



**«PROMOTING OF EUROPEAN SKILLS AND
APPROACHES FOR SUSTAINABLE
BIOECONOMY IN THE CONDITIONS
OF UKRAINIAN ACUTE CHALLENGES»
(PESAB)**

П. В. ПУЗИРЬОВА

МЕТОДИ ВИКЛАДАННЯ СТАЛОЇ БІОЕКОНОМІКИ



НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ

П. В. Пузирьова

МЕТОДИ ВИКЛАДАННЯ СТАЛОЇ БІОЕКОНОМІКИ

Навчальний посібник

Рекомендовано Вченою радою Київського
національного університету технологій та дизайну
для викладачів закладів освіти

КИЇВ 2026

УДК 37.091.33:338.2:502.131(075.8)

П-88

Рецензенти:

Ложачевська О. М. – д-р екон. наук, проф., завідувач кафедри менеджменту Національного транспортного університету;

Румик І. І. – д-р екон. наук, проф., завідувач кафедри економіки та фінансів Університет «КРОК»;

Бєбко С. В. – д-р екон. наук, доц., професор кафедри маркетингу Київського національного університету технологій та дизайну.

Рекомендовано до друку Вченою радою Київського
національного університету технологій та дизайну
для викладачів закладів освіти
(протокол № 7 від 26.02.2026)

П. В. Пузирьова

П-88 Методи викладання сталої біоекономіки: навч. посіб. /

П. В. Пузирьова. Київ: КНУТД, 2026. 108 с.

ISBN 978-617-7763-66-5

У навчальному посібнику розкриті теоретико-методологічні засади викладання сталої біоекономіки, сучасні методи викладання сталої біоекономіки для викладачів закладів освіти та базові методи оцінювання результатів навчання у викладанні біоекономіки. Призначений для викладачів у різних закладах освіти, які зацікавлені у просуванні знань сталої біоекономіки як міждисциплінарної освітньої галузі.

Підготовлено за підтримки Європейського Союзу в межах проєкту ERASMUS-JMO-2023-HEI-TCH-RSCH, 101127252 «Просування європейських навичок та підходів до сталої біоекономіки в умовах сучасних викликів в Україні» / «Promoting of European skills and approaches for sustainable bioeconomy in the conditions of Ukrainian acute challenges» (PESAB).

Фінансується Європейським Союзом. Проте висловлені погляди та думки належать лише авторам і не обов'язково відображають погляди Європейського Союзу чи Європейського виконавчого агентства з освіти та культури. Ні Європейський Союз, ні орган, що надає гранти, не можуть нести за них відповідальності.

УДК 37.091.33:338.2:502.131(075.8)

© Поліна Пузирьова, 2026

ISBN 978-617-7763-66-5

© КНУТД, 2026

З М І С Т

ПЕРЕДМОВА	4
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ВИКЛАДАННЯ СТАЛОЇ БІОЕКОНОМІКИ	8
1.1. Біоекономіка як міждисциплінарна освітня галузь	8
1.2. Парадигма сталого розвитку у викладанні біоекономіки	11
1.3. Європейський та міжнародний контекст викладання сталої біоекономіки	14
РОЗДІЛ 2. НАПОВНЕННЯ НАВЧАЛЬНОГО КУРСУ ЗІ СТАЛОЇ БІОЕКОНОМІКИ	18
2.1. Структура та логіка побудови курсу	18
2.2. Ключові тематичні блоки курсу	21
2.3. Актуалізація навчального контенту курсу	24
РОЗДІЛ 3. ПРАКТИКО-ОРІЄНТОВАНИЙ КОМПОНЕНТ НАВЧАЛЬНОГО ПОСІБНИКА	28
3.1. Практичні заняття з біоекономіки	28
3.2. Самостійна робота студентів	31
3.3. Проектна та стартап-орієнтована діяльність	35
РОЗДІЛ 4. СУЧАСНІ МЕТОДИ ТА ПІДХОДИ ДО ВИКЛАДАННЯ СТАЛОЇ БІОЕКОНОМІКИ	39
4.1. Компетентнісно-орієнтований підхід	39
4.2. Проблемно-орієнтоване навчання	43
4.3. Навчання на основі кейсів	47
4.4. Проектно-орієнтоване навчання	50
4.5. Міждисциплінарне та інтегроване навчання	54
4.6. Цифрові та data-driven методи	57
4.7. Симуляційне та сценарне навчання	61
4.8. Активні та інтерактивні методи навчання	65
4.9. Дослідницько-орієнтоване навчання	68
4.10. III-орієнтований підхід	72
4.11. Цифрово-платформенний підхід	76
4.12. Підхід, заснований на цифрових екосистемах	80
4.13. Концепція Education 5.0 та її значення для сталої біоекономіки	84
4.14. Інтеграційно-концептуальна модель викладання сталої біоекономіки	87
РОЗДІЛ 5. СУЧАСНІ МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ ПРИ ВИКЛАДАННІ СТАЛОЇ БІОЕКОНОМІКИ	91
5.1. Освітні цілі та принципи оцінювання	91
5.2. Основні сучасні методи оцінювання при викладанні сталої біоекономіки	92
ПІСЛЯМОВА	97
РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА	98

ПЕРЕДМОВА

Сучасний етап розвитку світової економіки характеризується поглибленням екологічних, ресурсних та соціально-економічних викликів, що зумовлює необхідність переходу до нових моделей сталого розвитку. Однією з таких моделей є біоекономіка, яка поєднує економічні, екологічні та інноваційні підходи до використання біологічних ресурсів, розвитку біотехнологій і формування циркулярних виробничих систем. У цьому контексті підготовка фахівців, здатних працювати в умовах біоекономічної трансформації, набуває стратегічного значення для національної економіки та інтеграції України у європейський науково-освітній простір.

Викладання біоекономіки у закладах освіти потребує оновлення методичних підходів, змісту навчальних дисциплін та форм організації освітнього процесу. Традиційні лекційно-семінарські методи не повною мірою забезпечують формування у здобувачів освіти системного мислення, міждисциплінарних компетентностей і практичних навичок, необхідних для роботи у сфері біоекономіки. Саме тому актуальним є впровадження сучасних методів викладання біоекономіки, орієнтованих на інтерактивне навчання, використання цифрові технології, практико-орієнтований підхід та інтеграцію науки, освіти й бізнесу.

Актуальність та важливість дослідження сучасних методів викладання біоекономіки для викладачів зумовлена низкою взаємопов'язаних чинників:

– біоекономіка є міждисциплінарною галуззю знань, що поєднує економіку, екологію, аграрні науки, біотехнології,

Просування європейських навичок та підходів до сталого біоекономіки в умовах сучасних викликів в Україні

управління інноваціями та сталий розвиток, що вимагає від викладачів застосування інтегрованих педагогічних підходів, здатних формувати цілісне бачення біоекономічних процесів у здобувачів освіти;

– цифровізація освіти та поширення інноваційних освітніх технологій суттєво змінюють роль викладача, який поступово переходить від транслятора знань до фасилітатора навчального процесу. У сфері біоекономіки це особливо важливо, оскільки галузь динамічно розвивається, а навчальні матеріали потребують постійного оновлення відповідно до сучасних наукових і практичних досягнень;

– інтеграція України до європейського освітнього та наукового простору актуалізує необхідність гармонізації методів викладання біоекономіки з європейськими стандартами вищої освіти, орієнтованими на компетентнісний підхід, академічну мобільність, розвиток підприємницького мислення та сталого розвитку;

– сучасні виклики – кліматичні зміни, обмеження ресурсів, продовольча безпека, післякризове та післявоєнне відновлення економіки – вимагають підготовки фахівців, здатних застосовувати біоекономічні рішення на практиці, що у свою чергу, підвищує вимоги до методів навчання та методичних інструментів, які використовують викладачі.

Практична цінність розкритих методів викладання сталої біоекономіки полягає у можливості їх використання у діяльності викладачів під час розробки, модернізації та реалізації навчальних дисциплін з біоекономіки та суміжних галузей.

Запропоновані сучасні методи викладання можуть бути використані: при формуванні та оновленні освітніх програм і

силабусів дисциплін з біоекономіки; у процесі впровадження інтерактивних, проєктних, кейс-орієнтованих, цифрових та інших методів навчання; для розвитку у здобувачів освіти практичних компетентностей, аналітичного та екосистемного мислення; при підготовці методичних рекомендацій, навчальних посібників і електронних освітніх ресурсів.

Крім того, результати дослідження можуть бути використані керівництвом закладів освіти при вдосконаленні освітнього процесу, підвищенні кваліфікації викладачів та впровадженні інноваційних педагогічних практик. Практичне значення також полягає у сприянні формуванню кадрового потенціалу для розвитку біоекономіки, сталого розвитку та інноваційної трансформації національної економіки. Таким чином, навчальний посібник «Методи викладання сталої біоекономіки» спрямований на підвищення якості підготовки фахівців у галузі біоекономіки та конкурентоспроможності освітніх програм.

Поширення кращих практик Європейського Союзу у сфері сталої біоекономіки передбачає як запровадження нових навчальних курсів для студентів та учнів, так і вдосконалення методів викладання сталої біоекономіки для викладачів та громадськості, використовуючи найкращий досвід ЄС.

Навчальний посібник підготовлено за підтримки Європейського Союзу в межах реалізації проєкту ERASMUS-JMO-2023-HEI-TCH-RSCH, 101127252 «Просування європейських навичок та підходів до сталої біоекономіки в умовах сучасних викликів в Україні» / «Promoting of European skills and approaches for sustainable bioeconomy in the conditions of Ukrainian acute challenges» (PESAB), де головною метою є популяризація знань Європейського Союзу для розвитку сталої біоекономіки в Україні.

Відповідно до Листа МОН від 17.10.2022 р. № 1/12168-22 Зкладам вищої освіти, науковим установам «Про поширення інформації» з метою популяризації результатів наукової, науково-технічної діяльності та найбільш перспективних розробок, зокрема у сферах ресурсоефективної економіки та зеленого зростання; біоекономіки, натуральних ресурсів; інклюзивного суспільства та активізації діяльності науковців дослідження аспектів біоекономіки набувають особливої значущості та актуальності, що сприяє пришвидшенню інтеграції України до Європейського дослідницького простору та формуванню позитивного іміджу вітчизняної науки.

