



Національний технічний університет України  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»



Кафедра технології  
неорганічних речовин,  
водоочищення та загальної  
хімічної технології

## Хімічні технології мінеральних добрив та неорганічних продуктів

### Робоча програма освітньої компоненти (Силабус)

#### Реквізити освітньої компоненти

|                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Рівень вищої освіти                     | Перший (бакалаврський)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Галузь знань                            | 16 Хімічна та біоінженерія                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Спеціальність                           | 161 Хімічні технології та інженерія                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Освітня програма                        | Хімічні технології та інженерія                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Статус освітньої компоненти             | Нормативна                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Форма навчання                          | Заочна                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Рік підготовки, семестр                 | 3 курс, осінній семестр                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Обсяг освітньої компоненти              | 5 кредитів/150 годин (Лекції – 18 годин, практичні заняття – 18 годин, лабораторні заняття – 36 годин, СРС – 78 годин)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Семестровий контроль/ контрольні заходи | Екзамен, МКР / РГР                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Розклад занять                          | Лекція 1 години на тиждень (1 пара раз на 2 тижня), практичні заняття 1 година на тиждень (1 пара раз на 2 тижня), лабораторні заняття 2 години на тиждень (2 пари раз на два тижня) за розкладом на <a href="https://my.kpi.ua">https://my.kpi.ua</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Мова викладання                         | Українська                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Інформація про керівника / викладачів   | Лектор:<br>к.т.н., старший викладач Лапінський Андрій Вікторович<br><a href="mailto:andlapinskiy@gmail.com">andlapinskiy@gmail.com</a><br>Практичні заняття:<br>к.т.н. старший викладач Феденко Юрій Миколайович<br><a href="mailto:fedenkoyura@ukr.net">fedenkoyura@ukr.net</a><br>Лабораторні роботи:<br>к.т.н., старший викладач Крimeць Григорій Володимирович<br><a href="mailto:krimecs@xf.kpi.ua">krimecs@xf.kpi.ua</a><br>Код курсу у classroom.google:<br><a href="https://classroom.google.com/c/Nzc1MDkyMDU1NjU2?cjc=yhdgzax4">https://classroom.google.com/c/Nzc1MDkyMDU1NjU2?cjc=yhdgzax4</a> |

#### Програма освітньої компоненти

##### 1. Опис освітньої компоненти, її мета, предмет вивчення та результати навчання

**Метою** викладання освітньої компоненти «Хімічні технології мінеральних добрив та неорганічних продуктів» є формування у здобувачів вищої освіти здатностей: використання отриманих ними теоретичних, загально-інженерних і спеціальних знань для ефективного вирішення практичних завдань з виконувати основні технологічні розрахунки неорганічних виробництв на практичних заняттях; самостійно аналізувати відомі схеми неорганічних виробництв, удосконалювати неорганічні технології, розробляти нові технологічні процеси неорганічних виробництв, пошуку і використання при вирішенні розрахункових або проектних завдань базової та новітньої навчальної наукової і довідкової літератури з сучасних технологій;

Здобувачі вищої освіти рівня «бакалавр» після засвоєння освітньої компоненти «Хімічні технології мінеральних добрив та неорганічних продуктів» мають продемонструвати наступні **загальні та фахові компетентності**:

ЗК03. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ФК03. Здатність проектувати хімічні процеси з урахуванням технічних, законодавчих та екологічних обмежень.

ФК04. Здатність використовувати сучасні матеріали, технології і конструкції апаратів в хімічній інженерії.

ФК15. Здатність виконувати технічні креслення технологічного обладнання, розробляти проектну та робочу технічну документацію в технологіях неорганічних речовин, мінеральних добрив та водоочищення.

Здобувачі вищої освіти рівня «бакалавр» після засвоєння освітньої компоненти «Хімічні технології мінеральних добрив та неорганічних продуктів» мають продемонструвати наступні **результати навчання**:

ПРН05. Розробляти і реалізувати проекти, що стосуються технологій та обладнання хімічних виробництв, беручи до уваги цілі, ресурси, наявні обмеження, соціальні та економічні аспекти та ризики.

ПРН06. Розуміти основні властивості конструкційних матеріалів, принципи та обмеження їх застосовування в хімічній інженерії

ПРН20 Знання сучасних тенденцій в технологіях мінеральних добрив, традиційних та спеціальних методів одержання неорганічних речовин, наноматеріалів та сучасних нанотехнологій.

