



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



Кафедри екології та  
технології рослинних  
полімерів

# Сучасні методи досліджень лігноцелюлозних матеріалів

## Робоча програма освітньої компоненти (силабус)

### Реквізити освітньої компоненти

Рівень вищої освіти	<i>третій (доктор філософії)</i>
Галузь знань	<i>16 Хімічна та біоінженерія</i>
Спеціальність	<i>161 Хімічні технології та інженерія</i>
Освітня програма	<i>Хімічні технології та інженерія</i>
Статус освітньої компоненти	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна, вечірня)/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, весняний семестр</i>
Обсяг освітньої компоненти	<i>5 кредитів</i>
Семестровий контроль	<i>залік</i>
Розклад занять	<i>4 години на тиждень (1 год. лекційних та 3 год. практичних і лабораторних занять) за розкладом на rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор, практичні і лабораторні заняття: к.х.н., професор Барбаш Валерій Анатолійович, v.barbash@kpi.ua</i>

### Програма освітньої компоненти

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

Збільшення чисельності населення на земній кулі і зміни демографічних умов його проживання, поліпшення життєвого рівня, освіти, гігієнічних вимог призводить до зростання споживання товарів широкого споживання, зокрема продукції підприємств лісового комплексу. Виробництво товарів широкого споживання із рослинної сировини, яка щорічне утворюється, має екологічну чистоту і невисоку вартість, роблять її джерелом волокна та альтернативною заміною вичерпних природних ресурсів – нафти, вугілля, газу. Розроблення та впровадження інноваційних технологій перероблення рослинних волокон у товари широкого споживання потребують використання сучасних методів досліджень на всіх стадіях технологічного процесу – від визначення показників якості вихідних лігноцелюлозних матеріалів до споживчих характеристик кінцевої продукції. Тому викладання здобувачам вищої освіти рівня PhD (з.в.о.) освітньої компоненти «Сучасні методи досліджень лігноцелюлозних матеріалів» обумовлене необхідністю оцінювати характеристики сировини, проміжних продуктів і кінцевої продукції, що важливо для раціонального управління екологічно безпечними технологіями виробництва, участі у вітчизняних та міжнародних проектах, пов'язаних з перероблення лігноцелюлозних матеріалів.

**Метою** освітньої компоненти є формування та посилення у з.в.о. компетенцій:

1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу здатність до абстрактного мислення, аналізу, синтезу та оцінки сучасних наукових досягнень, генерування нових знань при вирішенні дослідницьких і практичних завдань (ЗК 01);
2. Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у хімічній технології та інженерії та дотичних до них міждисциплінарних напрямках хімічної та біоінженерії (ФК 01);
3. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми в сфері хімічних процесів та апаратів, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень(ФК 03).
4. Здатність до розробки технологічних показників одержання і практичного застосування: нанорозмірних та наноструктурованих матеріалів, нових функціональних матеріалів (ФК 04);
5. Вміння застосовувати набуту компетентність в практичній роботі і науково-педагогічній діяльності (ФК 05).

Здобувачі вищої освіти рівня PhD після засвоєння освітньої компоненти «Сучасні методи досліджень лігноцелюлозних матеріалів» мають продемонструвати **знання**:

- Мати передові концептуальні та методологічні знання з хімічних технологій та інженерії і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з відповідного напрямку, отримання нових знань та/або здійснення інновацій (ПРН 01).

- Вільно презентувати та обговорювати з фахівцями і нефахівцями результати досліджень, наукові та прикладні проблеми хімічних технологій та інженерії державною та іноземною мовами, кваліфіковано відображати результати досліджень у наукових публікаціях у провідних міжнародних наукових виданнях (ПРН 02)

- Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з хімічних технологій та інженерії та дотичних міждисциплінарних напрямів з використанням сучасних інструментів, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми (ПРН 03), зокрема знання в

- сучасних тенденціях прогресу в технологіях отримання лігноцелюлозних матеріалів для різних галузей промисловості, в тому числі, наукоємних технологіях;
- традиційних та спеціальних методах одержання лігноцелюлозних матеріалів;
- сучасних технологіях охорони довкілля.

Здобувачі вищої освіти рівня PhD також мають продемонструвати **уміння**:

- проводити пошук та аналіз сучасних літературних джерел на високому науковому рівні;
- аргументовано підбирати більш доцільні технології одержання та методи дослідження лігноцелюлозних матеріалів;
- виконувати дослідження в наукових лабораторіях згідно вимог техніки безпеки та екологічної безпеки;
- передбачати можливості виникнення артефактів та їх запобігання;
- правильно визначати стратегію препаративного отримання цільових продуктів із заданими властивостями, виходячи з їх призначення.

Набути **досвід** використання сучасних літературних джерел для наукового обґрунтування методів одержання лігноцелюлозних матеріалів, в глибокому їх аналізі сучасними фізико-хімічними методами; створенні наукоємних технологій.

## 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 з.в.о. рівня PhD для успішного засвоєння освітньої компоненти:

<i>Пререквізити:</i>	
<i>Науково-дослідна практика</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Мати передові концептуальні та методологічні знання з хімічних технологій та інженерії і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з відповідного напрямку, отримання нових знань та/або здійснення інновацій (ПРН 01).</li> <li>- Вільно презентувати та обговорювати з фахівцями і нефахівцями результати досліджень, наукові та прикладні проблеми хімічних технологій та інженерії державною та іноземною мовами, кваліфіковано відображати результати досліджень у наукових публікаціях у провідних міжнародних наукових виданнях (ПРН 02)</li> <li>- Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з хімічних технологій та інженерії та дотичних міждисциплінарних напрямів з використанням сучасних інструментів, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми (ПРН 03)</li> </ul>
<i>Нанохімія і наноматеріали</i>	<i>Розуміти загальні принципи та методи хімічного синтезу нано розмірних та нано структурованих матеріалів, нових функціональних матеріалів та застосувати їх в сучасних технологіях та інженерії (ПРН 05)</i>
<i>Постреквізити:</i>	
<i>Наукова складова</i>	<p><i>Проведення під керівництвом наукового керівника власного наукового дослідження, що передбачає вирішення дослідницьких завдань шляхом застосування комплексу теоретичних та емпіричних методів.</i></p> <p><i>Підготовка та публікація не менше 1-ї статті у наукових фахових виданнях (вітчизняних або закордонних) за темою дослідження; участь у науково-практичних конференціях (семінарах) з публікацією тез доповідей.</i></p>

