



# Сучасні методи моделювання та чисельне моделювання фізичних процесів у навколишньому середовищі

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

|                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Рівень вищої освіти                        | Другий(магістерський)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Галузь знань                               | G Інженерія, виробництво та будівництво                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Спеціальність                              | G2 Технології захисту навколишнього середовища                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Освітня програма                           | Екоефективне повоєнне відновлення забруднених територій                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Статус дисципліни                          | Вибіркова                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Форма навчання                             | Заочна                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Рік підготовки, семестр                    | 1 рік навчання, весняний семестр                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Обсяг дисципліни                           | 5кредитів ЄКТС ( 150год)<br>Лекції – 8 год, практичні заняття – 8 год, СРС–134 год.                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Семестровий контроль/ контрольні заходи    | Екзамен/ ДКР, реферат                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Розклад занять                             | <a href="https://schedule.kpi.ua">https://schedule.kpi.ua</a>                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Мова викладання                            | Українська                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Інформація про керівника курсу/ викладачів | Лектор: проф., д.т.н., проф. кафедри геоінженерії Ремез Наталя Сергіївна, <a href="mailto:nataly.remez@gmail.com">nataly.remez@gmail.com</a> , 09725221227<br>Практичні/Семінарські: проф., д.т.н., проф. кафедри геоінженерії Ремез Наталя Сергіївна, <a href="mailto:nataly.remez@gmail.com">nataly.remez@gmail.com</a> , 09725221227 |
| Розміщення курсу                           | Доступний на платформі «Сікорський». Код доступу надається викладачем на першому занятті.                                                                                                                                                                                                                                               |

### Програма навчальної дисципліни

#### 1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Дисципліна " Сучасні методи моделювання та чисельного моделювання фізичних процесів у навколишньому середовищі " надзвичайно актуальна для підготовки фахівців за спеціальністю Технології захисту навколишнього середовища тому, що застосування методів моделювання та числових методів розв'язку екологічних задач дозволяє більш комплексно і системно дослідити такі технології захисту довкілля, як захист і раціональне використання земної поверхні, контроль забруднення води і атмосфери, захист і раціональне природокористування, проектування і будівництво екологічних споруд тощо. Ця дисципліна допомагає студентам розуміти фундаментальні принципи фізичних процесів у навколишньому середовищі; володіти знаннями про сучасні методи моделювання фізичних процесів у навколишньому середовищі, включаючи аналітичні, чисельні та статистичні методи; знати програмне забезпечення та комп'ютерні інструменти, які використовуються для чисельного моделювання; – розуміти обмеження та переваги різних методів моделювання; – володіти знаннями про застосування чисельного моделювання для вирішення реальних проблем у сфері захисту навколишнього середовища.

**Мета дисципліни** – посилення у здобувачів наступних компетентностей, зазначених в освітній програмі:

ФК01.Здатність контролювати й оцінювати екологічні ризики впливу техногенних об'єктів і господарської діяльності на довкілля.

**Зазначені компетентності посилюють такі результати навчання:**

ПРН04. Обґрунтовувати рішення, направлені на мінімізацію екологічних ризиків господарської діяльності на загальнодержавному, регіональному й локальному рівнях.

ПРН09. Оцінювати загрози фізичного, хімічного та біологічного забруднення біосфери та його впливу на довкілля і людину, вміти аналізувати зміни, що відбуваються в навколишньому середовищі під впливом природних і техногенних факторів.

ПРН10 Оцінювати вплив промислових об'єктів на навколишнє середовище, наслідки інженерної діяльності на довкілля і пов'язану з цим відповідальність за прийняті рішення, планувати і проводити прикладні дослідження з проблем впливу промислових об'єктів на навколишнє середовище.

ПРН16 Обґрунтовувати ідеї, впроваджувати і використовувати інноваційні підходи, спрямовані на відновлення пошкоджених територій наслідком техногенних і природних катастроф із забезпеченням сталості.

**Предмет навчальної дисципліни** – основні принципи й особливості застосування числових методів розв'язку математичних задач з метою моделювання різних екологічних процесів.

**2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**

Здобувач має бути ознайомлений з дисциплінами математичного і хімічного спрямування, мати базові знання курсу фізики університетського рівня

Здобуті упродовж опанування дисципліни компетентності і програмні результати навчання використовуються у подальшому при проходженні здобувачами вищої освіти практики та є підґрунтям для виконання магістерської дисертації.