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

Перелік освітніх компонент, знань та умінь, володіння якими необхідні здобувачам бакалаврата для успішного засвоєння освітньої компоненти:

| Пререквізити                           |         |                                                                                                                                                                                                                              |
|----------------------------------------|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Загальна технологія                    | хімічна | Знання основних фізико-хімічних законів, закономірностей, які можуть бути використані при визначенні технологічних режимів і проектуванні хімічних виробництв неорганічних речовин.                                          |
| Постреквізити                          |         |                                                                                                                                                                                                                              |
| Процеси та апарати хімічних виробництв |         | Знання та вміння розраховувати підбирати основне та допоміжне обладнання для виробництва мінеральних добрив та неорганічних продуктів, вміння поєднувати основне та допоміжне технологічне обладнання в технологічні ланцюги |

## **3. Зміст освітньої компоненти**

### **Тема 1. Типові методи отримання неорганічних кислот та солей**

Неорганічні кислоти і типові методи їх отримання. Неорганічні солі і типові методи їх отримання. Мінеральні добрива. Класифікація і типові методи їх отримання.

### **Тема 2. Приклади базових і найбільш репрезентативних неорганічних хімічних виробництв**

Виробництво сульфатної кислоти як приклад промислового отримання кислоти з її ангідриду

Виробництво екстракційної фосфорної кислоти як приклад промислового отримання кислоти шляхом екстракції більш сильною кислотою.

Виробництво простого суперфосфату як приклад визрівальної технології.

Виробництво комплексного подвійного добрива — амофосу як приклад отримання солі шляхом нейтралізації кислоти.

Виробництво соди як приклад отримання солі шляхом поглинання ангідриду кислоти.

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

Навчальні матеріали [1-4], зазначені нижче, доступні у бібліотеці університету в друкованих або електронних версіях. Обов'язковою для опанування освітньої компоненти «Хімічні технології мінеральних добрив та неорганічних продуктів» є базова література, інші навчальні матеріали – факультативні. Розділи та теми, з якими студент має ознайомитись самостійно, викладач зазначає на лекційних та практичних заняттях.

##### **Базова:**

1. Технологія фосфоровмісних добрив, кислот і солей: підручник / І. М. Астрелін, Л. Л. Товажнянський, О. Я. Лобойко, Г. І. Гринь, М. В. Кошовець, І. Г. Зезекало; ред.: М. П. Єфремова; Нац. техн. ун-т "Харк. політехн. ін-т". - Х., 2011. - 287 с.
2. Технологія неорганічних речовин. Частина 1. Технологія газів. Навчальний посібник для студентів спеціальності 7.91602 – Хімічна технологія неорганічних речовин / Волошин М.Д., Шестозуб А.Б., Черненко Я.М., Зеленська Л.О. - Дніпродзержинськ: 2009. – 313 с.
3. Технологія неорганічних речовин. Частина 2. Кислоти та луги: навчальний посібник / М. Д. Волошин, А. Б. Шестозуб, Я. М. Черненко, А.В. Іванченко. – Дніпродзержинськ : ДДТУ, 2014. – 349 с.
4. Волошин М. Д. Технологія неорганічних речовин. Частина 3. Мінеральні добрива : навчальний посібник / М. Д. Волошин, Я. М. Черненко, А. В. Іванченко, М. А. Олійник. — Дніпродзержинськ : ДДТУ, 2016. — 354 с.

##### **Додаткова:**

5. Волошин М. Д. Розрахунки в технології азотних та фосфорних добрив. / М.Д. Волошин, Л.О. Зеленська, І.М. Астрелін – Дніпродзержинськ, Системні технології, 2003. – 315 с.

##### **Інформаційні ресурси:**

Дистанційний курс Google G Suite for Education. Режим доступу: Google Classroom (Google G Suite for Education, домен LLL.kpi.ua, платформа Sikorsky-distance); код класу [yhdgzax4](#)

#### **Навчальний контент**

#### **5. Методика опанування освітньої компоненти**

##### **Лекційні заняття**

Ознайомлення здобувачів вищої освіти з лекційними матеріалами проводиться паралельно з виконанням студентами завдань практикуму, лабораторних робіт та розглядом ними питань, що виносяться на самостійну роботу. Під час вичитування лекцій застосовуються засоби для відеоконференцій (Zoom, Google Meet, Microsoft Teams тощо) та ілюстративний матеріал у вигляді презентацій, які розміщені на платформі Sikorsky-distance. Після кожної лекції рекомендується ознайомитись з матеріалами, рекомендованими для самостійного вивчення, а перед наступною лекцією – повторити матеріал попередньої.

