

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ І.І. МЕЧНИКОВА

Кафедра екології та охорони довкілля



ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор
з науково-педагогічної роботи

Ірина ЛОМАЧИНСЬКА

«*Вересня*» 2026 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**«МОДЕЛЮВАННЯ І ПРОГНОЗУВАННЯ СТАНУ
ДОВКІЛЛЯ»**

Рівень вищої освіти

перший (бакалаврський) рівень

Галузь знань

10 – Природничі науки

Спеціальність

101 – Екологія

Освітньо-професійна
програма

**Екологія, охорона навколишнього
середовища та збалансоване
природокористування**

ОНУ
2026

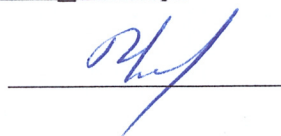
Робоча програма навчальної дисципліни «Моделювання і прогнозування стану довкілля». Одеса: ОНУ, 2026. - 24 с.

Розробники: О.І. Чернякова, старший викладач кафедри екології та охорони довкілля, С.М. Юрасов, кандидат технічних наук, доцент кафедри екології та охорони довкілля; В.Г. Ільїна, кандидат географічних наук, доцент кафедри екології та охорони довкілля.

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри екології та охорони довкілля

Протокол № 1 від «24» серпня 2026 р.

Завідувач кафедри



Ангеліна ЧУГАЙ
(прізвище та ініціали)

Погоджено із гарантом ОПП
«Екологія, охорона навколишнього середовища
та збалансоване природокористування»

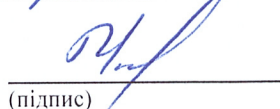


Алла КОЛІСНИК
(прізвище та ініціали)

Схвалено навчально-методичною комісією (НМК) ФГМіЕ

Протокол № 1 від «26» серпня 2026 р.

Голова НМК



(підпис)

Ангеліна ЧУГАЙ
(прізвище та ініціали)

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри

Протокол № __ від «__» ____ 20 __ р.

Завідувач кафедри

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри

Протокол № __ від «__» ____ 20 __ р.

Завідувач кафедри

(підпис)

(прізвище та ініціали)

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, спеціалізація, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Загальна кількість: Всього кредитів – 6/6 годин – 180/180 змістових модулів – 3/3 ІНДЗ* – не заплановано	Галузь знань 10– Природничі науки Спеціальність 101– Екологія Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)	Обов'язкова	
		Рік підготовки:	
		3-й	4-й
		Семестр	
		6-й	8-й
		Лекції	
		60 год.	24 год.
		Практичні, семінарські	
		30 год.	12 год.
		Самостійна робота	
		90 год.	144 год.
		Форма підсумкового контролю: іспит/іспит	

2. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Метою дисципліни «Моделювання і прогнозування стану довкілля» є: формування у студентів системи теоретичних знань і практичних навичок у сфері математичного моделювання реальних процесів розповсюдження шкідливих домішок у довкіллі, які дозволяють оцінювати поточний екологічний стан навколишнього середовища та прогнозувати його зміни під впливом антропогенних і природних факторів, складання прогнозів забруднення довкілля і застосування їх для регулювання техногенних впливів на довкілля.

Завданнями дисципліни є вивчення методології моделювання складних екологічних систем, вивчення фізико-математичних основ розсіювання домішок в атмосфері, гідросфері та педосфері; засвоєння методів прогнозування змін у навколишньому середовищі, аналіз динаміки забруднення атмосфери, гідросфери та ґрунтів та факторів формування екологічних ситуацій, розробка прогностичних правил для прийняття управлінських рішень.

Процес вивчення дисципліни спрямований на формування елементів таких **компетентностей**

– *Інтегральна*

Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та вирішувати практичні проблеми у сфері екології, охорони довкілля і збалансованого природокористування у процесі навчання, що передбачає застосування

основних теорій та методів наук про довкілля та характеризуються комплексністю і невизначеністю умов.

– *Спеціальні (фахові) компетентності:*

К30. Здатність прогнозувати стан окремих складових навколишнього природного середовища, у т.ч. з використанням методів математичного моделювання

– *Програмні результати навчання*

Р301. Знання понятійного апарату та загальних принципів моделювання і прогнозування стану довкілля.

Р302. Уміння обирати та використовувати методи математичного моделювання та прогнозування стану довкілля.

У результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач повинен:

- *знати:* основні терміни і поняття моделювання стану довкілля; понятійний апарат та фізичні основи переносу речовин у довкіллі; головні фактори середовища, що впливають на забруднення довкілля; дифузійні та гаусові моделі забруднення атмосфери; статистичні та синоптико-статистичні методи прогнозування; основи моделювання розповсюдження домішок у водних об'єктах та міграції забруднювачів у ґрунтово-рослинному покриві, основні принципи, підходи та методи оцінки і прогнозу стану довкілля; основні математичні моделі розрахунку розповсюдження шкідливих домішок; типи прогнозів забруднення повітря, ґрунтів та поверхневих вод;
- *вміти:* обрати необхідну модель і виконати розрахунки показників забруднення; сформулювати 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.
- *бути здатним:* самостійно обирати математичний апарат для розв'язання прикладних екологічних задач; адаптувати прогностичні схеми до умов конкретних урбанізованих та промислових територій; обґрунтовувати стратегії та заходи щодо регулювання техногенного навантаження на довкілля на основі результатів моделювання.

Опанування цієї навчальної дисципліни забезпечує набуття здобувачами навичок і компетентностей, спрямованих на досягнення глобальних цілей сталого розвитку до 2030 року, що проголошені резолюцією Генеральної Асамблеї Організації Об'єднаних Націй від 25 вересня 2015 року № 70/1 та визначені Указом Президента України від 30 вересня 2019 року № 722, зокрема:

Ціль 6: забезпечення доступності та сталого управління водними ресурсами та санітарією;

Ціль 11: забезпечення відкритості, безпеки, життєстійкості й екологічної стійкості міст, інших населених пунктів;

Ціль 13: вжиття невідкладних заходів щодо боротьби зі зміною клімату та її наслідками.