РОЗДІЛ 1
ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ
ВИКЛАДАННЯ СТАЛОЇ БІОЕКОНОМІКИ

1.1. Біоекономіка як міждисциплінарна освітня галузь

Біоекономіка як науково-освітня концепція сформувалася на перетині економічних, природничих і технологічних наук у відповідь на глобальні виклики 19–21 ст., зокрема виснаження природних ресурсів, зміну клімату, продовольчу безпеку та необхідність переходу до сталих моделей розвитку. Початково біоекономіка розглядалася переважно як економіка біологічних ресурсів, зосереджена на аграрному виробництві, лісовому господарстві та біотехнологіях. У подальшому концепція зазнала суттєвої еволюції – від секторального підходу до системної парадигми економічного розвитку, що охоплює весь ланцюг створення вартості (від відновлюваних біоресурсів до кінцевих продуктів і послуг з високою доданою вартістю). Сучасне трактування біоекономіки ґрунтується на принципах раціонального використання біомаси, інноваційності, ресурсоефективності та мінімізації негативного впливу на довкілля.

У контексті освіти це означає перехід від фрагментарного вивчення окремих галузей до інтегрованого аналізу біоекономічних систем, у яких поєднуються економічні механізми, екологічні обмеження (безпека та ризики), соціальні наслідки та технологічні інновації. Таким чином, біоекономіка в освітньому процесі постає не лише як предмет вивчення, а як

інструмент формування нового типу економічного мислення, орієнтованого на довгострокову стійкість.

Особливо вагомим є зв'язок біоекономіки із зеленою економікою, циркулярною економікою та ESG підходами. Так, біоекономіка тісно пов'язана з концепціями зеленої та циркулярної економіки, утворюючи разом методологічне підґрунтя сучасних стратегій сталого розвитку. Зелена економіка фокусується на зменшенні екологічних ризиків та підвищенні добробуту суспільства, тоді як біоекономіка забезпечує ресурсну та технологічну основу для досягнення цих цілей шляхом використання відновлюваних біоресурсів і біоінновацій.

Циркулярна економіка, у свою чергу, лежить в основі біоекономіки та принципів замкнених циклів виробництва і споживання, повторного використання ресурсів, переробки відходів та продовження життєвого циклу продуктів. У навчальному контексті це вимагає формування у студентів системного бачення потоків ресурсів, енергії та вартості в біоекономічних системах.

Важливим елементом сучасної інтерпретації біоекономіки є інтеграція підходів ESG (Environmental, Social, Governance). Біоекономічні рішення дедалі частіше оцінюються не лише за економічною ефективністю, а й за екологічними та соціальними наслідками, а також якістю управління, що зумовлює необхідність включення ESG-логіки у викладання біоекономіки, зокрема в частині оцінювання впливу проектів, формування відповідального бізнесу та розробки політик сталого розвитку.

Отже, біоекономіка в освітньому вимірі виступає інтеграційною платформою, яка поєднує економічні, екологічні

та соціальні підходи, забезпечуючи комплексне розуміння процесів сталого розвитку.

У системі економічних дисциплін біоекономіка займає особливе місце як міждисциплінарна та прикладна галузь знань, що поєднує елементи макро- та мікроекономіки, економіки природокористування, інституціональної економіки, інноваційної економіки та економіки сталого розвитку. На відміну від класичних економічних курсів, які переважно зосереджуються на ринкових механізмах і фінансових показниках, біоекономіка акцентує увагу на:

- довгострокових обмеженнях ресурсів;
- екологічних зовнішніх ефектах;
- міжсекторальних зв'язках;
- ролі державної політики та міжнародних стратегій;
- впливі інновацій і цифрових технологій.

Біоекономіка виконує інтегруючу функцію, забезпечуючи зв'язок між економічною теорією та практичними викликами сталого розвитку, яка може виступати як самостійна дисципліна, так і як міждисциплінарний модуль у освітніх програмах з економіки, менеджменту, міжнародних відносин, агробізнесу, екології, біотехнологій та публічного управління. Таким чином, викладання біоекономіки формує у студентів комплексне економічне бачення, здатність працювати на перетині дисциплін і приймати обґрунтовані рішення в умовах обмеженості ресурсів, екологічних викликів і трансформації глобальної економіки.

Отже, біоекономіка як міждисциплінарна освітня галузь поєднує економічну теорію, екологічні підходи та інноваційні технології, формуючи методологічну основу викладання сталого розвитку. Інтеграція біоекономіки в систему економічних

дисциплін сприяє розвитку екосистемного мислення, міждисциплінарних компетентностей та підготовці фахівців, здатних ефективно діяти в умовах зеленої та цифрової трансформації економіки.

1.2. Парадигма сталого розвитку у викладанні біоекономіки

Парадигма сталого розвитку є фундаментальною теоретико-методологічною основою викладання біоекономіки, оскільки саме вона задає ціннісні орієнтири, цілі та обмеження економічної діяльності, що базується на використанні біологічних ресурсів. У навчальному курсі з біоекономіки ця парадигма виконує роль інтеграційної рамки, яка поєднує економічні, екологічні та соціальні аспекти розвитку, формуючи у студентів екосистемне бачення довгострокових трансформацій економіки.

Цілі сталого розвитку (ЦСР), ухвалені в межах Організації Об'єднаних Націй, є ключовою методологічною платформою для формування змісту та логіки викладання біоекономіки. ЦСР визначають стратегічні орієнтири розвитку суспільства до 2030 р. та безпосередньо корелюють із концепцією біоекономіки як інструменту переходу до ресурсоефективної та кліматично нейтральної моделі зростання.

У навчальному процесі ЦСР виконують такі функції:

- цільову – визначають бажані соціально-економічні та екологічні результати біоекономічних трансформацій;
- структурну – слугують основою для побудови тематичних модулів курсу (біоенергетика, агробіоекономіка, циркулярні біомоделі, сталий розвиток регіонів);

– оціночну – дозволяють аналізувати ефективність біоекономічних рішень через систему індикаторів сталого розвитку.

Особлива увага у викладанні біоекономіки приділяється таким цілям сталого розвитку, як подолання бідності та голоду, забезпечення відповідального виробництва і споживання, боротьба зі зміною клімату, розвиток інновацій та сталих інституцій, що дає змогу інтегрувати глобальні пріоритети у локальний і національний контекст біоекономічної політики.

Також, однією з ключових методологічних засад викладання сталої біоекономіки є принцип триєдності сталого розвитку, який передбачає збалансоване поєднання економічної ефективності, екологічної безпеки та соціальної справедливості. У межах навчального курсу з біоекономіки цей принцип розглядається не декларативно, а як інструмент практичного аналізу управлінських і політичних рішень.

Економічний вимір сталості у біоекономіці охоплює питання продуктивності використання біоресурсів, інноваційності, конкурентоспроможності біоекономічних секторів та створення доданої вартості. Екологічний вимір акцентує увагу на збереженні екосистем, скороченні викидів парникових газів, запобіганні деградації земель і біорізноманіття. Соціальний вимір пов'язаний із зайнятістю, розвитком сільських територій, продовольчою безпекою та соціальною інклюзією.

У навчальному процесі баланс цих цілей досягається через:

- аналіз конфліктів між економічним зростанням і екологічною безпекою;
- оцінювання соціальних наслідків біоекономічних проєктів;

– використання ESG-підходів як інструменту інтегрованого аналізу.

Таким чином, студенти (учні) навчаються приймати рішення в умовах багатокритеріальності та усвідомлювати довгострокові наслідки економічних трансформацій.

Ще однією важливою складовою парадигми сталого розвитку у викладанні біоекономіки є орієнтація на досягнення кліматичної нейтральності. Біоекономіка розглядається як один із ключових інструментів виконання міжнародних кліматичних зобов'язань, зокрема Паризької кліматичної угоди, а також стратегічних документів, зокрема Європейський зелений курс. Саме тому у навчальному курсі біоекономіка аналізується як:

– джерело відновлюваної енергії та низьковуглецевих технологій;

– механізм декарбонізації аграрного, промислового та енергетичного секторів;

– інструмент адаптації економіки до кліматичних змін.

Особливий акцент робиться на ролі біоенергетики, біоматеріалів, біотехнологій і циркулярних біомоделей у зменшенні вуглецевого сліду та підвищенні кліматичної стійкості регіонів. Водночас у навчальному процесі підкреслюється, що біоекономіка не є автоматично «зеленою» і потребує чітких регуляторних рамок, науково обґрунтованих підходів і системи моніторингу впливу на довкілля.

Методологічне значення парадигми сталого розвитку у викладанні біоекономіки забезпечує:

– формування системного та міждисциплінарного мислення студентів;

- орієнтацію навчального процесу на довгострокові суспільні цілі;
- поєднання теоретичних знань із практикою політики та бізнесу;
- підготовку фахівців, здатних працювати в умовах зеленої та цифрової трансформації економіки.

Таким чином, сталий розвиток виступає не лише тематичним контекстом, а методологічним каркасом викладання біоекономіки, що визначає зміст, методи та результати навчання.

1.3. Європейський та міжнародний контекст викладання сталої біоекономіки

Сучасне викладання сталої біоекономіки формується під визначальним впливом європейських та міжнародних стратегічних документів, освітніх політик і рамок компетентностей, спрямованих на забезпечення сталого розвитку, кліматичної нейтральності та інноваційної трансформації економіки. У цьому контексті освітні програми з біоекономіки мають бути інтегрованими у європейський простір вищої освіти та узгодженими з ключовими політиками ЄС.

Формування змісту навчальних дисциплін з біоекономіки в європейських університетах базується на стратегічних документах, розроблених Європейською комісією, які визначають біоекономіку як один із ключових інструментів переходу до кліматично нейтральної, ресурсоефективної та конкурентоспроможної економіки. До базових рамкових документів належать:

Просування європейських навичок та підходів до сталої біоекономіки в умовах сучасних викликів в Україні

– EU Bioeconomy Strategy, яка акцентує увагу на сталому використанні біоресурсів, розвитку біоінновацій та створенні доданої вартості у регіонах;

– European Green Deal, що визначає біоекономіку як структурний елемент зеленої трансформації;

– ініціативи ЄС у сфері циркулярної економіки, кліматичної політики та енергетичного переходу.

У методичному вимірі ці стратегії зумовлюють: включення до навчальних програм аналізу політик ЄС; орієнтацію на прикладні кейси реалізації біоекономічних проектів; формування у студентів екосистемного бачення взаємозв'язку між економічними, екологічними та соціальними цілями розвитку.

Таким чином, європейські стратегії біоекономіки виконують роль концептуального каркасу для побудови навчальних курсів і визначення їхніх результатів навчання.

Також, Європейський та міжнародний контекст викладання біоекономіки тісно пов'язаний із впровадженням принципів програми Erasmus+, яка орієнтована на:

- студентоцентроване навчання;
- розвиток міждисциплінарних і трансуніверсальних компетентностей;
- інтернаціоналізацію освітніх програм;
- використання цифрових і інноваційних педагогічних підходів.