Вивчення освітньої компоненти «Сучасні методи досліджень лігноцелюлозних матеріалів» базується на засадах інтеграції різноманітних знань, отриманих з.в.о. рівня PhD під час вивченні освітніх компонент природничого, гуманітарного та інженерно-технічного спрямування. Вивчення освітньої компоненти «Сучасні методи досліджень лігноцелюлозних матеріалів» передують навчальні дисципліни, такі як: «Інноваційні технології рослинного ресурсозбереження», «Хімія рослинних полімерів», «Хімізм делігніфікації рослинної сировини», «Технологія целюлози», «Технологія обробки та переробки паперу та картону», «Технологія переробки макулатури», «Особливості виробництва спеціальних видів паперу», «Наукові дослідження та інноваційна діяльність в галузях виробництв». Навчальна дисципліна належить до циклу професійної підготовки (вибіркові освітні компоненти з міжфакультетського/ факультетського/ кафедрального Каталогів).

### **3. Зміст освітньої компоненти**

#### **Розділ 1. Спектральні методи дослідження лігноцелюлозних матеріалів**

**Тема 1.** Сучасні тенденції розвитку технологій одержання лігноцелюлозних матеріалів. Потреба заміщення продуктів із вичерпних джерел вуглеводнів на матеріали із відновлювальної рослинної сировини. Наукові проблеми вітчизняної целюлозно-паперової промисловості. Нові способи одержання лігноцелюлозних матеріалів.

**Тема 2.** Спектральні методи дослідження лігноцелюлозних матеріалів. Інфрачервона спектроскопія (ІЧ). Інфрачервона спектроскопія з Фур'є перетворювачем (FTIR). Особливості їх застосування. Приклади використання методу FTIR.

**Тема 3.** Ультрафіолетова спектроскопія (УФ - спектроскопія). Рентгенівська фотоелектронна спектроскопія (XPS) і рентгенівська дифракція (XRD). Спектроскопія комбінаційного розсіювання. Загальна характеристика методів та приклади їх використання для аналізу лігноцелюлозних матеріалів.

**Тема 4.** Спектроскопія ядерного магнітного резонансу ( $^1\text{H}$  і  $^{13}\text{C}$  ЯМР – спектроскопія). Теоретичні основи методу, переваги і недоліки методу ЯМР. Приклади використання  $^1\text{H}$  і  $^{13}\text{C}$  ЯМР – спектроскопії для аналізу лігноцелюлозних матеріалів.

#### **Розділ 2. Мікроскопічні методи досліджень лігноцелюлозних матеріалів**

**Тема 5.** Скануюча електронна мікроскопія (SEM). Загальна характеристика методу та приклади їх використання для аналізу лігноцелюлозних матеріалів.

**Тема 6.** Проникаюча електронна мікроскопія (TEM) та атомна силова мікроскопія (AFM) для механічного дослідження та аналізу контурів поверхні лігноцелюлозних матеріалів. Принцип роботи TEM та AFM. Режими роботи атомно-силового мікроскопа.

#### **Розділ 3. Інші сучасні методи дослідження лігноцелюлозних матеріалів**

**Тема 7.** Термогравіметричний метод (TGA). Принципи визначення температури деградації полімерів, вологості матеріалів. Види термогравіметрії та приклади використання.

**Тема 8.** Методи визначення механічних показників целюлози (модуль Юнга, Runkle ratio). Довжина і діаметр волокон; показники гнучкості, стрункості, коефіцієнт твердості.

**Тема 9.** Методи визначення елементного аналізу лігноцелюлозних матеріалів. Хроматографія. Види хроматографії та їх застосування для аналізу лігноцелюлозних матеріалів. Методи фракціонування полісахаридів для визначення геміцелюлоз.

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

Навчальні матеріали, зазначені нижче, доступні у бібліотеці університету та у бібліотеці кафедри екології та технології рослинних полімерів. Обов'язковою до вивчення є базова література, інші матеріали – додаткові. Розділи та теми, з якими з.в.о. має ознайомитись самостійно, викладач зазначає на лекційних, практичних і лабораторних заняттях.

#### **Базова література**

1. Личковський Е.І., Тіманюк В.О., Чалий О.В. Біофізика. Фізичні методи аналізу та метрологія: підручник – Вінниця: Нова книга, 2014 – 464 с.

2. Локальні методи досліджень. Підручник для студентів спеціальності 105 «Прикладна фізика та наноматеріали» / Загородній В.В.; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019, 323 с.

3. Рентгенівська фотоелектронна спектроскопія дисперсних гетерогенних систем. Автореф. дис... д-ра фіз.-мат. наук: 01.04.18 [Електронний ресурс / І. В. Плюто; НАН України. Ін-т металофізики ім. Г. В. Курдюмова. — К., 2002. — 32 с.]