Ціль 15: захист та відновлення екосистем суші та сприяння їх раціональному використанню, раціональне лісокористування, боротьба з опустелюванням, і повернення назад (розвертання) процесу деградації земель та зупинка процесу втрати біорізноманіття.

3. ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Змістовий модуль 1. Загальні уявлення про математичне моделювання та види прогнозів забруднення атмосфери

Тема 1. Математичні моделі як основа прогнозів забруднення довкілля.

Поняття математичної моделі та математичного моделювання. Роль та місце моделювання у системі природоохоронних дисциплін. Класифікація математичних моделей забруднення атмосфери. Основні етапи побудови та реалізації математичних екологічних моделей. Постановка загальної задачі розрахунку поширення атмосферних домішок. Рівняння балансу для будь-якої субстанції.

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

Роль метеорологічних факторів у розсіюванні та накопиченні домішок у міській межі. Вплив мікрометеорологічних умов у місті на формування рівня забруднення атмосфери. Вплив синоптичних умов на забруднення атмосфери та несприятливі метеорологічні умови (НМУ).

Тема 3. Математичне моделювання розповсюдження домішок в атмосферному повітрі.

Диференціальне рівняння турбулентної дифузії атмосферних домішок (рівняння балансу). Внутрішні та зовнішні джерела і стоки. Формулювання початкових та граничних умов. Вплив орографії на поширення домішки від джерела. Рівняння балансу атмосферних домішок при стаціонарних процесах при постійному напрямку вітру. Чисельне моделювання процесів забруднення атмосфери великих міст і їхнього впливу на термічний режим атмосфери

Тема 4. Чисельне моделювання процесів забруднення атмосфери у місті.

Фізичні основи прогнозування забруднення повітря. Чисельний прогноз концентрації шкідливої домішки по дифузійній моделі. Практичні питання прогнозу забруднення повітря в районі окремих джерел. Прогноз концентрації шкідливої домішки по гаусовій моделі.

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

Принципи побудови синоптико-статистичних схем. Поняття предиктанта та предикторів. Узагальнені показники забруднення повітря по місту в цілому. Вибір предикторів для синоптико-статистичних прогнозів. Прогноз метеорологічних умов забруднення атмосфери. Прогнозування

забруднення повітря методом лінійного регресійного аналізу. Прогнозування забруднення повітря методом розпізнавання образів. Метод послідовної графічної регресії.

Тема 6. Оцінка ефективності методів прогнозу забруднення атмосфери.

Оцінка адекватності та точності прогностичних схем. Оцінка ефективності методів прогнозу забруднення повітря. Організація робіт по прогнозуванню забруднення повітря. Досвід оперативного прогнозування забруднення повітря та організація системи попереджень про НМУ.

Змістовий модуль 2. Моделювання і прогнозування стану водного середовища

Тема 1. Точність обчислювальних експериментів.

Поняття наближених чисел та їх точність. Абсолютна, відносна та гранична похибки. Правила оцінки похибок при математичних операціях.

Тема 2. Статистичне моделювання стану водного середовища.

Підбір емпіричних формул. Підбір параметрів рівняння регресії. Прогноз висоти хвиль рідкісної повторюваності.

Тема 3. Числове моделювання розповсюдження забруднювальних речовин у водному середовищі.

Процеси розповсюдження і трансформації речовини у водному середовищі. Моделювання розповсюдження речовини у турбулентному потоці. Моделювання розповсюдження забруднювальних речовин при аварійних розливах.

Тема 4. Імітаційне моделювання (Метод Монте-Карло).

Сутність методу, випадкові числа з рівномірним розподілом. Одержання випадкових чисел. Перетворення випадкових величин. Приклад використання методу Монте-Карло: розрахунок системи масового обслуговування.

Змістовий модуль 3. Математичне моделювання і прогноз міграції забруднювальних речовин у ґрунтовому та рослинному покриві

Тема 1. Моделювання основних процесів життєдіяльності рослин.

Моделювання процесу фотосинтезу у рослин, моделювання процесу дихання у рослин, моделювання процесу росту та розвитку.

Тема 2. Моделювання міграції радіонуклідів в агроценозах.

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 корзинової (*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).

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

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.

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

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.

Тема 5. Визначення виносу біогенних елементів з сільськогосподарських угідь.

Класифікація та характеристики біогенних елементів. Види мінеральних добрив, які містять біогенні елементи. Розрахунок виносу біогенних елементів з сільськогосподарських угідь.

4. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Назви тем	Кількість годин									
	Денна форма					Заочна форма				
	усього	у тому числі				усього	у тому числі			
		л	п/с	лаб	с/р		л	п/с	ла	с/р
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Змістовий модуль 1. Загальні уявлення про математичне моделювання та види прогнозів забруднення атмосфери										
Тема 1. Математичні моделі як основа прогнозів забруднення довкілля [1, 2]	5	2	0	0	3	4	1	0	0	3
Тема 2. Вплив метеорологічних і синоптичних умов на забруднення повітря у місті [1, 2]	8	2	0	0	6	14	2	0	0	12
Тема 3. Математичне моделювання розповсюдження домішок в атмосферному повітрі [1, 2]	7	4	0	0	3	8	1	0	0	7
Тема 4. Чисельне моделювання процесів забруднення атмосфери у місті [1, 2]	8	4	0	0	4	11	1	0	0	10
Тема 5. Синоптико-статистичні прогнози	24	4	8	0	12	14	2	2	0	10

