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

Кафедра екології та охорони довкілля

ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректор
з науково-педагогічної роботи
_____ Майя НІКОЛАЄВА
_____ 2024 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ТЕОРЕТИЧНІ МОДЕЛІ СИСТЕМ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ

Рівень вищої освіти	третій (освітньо-науковий) рівень (PhD)
Галузь знань	18 Виробництво та технології
Спеціальність	183 Технології захисту навколишнього середовища
Освітньо-наукова програма	Технології захисту навколишнього середовища

ОНУ
2024

Робоча програма навчальної дисципліни **«Теоретичні моделі систем захисту довкілля».** Одеса: ОНУ. 2024. 14 с.

Розробник: **О.І. Герасимов,** д.ф.-м.н., професор

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри екології та охорони довкілля
Протокол № 1 від «29» 08.2024 р.

Завідувач кафедри _____ Ангеліна ЧУГАЙ
(прізвище та ініціали)

Погоджено із гарантом ОНП
Технології захисту
навколишнього середовища _____ Олег ГЕРАСИМОВ
(прізвище та ініціали)

Схвалено навчально-методичною комісією (НМК) **ФГМіЕ**
Протокол № 1 від «13» 09.2024 р.

Голова НМК _____ Ангеліна ЧУГАЙ
(підпис) (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

<table>
<tr><td rowspan="2">Найменування показників</td><td rowspan="2">Галузь знань, спеціальність, спеціалізація, рівень вищої освіти</td><td colspan="2">Характеристика навчальної дисципліни</td></tr>
<tr><td><u>денна форма навчання</u></td><td>заочна форма навчання</td></tr>
<tr><td rowspan="14">Загальна кількість:
Всього кредитів – 5

годин – 150

змістових модулів – 2

ІНДЗ – не заплановано</td><td rowspan="14">Галузь знань
18«Виробництво та технології»

Спеціальність
183 «Технології захисту навколишнього середовища»

Рівень вищої освіти:
третій
(освітньо-науковий)</td><td colspan="2">Обов’язковий</td></tr>
<tr><td colspan="2">Рік підготовки:</td></tr>
<tr><td>1-й</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">Семестр</td></tr>
<tr><td>2-й</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">Лекції</td></tr>
<tr><td>18 год.</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">Практичні, семінарські</td></tr>
<tr><td>18 год.</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">Самостійна робота</td></tr>
<tr><td>144 год.</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">Форма підсумкового контролю: залік</td></tr>
</table>

2. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Метою дисципліни є ознайомлення з теоретичними основами моделювання, які застосовуються для довгострокового прогнозування поведінки екологічних систем та оптимізації екологічного моніторингу навколишнього середовища, сформувати уявлення про основні положення теорії динамічних систем та їх застосуванням на основі загальних фізичних принципів сучасних технологій захисту навколишнього середовища.

Процес вивчення дисципліни спрямований на формування елементів наступних **компетенностей:**

Спеціальні(фахові)компетентності

Здатність користуючись базовими законами природничих наук конструювати алгоритми моделювання та досліджень складних систем та процесів,які лежать в основі технологій захисту довкілля
-а такой компетентності взагалі незнайшов в ОНП

СК08 Здатність використовувати принципи та норми екологічного навантаження, (радіаційного нормування), норми радіаційної безпеки в задачах захисту навколишнього середовища
СК09 Здатність використовувати теорію, математичні методита методи фізичного та чисельного моделювання у технологіях захисту навколишнього середовища.

Очікувані програмні результати навчання (РН):

РН12. Знання та розуміння фізичних явищ: наведена активність, радіаційно-хімічні та фізико- механічні ефекти дії радіації, фізичних процесів взаємодії іонізуючого випромінювання із речовиною в задачах схову та утилізації радіоактивних відходів
РН13. Здатність використовувати теорію та методи нелінійного аналізу при побудові моделі складних нерівноважних, нелінійних процесів у задачах захисту навколишнього середовища.

У результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач повинен:
знати:
- основні концепції,які лежать в основі опису систем довкілля;
- основи методів моделювання процесів в задачах про захист довкілля;
- методи опису та оцінки і параметризації впливу зовнішніх збурень на системи та об'єкти навколишнього середовища;
- основні методи фізико-математичного аналізу,а також типові моделі які використовуються при моделюванні систем та технологій захисту навколишнього середовища.