#### **Додаткова література**

1. Білий М. У., Охріменко Б. А. Атомна фізика. — К. : Знання, 2009. — 559 с.
2. Глосарій термінів з хімії // Й. Опейда, О. Швайка. Ін-т фізико-органічної хімії та вуглехімії ім. Л. М. Литвиненка НАН України, Донецький національний університет. — Донецьк: Вебер, 2008. — 758 с.
3. Ogunjobi K.M., Adetogun A.C., Shofidiya S.A . Investigation of Pulping Potentials of Waste from Conversion of *Anogeissus leiocarpus*. IOSR Journal of Polymer and Textile Engineering (IOSR-JPTE), 2348-0181, Volume 1, Issue 2 (Jan. 2014), PP 26-30.
4. Oluwafemi O.A. , Sotannde O. A. The Relationship Between Fibre Characteristics and Pulp-sheet Properties of *Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit. Middle-East Journal of Scientific Research 2 (2): 63-68, 2007.

### **Навчальний контент**

#### **5. Методика опанування освітнього компонента**

##### **Лекційні заняття**

Вичитування лекцій з освітнього компоненту проводиться паралельно з виконанням студентами практичних і лабораторних робіт та розглядом ними питань, що виносяться на самостійну роботу. У процесі читання лекцій застосовуються ілюстративний матеріал у вигляді презентацій, які розміщені на платформі *Sikorsky-distance*. Перед кожною лекцією рекомендується ознайомитись з лекційними матеріалами, а також з матеріалами, що рекомендовані для самостійного вивчення.

Лекційні заняття спрямовані на:

- надання сучасних знань з дисципліни щодо теоретичних основ і принципів дії новітніх методів дослідження структури та властивостей рослинних полімерів, об'єм яких визначається цільовою установкою до кожної конкретної теми;
- виховання у з.в.о. професійних навиків, вміння оцінювати характеристики сировини, проміжних продуктів і кінцевої продукції; проведення порівняльного аналізу експериментальних даних методів і розвиток у них самостійного творчого мислення;
- використання наочних елементів для сприйняття матеріалу: поєднання лекції з демонстрацією аудіовізуальних матеріалів, схем, графіків, таблиць та діаграм;
- роз'яснення нових термінів і понять;
- формування у аспірантів необхідної мотивації та зацікавленості у продовженні виконання науково-дослідної роботи в рамках аспірантури;
- розуміння стратегії розроблення нових та вдосконалення існуючих ресурсощадних технологій перероблення лігноцелюлозних матеріалів;
- вдосконалення існуючих і розроблення ресурсозберігаючих та екологічно безпечних технологій перероблення лігноцелюлозних матеріалів у цінні продукти;
- знання методів розділення лігноцелюлозних біокомплексів; способів модифікування біополімерів; методів біологічної конверсії лігноцелюлозних матеріалів; способів створення ефективних композитних матеріалів багатofункціонального призначення
- уміння визначати склад, будову та властивості біополімерів рослинного походження;
- користуючись знанням молекулярної організації біополімерів в лігноцелюлозних комплексах оцінювати їх придатність до хімічного перероблення;

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів та завдання на СРС)
1	<p><b>Розділ 1. Спектральні методи дослідження лігноцелюлозних матеріалів</b></p> <p><b>Тема 1.</b> Сучасні тенденції розвитку технологій одержання лігноцелюлозних матеріалів. Потреба заміщення продуктів із вичерпних джерел вуглеводнів на матеріали із відновлювальної рослинної сировини. Наукові проблеми вітчизняної целюлозно-паперової промисловості. Нові способи одержання лігноцелюлозних матеріалів.</p> <p>Завдання на СРС: Наукові проблеми вітчизняної целюлозно-паперової промисловості.</p> <p><b>Тема 2. Інфрачервона спектроскопія (ІЧ) та інфрачервона спектроскопія з Фур'є перетворювачем (FTIR).</b> Предмет, методи, завдання та структура дисципліни «Сучасні методи досліджень лігноцелюлозних матеріалів». Теоретичні основи і принципи дії інфрачервоної спектроскопії (ІЧ). Поділ ІЧ-хвиль за довжиною. Переваги і недоліки методу інфрачервоної спектроскопії з Фур'є перетворювачем (FTIR). Приклади використання методів ІЧ і FTIR.</p> <p>Завдання на СРС: Приклади використання методів ІЧ і FTIR у целюлозно-паперовій промисловості</p>
2	<p><b>Тема 3. Ультрафіолетова спектроскопія (УФ - спектроскопія), рентгенівська фотоелектронна спектроскопія (XPS) і рентгенівська дифракція (XRD).</b></p> <p>Теоретичні основи та принципи дії ультрафіолетової спектроскопії (УФ - спектроскопія), рентгенівської фотоелектронної спектроскопії і рентгенівської дифракції. Закон Бугера – Ламберта – Бера. Особливості і можливості використання методів УФ-спектроскопії, XPS і XRD. Визначення ступеня та індексу кристалічності целюлози. Спектроскопія комбінаційного розсіювання (СКР). Загальна характеристика методів та приклади їх використання для аналізу лігноцелюлозних матеріалів.</p> <p>Завдання на СРС: Приклади використання методів УФ-спектроскопії, XPS, XRD, СКР у целюлозно-паперовій промисловості</p>
3	<p><b>Тема 4. Спектроскопія ядерного магнітного резонансу (1H і 13C ЯМР - спектроскопія)</b></p> <p>Теоретичні основи та принципи дії методів спектроскопії ядерного магнітного резонансу (1H і 13C ЯМР – спектроскопія). Блок-схема приладів та особливості використання методів СКР, 1H і 13C ЯМР - спектроскопії.</p> <p>Завдання на СРС: Приклади використання методів СКР, 1H і 13C ЯМР- спектроскопії у целюлозно-паперовій промисловості</p>
4	<p><b>Розділ 2. Мікроскопічні методи досліджень лігноцелюлозних матеріалів</b></p> <p><b>Тема 5. Скануюча електронна мікроскопія (SEM)</b></p> <p>Основні групи електронних мікроскопів. Теоретичні основи та принципи дії методу скануючої електронної мікроскопії (SEM). Особливості і можливості використання методу SEM для визначення морфологічної будови і її зміни під час термохімічного оброблення. Приклади скануючих електронних мікроскопів. Приклади використання 1H і 13C ЯМР – спектроскопі для аналізу лігноцелюлозних матеріалів.</p> <p>Завдання на СРС: Приклади використання методу SEM у целюлозно-паперовій промисловості</p>
5	<p><b>Тема 6. Проникаюча електронна мікроскопія (TEM) та атомна силова мікроскопія (AFM)</b></p>