У рамках Erasmus+ біоекономіка розглядається як пріоритетна тематика, що поєднує: сталий розвиток; інновації; регіональний розвиток; соціальну відповідальність бізнесу.

Водночас зростає роль ESG-освіти, яка інтегрує екологічні (Environmental), соціальні (Social) та управлінські (Governance)

аспекти у навчальний процес. Для викладання сталої біоекономіки це означає:

- акцент на оцінюванні екологічних і соціальних ефектів біоекономічних рішень;
- формування навичок аналізу ESG-індикаторів;
- підготовку студентів до роботи в умовах відповідального інвестування та сталого корпоративного управління.

Поєднання принципів Erasmus+ та ESG-освіти сприяє формуванню глобально конкурентоспроможних фахівців, здатних працювати в європейському та міжнародному середовищі.

Гармонізація освітніх програм з біоекономіки з європейськими стандартами є необхідною умовою забезпечення якості вищої освіти та академічної мобільності. Вона здійснюється в межах Болонського процесу та передбачає: орієнтацію на результати навчання; застосування компетентнісного підходу; використання системи ECTS; прозорі механізми оцінювання та забезпечення якості.

У контексті біоекономіки гармонізація означає: узгодження змісту дисциплін з європейськими тематичними пріоритетами; включення міждисциплінарних модулів; інтеграцію цифрових, аналітичних і дослідницьких компонентів; використання англійських джерел і кейсів ЄС.

Особливе значення має адаптація програм до потреб зеленого та цифрового переходу, що підвищує їхню привабливість для студентів і роботодавців та сприяє інтеграції національних освітніх систем у європейський освітній простір.

Отже, європейський та міжнародний контекст викладання сталої біоекономіки визначає не лише зміст навчальних дисциплін, а й методологію, педагогічні підходи та очікувані

результати навчання. Інтеграція європейських стратегій біоекономіки, принципів Erasmus+ і ESG-освіти, а також гармонізація освітніх програм з вимогами ЄС створюють підґрунтя для формування сучасних, конкурентоспроможних та соціально відповідальних фахівців у сфері біоекономіки.

РОЗДІЛ 2

НАПОВНЕННЯ НАВЧАЛЬНОГО КУРСУ ЗІ СТАЛОЇ БІОЕКОНОМІКИ

2.1. Структура та логіка побудови курсу

Навчальний курс зі сталої біоекономіки побудовано на засадах модульності, компетентнісної орієнтації та інтеграції теоретичних і прикладних компонентів, що відповідає сучасним вимогам вищої освіти, принципам сталого розвитку та європейським підходам до формування міждисциплінарних освітніх програм.

Логіка побудови курсу спрямована на послідовне формування у студентів цілісного уявлення про біоекономіку як економічну систему, що поєднує використання біоресурсів, інноваційні технології, екологічну відповідальність і соціальну сталість.

Курс рекомендовано структурувати за модульним принципом, що забезпечує гнучкість навчання, можливість адаптації до різних освітніх програм та логічну послідовність засвоєння матеріалу. Кожен модуль є відносно автономним, але водночас логічно пов'язаним з іншими модулями та орієнтованим на досягнення конкретних результатів навчання.

Типова модульна структура курсу включає:

1. Вступний модуль, спрямований на формування базових уявлень про концепцію біоекономіки, її еволюцію, зв'язок із парадигмою сталого розвитку та глобальними викликами.

2. Фундаментальні модулі, у межах яких розкриваються теоретичні основи сталої біоекономіки, економіка біоресурсів, циркулярні моделі виробництва та споживання.

3. Прикладні модулі, присвячені аналізу окремих секторів біоекономіки (агробіоекономіка, біоенергетика, біопромисловість, біоекономіка регіонів і міст).

4. Інтеграційний модуль, орієнтований на міждисциплінарний аналіз, проєктну діяльність, кейс-стаді та формування системного бачення.

5. Підсумковий модуль, що забезпечує узагальнення отриманих знань, рефлексію та оцінювання сформованих компетентностей.

Модульний підхід дозволяє поєднувати аудиторну, дистанційну та самостійну роботу, а також забезпечує можливість використання змішаних і цифрових форматів навчання.

Зміст курсу поділяється на обов'язкову та вибіркочу складові, що дає змогу поєднати стандартизовані вимоги освітньої програми з індивідуальними освітніми траєкторіями студентів.

Обов'язкові теми формують ядро курсу та забезпечують:

- розуміння сутності та принципів сталої біоекономіки;
- засвоєння базових економічних, екологічних і соціальних аспектів використання біоресурсів;
- ознайомлення з ключовими політиками, стратегіями та інструментами регулювання біоекономічного розвитку;
- формування екосистемного мислення щодо взаємозв'язку економіки, довкілля та суспільства.

Вибіркові теми орієнтовані на поглиблення знань відповідно до: спеціалізації освітньої програми; професійних інтересів студентів; регіонального або галузевого контексту.

До вибіркових тем можуть належати питання біоекономічних інновацій, біостартапів, регіональної біоекономіки, ESG-стратегій, цифровізації біоекономічних процесів, кліматичної політики та «зеленого» фінансування.

Такий підхід забезпечує гнучкість змісту курсу та його актуальність у динамічних соціально-економічних умовах.

Однією з ключових логічних засад побудови курсу є тісний зв'язок теоретичних положень із практичною діяльністю, що відповідає вимогам компетентісно орієнтованого навчання.

Теоретичний матеріал курсу подається як основа для аналізу реальних біоекономічних процесів, прийняття управлінських рішень та розробки практичних рекомендацій. Практична складова реалізується через:

- аналіз кейсів з реальної практики біоекономічних проєктів;
- виконання аналітичних і розрахункових завдань;
- проєктну та дослідницьку діяльність;
- роботу з відкритими статистичними та аналітичними джерелами;
- розробку сценаріїв і стратегій сталого розвитку.

Поєднання теорії та практики дозволяє сформувати у студентів здатність застосовувати знання у професійній діяльності, критично оцінювати альтернативні рішення та обґрунтовувати їх з позицій економічної доцільності, екологічної відповідальності та соціальної значущості.

Таким чином, структура та логіка побудови курсу «Стала біоекономіка» забезпечують:

- системність і послідовність навчання;
- орієнтацію на формування ключових компетентностей;

- гнучкість і адаптивність до різних освітніх програм;
- інтеграцію теоретичних знань і практичних навичок;
- відповідність сучасним викликам сталого розвитку та цифрової трансформації економіки.

2.2. Ключові тематичні блоки курсу

Змістове наповнення курсу зі сталої біоекономіки формується за модульним принципом та охоплює основні напрями розвитку біоекономічних систем у контексті сталого розвитку, цифрової трансформації та європейської інтеграції. Кожен тематичний блок поєднує теоретичні положення, аналітичні інструменти та практико-орієнтовані завдання, що забезпечує формування екосистемного економічного мислення у сфері біоекономіки.

Біоресурси та їх економічна оцінка

Даний тематичний блок спрямований на формування у студентів розуміння економічної сутності біоресурсів як ключового драйвера сталого розвитку та основи біоекономіки. Розглядаються такі види біоресурсів: аграрні; лісові; водні; відходи біологічного походження, їх відтворюваність, обмеженість і конкурентоздатність у процесі використання.

Основна увага приділяється: економічній класифікації біоресурсів; методам грошової та негрошової оцінки біоресурсів; аналізу екосистемних послуг; оцінці альтернативних сценаріїв

використання біоресурсного потенціалу; обліку екологічних та соціальних зовнішніх ефектів.

У межах блоку студенти опановують підходи до оцінювання вартості біоресурсів з урахуванням принципів сталого розвитку, що дозволяє обґрунтовувати управлінські рішення на макро-, мезо- та мікрорівнях.

Біоенергетика та біопромисловість

Цей блок присвячений аналізу біоенергетики та біопромисловості як стратегічних секторів зеленої трансформації економіки. Розглядаються економічні передумови розвитку біоенергетичних технологій, їх конкурентоспроможність у порівнянні з традиційними енергетичними джерелами, а також роль державної підтримки та інвестиційних механізмів.

Зміст блоку охоплює: основні види біоенергії та біопалива; економічну ефективність біоенергетичних проєктів; ланцюги створення доданої вартості у біопромисловості; вплив біоенергетики на енергетичну безпеку; екологічні та соціальні наслідки розвитку біоенергетичних систем.

Особлива увага приділяється аналізу європейських практик розвитку біоенергетики та їх адаптації до національних умов.

Агробіоекономіка

Блок «Агробіоекономіка» розкриває роль аграрного сектору як базового елементу біоекономічної системи. Розглядаються економічні механізми сталого використання

сільськогосподарських біоресурсів, впровадження інноваційних технологій та підвищення ефективності агровиробництва.

Ключові питання блоку: аграрна біоекономіка в системі продовольчої безпеки; економіка органічного та регенеративного землеробства; використання агровідходів у біоекономіці; цифровізація аграрного сектору; інтеграція агробіоекономіки у глобальні ланцюги вартості. У межах блоку формуються навички аналізу економічної результативності агробіоекономічних моделей з урахуванням екологічних обмежень та соціальних наслідків.

Біоекономіка міст і регіонів

Даний тематичний блок спрямований на вивчення просторового виміру біоекономіки та її ролі у сталому розвитку територій. Розглядаються особливості формування біоекономічних систем на рівні міст і регіонів, їх взаємозв'язок з регіональною політикою та смарт-спеціалізацією.

Основні напрями вивчення: концепція регіональної біоекономіки; урбаністичні біоекономічні рішення; циркулярні моделі на місцевому рівні; регіональні біоекономічні кластери; роль місцевих громад та органів влади. Блок сприяє формуванню просторово-економічного мислення та здатності оцінювати регіональні стратегії розвитку біоекономіки.

Інновації та стартапи в біоекономіці

Заключний тематичний блок орієнтований на інноваційний вимір біоекономіки та розвиток підприємницьких

компетентностей студентів. Розглядаються механізми комерціалізації біоекономічних інновацій, формування стартап-екосистем та роль фінансових інструментів.

Зміст блоку включає: інноваційні технології у біоекономіці; бізнес-моделі біоекономічних стартапів; венчурне та грантове фінансування; акселераційні програми та інкубатори; оцінку ризиків і масштабування біоекономічних проєктів.

Особливий акцент робиться на формуванні навичок підготовки інноваційних проєктів, бізнес-планів та презентацій для інвесторів і стейкхолдерів.

Таким чином, сукупність ключових тематичних блоків курсу зі сталої біоекономіки забезпечує комплексне розуміння біоекономіки як сучасної економічної системи, що інтегрує природні ресурси, інновації, просторовий розвиток і підприємництво, формуючи основу для підготовки фахівців нового покоління.