забруднення повітря у місті [1, 2]										
Тема 6. Оцінка ефективності методів прогнозу забруднення атмосфери [1, 2]	8	4	2	0	2	9	1	2	0	6
Разом за змістовим модулем 1	60	20	10	0	30	60	8	4	0	48
Змістовий модуль 2. Моделювання і прогнозування стану водного середовища										
Тема 1. Точність обчислювальних експериментів [1, 2]	9	4	0	0	5	10	2	0	0	8
Тема 2. Статистичне моделювання стану водного середовища [1, 2]	18	4	4	0	10	18	1	2	0	15
Тема 3. Числове моделювання розповсюдження забруднювальних речовин у водному середовищі [1, 2]	25	8	6	0	11	18	4	2	0	12
Тема 4. Імітаційне моделювання (Метод Монте-Карло) [1, 2]	8	4	0	0	4	14	1	0	0	13
Разом за змістовим модулем 2	60	20	10	0	30	60	8	4	0	48
Змістовий модуль 3. Математичне моделювання і прогноз міграції забруднювальних речовин у ґрунтовому та рослинному покриві										
Тема 1. Моделювання основних процесів життєдіяльності рослин [1, 2]	12	4	2	0	6	12	2	1	0	9
Тема 2. Моделювання міграції радіонуклідів в агроценозах [1, 2]	16	6	3	0	7	13	2	1	0	10
Тема 3. Математичне моделювання процесу поглинання важких металів ґрунтом та рослинами [1, 2]	13	4	2	0	7	12	1	1	0	10
Тема 4. Математичне моделювання впливу осолонцювання і засолення ґрунту на розвиток рослин [1, 2]	13	4	3	0	6	13	2	1	0	10
Тема 5. Визначення виносу біогенних елементів з сільськогосподарських угідь [1, 2]	6	2	0	0	4	10	1	0	0	9

Разом за змістовим модулем 3	60	20	10	0	30	60	8	4	0	48
РАЗОМ	180	60	30	0	90	180	24	12		144

Види роботи:

- [1] – опрацювання лекційного та додаткового, довідкового матеріалу;
[2] – опрацювання тем практичних занять, додаткового матеріалу.

5. ТЕМИ СЕМІНАРСЬКИХ ЗАНЯТЬ (не передбачено)

6. ТЕМИ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Синоптико-статистичні прогнози забруднення повітря у місті [1, 2] Статистичний прогноз забруднення атмосфери методом множинної лінійної регресії	8	2
2	Оцінка ефективності методів прогнозу забруднення атмосфери [1, 2] Прогноз показника Р методом розпізнавання образів	2	2
3	Статистичне моделювання стану водного середовища [1, 2] Побудова режимної функції висоти хвиль	4	2
4	Числове моделювання розповсюдження забруднювальних речовин у водному середовищі [1, 2] Детальні методи розрахунку розводження стічних вод у потоках	6	2
5	Моделювання основних процесів життєдіяльності рослин [1, 2] Особливості методів моделювання основних процесів життєдіяльності рослин	2	1
6	Моделювання міграції радіонуклідів в агроценозах [1, 2] Моделювання радіонуклідного забруднення ґрунту та рослинного покриву	3	1
7	Математичне моделювання процесу поглинання важких металів ґрунтом та рослинами [1, 2] Моделювання процесів поглинання і міграції важких металів та їх впливу на сільськогосподарські рослини	2	1
8	Математичне моделювання впливу осолонцювання і засолення ґрунту на розвиток рослин [1, 2] Особливості методів моделювання впливу осолонцювання та засолення ґрунту на зростання і розвиток рослин	3	1
Разом		30	12

Види роботи:

- [1] – опрацювання лекційного та додаткового, довідкового матеріалу;
[2] – опрацювання тем практичних занять, додаткового матеріалу.

7. ТЕМИ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ (не передбачено)

8. САМОСТІЙНА РОБОТА

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Змістовий модуль 1. Загальні уявлення про математичне моделювання та види прогнозів забруднення атмосфери (теми 1 - 6). Опрацюйте рекомендовану літературу. На підставі лекційного матеріалу ознайомитися з особливостями використання математичних моделей при прогнозі забруднення повітря, звернути увагу на вплив метеорологічних і синоптичних умов на забруднення атмосфери в умовах населених пунктів, мати чітке уявлення про особливості складання прогнозів при використанні чисельних та синоптико-статистичних видів прогнозів та розуміти процедури оцінки ефективності методів прогнозу. Підготуватися до виконання практичних робіт і усного опитування за результатами самостійної роботи.	30	48
2	Змістовий модуль 2. Моделювання і прогнозування стану водного середовища (теми 1 - 5). Опрацюйте рекомендовану літературу. На підставі лекційного матеріалу ознайомитися з процедурами використання математичних моделей при складанні прогнозів з урахуванням точності обчислювальних експериментів, особливу увагу приділити вивченню статистичного моделювання, моделювання перенесення забруднювальних речовин у водному середовищі та імітаційного моделювання. Підготуватися до виконання практичних робіт і усного опитування за результатами самостійної роботи.	30	48
3	Змістовий модуль 3. Математичне моделювання і прогноз міграції забруднювальних речовин у ґрунтовому та рослинному покриві (теми 1 – 5). Опрацюйте рекомендовану літературу. На підставі лекційного матеріалу ознайомитися з математичним моделюванням основних процесів життєдіяльності рослин, міграції радіонуклідів в агроценозах, процесу поглинання важких металів ґрунтом та рослинами, впливу осолонцювання і засолення ґрунту на розвиток рослин та визначення виносу біогенних елементів з сільськогосподарських угідь. Підготуватися до виконання практичних робіт і усного опитування за результатами самостійної роботи.	30	48
	Всього	90	144

*До самостійної роботи відноситься:

- підготовка до лекцій і практичних занять;
- неформальна та інформальна освіта.

Визнання результатів, отриманих в системі неформальної/інформальної освіти. У межах дисципліни «Моделювання і

прогнозування стану довкілля» здобувачі можуть виконувати завдання самостійної роботи як у традиційних формах (опрацювання літератури, індивідуальних завдань, тощо), так і через зарахування результатів неформальної та інформальної освіти.

В рамках опанування цієї навчальної дисципліни здобувач може пройти освітні або професійні курси/тренінги, професійне стажування, онлайн-курси на масових платформах чи у системі громадянської освіти (Coursera, edX, Prometheus, UKR Digital HNEE тощо).