| № | Опис заняття |
|---|--------------|
|---|--------------|

|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Лекція 1</b> | <p><b>Тема 1. Типові методи отримання неорганічних кислот та солей.</b></p> <p><u>Основні питання:</u> Неорганічні кислоти і типові методи їх отримання. Неорганічні солі і типові методи їх отримання. Розчинення металів у кислотах (мідний купорос, хлориди алюмінію). Спінання лужних речовин з оксидами металів в окиснювальній атмосфері (калій хромат). Нейтралізація кислоти лугами або амоній гідроксидом (амоній нітрат). Нетипові промислові методи синтезу неорганічних солей.</p>                                                                                                     |
| <b>Лекція 2</b> | <p><b>Тема 1. Типові методи отримання неорганічних кислот та солей.</b></p> <p><b>Продовження.</b></p> <p><u>Основні питання:</u> Мінеральні добрива як різновид мінеральних солей зі агрохімічною дією. Класифікація добрив за ознаками, основанийми на їх агрохімічній дії. Класифікація добрив за ознаками, основанийми на їх фізичних, хімічних та фізико-хімічних властивостях.</p>                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Лекція 3</b> | <p><b>Тема 1. Типові методи отримання неорганічних кислот та солей.</b></p> <p><b>Продовження.</b></p> <p><u>Основні питання:</u> Сировинні джерела для виробництва азотних добрив. Сировинні джерела для виробництва фосфорних добрив. Сировинні джерела для виробництва фосфорних добрив.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Лекція 4</b> | <p><b>Тема 2. Приклади базових і найбільш репрезентативних хімічних виробництв неорганічних речовин.</b></p> <p><u>Основні питання:</u> Виробництво сульфатної кислоти як приклад типової багатотоннажної неорганічної технології отримання кислоти з її ангідриду. Використання сульфатної кислоти. Сировина для виробництва сульфатної кислоти. Отримання пічного газу з сірчаного колчедану в печах киплячого шару (КШ). Сухе та мокре очищення пічного газу. Обладнання для отримання та очищення пічного газу.</p>                                                                            |
| <b>Лекція 5</b> | <p><b>Тема 2. Приклади базових і найбільш репрезентативних хімічних виробництв неорганічних речовин.</b></p> <p><b>Продовження.</b></p> <p><u>Основні питання:</u> Каталітичне окиснення сульфур(IV) оксиду в сульфур(VI) оксид. Фізико-хімічні основи процесу окиснення сульфур(IV) оксиду в сульфур(VI) оксид. Двоступеневе поглинання сульфур(VI) оксиду в олеумному та моногідратному абсорберах. Отримання сульфатної кислоти методом подвійного контактування-подвійної абсорбції (метод ПК-ПА).</p>                                                                                         |
| <b>Лекція 6</b> | <p><b>Тема 2. Приклади базових і найбільш репрезентативних хімічних виробництв неорганічних речовин.</b></p> <p><b>Продовження.</b></p> <p><u>Основні питання:</u> Виробництво екстракційної фосфорної кислоти як приклад промислового отримання кислоти шляхом екстракції більш сильною кислотою. Сировина для виробництва екстракційної фосфорної кислоти. Дигідратний, напівгідратний, ангідритний та комбінований режими отримання екстракційної фосфорної кислоти. Обґрунтування конструкції сучасного десятисекційного реактора для отримання екстракційної фосфорної кислоти. Підтримка</p> |

|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                 | <p>температурного режиму в реакторі.</p> <p>СРС: Види фосфорних кислот. Пірофосфорна кислота і полі-фосфорні кислоти.</p> <p>Література: 1, 3, 4.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Лекція 7</b> | <p><b>Тема 2. Приклади базових і найбільш репрезентативних хімічних виробництв неорганічних речовин.</b></p> <p><b>Продовження.</b></p> <p><u>Основні питання:</u> Відділення фільтрації в виробництві екстракційної фосфорної кислоти. Будова карусельного вакуум-фільтру. Фільтрація екстракційної фосфорної кислоти і промивка фосфогіпсу в карусельних вакуум-фільтрах.</p>                                                                                                                                                                               |
| <b>Лекція 8</b> | <p><b>Тема 2. Приклади базових і найбільш репрезентативних хімічних виробництв неорганічних речовин.</b></p> <p><b>Продовження.</b></p> <p><u>Основні питання:</u> Виробництво простого суперфосфату як приклад визрівальної технології.</p> <p>Види суперфосфатів (простий, простий амонізований, подвійний). Поняття про визрівальні технології, їх переваги та недоліки. Використання фосфоритової сировини в визрівальних технологіях. Хімізм утворення простого суперфосфату. Обладнання для виробництва простого суперфосфату безперервним методом.</p> |
| <b>Лекція 9</b> | <p><b>Тема 2. Приклади базових і найбільш репрезентативних хімічних виробництв неорганічних речовин.</b></p> <p><b>Продовження.</b></p> <p><u>Основні питання:</u> Виробництво комплексного подвійного добрива — амофосу як приклад отримання солі шляхом нейтралізації кислоти.</p> <p>Характеристики амофосу та інших амонійних солей фосфорної кислоти. Інтенсивна амонізація фосфорної кислоти в швидкісному амонізаторі-випарнику (ШАВ). Довипаровування амофосу. Гранулювання амофосу.</p>                                                              |

### **Практичні заняття**

Метою практичних занять є набуття і закріплення на практиці вмінь та досвіду, отриманих в процесі вивчення лекційної складової освітньої компоненти, а саме – розрахунки і перерахунки концентрацій, розрахунки основних показників хіміко-технологічних процесів, використання методів розрахунку матеріального і теплового балансів, термодинамічних, кінетичних розрахунків, моделювання хімічних реакторів. Порядок виконання завдань практикуму надано у навчальному посібнику [4].