2.3. Актуалізація навчального контенту курсу

Актуалізація навчального контенту курсу зі сталої біоекономіки є необхідною умовою забезпечення його відповідності сучасним глобальним викликам, європейським політикам сталого розвитку та динамічним технологічним змінам.

Біоекономіка як міждисциплінарна галузь формується на перетині економіки, екології, біотехнологій, інновацій, аграрного сектору та енергетики, що зумовлює потребу у постійному оновленні навчальних матеріалів та їх адаптації до реального соціально-економічного контексту.

Ключовим інструментом актуалізації навчального контенту є системне залучення міжнародних та національних аналітичних джерел, які відображають сучасний стан і тенденції розвитку сталої біоекономіки. Доцільним є використання:

- стратегічних та аналітичних звітів міжнародних організацій (FAO, OECD, World Bank);
- статистичних баз і аналітичних панелей (аграрне виробництво, біоенергетика, викиди парникових газів, зайнятість у біоекономіці);
- європейських нормативно-правових документів, зокрема стратегій і планів дій у сфері біоекономіки та сталого розвитку;
- національних програм і концепцій розвитку біоекономіки, кліматичної політики та зеленої трансформації.

Використання таких джерел дозволяє: формувати у студентів навички роботи з реальними, а не навчальними даними; забезпечувати зв'язок теоретичних положень із сучасною практикою; інтегрувати курс у контекст реалізації Цілей сталого розвитку та європейської інтеграції.

У навчальному процесі доцільно застосовувати звіти як: ілюстративний матеріал до лекцій; основу для практичних і аналітичних завдань; джерело даних для курсових і проєктних робіт; базу для формування критичного мислення та порівняльного аналізу. Необхідно зазначити, що стрімкий розвиток цифрових, біотехнологічних та аналітичних інструментів безпосередньо впливає на трансформацію біоекономічних систем, що має бути відображено у змісті навчального курсу.

Оновлення контенту здійснюється шляхом включення до курсу:

- сучасних технологій біоенергетики, біопереробки та циркулярного використання ресурсів;
- цифрових рішень у сфері агробіоекономіки (precision farming, big data, IoT);
- data-driven та GIS-підходів до аналізу біоресурсів;
- інноваційних бізнес-моделей і стартапів у сфері біоекономіки.

Таке оновлення дозволяє: підвищити практичну спрямованість курсу; підготувати студентів до роботи в умовах цифрової економіки; сформувати розуміння технологічних драйверів сталого розвитку.

Біоекономіка є значною мірою політично та регуляторно зумовленою сферою, тому зміст навчального курсу має оперативно реагувати на зміни політик, стратегій і нормативно-правових рамок. До оновлення навчального контенту доцільно включати: аналіз оновлених європейських стратегій біоекономіки та кліматичної нейтральності; зміни у політиці підтримки «зелених» інвестицій та ESG-фінансування; регуляторні вимоги до скорочення викидів, використання відновлюваних ресурсів, екологічної звітності; національні пріоритети післявоєнного відновлення та сталого розвитку.

У результаті студенти отримують: цілісне бачення ролі державної політики у формуванні біоекономіки; навички аналізу нормативно-правових документів; здатність оцінювати вплив регуляторних змін на бізнес і регіональний розвиток.

Для забезпечення системної актуалізації курсу зі сталої біоекономіки доцільно застосовувати такі методичні підходи: щорічний перегляд і оновлення переліку рекомендованих джерел; інтеграцію нових звітів і статистичних даних у практичні заняття;

використання тематичних кейсів; залучення студентів до пошуку й аналізу актуальних джерел; поєднання стабільного теоретичного ядра курсу з гнучким прикладним контентом.

Таким чином, актуалізація навчального контенту курсу зі сталої біоекономіки забезпечує його відповідність сучасним викликам, практичну орієнтацію та інтеграцію в європейський освітній і політичний простір. Системне використання актуальних даних, звітів і нормативно-правових документів сприяє формуванню у студентів аналітичного мислення, професійних компетентностей і готовності до роботи у сфері сталої біоекономіки.

РОЗДІЛ 3

ПРАКТИКО-ОРІЄНТОВАНИЙ КОМПОНЕНТ НАВЧАЛЬНОГО ПОСІБНИКА

3.1. Практичні заняття з біоекономіки

Практичні заняття з біоекономіки є ключовим елементом формування професійних компетентностей здобувачів освіти, оскільки забезпечують перехід від теоретичного засвоєння концепцій сталого розвитку до їх прикладного використання у сфері управління біоресурсами, біоекономічними проектами та політиками. Практико-орієнтований формат навчання дозволяє студентам працювати з реальними даними, аналітичними інструментами та управлінськими ситуаціями, що відповідає сучасним вимогам ринку праці та принципам компетентнісного підходу.

Практичні заняття з біоекономіки доцільно будувати за принципом поступового ускладнення, поєднуючи розрахункові, аналітичні та кейсові завдання з міждисциплінарною інтеграцією економічних, екологічних і соціальних аспектів.

Типова структура практичного заняття

Типова структура практичного заняття з біоекономіки має бути уніфікованою, що забезпечує методичну послідовність і прозорість вимог до студентів. Рекомендована структура практичної роботи включає такі елементи:

1. Мета та очікувані результати навчання – формується з урахуванням програмних результатів навчання дисципліни та компетентностей, які мають бути сформовані (аналітичні, професійні, цифрові, управлінські).

2. Теоретичне підґрунтя (короткий огляд) – містить стислий виклад ключових понять, моделей і підходів, необхідних для виконання практичного завдання (наприклад, принципи біоекономічної ефективності, концепція ESG, підходи до оцінки сталості).

3. Опис практичного завдання – чітко визначається проблема або аналітичне питання, яке необхідно розв'язати (економічна доцільність, екологічний ефект, соціальний вплив тощо).

4. Вхідні дані та інформаційна база – надається перелік вихідних даних, джерел інформації, статистичних показників або сценарних припущень.

5. Методика виконання – описується алгоритм розрахунків або аналізу, перелік показників, формули, логіка інтерпретації результатів.

6. Представлення результатів – виконання таблиць, графіків, схем, коротких аналітичних висновків.

7. Контрольні запитання та завдання для саморефлексії – спрямовані на оцінювання глибини розуміння матеріалу та здатності до критичного мислення.

Аналітичні та розрахункові завдання

Аналітичні та розрахункові завдання є базовою формою практичної підготовки студентів у сфері біоекономіки, що спрямовані на формування навичок роботи з економічними,

екологічними та соціальними індикаторами сталого розвитку. До основних типів таких завдань належать:

1. Розрахунок економічної ефективності біоекономічних проєктів – студенти здійснюють оцінку витрат і вигід, розрахунок показників ефективності (дохідність, окупність, економічний ефект) з урахуванням специфіки біоекономічної діяльності.

2. Аналіз екологічних показників – передбачає розрахунок скорочення викидів, ефективності використання ресурсів, рівня екологічного навантаження.

3. Оцінка соціального ефекту біоекономіки – включає аналіз зайнятості, регіонального розвитку, соціальної інклюзії.

4. Комплексний аналіз сталості – поєднує економічні, екологічні та соціальні показники у межах інтегрованих індексів або матриць оцінювання.

Аналітичні завдання можуть виконуватися індивідуально або в малих групах із подальшим обговоренням результатів, що сприяє розвитку комунікативних і командних навичок.

Робота з реальними кейсами у сфері біоекономіки

Робота з кейсами є одним із найефективніших інструментів практичного навчання у біоекономіці, оскільки моделює реальні управлінські, економічні та політичні ситуації. Кейсовий підхід дозволяє інтегрувати теоретичні знання з аналізом практики функціонування біоекономічних систем.

Кейси доцільно класифікувати за такими напрямками: біоекономічна політика та стратегічне планування; управління біоекономічними проєктами; регіональний розвиток і

біоекономіка; інновації та стартапи у сфері біоекономіки; ESG та сталий розвиток бізнесу.

Типова робота з кейсом включає: аналіз вихідної ситуації та проблеми; визначення ключових стейкхолдерів; оцінку альтернативних управлінських рішень; обґрунтування оптимального варіанту з позицій сталого розвитку.

Формування висновків і рекомендацій

Використання реальних кейсів підвищує мотивацію студентів, сприяє розвитку системного мислення та формує здатність приймати обґрунтовані рішення в умовах невизначеності.

Таким чином, практичні заняття з біоекономіки є ключовим елементом практико-орієнтованого навчального посібника, забезпечуючи формування професійних компетентностей, інтеграцію теорії з практикою та підготовку студентів до реальних викликів сталого розвитку та цифрової економіки.

3.2. Самостійна робота студентів

Самостійна робота студентів зі сталої біоекономіки є невід'ємною складовою практико-орієнтованого навчання та спрямована на формування навичок самостійного аналізу, критичного мислення і прийняття обґрунтованих рішень у сфері сталого розвитку, що забезпечує поглиблення теоретичних знань, розвиток дослідницьких компетентностей та здатність працювати

з реальними даними, аналітичними матеріалами і політико-економічними документами.

Самостійна робота студентів заснована на принципах індивідуалізації, доказовості, міждисциплінарності та практичної спрямованості і включає індивідуальні дослідження, підготовку аналітичних записок та роботу з відкритими даними і звітами міжнародних організацій.

Індивідуальні дослідження

Індивідуальні дослідження спрямовані на формування навичок науково-аналітичної роботи та здатності самостійно досліджувати актуальні проблеми біоекономіки на національному, регіональному або галузевому рівнях.

Основні напрями індивідуальних досліджень можуть включати:

- аналіз потенціалу біоекономіки окремого регіону;
- оцінку ефективності біоекономічного проєкту або технології;
- дослідження ролі біоекономіки у досягненні цілей сталого розвитку;
- порівняльний аналіз біоекономічних стратегій країн ЄС;
- вплив цифровізації на розвиток біоекономічних секторів.

Етапи виконання індивідуального дослідження:

1. Вибір теми та формулювання дослідницького запитання.
2. Визначення мети, завдань та об'єкта дослідження.
3. Підбір інформаційної бази та джерел даних.
4. Аналітична обробка інформації (порівняння, індикаторний аналіз, прості розрахунки).

5. Формування висновків і практичних рекомендацій.

Результат виконання: аналітичний звіт або міні-дослідження обсягом 5–7 сторінок із таблицями, графіками та аргументованими висновками.

Підготовка аналітичних записок

Аналітичні записки є ефективною формою самостійної роботи, орієнтованою на підготовку студентів до професійної діяльності у сфері публічної політики, консалтингу та управління біоекономічними проєктами, які навчають стисло, логічно та аргументовано викладати результати аналізу для цільової аудиторії.