Орієнтовний перелік курсів, які дотичні змісту цієї навчальної дисципліни:

Назва освітньої платформи, назва онлайн курсу, короткий опис, посилання	Дотично до Компетентності, теми та/або результати навчання, що формуються)
Class Central / NPTEL (IIT Roorkee): Environmental Modeling and Simulation. (моделювання екосистем, нелінійна динаміка, метод Монте-Карло, MATLAB) https://www.classcentral.com/subject/environmental-engineering	K30, 3K01, P301(ПР301), P302 (ПР302)
NPTEL / NASA Earthdata: Introduction to Climate Change & CMIP6 Modeling (глобальне кліматичне моделювання CMIP6, розрахунок кліматичних прогнозів) https://nptel.ac.in/courses/105103193	K30, P301(ПР301), P302 (ПР302)
Університет Чикаго (OpenCourseWare): Global Warming: Understanding the Forecast (Глобальне потепління: Розуміння прогнозів) (фізика атмосфери, математичний аналіз прогностичних схем) http://forecast.uchicago.edu/lectures.html	K30, 3K01, P301(ПР301), P302 (ПР302)
UKR Digital HNEE: System analysis and assessment of environmental quality (системний аналіз та математичне моделювання якості довкілля) https://ukrdigital.hnee.de/enrol/index.php?id=19	K30, 3K01, P301, P302
UKR Digital HNEE: Methods of environmental information processing (методи обробки екологічної інформації та даних) https://ukrdigital.hnee.de/enrol/index.php?id=15	K30, 3K01, P301, P302

Здобувач має право також обрати самостійно освітню платформу та курс, які відповідають змісту цієї навчальної дисципліни.

Результати, отримані в системі неформальної/інформальної освіти, засвідчуються відповідним сертифікатом, де вказуються обсяг годин (або кількість кредитів ЄКТС) та здобуті компетентності та результати навчання. Такі результати можуть бути зараховані як результати поточного, періодичного або підсумкового контролю за цією навчальною дисципліною за процедурами, визначеними «Положенням про порядок визнання у вищій та фаховій

передвищій освіті результатів навчання, здобутих шляхом неформальної та/або інформальної освіти в Одеському національному університеті імені І. І. Мечникова та відокремленому структурному підрозділі «Фаховий коледж ОНУ імені І. І. Мечникова» https://onu.edu.ua/pub/bank/userfiles/files/documents/polozhennya/polozhennya_neformalna_osvita_2024_final.pdf.

В межах дисципліни «Моделювання і прогнозування стану довкілля» оцінювання результатів неформальної та інформальної освіти здійснюється згідно з критеріями табл. 1.

Таблиця 1 – Критерії оцінювання результатів неформальної освіти

Вид діяльності здобувача	Орієнтовний обсяг (год./кредити ECTS)	Критерії виконання	Кількість балів	Форма зарахування
Class Central / NPTEL (IIT Roorkee): Environmental Modeling and Simulation. (моделювання екосистем, нелінійна динаміка, метод Монте-Карло, MATLAB) https://www.classcentral.com/subject/environmental-engineering	60 год. (2 кредити)	100% виконаних завдань	20 балів	Поточний контроль / самостійна робота
		88% виконаних завдань	18 балів	
		70% виконаних завдань	14 балів	
NPTEL / NASA Earthdata: Introduction to Climate Change & CMIP6 Modeling (глобальне кліматичне моделювання CMIP6, розрахунок кліматичних прогнозів) https://nptel.ac.in/courses/105103193	60 год. (2 кредити)	100% виконаних завдань	20 балів	Поточний контроль / самостійна робота
		88% виконаних завдань	18 балів	
		70% виконаних завдань	14 балів	
Університет Чикаго (OpenCourseWare): Global Warming: Understanding the Forecast (Глобальне потепління: Розуміння прогнозів) (фізика атмосфери, математичний аналіз прогностичних схем) http://forecast.uchicago.edu/lectures.html	60 год. (2 кредити)	100% виконаних завдань	20 балів	Поточний контроль / самостійна робота
		88% виконаних завдань	18 бали	
		70% виконаних завдань	14 бали	
UKR Digital HNEE: System analysis and assessment of environmental quality (системний аналіз та математичне моделювання якості довкілля)	60 год. (2 кредити)	100% виконаних завдань	20 балів	Поточний контроль / самостійна робота
		88% виконаних завдань	18 бали	

https://ukrdigital.hnee.de/enrol/index.php?id=19		70% виконаних завдань	14 бали	
UKR Digital HNEE: Methods of environmental information processing (методи обробки екологічної інформації та даних) https://ukrdigital.hnee.de/enrol/index.php?id=15	60 год. (2 кредити)	100% виконаних завдань	20 балів	Поточний контроль / самостійна робота
		88% виконаних завдань	18 бали	
		70% виконаних завдань	14 бали	

9. МЕТОДИ НАВЧАННЯ

При вивченні навчальної дисципліни «Моделювання і прогнозування стану довкілля» застосовуються словесний, наочний, практичний методи навчання: читання лекцій, пояснення, робота з навчальною літературою, індивідуальні консультації.

Словесні та наочні методи навчання – це лекційні заняття, опитування, консультування, мультимедійні презентації.

Практичні методи – це опрацювання завдань до практичних занять на основі розв’язання розрахункових задач, обговорення практичного застосування отриманих результатів.

Колективне опрацювання завдань – колективне обговорення результатів виконання практичних завдань, обговорення і дискусії щодо проблемних питань лекцій та результатів самостійної роботи.

Для розв’язання навчально-професійних завдань навчальної дисципліни застосовано комплексний підхід до діяльності у процесі навчання. Використовуються класичні дидактичні методи організації та здійснення навчально-пізнавальної діяльності (лекція-пояснення, бесіда, контроль, самоконтроль, взаємоконтроль і т.п.)

Основні форми (методи) проведення занять – це різні типи лекцій, а також практичні заняття – обговорення теоретичних питань, дискусія, співбесіда, презентація результатів.

