домішки від окремого джерела.

Література [1, 3, 10].

Тема 5. Синоптико-статистичні прогнози забруднення повітря у місті.

При вивченні теми звернути особливу увагу на такі питання: терміни, прийняті у синоптико-статистичних прогнозах: предиктант та предиктори; прогноз метеорологічних умов ЗА, суть узагальнених інтегральних

показників забруднення атмосфери у місті; лінійні та нелінійні методи прогнозів ЗА.

Література [1, 3, 11].

Тема 6. Оцінка ефективності методів прогнозу забруднення атмосфери.

При вивченні теми звернути особливу увагу на такі питання: результати випробувань прогностичних схем, досвід оперативного прогнозування забруднення повітря; організація робіт по прогнозуванню забруднення повітря; категорії попереджень очікуемого підвищеного рівня забруднення атмосфери.

Література [1, 3, 11].

3.1.2. Питання для самоперевірки

1. Яке місце належить “Моделюванню та прогнозуванню стану довкілля” у ряду інших дисциплін природоохоронного профілю?
2. Що ми розуміємо під поняттям “математична модель”?
3. Які існують види прогнозів забруднення атмосферного повітря?
4. Назвіть фізичні основи прогнозу забруднення атмосфери.
5. Назвіть терміни, прийняті у чисельних та синоптико-статистичних прогнозах.
6. Що таке предиктант та предиктори?
7. У чому полягає фізичний смисл рівняння балансу для будь-якої субстанції?
8. Назвіть внутрішні та зовнішні причини притоку та стоку забруднювальних речовин у рівнянні балансу атмосферних домішок.
9. У чому полягають початкові та граничні умови?
10. Що є пасивні атмосферні домішки?
11. Які особливості впливу орографії на розповсюдження домішок від джерела?
12. Яка характеристика забруднення атмосферного повітря у містах прогнозується у чисельних прогнозах?
13. Як впливає забруднення атмосфери на термічний режим міст?
14. Яким чином ураховуються особливості термодинамічного стану повітря у прогнозі максимальної концентрації шкідливої домішки від окремого джерела за дифузійною моделлю?
15. Які особливості застосування гаусової моделі розповсюдження шкідливої домішки від окремого джерела?
16. Як впливає напрям та швидкість вітру на забруднення атмосфери у місті?
17. Які особливості впливу на рівень забруднення атмосфери її термічної стійкості та умов застою повітря?
18. Як впливає температура повітря на рівень забруднення атмосфери?
19. Як впливають опади, хмари, тумани на рівень забруднення атмосфери?

20. У чому полягає фізичний смисл інерційного фактору?
21. У чому полягає вплив мікрометеорологічних умов у місті на формування рівня забруднення.
22. Які особливості синоптичних умов, що сприяють формуванню високого рівня забруднення повітря у місті та регіонах?
23. Які основні принципи розробки питань прогнозу забруднення повітря в цілому по місту?
24. Які існують статистичні методи прогнозу забруднення атмосфери?
25. У чому суть узагальнених інтегральних показників забруднення атмосфери у місті?
26. Як здійснити вибір предикторів до статистичного прогнозу?
27. Назвіть деякі прогностичні правила забруднення повітря в цілому по місту.
28. Який комплексний показник прогнозують у методі метеорологічних умов забруднення атмосфери (МУЗ)?
29. У чому суть методу прогнозу на основі множинної лінійної регресії?
30. У чому суть прогнозування забруднення повітря методом розпізнавання образів?
31. Назвіть порядок прогнозування забруднення повітря методом послідовної графічної регресії.
32. Які результати випробувань прогностичних схем?
33. О чому свідчить досвід оперативного прогнозування забруднення повітря?
34. Які питання треба розглянути при організуванні робіт по прогнозуванню забруднення повітря?
35. Скільки і які існують категорії попереджень очікуемого підвищеного рівня забруднення атмосфери?
36. Для чого застосовується критерій М.А.Багрова?

Питання для самоперевірки базових результатів знань

1. Що ми розуміємо під поняттям “математична модель”?
2. Що таке предиктант та предиктори?
3. Які існують види прогнозів забруднення атмосферного повітря?
4. Як застосовуються гаусові моделі розповсюдження шкідливої домішки від окремого джерела?
5. У чому полягає вплив мікрометеорологічних умов у місті на формування рівня забруднення?
6. Які існують синоптико-статистичні методи прогнозу забруднення атмосфери?
7. Який комплексний показник прогнозують у методі метеорологічних умов забруднення атмосфери?

3.2. Модуль ЗМ-Л2. Математичне моделювання і прогнозування стану водного середовища

3.2.1. Повчання

Тема 1. Поняття математичної моделі та математичного моделювання.

При вивченні теми звернути особливу увагу на такі питання: поняття математичних моделей і їх роль у науці; математичне моделювання і його етапи; моделювання і прогноз.

Література [2, 5]

Тема 2. Точність обчислювальних експериментів.

При вивченні теми звернути особливу увагу на такі питання: наближені числа і форми їх подання; абсолютна та відносна похибки, гранична похибка; правила оцінювання похибок при обчислюваннях.