	<p>Теоретичні основи та принципи дії методу проникаючої електронної мікроскопії (ТЕМ). Особливості і можливості використання методу ТЕМ для визначення надмолекулярної будови частинок целюлози та підтвердження її нанорозмірів. Приклади приладів проникаючих електронних мікроскопів. Основи методу атомної силової мікроскопії (AFM). Принцип роботи ТЕМ та AFM. Режими роботи атомно-силового мікроскопа. Використання методу AFM для визначення надмолекулярної будови частинок целюлози та підтвердження її нанорозмірів. Приклади атомних силових мікроскопів.</p> <p>Завдання на СРС: Приклади використання методу ТЕМ у целюлозно-паперовій промисловості.</p>
7	<p><b>Розділ 3. Інші сучасні методи дослідження лігноцелюлозних матеріалів</b> <b>Тема 7. Термогравіметричний метод аналізу (TGA)</b></p> <p>Теоретичні основи та принципи дії методу термогравіметричного аналізу (TGA) Особливості і можливості використання методу. Порівняльний аналіз термічної стійкості різних матеріалів. Приклади приладів TGA.</p> <p>Завдання на СРС: Приклади використання методу TGA у целюлозно-паперовій промисловості</p>
8	<p><b>Тема 8. Елементний аналіз і хроматографія</b></p> <p>Теоретичні основи та принципи дії методів елементного аналізу і хроматографії. Особливості і можливості використання методів. Чутливість методів до визначення значень домішок у лігноцелюлозних матеріалах. Приклади приладів та обладнання для проведення методів елементного аналізу і хроматографії.</p> <p>Завдання на СРС: Приклади використання методів елементного аналізу і хроматографії у целюлозно-паперовій промисловості</p>
9	<p><b>Тема 9. Методи визначення показників целюлози (модуль Юнга, Runkle ratio, дзета-потенціал волокнистих суспензій)</b></p> <p>Теоретичні основи та принципи дії методів визначення показників целюлози (модуль Юнга, Runkle ratio, дзета-потенціал). Особливості і можливості використання методів. Прилади та обладнання для проведення методів визначення показників целюлози (модуль Юнга, Runkle ratio, дзета-потенціал).</p> <p>Завдання на СРС: Приклади використання методів визначення показників целюлози (модуль Юнга, Runkle ratio, дзета-потенціал) у целюлозно-паперовій промисловості.</p>

### Практичні заняття

В рамках викладання освітньої компоненти «Сучасні методи досліджень лігноцелюлозних матеріалів» передбачено проведення практичних занять, які займають 25% аудиторного навантаження. На практичні заняття виносяться теми, які охоплюють широке коло питань. Вони дозволяють краще зрозуміти лекційний матеріал, детальніше познайомитися із принципами дії методів досліджень лігноцелюлозних матеріалів.

Основні завдання циклу практичних занять:

- ✓ допомогти з.в.о. систематизувати, закріпити і поглибити теоретичні основи та принципи дії методів досліджень лігноцелюлозних матеріалів;
- ✓ допомогти з.в.о. опанувати сучасні методи досліджень лігноцелюлозних матеріалів, розуміти принципи дії новітніх методів дослідження структури та властивостей рослинних полімерів;

- ✓ навчити з.в.о. аналізувати отримані експериментальні результати та порівнювати їх з науковою та довідковою літературою;
- ✓ обговорювати роль методів дослідження у стратегії розроблення нових та вдосконалення існуючих ресурсощадних технологій перероблення лігноцелюлозних матеріалів.

№ з/п	Назва теми практичних занять та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення та завдання на СРС)
1	<p><b>Інфрачервона спектроскопія (ІЧ)</b></p> <p>Рівні поглинання електромагнітного випромінювання. Поділ ІЧ-хвиль за довжиною на 3 діапазони: ближній, середній і дальній. Схема і принцип роботи приладу ІЧ – спектроскопії.</p> <p>Завдання на СРС: Віднесення смуг поглинання до відповідних функціональних груп целюлози, геміцелюлози, лігніну на ІЧ-спектрах зразків лігноцелюлозних матеріалів</p>
2	<p><b>Ультрафіолетова спектроскопія (УФ - спектроскопія) і рентгенівська фотоелектронна спектроскопія (XPS)</b></p> <p>Методика вивчення елементного складу, хімічного та електронного стану атомів на поверхні матеріалу методом рентгенівської фотоелектронної спектроскопії. Схема і принцип роботи приладу XPS спектроскопії.</p> <p>Завдання на СРС: Блок-схема спектрального УФ приладу</p>
3	<p><b>Спектроскопія комбінаційного розсіювання</b></p> <p>Інтенсивність розсіювання у комбінаційному (раманівському) розсіюванні. Правила відбору. Типи еліпсоїдів поляризованості (осевий, обертовий і кулястий тензор). Схема приладу, що використовується для комбінаційного розсіювання.</p> <p>Завдання на СРС: Порівняння раманівського розсіювання і інфрачервоної спектроскопії. Области застосування спектроскопії раманівського розсіювання.</p>
4	<p><b>Спектроскопія ядерного магнітного резонансу</b></p> <p>ЯМР – спектри і таблиці значень діапазонів хімічних здвигов сигналів <math>^1\text{H}</math> для груп целюлози і <math>^{13}\text{C}</math> для фрагментів функціональних груп лігніну</p> <p>Завдання на СРС: Приклади діапазонів хімічних здвигов сигналів <math>^1\text{H}</math> для груп целюлози і <math>^{13}\text{C}</math> для фрагментів функціональних груп лігніну</p>
5	<p><b>Термогравіметричний метод (TGA)</b></p> <p>Три види термогравіметрії (ізотермічна, квазістатична і динамічна). Проста і диференціальна термогравіметричні криві.</p> <p>Завдання на СРС: Блок-схема термогравіметричного аналізатору</p>
6	<p><b>Елементний аналіз</b></p> <p>Методи аналізу: рентгенофлуоресцентний, атомно-емісійний (зокрема з індуктивно-пов'язаною плазмою), атомно-абсорбційна спектрометрія, спектрофотометрія та люмінесцентний аналіз; мас-спектрометрія і принцип її дії. Типи мас-аналізаторів (безперервні та імпульсні)</p>