10. ФОРМИ КОНТРОЛЮ

Засоби діагностики якості освіти включають в себе поточний, періодичний та підсумковий контроль.

Поточний контроль: усний контроль – індивідуальне опитування, оцінка виконання практичних робіт.

Періодичний контроль: тестовий контроль – оцінювання контрольних робіт за змістовими модулями (тестування).

Підсумковий контроль: екзамен.

Протягом засвоєння навчальної дисципліни здобувачі мають можливість накопичувати бали за рахунок виконання різних форм роботи. Вони розподіляються, а потім підсумовуються.

Форми контролю. Контроль знань здобувачів здійснюється упродовж семестру та охоплює всі види навчальної діяльності: лекційні і практичні заняття, модульні контрольні заходи. Основна мета контролю полягає у перевірці рівня засвоєння теоретичних знань, сформованості практичних навичок і здатності застосовувати отримані знання у професійній діяльності.

1. Форми контролю за лекційним матеріалом

Оцінювання засвоєння лекційного матеріалу здійснюється на основі таких форм: перевірка підготовленості до лекції (активність, виконання коротких аналітичних або оглядових завдань, ознайомлення з рекомендованою літературою); короткий тестовий контроль після лекції (перевірка розуміння ключових понять і закономірностей теми); участь в усній дискусії або обговоренні проблемних питань теми (оцінюється змістовність, аргументованість та самостійність суджень).

Максимальна кількість балів за опанування лекційного матеріалу становить 15 балів (1 бал за кожен модуль).

2. Форми контролю за практичними заняттями

Практичні заняття спрямовані на формування професійних компетентностей, закріплення і більш глибоке обговорення теоретичного матеріалу, уміння застосовувати теоретичні знання для вирішення практичних задач, аналізувати і узагальнювати інформацію з літературних джерел. Контроль здійснюється через усне опитування під час захисту практичних робіт.

Максимальна кількість балів за всі практичні роботи становить 35 балів (14 балів за практичні роботи змістового модуля 1, 11 балів за практичні роботи змістового модуля 2 і 10 балів за практичні роботи змістового модуля 3).

3. Контроль за змістовими модулями

Після вивчення кожного змістового модуля проводиться модульна контрольна робота у формі тестового оцінювання, що включає питання із однією правильною відповіддю. Метою є перевірка системності засвоєння матеріалу, узагальнення знань і вміння логічно поєднувати теоретичні та практичні аспекти навчального змісту.

Максимальна кількість балів за виконання модульних контрольних робіт становить 30 балів. Для отримання позитивного результату здобувач має набрати не менше 60 % правильних відповідей.

4. Підсумковий контроль (іспит)

Підсумковою формою контролю знань є іспит, який проводиться після завершення вивчення дисципліни. Іспит спрямований на комплексну перевірку рівня засвоєння теоретичних знань, здатності їх узагальнювати, систематизувати та застосовувати у практичних ситуаціях.

Іспит оцінюється максимально у 20 балів. До складання іспиту

допускаються здобувачі, які виконали всі види робіт, передбачених робочою програмою.

5. Підсумкова система оцінювання за дисципліною

Вид навчальної діяльності	Максимальна кількість балів
Лекційний матеріал (тести, участь у дискусії, підготовленість)	15
Практичні заняття	35
Модульні контрольні роботи	30
Поточна успішність (разом)	80
Іспит	20
Загальна кількість балів за дисципліну	100

Так, загальна система оцінювання дисципліни базується на принципах поетапності та об'єктивності: 80 балів здобувач може отримати за поточну роботу протягом семестру, а 20 балів – за підсумковий іспит. Такий підхід забезпечує безперервний контроль знань, стимулює систематичну підготовку здобувачів і дозволяє комплексно оцінити їхню готовність до практичного застосування отриманих знань і навичок.

Критерії оцінювання результатів навчання. Критерій оцінювання – це ознака, на основі якої проводиться оцінювання будь-чого і яка є мірою оцінки. Критерії оцінювання визначаються за допомогою якісних показників та ознак, що демонструють рівень сформованості навчальних досягнень здобувачів вищої освіти і трансформуються в оцінку згідно затвердженої шкали. Результати академічної успішності здобувачів виставляються у вигляді оцінки за національною шкалою, 100-бальною та шкалою ЄКТС.

Критерії оцінювання лекційного матеріалу

Бал	Критерії оцінювання засвоєння лекційного матеріалу
1 бал	Повністю засвоїв зміст лекції; аргументовано відповідає на запитання, демонструє критичне мислення, наводить приклади з практики або сучасних досліджень; виконав онлайн-тест чи міні-завдання без помилок.
0,5 бали	Ознайомився з матеріалом лекції, відповідає на основні запитання, але без глибокого розуміння або з неточностями; має базові уявлення про ключові поняття.
0 балів	Студент не відвідував лекцію або не ознайомився з матеріалом; не виконав завдання/тест; не проявляв активності.

Критерії оцінювання на практичних заняттях

Критерії оцінювання на практичних заняттях наведено у відсотковому виді.

Відсоток від балу	Критерії оцінювання роботи на практичних заняттях
81 – 100 %	Аргументовано відповідає на запитання, демонструє критичне мислення, приймає участь в обговоренні і дискусії.

61 – 80 %	Добре орієнтується в темі, розуміє зміст основних понять, логічно відповідає на контрольні питання, виявляє активність під час обговорення.
41 – 60 %	Відповідає на основні запитання, але без глибокого розуміння або з неточностями; має базові уявлення про ключові поняття.
21 – 40 %	Ознайомився частково з матеріалом; допускає суттєві помилки.
До 20 %	Ознайомився частково з матеріалом; не володіє ключовими поняттями,
0 %	Студент не з'явився на заняття, не ознайомився з теоретичним матеріалом.

Оцінювання контрольних робіт за змістовими модулями здійснюється з метою перевірки рівня засвоєння теоретичного матеріалу після завершення вивчення кожного змістового модуля. Модульна контрольна робота проводиться у формі тестового контролю, який містить 20 тестових завдань, що охоплюють ключові поняття, закономірності та прикладні аспекти тем, передбачених навчальним планом.