Література [2, 5]

Тема 3. Статистичне моделювання.

При вивченні теми звернути особливу увагу на такі питання: підбір емпіричних формул; підбір параметрів рівняння регресії; режимні функції висоти хвиль.

Література [2, 5]

Тема 4. Моделювання перенесення забруднювальних речовин у водному середовищі.

При вивченні теми звернути особливу увагу на такі питання: процеси перенесення забруднювальних речовин у водному середовищі; консервативні та неконсервативні речовини, урахування не-консервативності при моделюванні; виведення рівнянь турбулентної дифузії речовини у водному середовищі; рішення рівнянь турбулентної дифузії методом кінцевих різниць; математичні моделі перенесення забруднювальних речовин у водному середовищі.

Література [2, 5]

Тема 5. Імітаційне моделювання.

При вивченні теми звернути особливу увагу на такі питання: сутність методу, випадкові числа з рівномірним розподіленням; перетворення випадкових чисел; простіша модель.

Література [2, 5].

3.2.2. Питання для самоперевірки

1. Що таке математична модель? Назвіть етапи математичного моделювання?
2. У чому полягає математичне моделювання та яка його мета?
3. Що таке наближені числа, як оцінюється їх точність? Які існують форми подачі наближених чисел?
4. Що таке абсолютна та відносна похибка? Що таке гранична похибка?
5. Назвіть п'ять правил оцінки похибок при операціях з наближеними числами.
6. У чому полягає підбір емпіричних формул?
7. У чому полягає сутність методу найменших квадратів? Як виробляється розрахунок параметрів рівняння регресії?
8. Як виробляється побудова режимної функції хвилювання?
9. Що характеризують режимна та системна забезпеченість хвилювання? Прогноз висоти хвиль рідкісної повторюваності.
10. Як виробляється вирівнювання параболічної, гіперболічної та показникової залежностей?
11. Процеси перенесення речовини у турбулентному потоці, формули їх потоків?
12. Як урахується неконсервативність речовин у водному середовищі?
13. Навести розрахункову формулу турбулентної дифузії речовини у потоці (плоска задача). Послідовність розрахунку.
14. Навести розрахункову формулу турбулентної дифузії речовини у циліндричних координатах. Послідовність розрахунку.
15. Основні положення виводу рівняння турбулентної дифузії речовини у потоці (локальна схема).
16. Основні положення рішення рівняння турбулентної дифузії речовини у потоці в плоскій постановці задачі методом кінцевих різниць для струменів, що віддалені від берегу.
17. Основні положення рішення рівняння турбулентної дифузії речовини у потоці в плоскій постановці задачі методом кінцевих різниць для струменів, що примикають до берегу.
18. Основні положення виводу рівняння несталої турбулентної дифузії речовини у потоці (об'єктна схема).
19. Основні положення рішення рівняння несталої турбулентної дифузії речовини у потоці в плоскій постановці задачі методом кінцевих різниць.
20. У чому полягає сутність методу Монте-Карло?
21. Які випадкові числа необхідні для імітаційного моделювання?
22. Які існують методи задля отримання випадкових чисел?
23. У чому полягає сутність методу зворотних функцій?
24. Як можна отримати довільне розподілення?

Питання для самоперевірки базових результатів знань

1. У чому полягає математичне моделювання та яка його мета?
2. У чому полягає сутність методу найменших квадратів? Як виробляється розрахунок параметрів рівняння регресії?
3. Що характеризують режимна та системна забезпеченість хвилювання? Прогноз висоти хвиль рідкісної повторюваності.
4. Процеси перенесення речовини у турбулентному потоці, формули їх потоків?
5. Як урахується неконсервативність речовин у водному середовищі?
6. Основні положення виводу рівняння турбулентної дифузії речовини у потоці (локальна схема).
7. Основні положення рішення рівняння турбулентної дифузії речовини у потоці в плоскій постановці задачі методом кінцевих різниць.
8. Які випадкові числа необхідні для реалізації метода Монте-Карло?
9. Перетворення рівномірного розподілу випадкових чисел в довільне.

Модуль ЗМ-ЛЗ. Математичне моделювання і прогноз міграції забруднювальних речовин у ґрунтовому та рослинному покриві.

3.3.1. Повчання

Тема 1. Моделювання основних процесів життєдіяльності рослин

При вивченні теми звернути особливу увагу на такі питання: моделювання процесу фотосинтезу у рослин; моделювання процесу дихання у рослин; моделювання процесу росту та розвитку.

Література [1, 3]

Тема 2. Моделювання міграції радіонуклідів в агроценозах.

При вивченні теми звернути особливу увагу на такі питання: системний підхід у вивченні процесів міграції радіонуклідів в агроценозах; моделювання вертикальної міграції радіонуклідів у профілі ґрунту; моделі міграції радіонуклідів у системі «ґрунт – рослина»; моделювання міграції радіонуклідів у насадженнях верби кор-зинової (*Salix viminalis L.*) при фітореабілітації забруднених земель зони ЧАЕС; моделювання міграції радіонуклідів по харчових ланцюжках; моделювання транспорту радіонуклідів в агросфері; оцінка доз опромінення населення за рахунок міграції радіонуклідів водними шляхами (моделі, реконструкція доз опромінення і прогнози).