	<i>Завдання на СРС: Блок-схема спектрометра для проведення елементного аналізу</i>
7	<b>Проникаюча електронна мікроскопія (ТЕМ)</b> <i>Основні визначення і поняття методу ТЕМ. Методика підготовки лігноцелюлозних матеріалів до проведення досліджень. Проведення визначень показників лігноцелюлозних матеріалів методом ТЕМ.</i>
8	<b>Атомна силова мікроскопія (АСМ)</b> <i>Три режими роботи атомно-силового мікроскопа (контактний, «напівконтактний» і безконтактний). Графік залежності сили Ван-дер-Ваальса від відстані між кантілівером і поверхнею зразка. Особливості роботи АСМ.</i> <i>Завдання на СРС: Принцип роботи атомно-силового мікроскопа.</i>
9	<b>Методи визначення показників целюлози (модуль Юнга, Runkle ratio, дзета-потенціал)</b> <i>Формула розрахунку модуля Юнга і Runkle ratio. Фактори, що впливають на їх значення. Дзета-потенціал різних видів целюлози і фактори.</i> <i>Завдання на СРС: Прилади для визначення значення дзета-потенціалу целюлозної суспензії</i>

### Лабораторні роботи

*В рамках викладання освітньої компоненти «Сучасні методи досліджень лігноцелюлозних матеріалів» передбачено проведення лабораторних робіт, які займають 50% аудиторного навантаження. Під час виконання лабораторних робіт з.в.о. набувають практичних навиків підготовки зразків лігноцелюлозних матеріалів до досліджень, приймають участь у проведенні досліджень та вчаться аналізувати отримані результати.*

*Основні завдання циклу лабораторних робіт:*

- ✓ допомогти з.в.о. закріпити отримані знання про сучасні методи досліджень лігноцелюлозних матеріалів;*
- ✓ навчити з.в.о. прийомам та особливостям підготовки зразків лігноцелюлозних матеріалів до випробувань відповідним методом дослідження;*
- ✓ навчити з.в.о. аналізувати отримані експериментальні результати та порівнювати їх з науковою та довідковою літературою;*
- ✓ робити висновки і пропозиції щодо подальшого проведення наукових досліджень з вибраної теми та розроблення технологій перероблення лігноцелюлозних матеріалів.*

<i>№ з/п</i>	<i>Назва теми лабораторної роботи та перелік основних питань</i>
1	<b>Інфрачервона спектроскопія з Фур'є перетворювачем (FTIR)</b> <i>Інструктаж з техніки безпеки роботи в лабораторії. Видача лігноцелюлозних матеріалів та визначення її вологості і зольності. Основні визначення і поняття методу FTIR. Підготовка лігноцелюлозних матеріалів до проведення досліджень. Проведення визначень показників лігноцелюлозних матеріалів методом FTIR. Аналіз отриманих експериментальних даних – 6 год.</i>
2	<b>Рентгенівська дифракція (XRD)</b>

	<i>Основні визначення і поняття методу XRD. Підготовка лігноцелюлозних матеріалів до проведення досліджень. Проведення визначень показників лігноцелюлозних матеріалів методом XRD. Аналіз отриманих експериментальних даних – 6 год.</i>
3	<b>Спектроскопія ядерного магнітного резонансу (13С ЯМР - спектроскопія)</b> <i>Основні визначення і поняття методу 13С ЯМР - спектроскопія. Підготовка лігноцелюлозних матеріалів до проведення досліджень. Проведення визначень показників лігноцелюлозних матеріалів методу 13С ЯМР - спектроскопії. Аналіз отриманих експериментальних даних. – 6 год.</i>
4	<b>Скануюча електронна мікроскопія (СЕМ)</b> <i>Основні визначення і поняття методу СЕМ. Підготовка лігноцелюлозних матеріалів до проведення досліджень. Етапи роботи з електронним мікроскопом. Проведення визначень показників лігноцелюлозних матеріалів методом СЕМ. Аналіз отриманих експериментальних даних – 6 год.</i>
5	<b>Проникаюча електронна мікроскопія (ТЕМ)</b> <i>Основні визначення і поняття методу ТЕМ. Підготовка лігноцелюлозних матеріалів до проведення досліджень. Проведення визначень показників лігноцелюлозних матеріалів методом ТЕМ. Аналіз отриманих експериментальних даних – 6 год.</i>
6	<b>Атомна силова мікроскопія (AFM)</b> <i>Основні визначення і поняття методу AFM. Підготовка лігноцелюлозних матеріалів до проведення досліджень. Проведення визначень показників лігноцелюлозних матеріалів методом AFM. Аналіз отриманих експериментальних даних – 6 год.</i> <b>Захист лабораторних робіт</b>

## 6. Самостійна робота з.в.о.

Самостійна робота з.в.о. займає 52 % часу вивчення курсу, включає також підготовку до написання модульної контрольної роботи та підготовку до заліку. Головне завдання самостійної роботи з.в.о. – це опанування наукових знань в області сучасних методів досліджень лігноцелюлозних матеріалів, що не ввійшла до переліку лекційних і практичних занять, шляхом особистого пошуку інформації, формування активного інтересу та творчого підходу у навчальній і науковій роботі.