| <b>№</b>            | <b>Тема</b>                                                          | <b>Опис запланованої роботи</b>                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Практичне заняття 1 | <b>Тема 1. Типові методи отримання неорганічних кислот та солей</b>  | <u>Завдання:</u> Визначити і проаналізувати проблеми при створенні суміші добрив з готових окремих добрив. Виявити небажані хімічні взаємодії та фізико-хімічні процеси при зберіганні добрив них сумішей. Вивчити правила змішування добрив. |
| Практичне заняття 2 | <b>Тема 1. Типові методи отримання неорганічних кислот та солей.</b> | <u>Завдання:</u> Проведіть розрахунки і перерахунки складу добрив в натуральній та умовній формах. Проведіть розрахунки складу добрив них сумішей під час змішування.                                                                         |

|                     |                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                     | <b>Продовження</b>                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                         |
| Практичне заняття 3 | <b>Тема 2. Приклади базових і найбільш репрезентативних хімічних виробництв неорганічних речовин.</b>              | <u>Завдання:</u> Проведіть розрахунки насосного обладнання та висоти підйому сульфатної кислоти.                                                                                                                                        |
| Практичне заняття 4 | <b>Тема 2. Приклади базових і найбільш репрезентативних хімічних виробництв неорганічних речовин. Продовження.</b> | <u>Завдання:</u> Проведіть розрахунки завантаження каталізатору в контактному апараті у виробництві сульфатної кислоти.                                                                                                                 |
| Практичне заняття 5 | <b>Тема 2. Приклади базових і найбільш репрезентативних хімічних виробництв неорганічних речовин. Продовження.</b> | <u>Завдання:</u> Проведіть розрахунки з метою обґрунтування кількості полиць в контактному апараті в виробництві сульфатної кислоти.                                                                                                    |
| Практичне заняття 6 | <b>Тема 2. Приклади базових і найбільш репрезентативних хімічних виробництв неорганічних речовин. Продовження.</b> | <u>Завдання:</u> Проведіть розрахунки завантаження змішувальної камери вихідною фосфатною сировиною та сульфатною кислотою в виробництві простого суперфосфату.                                                                         |
| Практичне заняття 7 | <b>Тема 2. Приклади базових і найбільш репрезентативних хімічних виробництв неорганічних речовин. Продовження.</b> | <u>Завдання:</u> Проведіть розрахунки матеріального балансу в виробництві простого суперфосфату.                                                                                                                                        |
| Практичне заняття 8 | <b>Тема 2. Приклади базових і найбільш репрезентативних хімічних виробництв неорганічних речовин. Продовження.</b> | <u>Завдання:</u> Проведіть розрахунки утворення фторвмісних сполук в виробництві простого суперфосфату з метою їх вловлювання і переробки на фтор-солі. Проведіть розрахунки витратних коефіцієнтів в виробництві простого суперфосфату |
| Практичне заняття 9 | Модульна контрольна робота.                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                         |

## Лабораторні заняття

| Опис запланованої роботи                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ В ЛАБОРАТОРІЇ                                                                                                                                                                                                         | <u>Мета:</u> Ознайомлення з технікою безпеки в лабораторії: основи техніки безпеки в лабораторії, особливості проведення лабораторних робіт.                                                                                                                                                                |
| ЛАБОРАТОРНА РОБОТА Одержання солей шляхом розчинення металів у кислотах<br>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1<br>Одержання мідного купоросу із міді та сульфатної кислоти<br>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2 Синтез коагулянту – гідроксохлориду алюмінію. | <u>Мета:</u> Отримання неорганічної солі шляхом розчинення у кислоті металу, який має відновний потенціал аніж у гідрогену.<br><br>Отримання неорганічної солі з шляхом розчинення у кислоті металу, який має відновний потенціал вищий, аніж у водню.<br><br>Захист попередньо відпрацьованих робіт 1 та 2 |
| ЛАБОРАТОРНА РОБОТА одержання солей нетиповими методами<br>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3<br>Одержання йодиду калію.<br>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4<br>Одержання тіосульфату натрію сульфідним методом.                                               | <u>Мета:</u> Отримання солі з металу та галогену багатостадійним шляхом.<br><br><u>Мета:</u> Отримання солі з іншої солі.<br><br>Захист попередньо відпрацьованих робіт 1-4.                                                                                                                                |
| ЛАБОРАТОРНА РОБОТА твердофазне одержання солей<br>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5<br>Одержання хроматів окислювальним випалюванням хромітів                                                                                                     | <u>Мета:</u> Отримання солі шляхом спікання в окиснювальній атмосфері.                                                                                                                                                                                                                                      |
| ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6<br>Одержання аміачної селітри.                                                                                                                                                                                  | <u>Мета:</u> Отримання солі шляхом нейтралізації кислоти лугом<br><br>Захист попередньо відпрацьованих робіт 1-6.                                                                                                                                                                                           |