### **3. Зміст навчальної дисципліни**

Тема 1. Вступ

Тема 2. Модельний підхід до об'єктів навколишнього середовища

Тема 3. Сутність моделювання.

Тема 4. Класифікація математичних моделей й їхніх параметрів.

Тема 5. Лінійні моделі в аспектах навколишнього середовища й екології

Тема 6. Нелінійні моделі довкілля

Тема 7. Стохастичні моделі довкілля

Тема 8. Прогнозні моделі стану довкілля

Тема 9. Моделі довкілля у вигляді диференціальних рівнянь

Тема 10. Існуюча система моделей довкілля, що динамічні моделі процесів біосфери й людської активності

Тема 11. Моделювання й прогнозування забруднення атмосфери в зоні розташування промислових підприємств

Тема 12. Побудова математичних моделей для прогнозу поширення важких аерозолів (пилу) в атмосфері

Тема 13. Побудова математичних моделей гідро-екологічних процесів

Тема 14. Математичне моделювання забруднення рослинного й ґрунтового середовища Побудова моделі формування кількості, якості й екологічної чистоти врожаю. Дифузія в ґрунті й донних відкладеннях. Модель озерної екосистеми

### **4. Навчальні матеріали та ресурси**

Базова література

1. Чисельні методи розв'язання технічних задач [Текст] : підруч. для ЗВО / Н. С. Ремез [та ін.]. - Одеса : Гельветика, 2022. 185 с.
2. Гончаров О. А. Чисельні методи розв'язання прикладних задач : навч. посіб. / О. А. Гончаров, Л. В. Васильєва, А. М. Юнда. Суми : Сумський державний університет, 2020.

3. *Моделювання та прогнозування стану довкілля: конспект лекцій.* / уклад. І.В. І.В. Хом'як. Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2022. 72 с.
4. Прилуцький Ю.І., Костерін С.О. Комп'ютерне моделювання в біології. Підручник для закладів вищої освіти. Київ: Наукова думка, 2024. 196 с.
5. Гаврилов А. В. Математичне моделювання в екології / А. В. Гаврилов, Ю. В. Войцеховський, Д. А. Шиманський. Київ:, 2021. 280 с.

#### Додаткова література

6. Марценюк В. П., Сверстюк А. С. Математичні моделі та методи компартментного моделювання кіберфізичних систем медико-біологічних процесів / В. П. Марценюк, А. С. Сверстюк. Львів : Видавництво «Магнолія – 2006», 2020. 400 с.
7. Балтовський О.О., Форос Г.В, Сіфоров О.І. Основи математичного моделювання/ За заг. ред. д.т.н., доц. О.А. Балтовського. Одеський держ. унівт внутр. довідок, 2023. 125 с.
8. Гладкий, С. І. Математичне моделювання в біології / С. І. Гладкий. Київ: Юрайт, 2022. 288 с.
9. Гусев, А. В. Математичне моделювання в техніці / А. В. Гусев, С. В. Гусев. Київ: Юрайт, 2023. 352 с.
10. Лебідь Р.Д. Математичні методи моделювання систем. Навчальний посібник. К. КМУЦА, 2020. 158с.
11. Рад Б. Я. Моделювання систем: підручник для вузів / Б. Я. Рад, С. А. Яковлев. 3-тє вид., Перероб і доп. К: Вища школа, 2021. 343 с.
12. Дрейпер Н. Прикладний регресійний аналіз: переклад з англійської/ Н. Дрейпер, Г. Сміт. 3-тє вид К. КМУЦА, 2020. 912 с.
13. Гаврилов, О. В. Математичне моделювання процесу забруднення довкілля / О. В. Гаврилов, Ю. В. Войцеховський // Екологія та промисловість України. 2021. № 10. С. 58-63.

Літературу, бібліографія якої подана із посиланням, можна знайти в інтернеті. Літературу, бібліографія якої не містить посилання, можна знайти в бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського. Обов'язковим для прочитання є окремі розділи базової літератури [1]-[5]. Розділи базової літератури, що є обов'язковими для прочитання, викладач зазначить на відповідному занятті. З усіма іншими літературними джерелами рекомендується ознайомитись.