Література [1, 3]

Тема 3. Математичне моделювання процесу поглинання важких металів ґрунтом та рослинами.

При вивченні теми звернути особливу увагу на такі питання: основні характеристики ґрунту, які обумовлюють поглинання важких металів; морфологічні характеристики рослин, які обумовлюють швидкість поглинання важких металів; розрахунок швидкості поглинання та міграції важких металів у ґрунті і рослинах; розрахунок коефіцієнту токсичності важких металів для рослин.

Література [1, 3]

Тема 4. Математичне моделювання впливу осолонцювання і засолення ґрунту на розвиток рослин.

При вивченні теми звернути особливу увагу на такі питання: моделювання впливу осолонцювання ґрунту на зростання і розвиток рослин та на їх екологічну чистоту; моделювання впливу засолення ґрунту на зростання і розвиток рослин та на їх екологічну чистоту.

Література [1, 3]

Тема 5. Визначення виносу біогенних елементів з сільськогосподарських угідь.

При вивченні теми звернути особливу увагу на такі питання: класифікація та характеристики біогенних елементів; види мінеральних добрив, які містять біогенні елементи; розрахунок виносу біогенних елементів з сільськогосподарських угідь.

Література [1, 3]

3.3.2. Питання для самоперевірки

1. Типи математичних моделей забруднення ґрунтово-рослинного покриву та основні концепції моделювання.(с.112-113)
2. Основні блоки математичної моделі забруднення ґрунтово-рослинного покриву. (с.113-114)
3. Основні етапи побудови математичної моделі забруднення педосфери (с.116-117)
4. Визначення параметрів моделі та вхідної інформації (с.117-119)
5. Особливості моделювання забруднення ґрунтово-рослинного покриву(с.146-147)
6. Моделювання основних процесів життєдіяльності рослин (с.114-116)
7. Забруднення ґрунту в результаті застосування зрошення. Оцінка якості зрошувальної води(с.148-149)
8. Моделювання впливу осолонцювання ґрунту на зростання і розвиток рослин(с.169-170)
9. Моделювання впливу засолення ґрунту на зростання і розвиток рослин (с.170-171)

10. Характеристики важких металів, рослин та ґрунту, які обумовлюють їх міграцію у ґрунтово-рослинному покриві (с.166-167)
11. Моделювання міграція рухомих форм важких металів у ґрунтово-рослинному покриві (с.167-168)
12. Моделювання водних шляхів міграції радіонуклідів (с.149-150)
13. Ґрунтове (кореневе) надходження радіонуклідів (с.153-154)
14. Аеральне надходження радіонуклідів у рослини (с.151-152)
15. Визначення виносу біогенних елементів рослинами (с.172-176)

Питання для самоперевірки базових результатів знань

1. У чому полягає принципова різниця між типами математичних моделей забруднення ґрунтово –рослинного покриву?
2. Які основні параметри математичної моделі входять до блоку атмосферного повітря?
3. Які основні параметри математичної моделі входять до водного блоку ?
4. Які основні параметри математичної моделі входять до ґрунтового блоку ?
5. Які основні параметри математичної моделі входять до блоку рослинного покриву?
6. Що таке ефективна температура повітря?
7. Що таке біологічний мінімум розвитку рослин?
8. Що таке осолонцювання?
9. Що таке засолення?
10. Що таке фосфогіпс?
11. Чим визначається процес осолонцювання ґрунту?
12. Чим визначається процес засолення ґрунту?
13. Що таке натрієво – кальцієвий потенціал ґрунту?
14. Що таке мінералізація водної витяжки ґрунту?
15. Які метали відносять до найбільш токсичних та небезпечних для ґрунтово – рослинного покриву ?
16. Які радіонукліди відносять до найбільш токсичних та небезпечних для ґрунтово – рослинного покриву ?
17. Від чого залежить швидкість поглинання рослинами важких металів?
18. Які існують шляхи потрапляння важких металів до рослин?

4. ПИТАННЯ ДО ЗАХОДІВ ПОТОЧНОГО, ПІДСУМКОВОГО ТА СЕМЕСТРОВОГО КОНТРОЛЮ

4.1 Тестові питання до модульної контрольної роботи модуля ЗМ-Л1

1. Будь-яка алгоритмічна або аналогова система, що дозволяє імітувати процеси розсіяння домішок, називається:

Література [1 с.7].

2. Поширення шкідливих домішок в атмосфері, їх трансформація, випадіння з атмосфери значною мірою визначається:

Література [1 с.9].

3. У складних орографічних умовах важкі частки шкідливих домішок в атмосфері накопичуються:

Література [1 с.17].

4. Початкові умови при рішенні рівняння балансу атмосферних домішок:

Література [1 с.15].