Кожне тестове завдання має одну правильну відповідь, яка оцінюється в 0,5 балів, а максимальна кількість балів за тест відповідає 100% правильності виконання.

Розподіл результатів тестування за кількістю правильних відповідей

Кількість правильних відповідей	Рівень засвоєння матеріалу
20	Відмінний рівень, повне засвоєння матеріалу
18-19	Дуже високий рівень, незначні неточності
17	Високий рівень, правильне розуміння основних положень
16	Достатній рівень, засвоєно основні поняття
14-15	Достатній рівень із незначними прогалинами
13	Задовільний рівень, окремі неточності у розумінні матеріалу
12	Мінімально позитивний результат, базове засвоєння знань
10-11	Незадовільний рівень, часткове розуміння теми
9	Низький рівень, більшість відповідей неправильні
8	Дуже низький рівень засвоєння
6-7	Матеріал засвоєно фрагментарно
5	Відсутність розуміння ключових понять
4	Дуже слабе розуміння матеріалу
2-3	Майже повна відсутність знань
1/1	Випадкові правильні відповіді
0/0	Відсутність знань, завдання не виконано

Для отримання позитивного результату необхідно набрати не менше 60% правильних відповідей. Результати нижчі цього порогу вважаються незадовільними та не зараховуються як успішне виконання модульного контролю.

Здобувач вищої освіти має право на дві спроби складання модульної контрольної роботи: перша – у межах основного навчального процесу, друга – у разі необхідності повторного проходження для підвищення результату або у випадку технічних чи організаційних причин, що вплинули на виконання першої спроби.

Підсумковий результат модульного контролю враховується при визначенні рейтингової оцінки з дисципліни та є складовою загальної системи поточного і семестрового контролю знань.

Політика щодо дедлайнів та перескладання: У випадку пропуску заняття з поважних причин здобувач зобов'язаний виконати контрольну роботу за відповідною темою у поза навчальний час за погодженням з викладачем. Перескладання відбувається із дозволу деканату за наявності поважних причин.

Політика щодо академічної доброчесності: під час опанування навчальної дисципліни категорично не припускаються будь-які види порушень академічної доброчесності з боку як здобувачів вищої освіти, так й викладача. У разі виявлення та фіксації будь-якого виду порушення академічної доброчесності, до порушника будуть застосовані санкції, передбачені Законом України «Про академічну доброчесність» та внутрішніми нормативними документами Одеського національного університету імені І. І. Мечникова.

Політика щодо використання штучного інтелекту: в ході опанування цієї навчальної дисципліни забороняється оприлюднення текстів, зображень, моделей, даних, інших результатів, згенерованих штучним інтелектом, як результатів власної академічної та навчальної діяльності, якщо це не дозволено умовами навчального завдання, а сам цей факт не зазначено в навчальному завданні чи супровідних матеріалах до нього. Під час проходження підсумкового оцінювання використання ресурсів штучного інтелекту забороняється.

11. ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ДО ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ

1. Що ми розуміємо під поняттям “математична модель”?
2. Які існують види прогнозів забруднення атмосферного повітря?
3. Що таке предиктант та предиктори?
4. У чому полягає фізичний сенс рівняння балансу для будь-якої субстанції?
5. Назвіть внутрішні та зовнішні причини притоку та стоку забруднювальних речовин у рівнянні балансу атмосферних домішок.
6. У чому полягають початкові та граничні умови у рівнянні балансу атмосферних домішок?
7. Які особливості впливу орографії на розповсюдження домішок від джерела?
8. Яка характеристика забруднення атмосферного повітря у містах прогнозується у чисельних прогнозах?
9. Яким чином ураховуються особливості термодинамічного стану повітря у прогнозі максимальної концентрації шкідливої домішки від окремого джерела за дифузійною моделлю?

10. Які особливості застосування гаусової моделі розповсюдження шкідливої домішки від окремого джерела?
11. Як впливає напрям та швидкість вітру на забруднення атмосфери у місті?
12. Які особливості впливу на рівень забруднення атмосфери термічної стійкості та умов застою повітря?
13. Як впливають опади, хмари, тумани на рівень забруднення атмосфери?
14. У чому полягає фізичний сенс інерційного фактору?
15. У чому полягає вплив мікрометеорологічних умов у місті на формування рівня забруднення.
16. Які особливості синоптичних умов, що сприяють формуванню високого рівня забруднення повітря у місті та регіонах?
17. Які існують статистичні методи прогнозу забруднення атмосфери?
18. Як здійснити вибір предикторів до статистичного прогнозу?
19. Який комплексний показник прогнозують у методі метеорологічних умов забруднення атмосфери (МУЗ)?
20. У чому суть методу прогнозу на основі множинної лінійної регресії?
21. У чому суть прогнозування забруднення повітря методом розпізнавання образів?
22. Назвіть порядок прогнозування забруднення повітря методом послідовної графічної регресії.
23. Скільки і які існують категорії попереджень, коли очікується підвищений рівень забруднення атмосфери?
24. Що таке наближені числа, як оцінюється їх точність? Які існують форми подачі наблжених чисел?
25. Що таке абсолютна та відносна похибки? Що таке гранична похибка?
26. Назвіть п'ять правил оцінки похибок при операціях з наблженими числами.
27. У чому полягає підбір емпіричних формул?
28. У чому полягає сутність методу найменших квадратів? Як виробляється розрахунок параметрів рівняння регресії?
29. Як виробляється побудова режимної функції хвилювання?
30. Що характеризують режимна та системна забезпеченість хвилювання? Прогноз висоти хвиль рідкісної повторюваності.
31. Як виробляється вирівнювання параболічної, гіперболічної та показникової залежностей?
32. Процеси перенесення речовини у турбулентному потоці, формули їх потоків?
33. Як урахується неконсервативність речовин у водному середовищі?
34. Навести розрахункову формулу турбулентної дифузії речовини у потоці (плоска задача) та послідовність розрахунку.
35. Навести розрахункову формулу турбулентної дифузії речовини у циліндричних координатах та послідовність розрахунку.