#### Навчальний контент

##### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Під час вивчення матеріалу дисципліни застосовуються такі методи колективного та активного навчання: – особистісно-орієнтовані технології, засновані на активних формах у методах навчання: мозкова атака під час колективних дискусій, розв'язання кейсів, інтерактивне спілкування; наукові конференції та диспути; – методи проблемного навчання, частково-пошукові завдання, аналітичні доповіді та аналіз окремих ситуацій (кейсів); – інформаційно-комунікаційні технології, що забезпечують проблемно-дослідницький характер процесу навчання та активізацію самостійної роботи здобувачів, доповнення традиційних навчальних занять засобами взаємодії на основі мережевих комунікаційних можливостей (із використанням мережі Інтернет, платформи GSuite for Education (Google Classroom) під час дистанційного навчання). Лекційні заняття Лекційні заняття спрямовані на: – надання сучасних та цілісних знань з дисципліни; – виховання у здобувачів професійно-ділових якостей і розвиток у них самостійного творчого мислення; – роз'яснення всіх нововведених термінів і понять; – використання методичних особливостей подання матеріалу для кращого його розуміння та сприйняття; – використання наочних елементів для сприйняття матеріалу; – доступність для сприйняття конкретною аудиторією; – формування у здобувачів необхідної мотивації та зацікавленості у продовженні навчання під час самостійної роботи; – залучення здобувачів до процесу творчої роботи спільно з викладачем, до генерації нових ідей

тощо. Форми проведення лекційних занять: лекції-повідомлення, проблемні лекції, лекції-дискусії.

#### Лекційні заняття

| №з/п            | Назва теми лекції та перелік основних питань                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Лекція1</b>  | <b>Вступ</b><br>Загальні положення дисципліни. Предмет і задачі курсу.<br>Література[1,2]                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Лекція2</b>  | <b>Модельний підхід до об'єктів навколишнього середовища</b><br><i>Об'єкти навколишнього середовища, спостереження за ними й загальні підходи до їх моделювання. Джерела інформації для моделювання та прогнозування</i><br>Література[1,2]                                                                                                                         |
| <b>Лекція3</b>  | <b>Сутність моделювання.</b><br><i>Основні поняття й визначення Форми подання моделей. Специфіка моделей живих компонентів навколишнього середовища. Принципи моделювання об'єктів навколишнього середовища. Переваги модельного підходу.</i><br>Література[1,2]                                                                                                    |
| <b>Лекція 4</b> | <b>Класифікація математичних моделей й їхніх параметрів.</b><br><i>Мета та принципи класифікації. Вхідні й вихідні величини моделі. Класифікація факторів, що діють у навколишньому середовищі, та ефектів, що виникають від них. Класифікація антропогенних (техногенних) факторів. Ефекти, що виникають від впливу антропогенних факторів</i><br>Література [4,5] |

Практичні заняття Передбачено проведення практичних занять. На практичні заняття виносяться теми, які дозволяють краще зрозуміти лекційний матеріал. Зміст цих занять і методика їх проведення сприяють забезпеченню розвитку творчої активності особистості здобувача вищої освіти. Вони розвивають наукове мислення і здатність користуватися спеціальною термінологією, дозволяють перевірити знання, у зв'язку з чим даний вид роботи виступає важливим засобом оперативного зворотного зв'язку. Тому практичні заняття виконують не тільки пізнавальну і виховну функції, але й покликані сприяти зростанню здобувачів вищої освіти як творчих і креативних фахівців.

#### Практичні заняття

| №з/п                       | Завдання, які виносяться на практичні заняття                                                                                                           |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Практичне заняття 1</b> | <i>Оцінити і спрогнозувати забруднення води в колекторі з використанням математичної моделі у вигляді системи лінійних рівнянь</i>                      |
| <b>Практичне заняття 2</b> | <i>Спрогнозувати значення викиду екологічно небезпечного газу в атмосферу, що приводить його концентрацію в контрольній зоні до встановленого рівня</i> |
| <b>Практичне заняття 3</b> | <i>Модульна контрольна робота.</i>                                                                                                                      |
| <b>Практичне заняття 4</b> | <i>Спрогнозувати показники природних або техногенних об'єктів методами згладжування часових рядів їх динаміки</i>                                       |

### 6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента передбачає:

підготовку до лекцій – 4 год;

підготовку до практичних занять – 4 год;

виконання реферату – 15 год;

підготовку до модульної контрольної роботи (для заочної форми навчання – домашня контрольна робота (ДКР)) – 20 год;