вміти:

-проводити статистичний аналіз,здійснювати параметризацію та орієнтоване моделювання систем довкілля ;

- на основі модельних розв'язків оцінювати вплив середовища на кінетичні процеси в системах довкілля , прогнозувати динаміку та оцінювати степінь критичності станів.

3. ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Змістовий модуль 1.Моделювання елементної бази технологій захисту навколишнього середовища.

Тема 1. Екологічне моделювання:

Використання математичних моделей, підходів та алгоритмів ,комп'ютерних програм і феноменологічного інструментарію для аналізу та прогнозування структури та динаміки станів навколишнього середовища та розробки ефективних технологій їх захисту від зовнішніх збурень.

Тема 2.Структурний(морфологічний) та динамічний аналіз екологічних систем:

Внутрішні взаємозв'язки всередині екосистем, кросс-кореляції головних керуючих факторів ,стійкість та реакції на зовнішні збурення ,як природного так і антропогенного характеру.

Тема 3.Моделювання кінетики та динаміки забруднень:

Моделі для прогнозування руху забруднюючих речовин у повітрі, воді та ґрунті.

Змістовий модуль 2. Адаптоване застосування методів моделювання до опису та параметризації матеріалів та систем,що лежать в основі технологій захисту елементів довкілля.

Тема 4.Методи моделювання зовнішнього впливу на види та екосистеми:

Розробка аналітичних моделей для оцінки впливу людської діяльності (наприклад, вирубки лісів або рибальства) на популяції та природні комплекси,які враховують специфіку фізичних,хімічних,біологічних процесів,що їх супроводжують.

Тема 5.Прогнозування і управління ризиками:

Використання математичних моделей для оцінки ймовірності екологічних ризиків,які супроводжують застосування технологій захисту навколишнього середовища і розробка заходів щодо їх зниження. Ризик-орієнтовані методи оцінки якості,надійності та ресурсоспроможності технологій захисту (зокрема, об’єктів атомно-ядерної галузі).

Тема 6.Оптимізація природоохоронних заходів із використанням результатів модельного розгляду:

Застосування результатів порівняльного аналізу моделей для встановлення запобіжних критеріїв та вибору найбільш ефективних технологій захисту від зовнішніх збурень,зокрема,регулювання експлуатаційних параметрів систем захисту,а також обмеження шкідливих викидів, відповідних заходів щодо збереження біорізноманіття та утилізації відходів.

4. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Назви тем	Кількість годин									
	Денна форма					Заочна форма				
	Усього	у тому числі				Усього	у тому числі			
		л	п/с	лаб	ср		л	п/с	лаб	ср
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Змістовий модуль 1.Моделювання елементної бази технологій захисту навколишнього середовища										
Тема 1. Екологічне моделювання	25	3	3		19	-	-	-		-
Тема 2. Структурний(морфологічний) та динамічний аналіз екологічних систем	25	3	3		19	-	-	-		-
Тема3. Моделювання кінетики та динаміки забруднень	25	3	3		19					
Разом за змістовим модулем 1	75	9	9		57	-	-	-		-
Змістовий модуль 2. Адаптоване застосування методів моделювання до опису та параметризації матеріалів та систем,що лежать в основі технологій захисту елементів довкілля										
Тема 4. Методи моделювання зовнішнього впливу на види та екосистеми	25	3	3		19	-	-	-		-
Тема 5. Прогнозування і управління ризиками	25	3	3		19	-	-	-		-
Тема 6. Оптимізація природоохоронних заходів із використанням результатів модельного розгляду	25	3	3		19					
Разом за змістовим модулем 2	75	9	9		57	-	-			-
Усього годин	150	18	18		114	-	-	-		-

5. ТЕМИ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Алгоритми аналітичних та чисельних розв'язків диференційних рівнянь у частинних похідних,які моделюють дифузійні,конвективні та реакційні процеси.	6	-
2	Розрахунки термодинамічних параметрів модельних станів складних багатокомпонентних систем у рівноважних та їх оцінки у нерівноважних станах.	3	-
3	Розрахунки робочих параметрів вузлів систем газоочистки в рамках прийнятих моделей	3	- -
4	Розрахунки моделей вузлів систем водоочистки в рамках прийнятих моделей опису	3	-
5	Розрахунки параметрів та планування конструктивних елементів радіаційних захисних екранів на основі модельних уявлень про супроводжувальні процеси.	3	
Разом		**18**	**-**

7. ТЕМИ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ.