Типові теми аналітичних записок:

- доцільність державної підтримки біоенергетики;
- розвиток циркулярної біоекономіки в регіоні;
- вплив біоекономічних проєктів на зайнятість і довкілля;
- інтеграція ESG-принципів у біоекономічні підприємства.

Рекомендована структура аналітичної записки:

1. Проблема та її актуальність.
2. Короткий аналіз ситуації (на основі даних).
3. Ключові висновки.
4. Рекомендації (2–4 чіткі пропозиції).
5. Очікувані ефекти впровадження.

Вимоги до оформлення: обсяг 2–3 сторінки; наявність таблиць або графіків; чітка аргументація на основі даних.

Результат виконання: аналітична записка, орієнтована на ухвалення управлінських чи політичних рішень.

Робота з відкритими даними та звітами

Робота з відкритими даними та аналітичними звітами міжнародних організацій є ключовим елементом формування data-driven мислення у студентів, що забезпечує здатність працювати з достовірними джерелами інформації та використовувати їх для обґрунтування висновків.

Основні джерела відкритих даних та звітів:

- національні статистичні служби;
- міжнародні організації (FAO, Світовий банк, OECD, Eurostat);

- звіти з питань сталого розвитку, клімату та біоекономіки;

- аналітичні доповіді профільних міністерств і агенцій.

Типові завдання для самостійної роботи:

- аналіз динаміки показників біоекономіки за 5–10 років;

- побудова порівняльних таблиць і графіків;

- виявлення трендів, ризиків та можливостей;

- критичний аналіз методології збору даних.

Результат виконання: аналітична довідка з візуалізаціями та коротким коментарем щодо достовірності й обмежень даних.

Отже, самостійна робота студентів зі сталої біоекономіки сприяє формуванню дослідницьких, аналітичних і професійних компетентностей, підвищує відповідальність за власні результати навчання та готує студентів до практичної діяльності у сфері сталого розвитку та біоекономіки.

3.3. Проектна та стартап-орієнтована діяльність

Проектна та стартап-орієнтована діяльність у викладанні сталої біоекономіки є важливим елементом практико-орієнтованого навчання, що забезпечує формування у здобувачів вищої освіти підприємницького мислення, інноваційних компетентностей та здатності трансформувати ідеї сталого розвитку у життєздатні економічні рішення. Такий підхід відповідає сучасним тенденціям розвитку освіти, концепції Entrepreneurial University та вимогам цифрової й зеленої трансформації економіки.

Проектно-стартапний формат дозволяє інтегрувати економічні, екологічні, соціальні та технологічні аспекти біоекономіки в єдину логіку створення цінності, орієнтовану на реальні потреби ринку, регіонів і суспільства.

Бізнес-моделі біоекономічних проектів

Формування та аналіз бізнес-моделей є базовим компонентом стартап-орієнтованого навчання у біоекономіці. Бізнес-модель у цьому контексті розглядається як система створення економічної, екологічної та соціальної цінності.

У навчальному процесі доцільно використовувати адаптовані під біоекономіку підходи до моделювання бізнесу, зокрема:

- біоекономічний Business Model Canvas;
- ціннісно-орієнтовані моделі;
- циркулярні та ESG-орієнтовані бізнес-моделі.

Типова структура бізнес-моделі біоекономічного проєкту включає:

- джерела біоресурсів і сталість їх використання;
- ціннісну пропозицію (економічну, екологічну, соціальну);
- цільові ринки та споживачів;
- технологічні та інфраструктурні рішення;
- структуру витрат і доходів;
- ESG-ефекти та внесок у досягнення Цілей сталого розвитку.

У межах практичних занять студенти розробляють бізнес-моделі біоекономічних проєктів (біоенергетика, переробка біовідходів, біоматеріали, агробіоінновації), обґрунтовують їх економічну доцільність та оцінюють ризики.

Інноваційні екосистеми у сфері сталої біоекономіки

Проектна діяльність у біоекономіці неможлива без розуміння інноваційних екосистем, у межах яких відбувається генерація, підтримка та масштабування інновацій. Інноваційна екосистема біоекономіки включає сукупність суб'єктів, інституцій та взаємозв'язків, що забезпечують трансфер знань і технологій.

Ключовими елементами біоекономічної інноваційної екосистеми є:

- університети та науково-дослідні установи;
- бізнес і стартапи;
- органи державної влади та регіонального розвитку;
- фінансові інституції та інвестори;
- інноваційні кластери, технопарки, хаби.

У навчальному посібнику доцільно акцентувати увагу на: ролі університетів як центрів біоекономічних інновацій; механізмах взаємодії науки, бізнесу та держави; регіональних

біоекономічних кластерах; міжнародних мережах і програмах підтримки інновацій.

Практичні завдання можуть включати аналіз конкретних екосистем, картування стейкхолдерів та оцінку інституційних бар'єрів і можливостей розвитку біоекономічних проєктів.

Акселераційні формати в освітньому процесі

Акселераційні формати є сучасним інструментом інтеграції освіти, науки та підприємництва у сфері біоекономіки, що передбачають інтенсивну роботу студентських команд над проєктами з чітко визначеними етапами, менторською підтримкою та фінальним представленням результатів.

У навчальному процесі акселераційні формати можуть реалізовуватися у вигляді: навчальних стартап-лабораторій; короткострокових акселераційних програм; міждисциплінарних проєктних інтенсивів; хакатонів зі сталої біоекономіки.

Типовий акселераційний цикл у межах курсу зі сталої біоекономіки включає:

1. Формування ідеї та команди.
2. Валідацію проблеми та ціннісної пропозиції.
3. Розробку бізнес-моделі та фінансових розрахунків.
4. Оцінку ESG-ефектів і сталості проєкту.
5. Пітчінг і захист проєкту.

Використання акселераційних форматів сприяє розвитку лідерських якостей, навичок командної роботи, підприємницького мислення та підвищує мотивацію студентів до навчання.

Отже, проєктна та стартап-орієнтована діяльність у викладанні сталої біоекономіки забезпечує інтеграцію теоретичних знань із практикою інноваційного та підприємницького розвитку, формує у студентів здатність створювати економічно доцільні та соціально відповідальні рішення, а також підвищує конкурентоспроможність випускників у контексті сталого розвитку та цифрової економіки.

РОЗДІЛ 4

СУЧАСНІ МЕТОДИ ТА ПІДХОДИ ДО ВИКЛАДАННЯ СТАЛОЇ БІОЕКОНОМІКИ

4.1. Компетентнісно – орієнтований підхід

Сучасне викладання сталої біоекономіки ґрунтується на формуванні професійних, міждисциплінарних та «зелених» компетентностей, а не лише на засвоєнні теоретичних знань. Біоекономіка поєднує економіку, екологію, аграрні науки, біотехнології, енергетику та політику сталого розвитку, що вимагає нового дидактичного підходу.

Компетентнісно-орієнтований підхід (Competency-Based Learning, CBL) є одним із базових сучасних підходів до організації освітнього процесу у закладах освіти, що передбачає орієнтацію навчання на формування здатності застосовувати їх у практичній діяльності.

У контексті сталої біоекономіки цей підхід набуває особливої актуальності, оскільки біоекономіка є міждисциплінарною сферою, що поєднує: економіку та менеджмент; аграрні науки; біотехнології; екологію; енергетику; політику сталого розвитку.

Компетентнісний підхід ґрунтується на європейських освітніх стандартах, зокрема рекомендаціях ЄС, програмі Erasmus+ та документах UNESCO, де освіта розглядається як інструмент формування навичок сталого розвитку та «зеленої» трансформації економіки.

Ключові компетентності, що формуються у курсі сталої біоекономіки

У межах компетентнісно-орієнтованого викладання сталої біоекономіки доцільно формувати такі групи компетентностей:

1. Загальноекономічні та аналітичні компетентності:

– здатність аналізувати економічну ефективність використання біоресурсів;

– оцінка фінансової доцільності біоекономічних проєктів;

– застосування економіко-математичних методів у сфері сталої біоекономіки.

2. Професійні (галузеві) компетентності:

– розуміння принципів функціонування біоекономічних систем;

– аналіз ланцюгів доданої вартості в біоекономіці;

– оцінка впливу біоекономіки на продовольчу, енергетичну та екологічну безпеку.

3. ESG та сталого розвитку:

– інтеграція екологічних, соціальних і управлінських (ESG) чинників;

– аналіз впливу біоекономічної діяльності на довкілля;

– розробка рішень у межах циркулярної економіки.

4. Цифрові та управлінські компетентності:

– використання цифрових інструментів аналізу біоекономічних даних;

– робота з відкритими базами даних (FAO, Eurostat);

– підготовка аналітичних звітів.

Принципи реалізації компетентнісного підходу у викладанні сталого біоекономіки

Для ефективною реалізації компетентнісно-орієнтованого підходу викладачам рекомендовано дотримуватися таких принципів:

1. Орієнтація на результат навчання – кожна тема курсу має бути пов'язана з конкретною компетентністю, яку студент повинен продемонструвати.

2. Інтеграція теорії та практики – теоретичні положення обов'язково доповнюються аналітичними завданнями, кейсами та мініпроектами.

3. Міждисциплінарність – навчальний матеріал подається з урахуванням взаємозв'язку економічних, екологічних і технологічних аспектів.

4. Активна роль студента – студент виступає активним учасником освітнього процесу, а викладач – фасилітатором.

Приклади застосування компетентнісного підходу при викладанні сталого біоекономіки наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Приклади застосування компетентнісного підходу при викладанні сталого біоекономіки

Приклад	Сутність
Приклад 1. Аналітичне завдання	Оцінити економічну ефективність впровадження біоенергетичного проєкту з урахуванням екологічних вигод та фінансових ризиків
Приклад 2. Мініпроект	Розробка концепції регіональної стратегії біоекономіки з визначенням ключових драйверів зростання
Приклад 3. Policy brief	Підготовка аналітичної записки щодо ролі біоекономіки у забезпеченні сталого розвитку громад

Джерело: побудовано автором [32; 66-77].

Переваги та недоліки компетентнісно-орієнтованого підходу наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Переваги та недоліки компетентнісно-орієнтованого підходу при викладанні сталої біоекономіки

Переваги	Недоліки та обмеження застосування
Формування практично орієнтованих навичок	Високі вимоги до методичної підготовки викладача
Відповідність європейським стандартам вищої освіти	Складність об'єктивного оцінювання компетентностей
Підвищення мотивації студентів	Потреба у міжкафедральній координації
Розвиток екосистемного та критичного мислення	Збільшення часу на підготовку навчальних матеріалів
Підготовка фахівців для «зеленої» економіки	

Джерело: доповнено автором [32; 66-77].