підготовку до екзамену – 30 год;

Теми для самостійного опрацювання

| Години на опрацювання тем | Назва теми та перелік основних питань (посилання на літературу)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 6 годин                   | <p><b>Лінійні моделі в аспектах навколишнього середовища й екології</b><br/> <i>Приклади лінійних об'єктів та аналіз їх моделей. Постановка завдання з моделювання багатовимірного екологічного об'єкта у вигляді системи лінійних алгебраїчних рівнянь (СЛАУ)</i><br/> Література[1,2]</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 4 годин                   | <p><b>Лінійні моделі в аспектах навколишнього середовища й екології</b><br/> <i>Числові методи розв'язку системи лінійних алгебраїчних рівнянь: методи Гауса, LU-факторизації, Ітераційні методи.</i><br/> Література[2,4]</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 6 годин                   | <p><b>Нелінійні моделі довкілля</b><br/> <i>Експонентні нелінійності та гомеостатичність об'єктів навколишнього середовища. Методи дослідження нелінійних об'єктів на математичних моделях. Дискретні моделі популяційних процесів. Оцінка та прогноз екологічно небезпечних параметрів гірничого об'єкта з використанням багатомірних нелінійних моделей. Оптимізація в нелінійних об'єктах. Пошук екстремумів функції однієї змінної. Принципи оптимізації в багатомірних моделях. Математичні моделі для оцінки потенційного екологічного ризику.</i><br/> Література[1,2,4]</p> |
| 6 годин                   | <p><b>Стохастичні моделі довкілля</b><br/> <i>Види стохастичних моделей і поняття випадкової величини. Основні характеристики випадкових величин. Побудова регресійної моделі за даними спостережень або статистики. Наближення регресійних моделей чисельним методом найменших квадратів.</i><br/> Література [1,2]</p>                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 6 годин                   | <p><b>Прогнозні моделі стану довкілля</b><br/> <i>Сутність екологічного прогнозування. Поняття часового ряду та методи його згладжування. Виявлення закономірностей у часових рядах шляхом їх згладжування. Застосування сплайнів для згладжування. Короткостроковий прогноз методом експонентного згладжування. Етапи прогнозування стану довкілля.</i><br/> Література [1]</p>                                                                                                                                                                                                    |
| 6 годин                   | <p><b>Моделі довкілля у вигляді диференціальних рівнянь</b><br/> <i>Приклади популяційних моделей у диференціальній формі. Чисельні методи рішення диференціальних рівнянь. Диференціальні моделі в системі «хижак-жертва».</i><br/> Література [1]</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 6 годин                   | <p><b>Існуюча система моделей довкілля, що динамічні моделі процесів біосфери й людської активності</b><br/> <i>Біогеоценотична модель В.І. Сукачова. Геохімічні цикли біосфери. Моделі клімату. Модель людської активності. Моделювання зв'язку процесу видобутку й споживання ресурсів з розвитком держави. Екологічні аспекти концептуальних моделей функціонування й розвитку видобутку корисних копалин</i><br/> Література [1,2]</p>                                                                                                                                          |
| 5 годин                   | <p><b>Моделювання й прогнозування забруднення атмосфери в зоні розташування промислових підприємств</b><br/> <i>Забруднення атмосфери як предмет моделювання й прогнозування. Основні</i></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|         | джерела забруднення атмосфери. Фактори, що впливають на поширення забруднювачів в атмосфері. Модель поширення домішок в атмосфері на основі рівняння переносу й дифузії.<br>Література [1,2]                                                                                                                                                                                                                                            |
| 6 годин | <b>Побудова математичних моделей для прогнозу поширення важких аерозолів (пилу) в атмосфері</b><br>Особливості побудови динамічної моделі переносу пилового викиду. Ідентифікація параметрів динамічної моделі розсіювання промислового викиду<br>Література [5]                                                                                                                                                                        |
| 6 годин | <b>Побудова математичних моделей гідро-екологічних процесів</b><br>Особливості водних екосистем та фактори, що на них впливають. Загальні принципи й підходи до моделювання абіотичних процесів у водоймах. Типові моделі гідроекології. Моделювання процесу поширення забруднювачів у воді. Модель самоочищення води. Моделі динаміки біологічного споживання й розчинення кисню. Моделювання процесу нітрифікації<br>Література[3, 5] |
| 4 годин | <b>Математичне моделювання забруднення рослинного й ґрунтового середовища</b><br>Побудова моделі формування кількості, якості й екологічної чистоти врожаю. Дифузія в ґрунті й донних відкладеннях. Модель озерної екосистеми<br>Література[2, 5]                                                                                                                                                                                       |