### Розрахунково-графічна робота (РГР)

Завдання та методика виконання РГР наведено в гугл-класі Код курсу у [classroom.google](https://classroom.google.com/c/Nzc1MDkyMDU1NjU2?cjc=yhdgzax4):  
<https://classroom.google.com/c/Nzc1MDkyMDU1NjU2?cjc=yhdgzax4>

### 6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента (СРС) в кількості 78 годин протягом семестру (18 тижнів) включає повторення лекційного матеріалу, підготовка протоколів до лабораторних робіт МКР і

екзамену. Рекомендована кількість годин, яка відводиться на підготовку до зазначених видів робіт:

| Вид СРС                                                                                                                                                                    | Кількість годин на підготовку |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Підготовка до аудиторних занять: повторення лекційного матеріалу, підготовка до лабораторних робіт, підготовка до практичних занять, завершення розрахунків поза аудиторії | 32 години                     |
| Виконання РГР                                                                                                                                                              | 12 годин                      |
| Підготовка до МКР                                                                                                                                                          | 4 годин                       |
| Підготовка до екзамену                                                                                                                                                     | 30 годин                      |
| Всього                                                                                                                                                                     | 78 годин                      |

## Політика та контроль

### 7. Політика освітньої компоненти

У звичайному (недистанційному) режимі роботи університету лекції, практикуми та лабораторні роботи проводяться в навчальних аудиторіях. У змішаному режимі лекційні заняття проводяться через платформу дистанційного навчання Сікорський, практикуми – шляхом виконання завдань в домашніх умовах з використанням на комп'ютерної техніки. Лабораторні роботи проводяться в обов'язковому явочному порядку в навчальних лабораторіях. У дистанційному режимі всі заняття проводяться через платформу дистанційного навчання Сікорський. Відвідування лекцій та практикумів в дистанційній та/або очній форм є обов'язковим. Відвідування лабораторних занять студентами особисто обов'язковим.

На початку кожної лекції можливе проведення опитування за матеріалами попередньої лекції із застосуванням інтерактивних засобів, наприклад, Google Forms. Перед початком чергової теми лектор може надсилати питання із застосуванням інтерактивних засобів з метою визначення рівня обізнаності здобувачів за даною темою та підвищення зацікавленості.

Правила призначення заохочувальних балів:

За виконання завдань із удосконалення дидактичних матеріалів з дисципліни нараховується від 1 до 3 заохочувальних балів;

Політика дедлайнів та перескладань: визначається п. 8 Положення про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського

Політика щодо академічної доброчесності: визначається політикою академічної чесності та іншими положеннями Кодексу честі університету.

Політика щодо відпрацювань лабораторних занять, які були пропущені: визначається поточними нормативними документами Міністерства освіти і науки України та КПІ ім. Ігоря Сікорського

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

Види контролю встановлюються відповідно до Положення про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського:

1. Поточний контроль: опитування на лекціях, виконання практикумів і лабораторних робіт, РГР, МКР.

2. Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.
3. Семестровий контроль: екзамен.

### **Рейтингова система оцінювання результатів навчання**

1. Рейтинг студента з дисципліни розраховується виходячи із 100-бальної шкали. Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, що студент отримує за:

- 1) Відповіді на лекціях або написання коротких контрольних робіт за матеріалами лекцій в визначені терміни (бліц-контроль).
- 2) Виконання та захист завдань (розрахунків) на 9 практичних заняттях;
- 3) Виконання та захист 6 тематичних лабораторних робіт;
- 4) Виконання та захист РГР;
- 5) Модульна контрольна робота;
- 6) Письмову відповідь під час екзамену.

Робота в семестрі (семестрові бали) складають 50% семестрового рейтингу. Письмова відповідь під час екзамену складає 50% семестрового рейтингу – 50 балів.

Робота в семестрі оцінюється по 100-бальній шкалі. Бали, набрані здобувачем вищої освіти протягом семестру перераховуються на 50-бальну шкалу  $(r_{\text{лк}} + r_{\text{пр}} + r_{\text{а}} + r_{\text{МКР}}) \times 0,5$ .

Протягом семестру треба виконати всі види робіт і набрати 50 балів або, в перерахунку на 50-бальну шкалу балів, набрати  $50 \times 0,5 = 25$  балів.

Форма контролю – Екзамен письмовий. Вагові бали за екзамен – 50. Бали за екзамен додаються до балів, отриманих за семестр складають загальну оцінку.

## **2. Критерії нарахування балів:**

### **2.1. Відповіді на лекціях (або бліц-контроль)**

Семестр триває 18 тижнів. На лекційні заняття відводиться 18 академічних годин, що складає 9 лекцій.

1. Тестові опитування на лекціях:

Всього 9 тестових завдань. Ваговий бал – 0,5.

Активність полягає у відповідях на запитання викладача, постановку власних запитань з боку студентів за тематикою лекцій, активна участь в дискусіях щодо змісту лекцій.