36. Які основні положення виводу рівняння турбулентної дифузії речовини у потоці (локальна схема)?
37. Які основні положення рішення рівняння турбулентної дифузії речовини у потоці в плоскій постановці задачі методом кінцевих різниць для струменів, що віддалені від берегу?
38. Які основні положення рішення рівняння турбулентної дифузії речовини у потоці в плоскій постановці задачі методом кінцевих різниць для струменів, що примикають до берегу?
39. Основні положення виводу рівняння несталої турбулентної дифузії речовини у потоці (об'єктна схема).
40. Які основні положення рішення рівняння несталої турбулентної дифузії речовини у потоці в плоскій постановці задачі методом кінцевих різниць?
41. У чому полягає сутність методу Монте-Карло?
42. Які випадкові числа необхідні для імітаційного моделювання?
43. Які існують методи задля отримання випадкових чисел?
44. У чому полягає сутність методу зворотних функцій?
45. Як можна отримати довільне розподілення?
46. Назвіть типи математичних моделей забруднення ґрунтово-рослинного покриву та основні концепції моделювання.
47. Надати характеристику основних блоків математичної моделі забруднення ґрунтово-рослинного покриву.
48. Які основні етапи побудови математичної моделі забруднення педосфери?
49. Як визначити параметри моделі та вхідної інформації?
50. Які особливості моделювання забруднення ґрунтово-рослинного покриву?
51. Як проводиться моделювання основних процесів життєдіяльності рослин?
52. Надати характеристику особливості забруднення ґрунту в результаті застосування зрошення та оцінки якості зрошувальної води.
53. Описати процедуру моделювання впливу осолонцювання ґрунту на зростання і розвиток рослин.
54. Як провести моделювання впливу засолення ґрунту на зростання і розвиток рослин?
55. Надати характеристики важких металів, рослин та ґрунту, які обумовлюють їх міграцію у ґрунтово-рослинному покриві.
56. Які особливості моделювання міграції рухомих форм важких металів у ґрунтово-рослинному покриві?
57. Як проводять моделювання водних шляхів міграції радіонуклідів?
58. Надати характеристику ґрунтовому (кореневому) надходженню радіонуклідів.
59. Надати характеристику аеральному надходженню радіонуклідів у рослини.

60. Як визначають винос біогенних елементів рослинами?

12. РОЗПОДІЛ БАЛІВ, ЯКІ ОТРИМУЮТЬ ЗДОБУВАЧІ (формувальне оцінювання)

Види навчальної роботи	Бали за одну заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовий модуль 1			
Поточний контроль на лекціях	1	6	6
Виконання та захист практичних (лабораторних) робіт	7	2	14
Контрольна робота за змістовним модулем	0,5	20	10
Усього за змістовним модулем 1			30
Змістовий модуль 2			
Поточний контроль на практичних заняттях	1	4	4
Виконання та захист практичних (лабораторних) робіт	5,5	2	11
Контрольна робота за змістовним модулем	0,5	20	10
Всього за змістовний модуль 2			25
Змістовий модуль 3			
Поточний контроль на практичних заняттях	1	5	5
Виконання та захист практичних (лабораторних) робіт	2,5	4	10
Контрольна робота за змістовним модулем	0,5	20	10
Всього за змістовний модуль 3			25
Підсумковий контроль (іспит)			20
Підсумкова сума балів			100

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проєкту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
85-89	B	добре	
75-84	C		
70-74	D	задовільно	
60-69	E		

35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

Критерії оцінювання результатів навчання:

Оцінка за національною шкалою та відсоток від максимальної кількості балів	Теоретична підготовка	Практична підготовка
	Здобувач освіти	
Відмінно (90-100% від максимальної кількості балів)	у повному обсязі володіє навчальним матеріалом, вільно, самостійно та аргументовано його викладає під час усних виступів та письмових відповідей; глибоко та всебічно розкриває зміст теоретичних питань, використовуючи при цьому нормативну, обов'язкову та додаткову літературу; робить самостійні висновки, виявляє причинно-наслідкові зв'язки; самостійно знаходить додаткову інформацію та використовує її для реалізації поставлених перед ним завдань. Здобувач здатен виділяти суттєві ознаки вивченого за допомогою операцій синтезу, аналізу, виявляти причинно-наслідкові зв'язки, формувати висновки і узагальнення, вільно оперувати фактами та відомостями.	глибоко та всебічно розкриває сутність практичних/розрахункових завдань, використовуючи при цьому нормативну, обов'язкову та додаткову літературу; може аргументовано обрати раціональний спосіб виконання завдання й оцінити результати власної практичної діяльності; виконує творчі завдання та ініціює нові шляхи їх виконання; вільно використовує набуті теоретичні знання при аналізі практичного матеріалу; проявляє творчий підхід до виконання індивідуальних та колективних завдань при самостійній роботі.
Добре (75-89% від максимальної кількості балів)	достатньо повно володіє навчальним матеріалом, обґрунтовано його викладає під час усних виступів та письмових відповідей, використовуючи при цьому нормативну та обов'язкову літературу; при представленні деяких питань не вистачає достатньої глибини та аргументації, застосовує знання для розв'язання стандартних ситуацій; самостійно аналізує, узагальнює і систематизує навчальну інформацію, але допускаються при цьому окремі несуттєві неточності та незначні помилки.	правильно вирішив більшість розрахункових /тестових завдань за зразком; має стійкі навички виконання завдання