(не передбачено)

8. САМОСТІЙНА РОБОТА

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		день	заочна
1	Складні системи в навколишньому середовищі.Визначення.Параметри(склад,морфлолгія).Класифікація.Моделювання.Динаміка.	29	-
2	Нерівноважні процеси та системи у навколишньому середовищі. Стійкі та нестійкі стани. Методи опису.Н-теорема Больцмана.S-теорема Прігожина.Теорема Ліувілля. Критерій Ляпунова.	28	-
3	Неевклідівські процеси та системи.Аналіз Вєєрштрасса-Пеано.Фрактали.Кінетичні процеси у просторі дробової розмірності.	19	-
4	Квазірівноважні та квазілінійні процеси та їх аналітичний аналіз .Ріняння Колмогорова-Петровського-Піскунова-Фішера.	19	-
5	Елементарна теорія плоських графів,підхід Вороного-Делоне до опису морфології складних систем. Застосування до опису структуризації в складних системах.	19	-
	Разом	**114**	**-**

До самостійної роботи відноситься:

- підготовка до лекцій і практичних занять;
- підготовка фіксованих усних доповідей з відповідної тематики практичних занять.

9. МЕТОДИ НАВЧАННЯ

При вивченні навчальної дисципліни «Теоретичні моделі систем захисту довкілля»» застосовуються словесний, наочний, практичний методи навчання: читання лекції, опрацювання текстів основних робіт дослідників, роботу з навчальною та спеціальною літературою, індивідуальні консультації.

Словесні та наочні методи навчання (лекційні заняття; опитування; консультування; доповіді та мультимедійні презентації);

Практичні (тестові вправи; опрацювання матеріалу шляхом підготовки презентації, написання тематичних есе);

Колективне та індивідуальне опрацювання завдань (колективне обговорення, виконання та презентація ІНДЗ, обговорення проблемних питань та результатів самостійної роботи).

Для розв'язання учбово-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 – теоретичне обговорення питань, дискусія, співбесіда, реферативна форма, презентація, інтерактивний онлайн дискурс

10. ФОРМИ КОНТРОЛЮ

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

Поточний контроль: усний контроль: індивідуальне і фронтальне опитування, захист рефератів/презентацій, доповідь; написання есе; письмовий контроль: оцінювання якості виконання самостійної роботи за темами.

Періодичний контроль: тестовий контроль: оцінювання контрольних робіт за змістовими модулями (можливо тестування, контрольне опитування).

Підсумковий контроль: залік

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	володіє навчальним матеріалом на репродуктивному рівні або відтворює певну частину навчального матеріалу з	може використовувати знання в стандартних ситуаціях, має

кількості балів)	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.	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	не володіє навчальним матеріалом	виконує лише елементи завдання, потребує постійної допомоги викладача

11. ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ДО ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ.

1. Детерміновані моделі екологічних систем. Принципи побудови
2. Стохастичні моделі екологічних систем. Відмінність від детермінованих.
3. Лінійні і нелінійні моделі екологічних систем.Кретерії адекватного застосування до реальних процесів.
4. На чому ґрунтується доведення Н-теореми Больцмана?
5. Чому виробництво ентропії в замкненій системі частинок, які взаємодіють між собою лише через зіткнення, пов'язане з необоротними процесами?В чому полягає зміст S–теореми Пригожина?
6. Як співвідносяться між собою другий початок термодинаміки, Н-теорема Больцмана та теорема Гіббса?
7. Як співвідносяться між собою ентропія за визначенням Больцмана, Гіббса та Шеннона?
8.Що таке самоорганізація?В яких системах спостерігається?Наведіть приклади.
9. В яких випадках поняття еволюції та самоорганізації збігаються, а в яких – ні? Наведіть кілька прикладів.