5. Граничні умови при рішенні рівняння балансу атмосферних домішок

Література [1 с.16].

6. Приплив або стік домішки у виділеному об'ємі за рахунок внутрішніх причин обумовлюється

Література [1 с.14].

7. Власна швидкість домішки у нерухомому повітрі може бути обумовлена:

Література [1 с.12].

8. У чисельних методах прогнозу забруднення атмосфери прогнозують :

Література [1 с.35].

9. Поєднання приземної інверсії і слабого вітру сприяє:

Література [1 с.42].

10. Рівняння турбулентної дифузії описує баланс складових концентрацій, які обумовлені:

Література [1 с.34].

11. У прогностичній схемі МУЗ предикторами є:

Література [1 с.46].

12. Чинник, що впливає на забруднення атмосфери, в прогностичних схемах називають:

Література [1 с.49].

13. У синоптико-статистичних методах прогнозу забруднення атмосфери прогнозований показник називається:

Література [1 с.40].

14. Прогнозування забруднення атмосфери методом множинної лінійної регресії передбачає ... зв'язок між предиктантом і предикторами:

Література [1 с. 49].

15. Накопиченню шкідливих домішок в приземному шарі повітря сприяють:

Література [1 с.45].

16. Стійкість атмосфери в приземному шарі повітря сприяє:

Література [1 с.43].

17. Максимальне значення приземної концентрації шкідливої речовини від одиночного гарячого крапкового джерела:

Література [1 с.35].

18. У міському повітрі формуванню підвищеного рівня забруднення повітря сприяють:

Література [1 с.44].

19. У великому промисловому місті складають прогноз забруднення атмосфери: **Література [1 с.61].**

20. Поєднання приземної інверсії температури і слабого вітру називається:

Література [1 с.42].

4.2 Тестові питання до модульної контрольної роботи модуля ЗМ-Л2

1. Наближеними є усі числа , які одержані за рахунок ... цифр, що виходять за границі розрядної сітки. **Література [2 с.6].**

2. ЕОМ обробляють числа, які записані в формах з ... зап'ятою. **Література [2 с.6].**

3. Абсолютна похибка являє собою ... поміж справжнім значенням числа (X) та його наближенням (A). **Література [2 с.7].**

4. Відносна похибка являє собою відношення ... числа до його наближеного значення (A). **Література [2 с.7].**
5. Гранична абсолютна похибка є верхньою межею модуля ... числа. **Література [2 с.7].**
6. Гранична відносна похибка являє собою відношення граничної абсолютної похибки до ... числа. **Література [2 с.7].**
7. Для наближеного числа, яке одержано у випадку округлення, абсолютна похибка дорівнює ... останнього розряду числа. **Література [2 с.7].**
8. Для наближеного числа, яке одержано у випадку відкидання цифр, що виходять за розрядну сітку, абсолютна похибка дорівнює ... останнього розряду числа. **Література [2 с.7].**
9. Гранична абсолютна похибка суми чи різниці наближених чисел дорівнює ... граничних абсолютних похибок цих чисел. **Література [2 с.8].**
10. Гранична відносна похибка добутку чи частки від поділу двох наближених чисел дорівнює ... граничних відносних похибок цих чисел. **Література [2 с.8].**
11. Основа методу найменших квадратів полягає у тому, що пошук параметрів залежності виконується за умови ... відхилень розрахункових значень функції від емпіричних. **Література [2 с.11, 12].**
12. Рівняння регресії це така пряма лінія, параметри якої одержані методом **Література [2 с.12].**
13. Режимна функція висоти хвиль, як випадкової величини, являє собою закон її розподілення в **Література [2 с.14].**
14. Системна забезпеченість висоти хвиль, як випадкової величини, являє собою закон її розподілення в **Література [2 с.14].**
15. Режимна функція будується за середнім значенням висоти хвиль, якщо вона розраховується за даними спостережень за **Література [2 с.14].**

16. Режимна функція будується за значенням висоти хвиль із забезпеченістю ... у системі у випадку, якщо вона розраховується за даними спостережень за хвилюванням. **Література [2 с.14].**
17. Перенесення речовини у потоці із середньою швидкістю цього потоку називається **Література [2 с.18].**
18. Перенесення речовини у водному середовищі за рахунок сили ваги називається **Література [2 с.18].**
19. ... речовини відбувається за рахунок вихрового руху води у потоці. **Література [2 с.18].**
20. Одинична витрата (інтенсивність переносу) речовини при адвекції прямо пропорційно концентрації речовини і **Література [2 с.18].**
21. Одинична витрата (інтенсивність переносу) речовини при осіданні прямо пропорційно концентрації речовини і **Література [2 с.18].**
22. Одинична витрата (інтенсивність переносу) речовини при турбулентній дифузії прямо пропорційно градієнту концентрації речовини і **Література [2 с.19].**
23. При ... турбулентній дифузії речовини концентрація цієї речовини у точці простору залежить від часу. **Література [2 с.23].**
24. При ... турбулентній дифузії речовини концентрація цієї речовини у точці простору не залежить від часу. **Література [2 с.23].**
25. У плоскій постановки задачі в рівнянні турбулентної дифузії зміною концентрації домішки ... потоку можна знехтувати. **Література [2 с.23].**
26. У напрямку середнього вектору швидкості потоку ... речовини можна знехтувати. **Література [2 с.23].**
27. При просторовій постановки задачі у водному середовищі одна зі осей прямокутної системи координат розташовується **Література [2 с.20].**
28. У водному середовищі проекції вектора осідання речовини на горизонтальні осі прямокутної системи координат **Література [2 с.21].**