Написання відповідей на домашні завдання прирівнюється до активності під час лекцій на вибір.

Активність під час лекцій не є обов'язковим видом академічної діяльності для студентів, які вивчають навчальну компоненту «Хімічні технології мінеральних добрив та неорганічних продуктів»

### **2.1 Робота на практичних заняттях:**

Ваговий бал – 2. Максимальна кількість балів на усіх практичних заняттях дорівнює:

$2 \times 9 = 18$  балів.

### **Критерії оцінювання:**

2 – 1,7 бали: безпомилкове виконання та оформлення завдання (розрахунку) під час поточного заняття та або домашнього завдання;

1,6 – 1,2 бали: вірно в цілому рішення з незначними недоліками в оформленні, або 2 окремих елементів розрахунку;

0 балів: Завдання виконано менше, аніж на 60%.

### **2.2 Виконання та захист лабораторних робіт**

Кількість завдань цього виду: 6. Допуск виконання захист

Ваговий бал – 3.

Всього  $3 \times 6 = 18$  балів.

Допуск до виконання лабораторної роботи – максимальний бал 1.

Виконання лабораторної роботи – максимальний бал 2.

Захист лабораторної роботи – максимальний бал 3

Критерії оцінювання лабораторних робіт

3 – 2,9 бали: повне і в визначені терміни виконання з максимальною самостійністю роботи без будь-яких зауважень при бездоганному оформленні протоколів;

2,8 – 2,5 бали: вчасне виконання роботи без суттєвих зауважень без суттєвих зауважень при належному оформленні протоколу;

2,4 – 2,3 бали: невчасне, недостатньо самостійне виконання лабораторної роботи, неповний протокол;

2,2 – 2,0 бали: невчасне або несамостійне виконання лабораторної роботи, неналежне оформлення протоколу;

1,9 – 1,8 бали: несамостійне виконання лабораторної роботи, відсутність всіх розрахунків в протоколі;

0 балів: робота не виконана або списана, або при виконанні грубо або цілеспрямовано порушена техніка безпеки.

### **2.3. Розрахунково-графічна робота**

Ваговий бал – 5.

#### **Критерії оцінювання розрахунково-графічних робіт:**

5 – 4,8 бали: безпомилково виконане завдання, яке містить вичерпну відповідь на всі питання при наявності елементів продуктивного творчого підходу; демонстрація вміння впевненого застосування фундаментальних і фахових знань, правильна графічна частина;

4,7 – 4,3 бали: відповідь з несуттєвими неточностями, пов'язаними з основою термінологією або несуттєві неточності в графічній частині, які не впливають на сутність завдання;

4,4 – 3,8 бали: недостатньо повне виконання завдання, або безпомилкова відповідь на 80% завдання;

3,7 – 3,3 бали: безпомилкове виконання завдання на 50% питань або неповне виконання в розрахунковій частині, або неповна графічна частина, або графічна частина з несуттєвими помилками ;

3,2 – 3,0 бали: неповне виконання завдання або виконання завдання на 30-35%, та/або принципові помилки в розрахунковій частині, помилки в графічній частині;

0 балів: відсутність розрахункової або графічної частини, наявність плагіату в розрахунковій та/або в графічній частині.

### **2.4 Модульна контрольна робота (МКР)**

Ваговий бал – 4,5.

Нарахування балів за письмову МКР здійснюється за наступними критеріями.

#### **Критерії оцінювання МКР:**

4,5 – 4,3 балів: безпомилкова відповідь на всі питання при наявності елементів продуктивного творчого підходу; демонстрація вміння впевненого застосування фундаментальних і фахових знань;

4,4 – 3,9 бала: недостатньо повна відповідь на всі питання або безпомилкова відповідь на 80% питань;

3,8 – 3,4 бала: безпомилкова відповідь на 50% питань або неповна відповідь на всі питання з двома – трьома досить суттєвими помилками;

3,3 – 3,0 бала: неповна відповідь на всі питання або безпомилкова відповідь не менше 30% питань; наявність принципових помилок;

2,9 – 2,4 бали: неповна відповідь на частину питань; наявність принципових помилок;

0 балів: відсутність на занятті без поважних причин, списування (плагіат) під час контрольної або відмова від виконання контрольної роботи.

**Розрахунок шкали семестрової рейтингової оцінки з кредитного модуля (Rc):**

Сума вагових балів контрольних заходів (Rc) протягом семестру складає:

$$Rc = r_{лк} + r_{пр} + r_a + r_{МКР} = 4,5 + 18 + 18 + 5 + 4,5 = 50 \text{ балів}$$

Екзаменаційна складова рейтингу:  $Re = 100 - Rc = 50$ .

4. Необхідними умовами допуску до екзамену є зарахування модульної контрольної роботи, всіх практичних і лабораторних занять, а також стартовий рейтинг ( $r_c$ ) не менше 50 % від  $R_c$ , себто:  $r_c = 0,5R_c = 0,5 \times 50 = 25$  балів.