Методичні рекомендації для викладачів

Викладачам при використанні компетентнісно-орієнтованого підходу у викладанні сталої біоекономіки необхідно: чітко формулювати результати навчання для кожної теми; використовувати змішані методи оцінювання (проекти, презентації, есе); інтегрувати цифрові інструменти аналізу; залучати студентів до дослідницьких і прикладних завдань.

Просування європейських навичок та підходів до сталої біоекономіки в умовах сучасних викликів в Україні

4.2. Проблемно-орієнтоване навчання

Проблемно-орієнтоване навчання (Problem-Based Learning, PBL) – це педагогічний підхід, у межах якого освітній процес організовується навколо реальних, складних і міждисциплінарних проблем, що не мають єдиного правильного розв'язку. Замість послідовного викладу теорії студенти працюють із проблемною ситуацією, самостійно формулюють навчальні цілі, добирають джерела та пропонують аргументовані рішення.

Для біоекономіки PBL є особливо релевантним, оскільки галузь пов'язана з глобальними викликами: кліматичні зміни, продовольча та енергетична безпека, декарбонізація, обмеженість природних ресурсів, перехід до циркулярної економіки. Підхід узгоджується з європейськими освітніми рамками сталого розвитку та рекомендаціями UNESCO щодо освіти для сталого розвитку, а також із практиками програм Erasmus+, де PBL широко застосовується у міждисциплінарних курсах.

Дидактичні принципи проблемно-орієнтованого навчання сталої біоекономіки

Реалізація PBL у викладанні сталої біоекономіки ґрунтується на таких принципах:

- автентичність проблеми – проблеми мають відображати реальні біоекономічні процеси та політики (біоенергетика, біоматеріали, агробіотехнології, управління біоресурсами);
- міждисциплінарність – кожна проблема інтегрує економічні, екологічні, технологічні та соціальні аспекти;

- самоспрямоване навчання – студенти самостійно визначають, яких знань і даних бракує для розв'язання проблеми;
- колективна робота – навчання відбувається в малих групах (4–6 осіб) з розподілом ролей (аналітик, модератор, доповідач);
- рефлексія та оцінювання процесу – важливим є аналіз не лише результату, а й логіки прийняття рішень.

Алгоритм упровадження PBL у навчальний курс зі сталої біоекономіки наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Алгоритм упровадження PBL у навчальний курс зі сталої біоекономіки

Етап	Сутність
Етап 1. Формулювання проблеми	Викладач пропонує комплексну проблему (кейс-проблему), що відображає актуальний виклик біоекономіки
Етап 2. Аналіз проблеми студентами	Група визначає ключові запитання, припущення, зацікавлені сторони та обмеження
Етап 3. Самостійне навчання та пошук даних	Студенти працюють із науковими публікаціями, статистикою (FAO, Eurostat), політичними документами ЄС
Етап 4. Розробка альтернативних рішень	Оцінюються економічні, екологічні та соціальні наслідки кожного варіанту
Етап 5. Презентація та дискусія	Команди захищають рішення, обґрунтовуючи їхні переваги та ризики
Етап 6. Рефлексія	Оцінюється процес роботи, якість аргументації та сформовані компетентності

Джерело: запропоновано автором [32; 66-77].

Приклади проблемних завдань для курсу зі сталої біоекономіки наведено в табл. 4.

Таблиця 4

Приклади проблемних завдань для курсу зі сталої біоекономіки

Назва прикладу	Проблемне завдання
Приклад 1. Біоенергетика	Чи є доцільним інвестування у біоенергетичний проєкт на основі аграрних відходів у конкретному регіоні з урахуванням економічної ефективності та екологічних ризиків?
Приклад 2. Продовольча безпека	Як розвиток біоекономіки може вплинути на продовольчу безпеку країни в умовах кліматичних змін?
Приклад 3. Циркулярна біоекономіка	Які біоекономічні рішення можуть забезпечити перехід громади до циркулярної моделі розвитку?

Джерело: запропоновано автором [32; 66-77].

Роль викладача та студента в проблемно-орієнтованому навчанні

Роль викладача: фасилітатор і модератор; консультант з методології аналізу; координатор командної роботи; експерт з якості аргументації.

Роль студента: активний дослідник; учасник командного аналізу; автор і захисник управлінських рішень.

Переваги та недоліки проблемно-орієнтованого навчання подано в табл. 5.

**Переваги та недоліки проблемно-орієнтованого
навчання**

Переваги	Недоліки та обмеження застосування
Розвиток критичного та системного мислення	Значні часові витрати на підготовку проблемних завдань
Формування навичок аналізу складних біоекономічних проблем	Складність стандартизованого оцінювання результатів
Підвищення мотивації до навчання	Високі вимоги до кваліфікації викладача
Підготовка до реальної професійної діяльності	Нерівномірна активність студентів у групах
Інтеграція теорії з практикою сталого розвитку	Потреба в доступі до якісних даних і джерел

Джерело: доповнено автором [32; 66-77].

Методичні рекомендації для викладачів

Викладачам при використанні проблемно-орієнтованого навчання необхідно: обирати проблеми, пов'язані з актуальними біоекономічними політиками; чітко визначати критерії оцінювання (аналіз, аргументація, командна робота); поєднувати PBL з лекційними модулями; використовувати цифрові платформи для спільної роботи; забезпечувати рефлексію після кожного циклу PBL.

4.3. Навчання на основі кейсів

Навчання на основі кейсів (Case-Based Learning) є активним педагогічним методом, що передбачає аналіз реальних або наближених до реальності ситуацій (кейсів) з подальшим обговоренням, оцінюванням альтернатив та ухваленням обґрунтованих рішень.

Кейс-метод поєднує теоретичні знання з практичним аналізом складних соціально-економічних процесів.

У викладанні сталої біоекономіки кейс-метод є особливо ефективним, оскільки ця сфера характеризується:

- багатоваріантністю управлінських рішень;
- конфліктом економічних і екологічних інтересів;
- залежністю від державної політики та міжнародних регуляторних рамок;
- значною регіональною специфікою.

Метод широко використовується в європейських освітніх практиках, зокрема у програмах Erasmus+, а також рекомендується UNESCO як інструмент освіти для сталого розвитку.

Типологія кейсів при викладанні сталої біоекономіки

Для викладання сталої біоекономіки доцільно використовувати такі типи кейсів (табл. 6):

Таблиця 6

Основні типи кейсів для викладання сталої біоекономіки

Типи кейсів	Характеристика
Аналітичні кейси	Спрямовані на аналіз уже реалізованих біоекономічних рішень (розвиток біоенергетики, біопереробки, біокластерів)
Управлінські кейси	Орієнтовані на прийняття рішень в умовах невизначеності (інвестиції в біотехнології, вибір стратегії сталого розвитку підприємства)
Політико-економічні кейси	Розглядають формування та реалізацію біоекономічної політики на національному чи регіональному рівні
Інноваційні та стартап-кейси	Фокусуються на біоекономічних стартапах, комерціалізації наукових розробок і венчурному фінансуванні

Джерело: доповнено автором [32; 66-77].

Алгоритм застосування кейс-методу у викладанні сталої біоекономіки наведено в табл. 7.

Таблиця 7

Алгоритм застосування кейс-методу у викладанні сталої біоекономіки

Етап	Сутність
Етап 1. Вибір кейсу	Кейс має відповідати навчальним цілям, рівню студентів і тематичному модулю курсу
Етап 2. Попередня підготовка студентів	Студенти отримують опис кейсу, довідкові матеріали, статистику, регуляторні документи
Етап 3. Індивідуальний аналіз	Кожен студент формулює власне бачення проблеми, ключових факторів і можливих рішень
Етап 4. Групова дискусія	У малих групах відбувається обговорення альтернатив, оцінка ризиків та наслідків
Етап 5. Публічний захист рішень	Команди презентують рішення та аргументують їх економічну й екологічну доцільність
Етап 6. Підсумкова рефлексія	Викладач узагальнює результати, співвідносить їх із теоретичними моделями біоекономіки

Джерело: запропоновано автором [32; 66-77].

Просування європейських навичок та підходів до сталої біоекономіки в умовах сучасних викликів в Україні

Для викладання сталої біоекономіки доцільно використовувати такі приклади кейсів (табл. 8):

Таблиця 8

Основні приклади кейсів при викладанні сталої біоекономіки

Приклад	Характеристика
Кейс 1. Регіональний біоекономічний кластер	Аналіз створення біокластера на основі аграрних і лісових ресурсів регіону: економічні вигоди, екологічні ризики, зайнятість
Кейс 2. Біоенергетичний проєкт	Оцінка інвестиційної привабливості біогазового комплексу з урахуванням державної підтримки та ESG-критеріїв
Кейс 3. Циркулярна біоекономіка	Запровадження замкнених циклів використання біоресурсів на підприємстві харчової промисловості

Джерело: запропоновано автором [32; 66-77].

Роль викладача та студентів у кейс-методі

Викладач: модератор дискусії; експерт з методології аналізу; гарант академічної доброчесності; координатор навчального процесу.

Студенти: аналітики та стратеги; учасники командних обговорень; суб'єкти прийняття управлінських рішень.

Переваги та недоліки кейс-методу наведено в табл. 9.

Таблиця 9

Переваги та недоліки кейс-методу у викладанні сталої біоекономіки

Переваги	Недоліки та обмеження застосування
Поєднання теорії та практики	Значні витрати часу на підготовку якісних кейсів
Розвиток критичного та стратегічного мислення	Ризик поверхневого аналізу без належної теоретичної бази
Формування навичок аргументації	Складність оцінювання індивідуального внеску
Підготовка до управлінської діяльності	Потреба в актуальних і достовірних даних
Максимальне залучення студентів	

Джерело: побудовано автором [32; 66-77].

Методичні рекомендації для викладачів

Викладачам при використанні кейс-методу у викладанні сталої біоекономіки необхідно: добирати кейси, пов'язані з реальними біоекономічними практиками; чітко формулювати критерії оцінювання; поєднувати кейс-метод з лекційним матеріалом; заохочувати міждисциплінарний аналіз; використовувати цифрові платформи для підготовки та презентацій.

4.4. Проектно-орієнтоване навчання

Проектно-орієнтоване навчання (Project-Based Learning, PjBL) – це педагогічний підхід, у межах якого студенти створюють

завершений практичний продукт (проект) для розв'язання комплексної реальної проблеми. На відміну від PBL, де акцент на процесі пошуку рішення, PjBL фокусується на результаті: бізнес-плані, стратегії, техніко-економічному обґрунтуванні, policy-brief або прототипі.