## 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

На момент проведення кожного заняття, як лекційного, так і практичного, у студента на пристрої, з якого він працює, має бути встановлено додаток Zoom, а також відкрито курс «Сучасні методи моделювання та чисельного моделювання фізичних процесів у навколишньому середовищі» на платформі «Сікорський» (код доступу до курсу надається на першому занятті згідно з розкладом). Заняття згідно з розкладом проводяться за допомогою додатку Zoom (за умови дистанційного навчання). Силабус; лекційний матеріал; завдання до кожного практичного заняття; варіанти модульної контрольної роботи; методичні рекомендації до виконання реферату розміщено на платформі «Сікорський» та у системі «Електронний КампусКПІ».

Під час проходження курсу «Сучасні методи моделювання та чисельного моделювання фізичних процесів у навколишньому середовищі» студенти зобов'язані дотримуватись загальних моральних принципів та правил етичної поведінки, зазначених у Кодексі честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Дедлайни виконання кожного завдання зазначено у курсі «Сучасні методи моделювання та чисельного моделювання фізичних процесів у навколишньому середовищі» на платформі «Сікорський».

Усі без виключення здобувачі вищої освіти зобов'язані дотримуватись вимог Положення про систему запобігання плагіату, фабрикації, фальсифікації в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

## 8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

**PCO складається з двох складових:**

- *стартової* – призначена для оцінювання заходів поточного контролю впродовж семестру;

- *екзаменаційної* – призначена для оцінювання окремих запитань (завдань) на екзамені.

Розмір стартової складової PCO дорівнює 50 балів, екзаменаційної складової – 50 балів. Стартові бали формуються як сума рейтингових балів, отриманих здобувачем за результатами заходів поточного контролю, та заохочувальних балів.

**Поточний контроль:** завдання в рамках практичного заняття (4 практичних робіт × 4 бали = 16 балів), ДКР (26 балів), реферат (8 балів).

**Практична робота** оцінюється в 4бали за такими критеріями:

– завдання виконано повністю (не менше 90 % потрібних даних), проведено глибокий аналіз з використанням сучасних методів і цифрових інструментів, надано обґрунтовані висновки та власний погляд, запропоновані реалістичні й інноваційні методи управління наслідками воєнних дій, відсутні помилки – 4 бали;

– завдання виконано достатньо повно (не менше 75 % даних), застосовано належні методи аналізу, висновки зроблено, але вони менш глибокі або частково неповні, методи управління описані загально, наявні незначні неточності – 3 бали;

– завдання виконано частково (не менше 60 % даних), аналіз проведено на базовому рівні, висновки поверхневі або з помилками, використання сучасних інструментів обмежене, методи управління наслідками воєнних дій окреслені формально – 2 бали;

– завдання фактично не виконано або виконано з грубими помилками, даних недостатньо для аналізу (менше 60 %), висновки відсутні або необґрунтовані, відсутнє застосування сучасних методів чи наукових джерел – 0 балів.

**ДКР** складається з двох теоретичних запитань та задачі.

ДКР оцінюється за такими критеріями:

– повна відповідь (не менше 95 % потрібної інформації), логічно структурована, з коректним використанням термінології, наведені обґрунтування, приклади та власні висновки – 25-26 балів;

– відповідь не повна (не менше 75 % потрібної інформації), логічно структурована, з коректним використанням термінології, наведені обґрунтування, приклади та власні висновки, можливі незначні неточності – 20-24 бали;

– відповідь неповна (не менше 60% інформації), розкрито основні аспекти теми, можливе недостатнє обґрунтування, відсутні приклади – 16-19 балів;

– відповідь неповна (менше 60 % інформації) або містить грубі помилки, відсутні обґрунтування та приклади, не відповідає суті питання – 0 балів.