**Екзаменаційний письмовий екзамен**

Ваговий бал – 50.

Нарахування балів за письмовий екзамен здійснюється за наступними критеріями.

Екзаменаційний білет містить 3 запитання, письмова відповідь на кожне з яких оцінюється за наступною системою.

Питання № 1 – максимальний бал 15.

Питання №2 – максимальний бал 15.

Питання №3 – максимальний бал 20.

**Критерії оцінювання питання №1**

15 балів: повна і безпомилкова відповідь при наявності елементів продуктивного творчого підходу; демонстрація вміння впевненого застосування фундаментальних і фахових знань, бездоганне обґрунтування цієї відповіді з залученням літературних джерел;

14,8 – 14,2 бали: достатньо повна і взагалі вірна відповідь з 80% розкриттям питання, відповідь ґрунтується тільки на матеріалах конспекту;

14,1 - 12,8 бали: взагалі вірна але недостатньо повна відповідь на запитання зі значними помилками та зауваженнями принципового характеру, з 50% розкриттям питання з двома – трьома досить суттєвими помилками;

12,6 – 11,3 бали: неповна відповідь з 30% розкриттям питання; наявність принципових помилок;

11,2 – 9,8 бали: неповна відповідь з 20% розкриттям питання; наявність значної кількості суттєвих і принципових помилок;

9,7, – 9,0 бали: неповна відповідь з 15% розкриттям питання; наявність великої кількості суттєвих і принципових помилок;

0 балів: відсутність відповіді, відсутність на іспиті без поважних причин або відмова від участі в іспиті.

**Критерії оцінювання питання №2**

15 балів: повна і безпомилкова відповідь при наявності елементів продуктивного творчого підходу; демонстрація вміння впевненого застосування фундаментальних і фахових знань, бездоганне обґрунтування цієї відповіді з залученням літературних джерел;

14,8 – 14,2 бали: достатньо повна і взагалі вірна відповідь з 80% розкриттям питання, відповідь ґрунтується тільки на матеріалах конспекту;

14,1 - 12,8 бали: взагалі вірна але недостатньо повна відповідь на запитання зі значними помилками та зауваженнями принципового характеру, з 50% розкриттям питання з двома – трьома досить суттєвими помилками;

12,6 – 11,3 бали: неповна відповідь з 30% розкриттям питання; наявність принципових помилок;

11,2 – 9,8 бали: неповна відповідь з 20% розкриттям питання; наявність значної кількості суттєвих і принципових помилок;

9,7 – 9,0 бали: неповна відповідь з 15% розкриттям питання; наявність великої кількості суттєвих і принципових помилок;

0 балів: відсутність відповіді, відсутність на іспиті без поважних причин або відмова від участі в іспиті.

### **Критерії оцінювання питання №3**

20 балів: повна і безпомилкова відповідь при наявності елементів продуктивного творчого підходу; демонстрація вміння впевненого застосування фундаментальних і фахових знань, бездоганне обґрунтування цієї відповіді з залученням літературних джерел;

19,8 – 19,0 балів: достатньо повна і взагалі вірна відповідь з 80% розкриттям питання, відповідь ґрунтується тільки на матеріалах конспекту;

18,8 – 17,0 балів: взагалі вірна але недостатньо повна відповідь на запитання зі значними помилками та зауваженнями принципового характеру, з 50% розкриттям питання з двома – трьома досить суттєвими помилками;

16,8 – 15,0 балів: неповна відповідь з 30% розкриттям питання; наявність принципових помилок;

14,8 – 13 балів: неповна відповідь з 20% розкриттям питання; наявність значної кількості суттєвих і принципових помилок;

12,8 – 12,0 балів: неповна відповідь з 15% розкриттям питання; наявність великої кількості суттєвих і принципових помилок;

0 балів: відсутність відповіді, відсутність на іспиті без поважних причин або відмова від участі в іспиті.

Максимальна сума балів на три запитання – 50.

Екзаменаційна складова – до 50 балів, семестрова складова – до 50 балів. Разом 50+50 – до 100 балів.

ця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

| $RD = R_c + R_e$                                    | Оцінка       |
|-----------------------------------------------------|--------------|
| 100...95                                            | Відмінно     |
| 94...85                                             | Дуже добре   |
| 84...75                                             | Добре        |
| 74...65                                             | Задовільно   |
| 64...60                                             | Достатньо    |
| $RD < 60$ або списування (плагіат) під час екзамену | Не допущений |

## **9. Додаткова інформація з освітньої компоненти**

9.1 У випадку проходження здобувачем академічної мобільності за програмами Erasmus+ або подібних програм, включаючи і літні школи за напрямом водопідготовка, результати мобільності можуть бути зараховані як виконання індивідуального семестрового завдання – РГР, з отриманням оцінки за РГР або може бути перезараховано курс відповідно до отриманого сертифікату в рамках визначених типів мобільності.