29. При розрахунках детальними методами розповсюдження консервативної, розчиненої речовини у водному середовищі сума значень концентрації цієї речовини у кожному створі повинна
Література [2 с.26].
30. Врахування трансформації речовини у водному середовищі виконується шляхом введення ... в розглядуване рівняння.
Література [2 с.19].
31. Врахування осідання речовини у водному середовищі виконується шляхом введення ... в розглядуване рівняння. **Література [2 с.18].**
32. При постійному скиді стічних вод у потік використовується диференційне рівняння ... турбулентної дифузії. **Література [2 с.23].**
33. При аварійному розливі забруднювальної речовини у водному об'єкті використовується диференційне рівняння ... турбулентної дифузії.
Література [2 с.23].

4.3 Тестові питання до модульної контрольної роботи модуля ЗМ-ЛЗ

1. До основних етапи побудови моделі відносяться....
Література [1 с.113].
2. Складна сукупність синтезу, розпаду та взаємоперетворення основних компонентів біомаси, накопичення рослиною забруднювальних елементів це... **Література [1 с.114].**
3. Визначення інтенсивності фотосинтезу при оптимальних умовах тепло – та вологозабезпеченості залежить від ... **Література [1 с.114].**
4. При визначенні інтенсивності ФАР на верхній межі рослинного покриву ураховується ... **Література [1 с.115].**
5. При визначенні інтенсивності фотосинтезу в реальних умовах середовища ураховується ... **Література [1 с.116].**
6. Для створення моделей забруднення ґрунтово-рослинного покриву необхідна інформація про ... **Література [1 с.118].**
7. Утворення солодей з солонців шляхом деградації останніх в результаті заміщення обмінного Na^+ на H^+ називається.... **Література [1 с.169].**

8. Осолонцювання ґрунту обумовлено ... **Література [1 с.170].**
9. Визначення натрієво - кальцієвого потенціалу ґрунту залежить від ... **Література [1 с.171].**
10. Збільшення вмісту у ґрунті легкорозчинних солей, яке обумовлене засоленістю ґрунтоутворюючих порід та привнесенням солей ґрунтовими та поверхневими водами це.... **Література [1 с.173].**
11. Визначення швидкості поглинання рухомих форм важких металів рослинами залежить від ... **Література [1 с.168].**
12. Значення має коефіцієнт онтогенетичної кривої фотосинтезу дорівнює..... **Література [1 с.117].**
13. Значення має коефіцієнт онтогенетичної кривої дихання дорівнює..... **Література [1 с.173].**
14. . Загальний винос біогенів з врожаєм проводять на основі..... **Література [1 с.173].**
15. Питомий винос біогенних елементів з площі, зайнятою сільськогосподарською культурою визначається з врахуванням ... **Література [1 с.172].**
16. Зниження інтенсивності ФАР у рослинному покриві відбувається за рахунок..... **Література [1 с.115].**
17. Значення коефіцієнт накопичення радіонуклідів у рослинах знаходиться в межах..... **Література [1 с.142].**

4.4 Питання до практичних занять модуля ЗМ-П1

Тема 1. Статистичний прогноз забруднення атмосфери методом множинної лінійної регресії

1. Назвіть параметри, які описують процес переносу і розсіяння домішки, у синоптико-статистичних методах прогнозу забруднення атмосфери.
2. Назвіть узагальнені інтегральні показники забруднення атмосфери по місту в цілому.
3. Що виступає у синоптико-статистичних методах прогнозу ЗА у якості предиктанту?
4. Який розподіл концентрації у промисловому місті в залежності від швидкості вітру на рівні флюгера?

5. Як здійснити вибір предиктанта та предикторів для статистичних схем прогнозу забруднення повітря у місті ?
6. У чому полягає фізичний смисл інерційного фактора?
7. У чому суть методу прогнозу забруднення повітря на основі множинної лінійної регресії?
8. Дати характеристику процедурі перевірки адекватності моделі.

Література [1, 4, 7, 11]

Тема 2. Прогноз показника Р методом розпізнавання образів

1. Які значення може приймати показник фонового забруднення “Р” ?
2. Який зв'язок між предиктантом і предикторами передбачає прогностичний метод розпізнавання образів?
3. Які класи ЗА прогнозують методом розпізнавання образів?
4. Що прогнозують методом розпізнавання образів?
5. Як впливає напрям та швидкість вітру на забруднення атмосфери у місті?
6. Які особливості впливу на рівень забруднення атмосфери її термічної стійкості та умов застою повітря?
7. Як розрахувати виправданість прогнозу ЗА методом розпізнавання образів?