**Реферат** оцінюється у 8 балів за такими критеріями:

– текст реферату повністю розкриває тему (не менше як на 95%), використано сучасні наукові джерела (2021 р. і новіші), є критичний аналіз, власні висновки та пропозиції; структура та оформлення відповідають вимогам; під час захисту доповідь логічна, змістовна, у межах регламенту; студент чітко й аргументовано відповідає на всі питання викладача та аудиторії – 8 балів;

– реферат достатньо повний (тема розкрита на 85% і більше), джерела сучасні, проте аналіз і власні висновки менш глибокі; структура здебільшого витримана, незначні недоліки в оформленні; під час захисту доповідь змістовна, проте менш структурована або трохи перевищує/не дотягує до регламенту; відповіді на питання в цілому правильні, але з окремими неточностями – 7 балів;

– реферат розкриває тему на 75 % і більше, проте місцями прослідковується поверхневість викладу та обмежене використання сучасних джерел; власні висновки подані, але не достатньо аргументовані; під час захисту доповідь неповна або недостатньо логічна; відповіді на питання правильні, але неповні чи неточні – 6 балів;

– реферат неповний (тема розкрита не менше як на 60 %), окрема частина матеріалу копійчаста, сучасні джерела практично не використовувались, висновки поверхневі; є недоліки у структурі чи оформленні; під час захисту доповідь фрагментарна, не структурована; відповіді на питання неповні або відповіді на окремі питання відсутні – 5 балів;

– реферат не розкриває тему (тема розкрита менше як на 60%), джерела застарілі або відсутні, аналіз і висновки відсутні, оформлення не відповідає вимогам; під час захисту доповідь формальна або відсутня; здобувач вищої освіти не відповідає на питання – 0 балів.

**Семестровий контроль:** екзамен. Умови допуску до семестрового контролю: виконані і захищені МКР та реферат, а також рейтингова оцінка – 30 балів і більше.

Студенти, які виконали всі умови допуску до екзамену виконують екзаменаційну контрольну роботу за обраним білетом. Екзамен проводиться у письмовій формі.

Екзаменаційна контрольна робота оцінюється у 50 балів. Контрольне завдання цієї роботи складається з двох теоретичних запитань з переліку, що наданий у додатку до силабусу, та

задачі.

Кожне теоретичне запитання оцінюється в 15 балів за такими критеріями:

- повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації), логічно структурована, з коректним використанням термінології, наведені обґрунтування, приклади та власні висновки – 15 – 14 балів;
- практично повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації), логічно структурована, з коректним використанням термінології, наведені обґрунтування, приклади та власні висновки, можливі незначні неточності – 13 – 11 балів;
- відповідь неповна (не менше 60 % інформації), розкрито основні аспекти теми, можливе недостатнє обґрунтування, відсутні приклади – 10 – 9 балів;
- відповідь неповна (менше 60 % інформації) або містить грубі помилки, відсутні обґрунтування та приклади, не відповідає суті питання – 0 балів.

Задача оцінюється в 20 балів за такими критеріями:

- розв'язання правильне, логічно обґрунтоване, наведені проміжні розрахунки, зроблено правильні висновки, можливо запропоновано альтернативний підхід – 20 – 18 балів;
- розв'язання логічне, проте є окремі неточності або недостатньо повне обґрунтування – 17 – 15 балів;
- розрахунки неповні, є помилки у логіці чи обґрунтуванні, але основна ідея відповіді простежується – 14 – 12 балів;
- розв'язання неправильне або відсутнє, містить грубі помилки, висновки відсутні чи не відповідають умові задачі – 0 балів.

Після виконання екзаменаційної контрольної роботи стартові бали та бали за екзамен підсумовуються та зводяться до рейтингової оцінки та переводяться до оцінок за університетською шкалою.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

| Кількість балів          | Оцінка       |
|--------------------------|--------------|
| 100-95                   | Відмінно     |
| 94-85                    | Дуже добре   |
| 84-75                    | Добре        |
| 74-65                    | Задовільно   |
| 64-60                    | Достатньо    |
| Менше 60                 | Незадовільно |
| Невиконані умови допуску | Недопущено   |