### **9.2 Приклади питань № 1 в екзаменаційних білетах.**

1. Які речовини відносяться до неорганічних і які до органічних.  
Чи можуть органічні речовини промислово вироблятися на хімічних виробництвах неорганічних речовин? Якщо можуть, наведіть приклади таких органічних речовин.
2. Що таке солі. Наведіть класифікацію солей за повнотою нейтралізації. Як такі солі можна отримати промислово?
3. Що таке солі. Наведіть класифікацію солей за різноманітністю катіонів та аніонів. Що таке складні солі: Що таке подвійні солі. Як такі солі можна отримати промислово?
4. Що таке комплексні солі. Чи є комплексні солі серед солей, які отримують промислово. З якою метою використовують комплексні солі?
5. Наведіть відомі методи отримання неорганічних солей з використанням водних розчинів.
6. Наведіть відомі методи отримання неорганічних солей з використанням водного та неводного середовища.
7. Навести відомі методи отримання неорганічних солей з використанням електрохімічних процесів.
8. Наведіть відомі методи отримання неорганічних солей у розплавах або з використанням процесів спікання.
9. Які існують типові методи промислового виробництва мінеральних кислот?
10. Чому мінеральні кислоти, які містять кисень, як правило мають більшу максимальну концентрацію, ніж безкисневі кислоти? Наведіть приклади отримання кислот, які містять кисень і безкисневих кислот.

### **Приклади питань № 2 в екзаменаційних білетах.**

1. Що таке мінеральні добрива? Які ще існують добрива, окрім мінеральних. 7.2
2. Які закони використання мінеральних добрив Вам відомі?
3. Що таке мікродобрива? Які мінеральні елементи відносяться до мікродобрив? Наведіть приклади таких мікродобрив.
4. Які основні незамінні елементи містять макродобрива? Наведіть приклад мікродобрив.
5. В яких концентраціях випускається сульфатна кислота? Чим обумовлені такі концентрації? Що таке олеум.
6. Які фізичні, фізико-хімічні властивості та хімічні властивості притаманні сульфатній кислоті і як такі властивості обумовлюють її споживацьку привабливість?
7. Що таке пірит, халькопірит, алуніт, гіпс, селеніт? Які з цих мінералів не використовують для виробництва сульфатної кислоти?
8. Що собою являє реактор для виробництва ЕФК? Чому він має таку будову? Опишіть роботу реактора по секціях.
9. Що таке фосфогіпс? Чому його кристалізація триває довше, ніж розклад сировини?
10. Опишіть поведінку сполук фтора в виробництві фосфорної кислоти та простого суперфосфату. Наведіть рівняння реакцій.

### Приклади питань № 3 в екзаменаційних білетах.

1. З асортименту добрив, наведених у таблиці, обрати подвійні азотно-калійні добрива. Навести приклади добрив, за допомогою яких обрані подвійні добрива можна перетворити у потрібні збалансовані добрива.
2. З асортименту добрив, наведених у таблиці, обрати подвійні азотно-фосфорні добрива. Навести приклади добрив, за допомогою яких обрані подвійні добрива можна перетворити у потрібні збалансовані добрива.
3. З асортименту добрив, наведених у таблиці, обрати подвійні фосфорно-калійні добрива. Навести приклади добрив, за допомогою яких обрані подвійні добрива можна перетворити у потрібні збалансовані добрива.
4. В таблиці змішування добрив обрати приклади композицій добрив які можна змішувати і зберігати після змішування тривалий час. Обґрунтувати, чому такі композиції можна зберігати тривало.
5. В таблиці змішування добрив обрати приклади композицій добрив які можна змішувати і не можна зберігати після змішування тривалий час, а треба використати одразу після змішування. Обґрунтувати, чому такі композиції не можна зберігати тривало.
6. В таблиці змішування добрив обрати приклади добрив які не можна змішувати між собою взагалі. Обґрунтувати, чому такі добрива не можна змішувати.
7. Як відбувається фільтрація ЕФК та промивка фосфогіпсу. Як змінюються концентрації речовин при промиванні фосфогіпсу?
8. Яким речовинами розпочинають розклад сировини у перших секціях реактора в виробництві ЕФК? Чому використовують саме такі речовини?
9. Як охолоджується реактор для виробництва ЕФК? Яким факторами обумовлена максимальна висота, на якій можна встановити пристрої для охолодження реактора в виробництві ЕФК.
10. Що таке процес ПКПА (подвійне контактування-подвійна абсорбція)? З якою метою використовується процес ПКПА? Скільки контактних апаратів використовується в процесі ПКПА? Які абсорбери використовуються в процесі ПКПА (олеумні, моногідратні

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

**Укладач:** старший викладач кафедри технології неорганічних речовин, водоочищення та загальної хімічної технології, к.т.н. Лапінський А.В.

Ухвалено кафедрою технології неорганічних речовин, водоочищення та загальної хімічної технології (протокол №26 від 30.06.2025 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол №10 від 26.06.2025 року).