Для біоекономіки проектно-орієнтоване навчання є ключовим, оскільки галузь вимагає інтеграції економічних, екологічних і технологічних рішень, а також командної роботи зі стейкхолдерами (бізнес, громади, держава). Підхід відповідає рекомендаціям UNESCO щодо освіти для сталого розвитку та практикам проектного навчання в програмах Erasmus+.

Навчальні цілі та компетентності, що формуються

1. Професійні та прикладні компетентності: проектування біоекономічних бізнес-моделей; економічна та фінансова оцінка біоекономічних проектів; розрахунок екологічних ефектів і ESG-показників; підготовка інвестиційних і стратегічних документів.

2. Управлінські та підприємницькі компетентності: планування, бюджетування, управління ризиками; робота з даними та аналітикою; комунікація зі стейкхолдерами; командна взаємодія та лідерство.

Типологія проектів при викладанні сталої біоекономіки

1. Бізнес-проекти – бізнес-план біоенергетичного об'єкта, переробки агробіомаси, біоматеріалів.

2. Політико-економічні проекти – регіональна (муніципальна) стратегія розвитку біоекономіки.

3. Інноваційні проєкти – комерціалізація біотехнологічних розробок, стартапів.

4. Циркулярні проєкти – замкнені цикли використання біоресурсів на підприємстві.

5. Аналітичні проєкти – оцінка ланцюгів доданої вартості біоекономіки з використанням даних FAO (Eurostat).

Алгоритм реалізації проєктно-орієнтованого навчання при викладанні сталої біоекономіки наведено в табл. 10.

Таблиця 10

Алгоритм реалізації проєктно-орієнтованого навчання

Етапи	Характеристика
Етап 1. Постановка завдання	Викладач формулює тему, очікувані результати, критерії оцінювання та обмеження
Етап 2. Формування команд і ролей	Команди 4–6 осіб (проєкт-менеджер, аналітик, фінансист, ESG-експерт, комунікатор)
Етап 3. Планування проєкту	Дорожня карта, календар, бюджет, джерела даних, ризику
Етап 4. Реалізація та супровід	Збір даних, розрахунки, консультації з викладачем (менторинг)
Етап 5. Презентація та захист	Публічний захист результатів (pitch + звіт)
Етап 6. Рефлексія та оцінювання	Оцінка продукту і процесу; індивідуальний внесок

Джерело: побудовано та доповнено автором [32; 66-77].

Приклади навчальних проєктів наведено в табл. 11.

Таблиця 11

Приклади навчальних проєктів

Приклад	Характеристика
Проєкт 1. Біогазовий комплекс	Оцінити економічну доцільність біогазової установки на агровідходах з урахуванням інвестицій, операційних витрат і скорочення викидів
Проєкт 2. Біоекономіка громади	Розробити стратегію розвитку біоекономіки ОТГ (ресурси, зайнятість, інфраструктура)
Проєкт 3. Біостартап	Підготувати стартап (value proposition, unit-economics, ESG-ефект)

Джерело: запропоновано автором [32; 66-77].

Роль викладача та студентів

Викладач: ментор і експерт; координатор процесу; оцінювач результатів і фасилітатор рефлексії.

Студенти: проєктанти та аналітики; відповідальні за результат; презентатори та захисники рішень.

Переваги та недоліки кейс-методу у викладанні сталої біоекономіки наведено в табл. 12.

Таблиця 12

Переваги та недоліки проєктно-орієнтованого навчання у викладанні сталої біоекономіки

Переваги	Недоліки та обмеження застосування
Сильна практична спрямованість	Значні часові та організаційні витрати
Формування підприємницьких навичок	Складність об'єктивного оцінювання індивідуального внеску
Розвиток міждисциплінарного мислення	Залежність від якості даних і менторської підтримки
Висока мотивація студентів	Високі вимоги до методичної підготовки викладача
Відповідність потребам ринку «зеленої» економіки	

Джерело: побудовано автором [32; 66-77].

Просування європейських навичок та підходів до сталої біоекономіки в умовах сучасних викликів в Україні

Методичні рекомендації для викладачів

Викладачам при використанні проектно-орієнтованого навчання у викладанні сталої біоекономіки необхідно: чітко формулювати критерії успіху проекту; поєднувати PjBL з лекційними та семінарськими модулями; застосовувати рубрики оцінювання; використовувати цифрові інструменти управління проектами; залучати зовнішніх експертів і стейкхолдерів.

4.5. Міждисциплінарне та інтегроване навчання

Міждисциплінарне та інтегроване навчання (Interdisciplinary/ Integrated Learning) – це педагогічний підхід, що передбачає поєднання знань, методів і інструментів різних наукових дисциплін для комплексного аналізу й розв'язання складних проблем.

Для біоекономіки цей підхід є базовим, оскільки сама біоекономіка функціонує на перетині економіки, екології, аграрних наук, біотехнологій, енергетики, права та публічної політики.

Підхід узгоджується з принципами освіти для сталого розвитку, які просувають UNESCO, а також із практиками міждисциплінарних програм, підтримуваних Erasmus+, де наголошується, що складні виклики сталого розвитку не можуть бути вирішені в межах однієї дисципліни.

Освітні цілі та компетентності міждисциплінарного навчання

1. Когнітивні та аналітичні компетентності: системне мислення та бачення взаємозв'язків; інтеграція кількісних і якісних методів аналізу; оцінка компромісів між економічною ефективністю та екологічною стійкістю.

2. Професійні компетентності: аналіз ланцюгів доданої вартості біоекономіки; розуміння регуляторних і політичних рамок; здатність працювати з міждисциплінарними даними (економічними, екологічними, технологічними).

3. Соціальні та комунікаційні компетентності: командна робота у мультидисциплінарних групах; міжпрофесійна комунікація; публічний захист інтегрованих рішень.

Моделі реалізації міждисциплінарного навчання в закладах освіти

1. Інтегрований курс – біоекономіка викладається як єдиний курс, що включає модулі з економіки, екології, біотехнологій і політики сталого розвитку.

2. Модульна інтеграція – курс біоекономіки поєднується з модулями суміжних дисциплін (економіка природокористування, інноваційний менеджмент, аграрна політика).

3. Team-teaching – спільне викладання курсу кількома викладачами з різних кафедр (економіка + екологія + аграрні науки).

4. Міждисциплінарні проекти – студенти виконують спільні проекти, що потребують інтеграції знань із різних галузей.

Приклади інтегрованих навчальних завдань зі сталої біоекономіки (табл. 13):

Основні приклади інтегрованих навчальних завдань

Приклад	Характеристика
Приклад 1. Ланцюг доданої вартості біоекономіки	Проаналізувати ланцюг від біоресурсу до кінцевого продукту з позицій економіки, екології та технологій
Приклад 2. Біоенергетична політика	Оцінити ефективність біоенергетичної політики країни з урахуванням економічних стимулів і екологічних обмежень
Приклад 3. Біоекономіка регіону	Розробити міждисциплінарну модель розвитку біоекономіки регіону (ресурси, зайнятість, інфраструктура, ESG)

Джерело: запропоновано автором [32; 66-77].

Роль викладача та організація навчального процесу

Роль викладача: координатор міждисциплінарної взаємодії; фасилітатор інтеграції знань; модератор академічних дискусій; експерт з оцінювання комплексних результатів.

Організаційні умови: узгоджені навчальні плани; міжкафедральна співпраця; спільні критерії оцінювання; підтримка керівництва закладу освіти.

Переваги та недоліки міждисциплінарного навчання при викладанні сталої біоекономіки наведено в табл. 14.

**Переваги та недоліки міждисциплінарного навчання
при викладанні сталої біоекономіки**

Переваги	Недоліки та обмеження застосування
Формування системного мислення	Складність координації між кафедрами
Підготовка до реальних професійних викликів	Підвищені вимоги до кваліфікації викладачів
Глибше розуміння складності біоекономічних процесів	Ризик фрагментарності матеріалу
Підвищення якості управлінських рішень	Складність оцінювання індивідуального внеску
Відповідність європейським освітнім трендам	Потреба в інституційній підтримці

Джерело: побудовано автором [32; 66-77].

Методичні рекомендації для викладачів

Викладачам при використанні міждисциплінарного та інтегрованого навчання у викладанні сталої біоекономіки необхідно: планувати міждисциплінарні результати навчання; використовувати інтегровані завдання та кейси; застосовувати спільні рубрики оцінювання; заохочувати командне викладання; активно залучати цифрові інструменти інтеграції знань.

4.6. Цифрові та data-driven методи

Цифрові та data-driven методи навчання передбачають системне використання цифрових інструментів, аналітики даних і

відкритих джерел для формування доказового мислення та прийняття рішень у сфері сталої біоекономіки. Ключова ідея підходу – перехід від описового викладу до аналітики на основі даних (evidence-based learning).

Для біоекономіки це критично важливо, адже рішення у цій сфері залежать від: статистики використання біоресурсів; економічних і екологічних індикаторів; просторових та часових даних; сценарних і прогнозних моделей.

Підхід відповідає рекомендаціям UNESCO щодо цифрової трансформації освіти та практикам цифрового навчання у програмах Erasmus+.

Освітні цілі та компетентності, що формуються

1. Аналітичні та цифрові компетентності: робота з великими масивами даних; аналіз статистичних та економетричних показників біоекономіки; побудова дашбордів і візуалізацій; інтерпретація результатів аналізу для прийняття рішень.

2. Професійні компетентності: оцінка ефективності біоекономічних проєктів на основі даних; аналіз ESG-індикаторів; прогнозування розвитку біоекономічних систем; підготовка аналітичних звітів.

Основні цифрові інструменти у викладанні сталої біоекономіки

1. Відкриті бази даних: статистика аграрного виробництва, біоенергетики, лісових ресурсів; екологічні індикатори та показники сталого розвитку. Найчастіше використовуються дані FAO, Eurostat, OECD, Світового банку.

2. Аналітичні платформи та програмне забезпечення: Excel / Google Sheets (базова аналітика); Power BI, Tableau (дашборди); R,

Python (економетрія, прогнозування); GIS-інструменти (просторовий аналіз біоресурсів).

3. Освітні цифрові середовища: LMS (Moodle, Canvas); інтерактивні симулятори; онлайн-лабораторії та віртуальні кейси.

Методика впровадження data-driven навчання у викладанні сталої біоекономіки наведено в табл. 15.