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
<b>Розділ 1. Спектральні методи дослідження лігноцелюлозних матеріалів</b>		
1	<b>Інфрачервона спектроскопія (ІЧ) та інфрачервона спектроскопія з Фур'є перетворювачем (FTIR).</b> <i>Теоретичні основи і принципи дії інфрачервоної спектроскопії (ІЧ). Поділ ІЧ-хвиль за довжиною. Переваги і недоліки методу інфрачервоної спектроскопії з Фур'є перетворювачем (FTIR). Приклади використання методів ІЧ і FTIR. Приклади використання методів ІЧ і FTIR у целюлозно-паперовій промисловості.</i>	6

2	<p><b>Ультрафіолетова спектроскопія (УФ - спектроскопія) і рентгенівська фотоелектронна спектроскопія (Рентгенівська дифракція - XRD)</b></p> <p>Теоретичні основи та принципи дії ультрафіолетової спектроскопії (УФ - спектроскопія) і рентгенівської фотоелектронної спектроскопії (Рентгенівської дифракції - XRD). Закон Бугера – Ламберта – Бера. Особливості і можливості використання методів УФ-спектроскопії і XRD. Визначення ступеня кристалічності целюлозовмісних матеріалів</p>	8
3	<p><b>Спектроскопія комбінаційного розсіювання і спектроскопія ядерного магнітного резонансу (1H і 13C ЯМР - спектроскопія)</b></p> <p>Теоретичні основи та принципи дії методів спектроскопії комбінаційного розсіювання (СКР) і спектроскопії ядерного магнітного резонансу (1H і 13C ЯМР – спектроскопія). Блок-схема приладів та особливості використання методів СКР, 1H і 13C ЯМР.</p> <p>Завдання на СРС: Приклади використання методів СКР, 1H і 13C ЯМР-спектроскопії у целюлозно-паперовій промисловості</p>	8
<b>Розділ 2. Мікроскопічні методи досліджень лігноцелюлозних матеріалів</b>		
4	<p><b>Скануюча електронна мікроскопія (SEM)</b></p> <p>Основні групи електронних мікроскопів. Теоретичні основи та принципи дії методу скануючої електронної мікроскопії (SEM). Особливості і можливості використання методу SEM для визначення морфологічної будови і її зміни під час термохімічного оброблення. Приклади скануючих електронних мікроскопів.</p> <p>Завдання на СРС: Приклади використання методу SEM у целюлозно-паперовій промисловості</p>	8
5	<p><b>Проникаюча електронна мікроскопія (TEM)</b></p> <p>Теоретичні основи та принципи дії методу проникаючої електронної мікроскопії (TEM). Особливості і можливості використання методу TEM для визначення надмолекулярної будови частинок целюлози та підтвердження її нанорозмірів. Приклади приладів проникаючих електронних мікроскопів.</p> <p>Завдання на СРС: Приклади використання методу TEM у целюлозно-паперовій промисловості.</p>	8
6	<p><b>Атомна силова мікроскопія (AFM)</b></p> <p>Теоретичні основи та принципи дії методу атомної силової мікроскопії (AFM). Особливості і можливості використання методу AFM для визначення надмолекулярної будови частинок целюлози та підтвердження її нанорозмірів. Приклади атомних силових мікроскопів.</p> <p>Завдання на СРС: Приклади використання методу AFM спектроскопії у целюлозно-паперовій промисловості</p>	8
<b>Розділ 3. Інші сучасні методи дослідження лігноцелюлозних матеріалів</b>		
7	<p><b>Термогравіметричний метод аналізу (TGA)</b></p>	8

	<p>Теоретичні основи та принципи дії методу термогравіметричного аналізу (TGA) Особливості і можливості використання методу. Порівняльний аналіз термічної стійкості різних матеріалів. Приклади приладів TGA.</p> <p>Завдання на СРС: Приклади використання методу TGA у целюлозно-паперовій промисловості.</p>	
8	<p><b>Елементний аналіз і хроматографія</b></p> <p>Теоретичні основи та принципи дії методів елементного аналізу і хроматографії. Особливості і можливості використання методів. Чутливість методів до визначення значень домішок у лігноцелюлозних матеріалах. Приклади приладів та обладнання для проведення методів елементного аналізу і хроматографії.</p> <p>Завдання на СРС: Приклади використання методів елементного аналізу і хроматографії у целюлозно-паперовій промисловості</p>	8
9	<p><b>Методи визначення показників целюлози (модуль Юнга, Runkle ratio, дзета-потенціал волокнистих суспензій)</b></p> <p>Теоретичні основи та принципи дії методів визначення показників целюлози (модуль Юнга, Runkle ratio, дзета-потенціал). Особливості і можливості використання методів. Прилади та обладнання для проведення методів визначення показників целюлози (модуль Юнга, Runkle ratio, дзета-потенціал).</p> <p>Завдання на СРС: Приклади використання методів визначення показників целюлози (модуль Юнга, Runkle ratio, дзета-потенціал) у целюлозно-паперовій промисловості.</p>	8
10	Написання домашньої контрольної роботи	6
11	Підготовка до заліку	2
	<b>Всього годин</b>	<b>78</b>

## Політика та контроль

### 7. Політика освітнього компонента

#### Правила відвідування занять та поведінки на заняттях

Відвідування занять є обов'язковим компонентом оцінювання. З.в.о. зобов'язані брати активну участь в навчальному процесі, не спізнюватися на заняття та не пропускати їх без поважної причини, не заважати викладачу проводити заняття, не відволікатися на дії, що не пов'язані з навчальним процесом.