## 9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль, наведено у додатку до силабусу.

**Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

**Складено** проф., д.т.н., проф. Ремез Наталею Сергіївною

**Ухвалено** кафедрою геоінженерії (протокол №15 від 23 червня 2025 року)

**Погоджено** навчально-методичною комісією НН ІЕЕ (протокол №30 від 25 червня 2025 року)

**Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль**

1. Модельний підхід до об'єктів навколишнього середовища
2. Об'єкти навколишнього середовища, спостереження за ними й загальні підходи до їх моделювання.
3. Джерела інформації для моделювання та прогнозування .
4. Сутність моделювання.
5. Основні поняття й визначення.
6. Форми подання моделей.
7. Специфіка моделей живих компонентів навколишнього середовища.
8. Принципи моделювання об'єктів навколишнього середовища.
9. Переваги модельного підходу.
10. Класифікація математичних моделей й їхніх параметрів.
11. Мета та принципи класифікації.
12. Вхідні й вихідні величини моделі.
13. Класифікація факторів, що діють у навколишньому середовищі, та ефектів, що виникають від них.
14. Класифікація антропогенних (техногенних) факторів.
15. Ефекти, що виникають від впливу антропогенних факторів.
16. Лінійні моделі в аспектах навколишнього середовища й екології .
17. Приклади лінійних об'єктів та аналіз їх моделей.
18. Постановка завдання з моделювання багатовимірною екологічного об'єкта у вигляді системи лінійних алгебраїчних рівнянь (СЛАУ) .
19. Лінійні моделі в аспектах навколишнього середовища й екології .
20. Числові методи розв'язку системи лінійних алгебраїчних рівнянь: методи Гауса, LU-факторизації, ітераційні методи.
21. Нелінійні моделі довкілля .
22. Експонентні нелінійності та гомеостатичність об'єктів навколишнього середовища.
23. Методи дослідження нелінійних об'єктів на математичних моделях.
24. Дискретні моделі популяційних процесів.
25. Оцінка та прогноз екологічно небезпечних параметрів гірничого об'єкта з використанням багатомірних нелінійних моделей.
26. Оптимізація в нелінійних об'єктах.
27. Пошук екстремумів функції однієї змінної.
28. Принципи оптимізації в багатомірних моделях.
29. Математичні моделі для оцінки потенційного екологічного ризику.
30. Стохастичні моделі довкілля .
31. Види стохастичних моделей і поняття випадкової величини.
32. Основні характеристики випадкових величин.
33. Побудова регресійної моделі за даними спостережень або статистики.
34. Наближення регресійних моделей чисельним методом найменших квадратів.
35. Прогнозні моделі стану довкілля .
36. Сутність екологічного прогнозування. Поняття часового ряду та методи його згладжування.
37. Виявлення закономірностей у часових рядах шляхом їх згладжування.
38. Застосування сплайнів для згладжування. Короткостроковий прогноз методом експонентного згладжування.
39. Етапи прогнозування стану довкілля.
40. Моделі довкілля у вигляді диференціальних рівнянь.

41. Приклади популяційних моделей у диференціальній формі.
42. Чисельні методи рішення диференціальних рівнянь. Диференціальні моделі в системі «хижак-жертва».
43. Існуюча система моделей довкілля, що динамічні моделі процесів біосфери й людської активності.
44. Біогеоценотична модель В.І. Сукачова.
45. Геохімічні цикли біосфери. Моделі клімату.
46. Модель людської активності.
47. Моделювання зв'язку процесу видобутку й споживання ресурсів з розвитком держави.
48. Екологічні аспекти концептуальних моделей функціонування й розвитку видобутку корисних копалин .
49. Моделювання й прогнозування забруднення атмосфери в зоні розташування промислових підприємств .
50. Забруднення атмосфери як предмет моделювання й прогнозування.
51. Основні джерела забруднення атмосфери.
52. Фактори, що впливають на поширення забруднювачів в атмосфері.
53. Модель поширення домішок в атмосфері на основі рівняння переносу й дифузії.
54. Побудова математичних моделей для прогнозу поширення важких аерозолів (пилу) в атмосфері .
55. Особливості побудови динамічної моделі переносу пилового викиду.
56. Ідентифікація параметрів динамічної моделі розсіювання промислового викиду.
57. Побудова математичних моделей гідро-екологічних процесів.
58. Особливості водних екосистем та фактори, що на них впливають.
59. Загальні принципи й підходи до моделювання абіотичних процесів у водоймах.
60. Типові моделі гідроекології. Моделювання процесу поширення забруднювачів у воді.
61. Модель самоочищення води.
62. Моделі динаміки біологічного споживання й розчинення кисню. Моделювання процесу нітрифікації .
63. Математичне моделювання забруднення рослинного й ґрунтового середовища .
64. Побудова моделі формування кількості, якості й екологічної чистоти врожаю.
65. Дифузія в ґрунті й донних відкладеннях.
66. Модель озерної екосистеми