Література [1, 4, 6, 7, 11]

4.5 Питання до практичних занять модуля ЗМ-П2

1. Що характеризує режимна забезпеченість хвилювання?
2. Що характеризує системна забезпеченість хвилювання?
3. Яку забезпеченість у системі мають висоти хвиль, які є результатом спостережень на гідрологічних постах?
4. За якими напрямками можуть бути побудовані режимні функції висоти хвиль?
5. Як виконується прогнозування режиму хвилювання?
6. Як виконується побудова режимної функції висоти хвиль?
7. Як розраховують висоту хвиль з необхідною забезпеченістю в системі?
8. Які методи розрахунку розводження стічних вод називаються детальними?
9. Запишіть рівняння турбулентної дифузії для плоскої задачі при відсутності поперечних течій, нехтуючи гідравлічною крупністю частинок і враховуючи процес розводження стаціонарним?
10. Як задається сітка на розрахунковій області потоку?
11. Запишіть розрахункову формулу, за яких умов вона виконується?
12. Які дані необхідні для розрахунку розводження стічних вод?
13. Виходячи з яких умов визначається розмір осередків?
14. Як виконується розрахунок біля берегів?

Література [2, 5]

4.6 Питання до практичних занять модуля ЗМ-ПЗ

1. Що таке фотосинтетично – активна радіація?
2. Що таке фотосинтез та дихання з точки зору формування екологічно чистих врожаїв сільськогосподарських культур?
3. Як розраховується інтенсивність фотосинтетично - активної радіації?
4. Як розраховується інтенсивність фотосинтезу при оптимальних умовах навколишнього середовища?
5. За якими функціями розраховується вплив екологічних факторів на процес фотосинтезу та дихання рослин?
6. Як розраховується процес формування рослинної маси?
7. Що таке осолонцювання ґрунту?
8. Що таке засолення ґрунту?
9. Що приводить до засолення та осолонцювання ґрунту?
10. Як розраховується вплив осолонцювання та засолення на розвиток рослин?
11. Від яких характеристик зрошувальної води залежать процес засолення?
12. Які основні джерела важких металів у ґрунті та рослинах?
13. Які основні негативні наслідки забруднення ґрунтів і рослин важкими металами?
14. Як визначається швидкість поглинання важких металів аеральним шляхом?
15. Як визначається швидкість поглинання важких металів корневим шляхом?
16. Від яких характеристик ґрунту залежить швидкість поглинання важких металів?
17. Що таке поглинальна здібність кореню і від чого вона залежить ?
18. Як розраховується вплив мінерального живлення рослин?
19. Як розраховується швидкість надходження радіонуклідів?
20. Розрахунок коефіцієнтів накопичення при моделюванні по харчовим ланцюжкам?
21. Як розраховується утримання при поливі?
22. Надходження радіонуклідів через листя?
23. Як розраховується концентрація у прикореневому шарі ґрунту?
24. Що таке коефіцієнти виносу біогенних елементів?
25. Які природні фактори обумовлюють їх виніс з сільськогосподарських угідь?
26. Які основні показники якості мінеральних добрив?
27. Як розраховується винос біогенних елементів з урожаєм?

Література [1, 3,4]

4.7 Тестові завдання до іспиту

1. Будь-яка алгоритмічна або аналогова система, що дозволяє імітувати процеси розсіювання домішок, називається:
Література [1 с.7].
2. Поширення шкідливих домішок в атмосфері, їх трансформація, випадіння з атмосфери значною мірою визначається:
Література [1 с.9].
3. У складних орографічних умовах важкі частки шкідливих домішок в атмосфері накопичуються:
Література [1 с.17].
4. Початкові умови при рішенні рівняння балансу атмосферних домішок:
Література [1 с.15].
5. Граничні умови при рішенні рівняння балансу атмосферних домішок
Література [1 с.16].
6. Приплив або стік домішки у виділеному об'ємі за рахунок внутрішніх причин обумовлюється
Література [1 с.14].
7. Власна швидкість домішки у нерухомому повітрі може бути обумовлена:
Література [1 с.12].
8. У чисельних методах прогнозу забруднення атмосфери прогнозують :
Література [1 с.35].
9. Поєднання приземної інверсії і слабого вітру сприяє:
Література [1 с.42].
- 10 Рівняння турбулентної дифузії описує баланс складових концентрації, які обумовлені:
Література [1 с.34].
11. У прогностичній схемі МУЗ предикторами є:
Література [1 с.46].
12. Чинник, що впливає на забруднення атмосфери, в прогностичних схемах називають:
Література [1 с.49].

13. У синоптико-статистичних методах прогнозу забруднення атмосфери прогнозований показник називається:

Література [1 с.40].

14. Прогнозування забруднення атмосфери методом множинної лінійної регресії передбачає ... зв'язок між предиктантом і предикторами:

Література [1 с. 49].

15. Накопиченню шкідливих домішок в приземному шарі повітря сприяють:

Література [1 с.45].