Задовільно (60-74% від максимальної кількості балів)	володіє навчальним матеріалом на репродуктивному рівні або відтворює певну частину навчального матеріалу з елементами логічних зв'язків, знає основні поняття навчального матеріалу; має ускладнення під час виділення суттєвих ознак вивченого; під час виявлення причинно-наслідкових зв'язків і формулювання висновків.	може використовувати знання в стандартних ситуаціях, має елементарні, нестійкі навички виконання завдання. Правильно вирішив половину розрахункових/тестових завдань. Здобувач має ускладнення під час виділення суттєвих ознак вивченого; під час виявлення причинно-наслідкових зв'язків і формулювання висновків.
Не задовільно з можливістю повторного складання (35-59% від максимальної кількості балів)	володіє навчальним матеріалом поверхово й фрагментарно (без аргументації та обґрунтування); безсистемно виокремлює випадкові ознаки вивченого; не вміє робити найпростіші операції аналізу і синтезу; робити узагальнення, висновки; під час відповіді допускаються суттєві помилки	недостатньо розкриває сутність практичних завдань, допускаючи при цьому суттєві неточності, правильно вирішив окремі розрахункові/тестові завдання за допомогою викладача, відсутні сформовані уміння та навички.
Не задовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни (0- 34% від максимальної кількості балів)	не володіє навчальним матеріалом	виконує лише елементи завдання, потребує постійної допомоги викладача

13. МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

1. Юрасов С.М., Ільїна В.Г., Чернякова О.І. Робоча програма навчальної дисципліни «Моделювання і прогнозування стану довкілля» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 101 – Екологія. Одеса: ОНУ, 2026. 24 с.
2. Юрасов С.М., Ільїна В.Г., Чернякова О.І. Силабус навчальної дисципліни «Моделювання і прогнозування стану довкілля» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 101 – Екологія.
3. Полетаєва Л.М. Моделювання та прогнозування стану довкілля (атмосферне повітря). Конспект лекцій. Одеса: ОДЕКУ, 2022. 96 с.
4. Юрасов С. М. Моделювання та прогнозування стану довкілля. Розділ 2. Моделювання та прогнозування стану водного середовища. Конспект лекцій. Одеса: ОДЕКУ, 2019. 46 с.
5. Юрасов С.М. Збірник методичних вказівок до практичних занять з дисципліни “Моделювання та прогнозування стану довкілля. Розділ 2.

Моделювання та прогнозування стану водного середовища” для студентів III курсу денної та заочної форм навчання за спеціальністю 101 «Екологія». Одеса: ОДЕКУ, 2019. 42 с.

6. Чернякова О.І., Грабко Н.В., Наконечна З.В. Збірник методичних вказівок до практичних робіт та виконання курсового проекту з дисципліни «Моделювання та прогнозування стану довкілля» (атмосферне повітря) для бакалаврів 4 року навчання заочної форми навчання за спеціальністю 101 «Екологія». Одеса: ОДЕКУ, 2022. 71 с.

14. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Полетаєва Л.М. Моделювання та прогнозування стану довкілля (атмосферне повітря). Конспект лекцій. Одеса: ОДЕКУ, 2022. 96 с.
2. Юрасов С. М. Моделювання та прогнозування стану довкілля. Розділ 2. Моделювання та прогнозування стану водного середовища. Конспект лекцій. Одеса: ОДЕКУ, 2019. 46 с.
3. Моделювання та прогнозування стану довкілля: підруч. для студ. вищ. закл. освіти ОС «Бакалавр» за спец. 101 «Екологія» / І.І. Ясковець, Н.М. Протас, Т.Ю. Осипова, Д.Ю. Касаткін. Київ: Видавничий центр НУБіП України, 2018. 563 с.
4. Юрасов С.М. Збірник методичних вказівок до практичних занять з дисципліни “Моделювання та прогнозування стану довкілля. Розділ 2. Моделювання та прогнозування стану водного середовища” для студентів III курсу денної та заочної форм навчання за спеціальністю 101 «Екологія». Одеса: ОДЕКУ, 2019. 42 с.
5. Чернякова О.І., Грабко Н.В., Наконечна З.В. Збірник методичних вказівок до практичних робіт та виконання курсового проекту з дисципліни «Моделювання та прогнозування стану довкілля» (атмосферне повітря) для бакалаврів 4 року навчання заочної форми навчання за спеціальністю 101 «Екологія». Одеса: ОДЕКУ, 2022. 71 с.

Додаткова

1. Біляєв М.М., Біляєва В.В., Кіріченко П.С. Моделювання і прогнозування стану довкілля: підручник. Кривий Ріг: Видавець Р.А. Козлов, 2016. 207 с.
2. Моделювання та прогнозування стану довкілля: електрон. навч. посіб. (лаб. практикум) / В.Б. Мокін, Є.М. Крижановський, А.Р. Ящолт та ін. Вінниця: ВНТУ, 2017. 84 с.
3. Фесюк В.О. Географічне моделювання і прогнозування: навч. посіб. / курс лекцій. Луцьк: ПП Іванюк В.П., 2021. 132 с.
4. Рибалова О.В. Моделювання та прогнозування стану довкілля: курс лекцій для студ. спец. 101 «Екологія». Харків: НУЦЗУ, 2016. 221 с.

5. Бараннік В.О. Моделювання та прогнозування стану довкілля : конспект лекцій. Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2017. 46 с.
6. Моделювання і прогнозування стану довкілля: Підручник / В.І. Лаврік, В.М. Боголюбов, С.М. Юрасов, В.Г. Ільїна. Київ: ВЦ «Академія», 2010. 400 с.
7. Романчук М.Є. Методичні вказівки по організації роботи студентів при виконанні курсового проєкту з дисципліни «Моделювання та прогнозування стану довкілля» (водне середовище) для бакалаврів 3 року навчання спеціальності «Екологія». Одеса, ОДЕКУ, 2024. 28 с.

15. ЕЛЕКТРОННІ ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ

1. Наукова бібліотека ОНУ імені І.І. Мечникова. URL: <http://lib.onu.edu.ua>.
2. Наукова періодика України. Сторінка відкритого доступу Національної бібліотеки України ім. В.І. Вернадського. URL: <http://www.nbuv.gov.ua/portal>.
3. Репозитарій ФГМіЕ. URL: <http://eprints.onu.edu.ua/>.