10. Чи можна впливати на кінетику відкритих (нерівноважних) систем шляхом зміни зовнішніх параметрів?
11. Чим визначається швидкість і напрямок руху фронту біжучої хвилі в бістабільних середовищах?
12. Проаналізуйте можливість застосування понять фазової та групової швидкості до фронтів біжучих хвиль.
13. У чому відмінність між хвилею заселення та хвилею запалювання в бі-стабільному середовищі?
14. Від чого залежить ширина фронту хвилі запалювання?
15. Чому фронт лісової пожежі зазвичай буває плоским?
16. Чи залежать біжучі фронти від початкових і граничних умов? Як саме?
17. Чому з трьох стаціонарних станів бістабільного середовища один виявляється нестійким?
18. Назвіть особливості автохвильових процесів порівняно з іншими типами хвиль.
19. Назвіть загальні властивості середовищ, у яких можуть мати місце автохвильові процеси.
20. Як пов'язані властивості середовищ із типами автохвильових процесів, що можливі в цих середовищах?
21. Які рівняння використовують для аналізу конвекції Релея – Бенара?
22. Чому без урахування залежності параметрів рідини від температури теорія передбачає стійкість лише для конвективних валів?
23. В якому наближенні вдається аналітично проаналізувати формування шестикутних комірок Бенара?
24. Чи пов'язані між собою розміри конвективних валів і шестикутних комірок для тієї самої системи?
25. Чи однозначно вводяться змінні дія-кут? Яка умова однозначно визначає їхню величину?
26. Чи можливий граничний перехід між резонансними та нерезонансними торами в інтегровній системі?
27. Дайте фізичну інтерпретацію теореми Ліувілля.
28.Проаналізуйте зміст критерію Ляпунова.
29.Що таке нестійкість Марангоні?До яких систем вона відноситься?
30.Дайте визначення фракталу. Наведіть приклади фрактальних об'єктів у довкіллі.
31.Дайте визначення об'єкту плоський орієнтований граф.Як він пов'язаний(чи ні) із побудовами Вороного-Делоне?
32.Який матеріал(і чому)найбільш ефективно виконує захисні функції радіаційного екранування?
33.Які процеси,що відбуваються у довкілля описує(на модельному рівні)рівняння Колмогорова-Петровського-Піскунова-Фішера?
34.Дайте визначення ризик-орієнтованого методу оцінки ризиків експлуатації видиленого елементу атомно-ядерної галузі?
35.До якого розділу вищої математики відноситься концептуальний зміст ризик-орієнтованого методу?

12. РОЗПОДІЛ БАЛІВ, ЯКІ ОТРИМУЮТЬ ЗДОБУВАЧІ

Поточний та періодичний контроль						Підсумковий контроль	Сума балів
Змістовий модуль 1			Змістовий модуль 2				
Т1	**Т2**	**Т3 Модуль. контроль № 1**	**Т4**	**Т5**	**Т6 Модуль. контроль №2**	**залік**	**100**
9	8	**33(8+25)**	**9**	8	**33(8+25)**		

Т1, Т2 ... Т6 – теми змістовних модулів

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (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

13. МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

1. Герасимов О.І. Робоча програма навчальної дисципліни «Теоретичні моделі систем захисту довкілля» для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти спеціальності 183 – Технології захисту навколишнього середовища.
2. Герасимов О.І. Силабус навчальної дисципліни «Теоретичні моделі систем захисту довкілля» для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти спеціальності 183 – Технології захисту навколишнього середовища.
3. Освітньо-наукова програма «Технології захисту навколишнього середовища» підготовки докторів філософії у галузі знань 18 «Виробництво та технології» за спеціальністю 183 «Технології захисту навколишнього середовища». https://onu.edu.ua/pub/bank/userfiles/files/fges/spec-ta-osvit-prog/osvitni-programy/183/onp-183-tekhnologii-zakhystu-navkolyshnogo-seredovyshchaphd-24-25.pdf

4. Герасимов О.І., Курятников В.В., Співак А.Я., Сідлецька Л.М. Фізичні принципи в технологіях захисту навколишнього середовища : навч. посіб. Одеса: ОНУ ім. І.І.Мечникова, 2025. 152с. ISBN 978-966-186-362-9 https://dspace.onu.edu.ua/handle/123456789/42220
5. Герасимов О.І. Методи математичної і теоретичної фізики в екологічних дослідженнях : підручник. Одеса: ОДЕКУ, 2024. 94 с. ISBN 978-966-186-297-4 http://eprints.library.odeku.edu.ua/13068
6. Герасимов О.І. Фізика складних нерівноважних систем та процесів : монографія. Одеса: ОДЕКУ, 2022. 187 с. ISBN 978-966-186-237-0 http://eprints.library.odeku.edu.ua/11406
7. Герасимов О. І., Співак А. Я., Сідлецька Л. М. Фізичні механізми процесів, на яких базуються технології очистки та дезактивації забруднених систем : монографія. Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2024. 98 с. ISBN 978-966-186-287-5 http://eprints.library.odeku.edu.ua/13061
8. Герасимов О.І., Співак А.Я. Окремі задачі фізики м'якої матерії : монографія / Одеськ. держ. еколог. ун-т. Одеса: Видавничий дім "Гельветика", 2020. 200 с. ISBN 978-966-992-202-1 http://eprints.library.odeku.edu.ua/9015

14. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

ОСНОВНА

1. Герасимов О.І. Фізичні основи технологій захисту навколишнього середовища : підручник. Одеса: ОДЕКУ, 2023. 168 с. ISBN 978-966-186-266-0 http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/11901
2. Environmental safety technologies. Handbook / O. I. Gerasymov; Odesa State Environmental University. Odessa: Publishing house "Helvetica". 220p. 2020. ISBN 978-966-992-197-0 http://eprints.library.odeku.edu.ua/6260
3. Герасимов О.І., Худинцев М.М., Клименков О.А. Новітні матеріали і технології в задачах захисту систем навколишнього середовища : монографія. Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2021. 78 с. ISBN 978-966-186-192-2 http://eprints.library.odeku.edu.ua/10207
4. Герасимов О.І., Худинцев М.М., Кудашкіна Л.С. Фізичні основи електромагнітного забруднення навколишнього середовища : навчальний посібник. Одеса: Одеськ. держ. екол. ун-т, 2023. 66с. ISBN 978-966-186-275-2 http://eprints.library.odeku.edu.ua/12152
5. Герасимов О.І., Курятников В.В., Кудашкіна Л.С., Співак А.Я., Кільян А.М. Методи організації радіаційної безпеки : навчальний посібник. Одеса: Одеськ. держ. екол. ун-т, 2022. 183 с. ISBN 978-966-186-213-4 http://eprints.library.odeku.edu.ua/10677
6. Gerasymov O.I., Andrianova I.S., Spivak A.Y., Sidletska L.M., Kuryatnikov V.V., Kilian A.M. Tightening (Compaction) of Bi-Component

Micromechanical (Granular) System. *Science and Innovation*. 2021. Vol. 17, No. 4. P. 79-88. https://doi.org/10.15407/scine17.04.079
7. Герасимов О.І., Курятников В.В. Моделювання динаміки радіоактивних домішок в умовах річкових стоків в райони морського узбережжя. *Фізика аеродисперсних систем*. 2024. № 62. С. 130-149. https://doi.org/10.18524/0367-1631.2024.62.318617
8. Герасимов О.І. Технології захисту навколишнього середовища : підручник /Одеськ. держ. екол. ун-т. Одеса: ТЕС, 2019. 268 с. ISBN 978-617-7711-25-3 http://eprints.library.odeku.edu.ua/12609

ДОДАТКОВА

1. Gerasymov O. Theoretical Models of Composite Materials for the Protection Technologies. *E3S Web of Conferences*. **2024**. Vol. 477. [International Conference on Smart Technologies and Applied Research (STAR'2023) Istanbul, Turkey (October 29-31, 2023)] P. 00008 . https://doi.org/10.1051/e3sconf/202447700008
2. Gerasymov O.I., Kudashkina L.S. Towards the classification of mass distributions with complex morphology in terms of topological parameters (from granular matter to cosmology). *Astronomical and Astrophysical Transactions.* **2024**. 34(1). P.3-10. https://doi.org/10.17184/eac.8361
3. Gerasymov O.I., Spivak A.Y. On the wave transmission in a gently perturbed weakly inhomogeneous non-linear force chain. *Ukrainian Journal of Physics.* **2020**. Vol. 65, No. 11. P. 1008-1016. https://doi.org/10.15407/ujpe65.11.1008
4. Герасимов О.І., Співак А.Я. Солітон в одновимірному силовому ланцюжку з герцівськими контактами. *Доповіді Національної академії наук України*. **2020**. № 3. С. 36-46. https://doi.org/10.15407/dopovidi2020.03.036
5. Герасимов О.І., Кудашкіна Л.С. Фізика складних, нелінійних, нерівноважних систем довкілля : методичні вказівки до практичних занять. Одеса: Одеськ. держ. екол. ун-т, 2021. 24с. http://eprints.library.odeku.edu.ua/8897

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 ОДЕКУ. URL: http://eprints.library.odeku.edu.ua
4. Наукова періодика України. Бібліотека ім. В. Вернадського www.irbis-nbuv.gov.ua
5. Науковий центр прикладних екологічних досліджень http://env.teset.sumdu.edu.ua
6. Водні ресурси України: http://www.nbuv.gov.ua/node/3972