16. Стійкість атмосфери в приземному шарі повітря сприяє:

Література [1 с.43].

17. Максимальне значення приземної концентрації шкідливої речовини від одиночного гарячого крапкового джерела:

Література [1 с.35].

18. У міському повітрі формуванню підвищеного рівня забруднення повітря сприяють:

Література [1 с.44].

19. У великому промисловому місті складають прогноз забруднення атмосфери:

Література [1 с.61].

20. Поєднання приземної інверсії температури і слабого вітру називається:

Література [1 с.42].

21. Наближеними є усі числа , які одержані за рахунок ... цифр, що виходять за границі розрядної сітки. **Література [2 с.6].**

22. ЕОМ обробляють числа, які записані в формах з ... зап'ятою.

Література [2 с.6].

23. Абсолютна похибка являє собою ... поміж справжнім значенням числа (X) та його наближенням (A). **Література [2 с.7].**

24. Відносна похибка являє собою відношення ... числа до його наближеного значення (A). **Література [2 с.7].**

25. Гранична абсолютна похибка є верхньою межею модуля ... числа.

Література [2 с.7].

26. Гранична відносна похибка являє собою відношення граничної абсолютної похибки до ... числа. **Література [2 с.7].**
27. Для наближеного числа, яке одержано у випадку округлення, абсолютна похибка дорівнює ... останнього розряду числа. **Література [2 с.7].**
28. Для наближеного числа, яке одержано у випадку відкидання цифр, що виходять за розрядну сітку, абсолютна похибка дорівнює ... останнього розряду числа. **Література [2 с.7].**
29. Гранична абсолютна похибка суми чи різниці наближених чисел дорівнює ... граничних абсолютних похибок цих чисел. **Література [2 с.8].**
30. Гранична відносна похибка добутку чи частки від поділу двох наближених чисел дорівнює ... граничних відносних похибок цих чисел. **Література [2 с.8].**
31. Основа методу найменших квадратів полягає у тому, що пошук параметрів залежності виконується за умови ... відхилень розрахункових значень функції від емпіричних. **Література [2 с.11, 12].**
32. Рівняння регресії це така пряма лінія, параметри якої одержані методом **Література [2 с.12].**
33. Режимна функція висоти хвиль, як випадкової величини, являє собою закон її розподілення в **Література [2 с.14].**
34. Системна забезпеченість висоти хвиль, як випадкової величини, являє собою закон її розподілення в **Література [2 с.14].**
35. Режимна функція будується за середнім значенням висоти хвиль, якщо вона розраховується за даними спостережень за **Література [2 с.14].**
36. Режимна функція будується за значенням висоти хвиль із забезпеченістю ... у системі у випадку, якщо вона розраховується за даними спостережень за хвилюванням. **Література [2 с.14].**
37. Перенесення речовини у потоці із середньою швидкістю цього потоку називається **Література [2 с.18].**
38. Перенесення речовини у водному середовищі за рахунок сили ваги називається **Література [2 с.18].**

39. ... речовини відбувається за рахунок вихрового руху води у потоці. **Література [2 с.18].**
40. Одинична витрата (інтенсивність переносу) речовини при адвекції прямо пропорційно концентрації речовини і **Література [2 с.18].**
41. Одинична витрата (інтенсивність переносу) речовини при осіданні прямо пропорційно концентрації речовини і **Література [2 с.18].**
42. Одинична витрата (інтенсивність переносу) речовини при турбулентній дифузії прямо пропорційно градієнту концентрації речовини і **Література [2 с.19].**
43. При ... турбулентній дифузії речовини концентрація цієї речовини у точці простору залежить від часу. **Література [2 с.23].**
44. При ... турбулентній дифузії речовини концентрація цієї речовини у точці простору не залежить від часу. **Література [2 с.23].**
45. У плоскій постановки задачі в рівнянні турбулентної дифузії зміною концентрації домішки ... потоку можна знехтувати. **Література [2 с.23].**
46. У напрямку середнього вектору швидкості потоку ... речовини можна знехтувати. **Література [2 с.23].**
47. При просторовій постановки задачі у водному середовищі одна зі осей прямокутної системи координат розташовується **Література [2 с.20].**
48. У водному середовищі проекції вектора осідання речовини на горизонтальні осі прямокутної системи координат **Література [2 с.21].**
49. При розрахунках детальними методами розповсюдження консервативної, розчиненої речовини у водному середовищі сума значень концентрації цієї речовини у кожному створі повинна **Література [2 с.26].**
50. Врахування трансформації речовини у водному середовищі виконується шляхом введення ... в розглядуване рівняння. **Література [2 с.19].**
51. Врахування осідання речовини у водному середовищі виконується шляхом введення ... в розглядуване рівняння. **Література [2 с.18].**
52. При постійному скиді стічних вод у потік використовується диференціальне рівняння ... турбулентної дифузії. **Література [2 с.23].**