#### Правила призначення заохочувальних та штрафних балів

- заохочувальні бали можуть нараховуватись викладачем виключно за виконання творчих робіт з дисципліни, але їхня сума не може перевищувати 10% від рейтингової шкали;
- штрафні бали в рамках навчальної дисципліни не передбачені.

#### Політика дедлайнів та перескладань

У разі виникнення заборгованостей з освітньої компоненти або будь-яких форс-мажорних обставин, з.в.о. має зв'язатися з викладачем по доступних (наданих викладачем) каналах зв'язку для розв'язання проблемних питань та узгодження алгоритму дій для відпрацювання.

#### Політика академічної доброчесності

Плагіат та інші форми недоброчесної роботи неприпустимі. До плагіату відноситься відсутність посилань при використанні друкованих та електронних матеріалів, цитат, думок інших авторів. Списування під час контрольних робіт заборонені. Неприпустимі підказки та списування під час тестів, занять; здача заліку за іншого аспіранта; копіювання матеріалів, захищених системою авторського права, без дозволу автора роботи.

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

#### Політика академічної поведінки і етики

З.в.о. мають бути толерантним, поважати думку оточуючих, заперечення формулювати в коректній формі, конструктивно підтримувати зворотний зв'язок на заняттях.

Норми етичної поведінки аспірантів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

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

Розподіл навчального часу за видами занять і завдань з освітньої компоненти згідно з робочим навчальним планом:

Семестр	Навчальний час		Розподіл навчальних годин				Контрольні заходи		
	Кредити	акад. год.	Лекції	Практичні	Лаб. роб.	СРС	ДКР	РР	Семестрова атестація
<b>4</b>	<b>5</b>	<b>72</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>36</b>	<b>78</b>	<b>1</b>		<b>залік</b>

**Рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)** з.в.о. з освітньої компоненти складається з балів, що він отримує за відповіді під час експрес-контроль на лекціях; відповідях на практичних і лабораторних заняттях; виконання модульної контрольної роботи, яка може поділятися на дві 45-хвилинні або три 30-хвилинні роботи.

#### Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

##### 1) Відповіді під час експрес-контроль на лекціях:

Ваговий бал - 3. Ваговий коефіцієнт – 0,3. Максимальна кількість балів на всіх лекціях дорівнює: 9 лекцій (відповідей) x 3 бали x 0,3 = 8 балів

Критерії оцінювання відповіді:

Бали	Повнота відповіді
3	«відмінно», Повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації)
2	«добре», неповне розкриття одного з питань або повна відповідь з незначними неточностями
1	«задовільно», неповне розкриття питання (не менше 60 % потрібної інформації) та незначні помилки
0	Незадовільна робота (не відповідає вимогам на 3 бали).

##### 2) Відповіді на практичних заняттях:

Ваговий бал - 6. Ваговий коефіцієнт – 0,3. Максимальна кількість балів на всіх лабораторних заняттях дорівнює: 9 практ. (відповідей) x 6 балів x 0,3 = 16 балів

Критерії оцінювання відповіді:

Бали	Повнота відповіді
3	«відмінно», Повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації)
2	«добре», неповне розкриття одного з питань або повна відповідь з незначними неточностями
1	«задовільно», неповне розкриття питання (не менше 60 % потрібної інформації) та незначні помилки
0	Незадовільна робота (не відповідає вимогам на 3 бали).

3) Відповіді на лабораторних роботах:

Ваговий бал - 8. Ваговий коефіцієнт – 0,54. Максимальна кількість балів на всіх лабораторних заняттях дорівнює: 6 лаб (відповідей) x 8 балів x 0,54 = 26 балів

Критерії оцінювання відповіді:

Бали	Повнота та ознаки відповіді
1	знання теоретичного матеріалу;
1	знання методик аналізу;
1	наявність протоколу виконання роботи у лабораторному журналі;
1	при виконанні лабораторних робіт одержані достовірні результати;
1	у звіті правильно виконані розрахунки;
1	наявність висновків у лабораторної роботи;
2	чіткі відповіді на запитання під час захист лабораторної роботи;
1	у відповіді є неточності та помилки під час захист лабораторної роботи;
0	відповіді не відповідають сформульованій темі; усі поставлені запитання залишилися без відповіді. Захист лабораторної роботи не зараховано.
8	Максимальна сума балів за лабораторну роботу

4) Виконання домашньої контрольної роботи, яка складається із відповідей на 2 питань з одного із розділів навчальної дисципліни.

Ваговий бал - 3. Ваговий коефіцієнт – 1,67. Максимальна кількість балів за модульну контрольну роботу дорівнює: 2 питань x 3 балів x 1,67 = 10 балів

Критерії оцінювання відповіді:

Бали	Повнота відповіді
3	«відмінно», Повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації)
2	«добре», неповне розкриття одного з питань або повна відповідь з незначними неточностями
1	«задовільно», неповне розкриття питання (не менше 60 % потрібної інформації) та незначні помилки
0	Незадовільна робота (не відповідає вимогам на 3 бали).

### **Розрахунок шкали (R) рейтингу**

Рейтингова шкала дисципліни (R) складає 100 балів та формується як сума всіх рейтингових балів стартової шкали (Rc), отриманих аспірантом за результатами заходів поточного контролю, та залікової шкали (Rз) рейтингу. Розмір стартової шкали (Rc) рейтингу Rc

становить 60 балів:  $R_c = 8 + 16 + 26 + 10 = 60$  балів, а розмір  $R_z = 40$  балів. Таким чином, рейтингова шкала з дисципліни складає:  $R = R_c + R_z = 60 + 40 = 100$  балів.