53. При аварійному розливі забруднювальної речовини у водному об'єкті використовується диференційне рівняння ... турбулентної дифузії. **Література [2 с.23].**
54. До основних етапи побудови моделі відносяться.... **Література [1 с.113].**
55. Складна сукупність синтезу, розпаду та взаємоперетворення основних компонентів біомаси, накопичення рослиною забруднювальних елементів це... **Література [1 с.114].**
56. Визначення інтенсивності фотосинтезу при оптимальних умовах тепло – та вологозабезпеченості залежить від ... **Література [1 с.114].**
57. При визначенні інтенсивності ФАР на верхній межі рослинного покриву ураховується ... **Література [1 с.115].**
58. При визначенні інтенсивності фотосинтезу в реальних умовах середовища ураховується ... **Література [1 с.116].**
59. Для створення моделей забруднення ґрунтово-рослинного покриву необхідна інформація про ... **Література [1 с.118].**
60. Утворення солодей з солонців шляхом деградації останніх в результаті заміщення обмінного Na^+ на H^+ називається.... **Література [1 с.169].**
61. Осолонцювання ґрунту обумовлено ... **Література [1 с.170].**
62. Визначення натрієво - кальцієвого потенціалу ґрунту залежить від ... **Література [1 с.171].**
63. Збільшення вмісту у ґрунті легкорозчинних солей, яке обумовлене засоленістю ґрунтоутворюючих порід та привнесенням солей ґрунтовими та поверхневими водами це.... **Література [1 с.173].**
64. Визначення швидкості поглинання рухомих форм важких металів рослинами залежить від ... **Література [1 с.168].**
65. Значення має коефіцієнт онтогенетичної кривої фотосинтезу дорівнює..... **Література [1 с.117].**
66. Значення має коефіцієнт онтогенетичної кривої дихання дорівнює..... **Література [1 с.173].**
67. Загальний винос біогенів з врожаєм проводять на основі..... **Література [1 с.173].**

68. Питомий винос біогенних елементів з площі, зайнятою сільськогосподарською культурою визначається з врахуванням ...
Література [1 с.172].

69. Зниження інтенсивності ФАР у рослинному покриві відбувається за рахунок.....
Література [1 с.115].

70. Значення коефіцієнту накопичення радіонуклідів у рослинах знаходиться в межах.....
Література [1 с.142].

5. ЛІТЕРАТУРА ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Основна література

1. Полетаєва Л.М., Юрасов С.М., Ільїна В.Г. Моделювання та прогнозування стану довкілля. Дніпропетровськ: „Економіка”, 2005. 179 с.
2. Юрасов С.М. Моделювання та прогнозування стану довкілля. Частина 2. Моделювання водного середовища: Конспект лекцій. Одеса: ОДЕКУ, 2019. 46 с.
3. Моделювання і прогнозування стану довкілля: Підручник / В.І. Лаврік, В.М. Боголюбов, Юрасов, В.Г. Ільїна. К.: ВЦ «Академія», 2010. 400 с.
4. Збірник методичних вказівок до практичних робіт з дисципліни «Моделювання та прогнозування стану довкілля» для студентів 3 курсу денної форми навчання за спеціальністю «Екологія та охорона навколишнього середовища»./Полетаєва Л.М., Юрасов С.М., Ільїна В.Г., Чернякова О.І., Грабко Н.В., Фролова Н.М., Одеса: ОДЕКУ, 2006. с.

Додаткова література

5. Юрасов С.М. Моделювання та прогнозування стану довкілля. Частина 2. Моделювання та прогнозування стану водного середовища: Збірник методичних вказівок до практичних занять. Одеса: ОДЕКУ, 2019. 40 с.
 6. Методичні вказівки до виконання курсового проекту “Прогнозування забруднення атмосфери методом розпізнавання образів”/ Укл. Полетаєва Л.М., Чернякова О.І. - Одеса: ОДЕКУ, 2002. 65 с.
 7. Збірник методичних вказівок для самостійної роботи студентів заочної форми навчання з дисциплін кафедри «Прикладної екології» (розділ «Математичне моделювання та прогноз стану навколишнього природного середовища») Одеса: ОГМІ, 1997 С.74-76.
 8. Методичні вказівки по організації самостійної роботи студентів при виконанні курсового проекту з дисципліни «Моделювання та прогнозування стану довкілля» для студентів IV курсу заочного факультету напряму підготовки «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» / Укладач: Юрасов С. М. Одеса, ОДЕКУ, 2012. 24 с. укр. мова.
 9. Методичні вказівки по організації роботи студентів при виконанні курсового проекту з дисципліни «Моделювання та прогнозування стану довкілля» для студентів III курсу природоохоронного факультету. Напряму підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» / Укладач: Романчук М.Є. Одеса, ОДЕКУ, 2014. 28 с. укр. мова.
 10. Берлянд М.Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы. Л.: Гидрометеиздат.1985. 272 с.
 11. Сонькин Л.Р. Синоптико-статистический анализ и краткосрочный прогноз загрязнения атмосферы – Л.: Гидрометеиздат, 1991.
- www. Library-odeku./bmb.com <http://library.odeku.edu.ua>.