Семестровим контролем є залік. Критерії залікового оцінювання. Відповідь на чотири питання, кожне із яких має ваговий бал 10. Максимальна кількість балів  $10 \times 4 = 40$  балів.

За результатами навчальної роботи за перші 7 тижнів аспірант може набрати 20 балів. На першій атестації (8-й тиждень) аспірант отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг складає не менше 10 балів.

За результатами 13 тижнів навчання аспірант має набрати 40 балів. На другій атестації (14-й тиждень) аспірант отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг складає не менше 20 балів.

Необхідною умовою допуску до заліку є регулярні позитивні відповіді на лекціях, практичних і лабораторних заняттях, написання модульної контрольної роботи, а також стартовий рейтинг ( $R_c$ ) не менше 40% від  $R_c$ , тобто 24 балів.

Аспірант, який набрав протягом семестру рейтинг менше 0,6  $R_c$ , виконує залікову контрольну роботу. При цьому всі бали, що були ним отримані протягом семестру скасовуються. Завдання контрольної роботи містить запитання, які відносяться до різних розділів програми. Перелік залікових запитань наведено у Розділі 9.

Для отримання аспірантом залікової оцінки, сума всіх зароблених протягом семестру рейтингових балів  $R$  переводиться згідно з таблицею:

<b>Кількість балів</b>	<b>Оцінка</b>
95...100	відмінно
85...94	дуже добре
75...84	добре
65...74	задовільно
60...64	достатньо
$RD < 60$	незадовільно
Не виконані умови допуску	не допущено

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

### **Приблизний перелік питань, які виносяться для виконання домашньої контрольної роботи**

1. Основи одного із методів дослідження лігноцелюлозних матеріалів (метод погоджується індивідуально для кожного аспіранта). Його переваги і недоліки для визначення показників лігноцелюлозних матеріалів.
2. Приклади використання цього методу для визначення показників лігноцелюлозних матеріалів для аналізу лігноцелюлозних матеріалів.

### **Приблизний перелік питань, які виносяться на семестровий контроль**

1. Сучасні тенденції розвитку технологій одержання лігноцелюлозних матеріалів. Потреба заміщення продуктів із вичерпних джерел вуглеводнів на матеріали із відновлювальної рослинної сировини.
2. Наукові проблеми вітчизняної целюлозно-паперової промисловості. Нові способи одержання лігноцелюлозних матеріалів.
3. Охарактеризуйте морфологічну структуру лігноцелюлозних матеріалів за даними скануючої електронної мікроскопії (наявність пор і домішок неволокнистого характеру)
4. Порівняйте за даними скануючої електронної мікроскопії капілярно-пористу будову різних представників рослинної сировини та її зміну в залежності від стадії термохімічного оброблення лігноцелюлозних матеріалів.

5. Проаналізуйте зміни форми ІЧ-спектрів зразків лігноцелюлозних матеріалів у залежності від стадії термохімічного оброблення зразків рослинної сировини.
6. Опишіть силу міжмолекулярних і внутрішньомолекулярних водневих зв'язків у целюлозі на основі даних ІЧ-спектрів.
7. Оцініть молекулярну упорядкованість целюлози за даними спектроскопії комбінаційного розсіювання.
8. Дайте структурно-хімічну характеристику зразків целюлози, виділеної із рослинної сировини, на основі аналізу форми елементарних піків рентгенограм зразків целюлози
9. Поясніть відмінність методики визначення ступеня кристалічності та індексу кристалічності целюлози за даними рентгеноструктурного аналізу.
10. Прокоментуйте можливості застосування методу  $^{13}\text{C}$  ЯМР-спектроскопії для вивчення зміни структури лігніну під час проведення різних способів делігніфікації рослинної сировини
11. В чому полягає методика вивчення елементного складу, хімічного та електронного стану атомів на поверхні лігноцелюлозного матеріалу методом рентгенівської фотоелектронної спектроскопії?
12. Прокоментуйте задачі, які дозволяє вирішувати метод трансмісійної електронної мікроскопії.
13. Охарактеризуйте принцип роботи приладу трансмісійної електронної мікроскопії. Від чого залежить формування контрастного зображення ТЕМ?
14. Наведіть приклади об'єктів використання приладу трансмісійної електронної мікроскопії у целюлозно-паперовій галузі.
15. Поясніть принцип і режим реєстрації сигналів у скануючому електронному мікроскопі (вторинні електрони, пружно-відбиті електрони, катодолюмінісценція, рентгеноспектральний мікроаналіз)
16. Прокоментуйте схему роботи скануючого електронного мікроскопу.
17. Охарактеризуйте основні теоретичні основи та принципи дії методу термогравіметричного аналізу лігноцелюлозних матеріалів.
18. Наведіть приклади використання методу термогравіметричного аналізу у целюлозно-паперовій промисловості.
19. Перерахуйте значення чутливості різних методів елементного аналізу до визначення значень домішок у лігноцелюлозних матеріалах.
20. Прокоментуйте можливості використання методів хроматографії у целюлозно-паперовій промисловості.
21. Надайте характеристику методам визначення таких показників целюлози, як модуль Юнга і Runkle ratio.
22. В чому полягає методика визначення дзета-потенціалу целюлози?
23. Наведіть значення дзета-потенціалу волокнистих суспензій

**Робочу програму освітньої компоненти (силабус):**

**Складено** к.х.н., професором Барбашем В. А.

**Ухвалено** кафедрою Е та ТРП (протокол № 3 від 16.09.2020)