Таблиця 15

Методика впровадження data-driven навчання зі сталої біоекономіки

Етапи	Характеристика
Етап 1. Постановка аналітичного завдання	Наприклад: Як змінюється економічна ефективність біоенергетики залежно від цін на енергоносії та державної підтримки?
Етап 2. Збір і підготовка даних	Студенти працюють з відкритими статистичними базами, збирають і структурують дані
Етап 3. Аналіз і моделювання	Розрахунок індикаторів, побудова трендів, сценаріїв, прогнозів
Етап 4. Візуалізація результатів	Створення дашбордів, графіків, карт
Етап 5. Інтерпретація та висновки	Обґрунтування управлінських і політичних рішень на основі результатів аналізу

Джерело: побудовано та доповнено автором [32; 66-77].

Приклади data-driven завдань зі сталої біоекономіки (табл. 16):

Таблиця 16

Основні приклади data-driven завдань

Приклад	Характеристика
Приклад 1. Аналіз біоенергетики	Порівняти економічну ефективність біоенергетики в країнах ЄС на основі даних Eurostat
Приклад 2. ESG-аналіз	Оцінити вплив біоекономічного проєкту на скорочення викидів CO ₂ та зайнятість
Приклад 3. Прогнозування	Побудувати сценарний прогноз розвитку біоекономіки регіону до 2030 року

Джерело: запропоновано автором [32; 66-77].

Роль викладача та студента

Викладач: дизайнер навчальних аналітичних завдань; консультант з методів аналізу; гарант коректності інтерпретації даних; наставник з академічної доброчесності. Студент: аналітик і дослідник; інтерпретатор даних; автор аргументованих висновків. Переваги та недоліки цифрових і data-driven методів при викладанні сталої біоекономіки наведено в табл. 17.

Таблиця 17

Переваги та недоліки цифрових і data-driven методів при викладанні сталої біоекономіки

Переваги	Недоліки та обмеження застосування
Формування доказового мислення	Потреба у цифровій інфраструктурі
Висока практична цінність	Різний рівень цифрової підготовки студентів
Підготовка до роботи з реальними даними	Часові витрати на підготовку даних
Відповідність вимогам цифрової економіки	Ризик зосередження на техніці замість змісту
Підвищення конкурентоспроможності випускників	Потреба у підвищенні кваліфікації викладачів

Джерело: побудовано автором [32; 66-77].

Просування європейських навичок та підходів до сталої біоекономіки в умовах сучасних викликів в Україні

Методичні рекомендації для викладачів

Викладачам при використанні цифрових і data-driven методів у викладанні сталої біоекономіки необхідно: починати з простих аналітичних завдань; забезпечувати методичні інструкції для роботи з даними; поєднувати data-driven аналіз з теорією; використовувати відкриті та перевірені джерела даних; оцінювати не лише результат, а й логіку аналізу.

4.7. Симуляційне та сценарне навчання

Симуляційне та сценарне навчання поєднує моделювання динамічних систем (simulation-based learning) і аналіз альтернативних траєкторій розвитку (scenario learning) з метою відпрацювання управлінських рішень у складних, невизначених умовах. У біоекономіці цей підхід дозволяє відтворювати взаємодію економічних, екологічних і соціальних чинників, а також наслідки інвестицій у часі.

Підхід відповідає принципам освіти для сталого розвитку, рекомендованим UNESCO, і активно використовується в міждисциплінарних програмах Erasmus+ для аналізу кліматичних, ресурсних та інноваційних сценаріїв.

Освітні цілі та компетентності

1. Аналітичні та системні компетентності: розуміння нелінійних взаємозв'язків у біоекономічних системах; робота з

динамічними моделями та часовими рядами; оцінка чутливості результатів до параметрів.

2. Управлінські та стратегічні компетентності: прийняття рішень в умовах невизначеності; оцінка ризиків і trade-offs між економічною ефективністю та екологічною стійкістю; формування адаптивних стратегій розвитку.

При викладанні сталої біоекономіки використовують такі типи симуляцій:

1. Політико-економічні сценарії – моделювання впливу податкових стимулів та субсидій на розвиток біоекономіки.

2. Інвестиційні симуляції – оцінка NPV/IRR біоенергетичних і біотехнологічних проєктів за різних цін, попиту та технологічних параметрів.

3. Екологічні та кліматичні сценарії – аналіз наслідків змін клімату для біоресурсів, урожайності та ланцюгів доданої вартості.

4. Регіональні системні моделі – відтворення розвитку біоекономіки регіону з урахуванням зайнятості, інфраструктури та екосистемних послуг.

Алгоритм впровадження симуляційно-сценарного навчання зі сталої біоекономіки наведено в табл. 18.

Таблиця 18

Алгоритм впровадження симуляційно-сценарного навчання

Етапи	Характеристика
Етап 1. Постановка системної проблеми	Викладач формулює мету моделювання, часовий горизонт і ключові показники (економічні, екологічні, соціальні)
Етап 2. Вибір інструменту моделювання	Залежно від складності можуть бути: електронні таблиці, спеціалізовані симулятори, системна динаміка, сценарні матриці
Етап 3. Калібрування параметрів	Використання реальних даних (FAO, Eurostat, національна статистика) для базового сценарію
Етап 4. Генерація альтернативних сценаріїв	Базовий / оптимістичний / ризиковий (кліматичний, ресурсний, ринковий)
Етап 5. Аналіз результатів і чутливості	Порівняння КРІ, визначення «точок перелому», оцінка ризиків
Етап 6. Рефлексія та управлінські висновки	Обговорення обмежень моделі, якості припущень і практичних рекомендацій

Джерело: побудовано та доповнено автором [32; 66-77].

Таблиця 19

Основні приклади навчальних симуляцій

Приклад	Характеристика
Симуляція 1. Біоенергетичний ринок	Моделювання виробництва та споживання біоенергії з урахуванням цін на викопне паливо і підтримки держави
Симуляція 2. Циркулярна біоекономіка	Вплив рівня переробки біовідходів на витрати, викиди CO ₂ та зайнятість
Симуляція 3. Регіональна стратегія	Сценарії розвитку біоекономіки регіону до 2035 р. з різними інвестиційними портфелями

Джерело: запропоновано автором [32; 66-77].

Роль викладача та студентів

Викладач: дизайнер моделей і сценаріїв; консультант з методів системного аналізу; модератор дискусій і рефлексії.

Студенти: учасники симуляцій; аналітики сценаріїв; автори стратегічних рекомендацій.

Переваги та недоліки симуляційно-сценарного навчання при викладанні сталої біоекономіки наведено в табл. 20.

Таблиця 20

Переваги та недоліки симуляційно-сценарного навчання при викладанні сталої біоекономіки

Переваги	Недоліки та обмеження застосування
Глибоке розуміння складних систем	Висока складність підготовки моделей
Розвиток стратегічного мислення	Потреба в достовірних даних
Безпечне відпрацювання рішень	Ризик надмірного спрощення реальності
Інтеграція економіки, екології та політики	Значні часові витрати на навчання інструментам
Висока частка залучення студентів	Потреба у підвищенні кваліфікації викладачів

Джерело: побудовано автором [32; 66-77].

Методичні рекомендації для викладачів

Викладачам при використанні симуляційно-сценарного навчання у викладанні сталої біоекономіки необхідно: починати з простих сценарних матриць; чітко пояснювати припущення моделей; поєднувати симуляції з кейс- і проєктним навчанням; оцінювати логіку рішень, а не лише цифри; заохочувати критичну рефлексію результатів.

Просування європейських навичок та підходів до сталої біоекономіки в умовах сучасних викликів в Україні

4.8. Активні та інтерактивні методи навчання

Активні та інтерактивні методи навчання ґрунтуються на принципі залучення студентів до безпосередньої участі в освітньому процесі через дискусії, рольові ігри, дебати, фасилітаційні сесії, групові завдання та колективне ухвалення рішень. На відміну від традиційних лекцій, ці методи зміщують фокус з викладання на навчання через дію.

Для біоекономіки активні методи є особливо ефективними, оскільки ця сфера: передбачає багатосторонні інтереси (бізнес – держава – громада – довкілля); містить конфліктні цілі (економічне зростання та екологічна стійкість); вимагає навичок комунікації та аргументації.

Підхід узгоджується з рекомендаціями UNESCO щодо освіти для сталого розвитку та практиками активного навчання, поширеними у програмах Erasmus+.

Освітні цілі та компетентності

1. Когнітивні та аналітичні компетентності: критичний аналіз біоекономічних рішень; оцінка аргументів різних сторін; синтез економічних і екологічних підходів.

2. Соціальні та комунікаційні компетентності: публічний виступ і ведення дебатів; переговори та досягнення консенсусу; робота в мультистейкхолдерних групах; етична аргументація.

Основними формами активних та інтерактивних методів виступають:

– дебати – студенти поділяються на команди, що представляють протилежні позиції, що сприяє розвитку навичок аргументації та критичного мислення;

– рольові ігри – моделюється взаємодія стейкхолдерів (уряд, бізнес, громада, екологічні організації), де кожна група відстоює власні інтереси в межах біоекономічного проєкту;

– фасилітаційні сесії – застосовуються методи «World Café», «Open Space», дизайн-мислення для спільної розробки біоекономічних рішень;

– мозковий штурм – колективна генерація ідей щодо інноваційних біоекономічних моделей, стартапів або концепцій.

Методика впровадження активних методів зі сталої біоекономіки наведена в табл. 21.

Таблиця 21

Методика впровадження активних методів зі сталої біоекономіки

Етапи	Характеристика
Етап 1. Підготовка сценарію	Викладач формулює тему, ролі, правила, критерії оцінювання
Етап 2. Розподіл ролей і завдань	Студенти отримують ролі та інформаційні матеріали
Етап 3. Активна фаза взаємодії	Проведення дебатів, переговорів, рольових ігор
Етап 4. Підбиття підсумків	Обговорення результатів, оцінка аргументів і рішень
Етап 5. Рефлексія	Аналіз процесу та індивідуального внеску

Джерело: побудовано автором [32; 66-77].

Основні приклади інтерактивних занять зі сталої біоекономіки подано в табл. 22.

Таблиця 22

Приклади інтерактивних занять зі сталої біоекономіки

Приклади	Сутність
Приклад 1. Дебати	Чи має держава стимулювати виробництво біопалива за умов зростання цін на продовольство?
Приклад 2. Рольова гра	Переговори щодо розміщення біоенергетичного об'єкта в громаді
Приклад 3. Фасилітація	Колективна розробка концепції циркулярної біоекономіки регіону.

Джерело: побудовано автором [32; 66-77].

Роль викладача та студентів

Викладач: фасилітатор і модератор; гарант академічної етики; експерт з якості аргументації. Студенти: активні учасники дискусій; представники стейкхолдерів; автори колективних рішень. Переваги та недоліки активних та інтерактивних методів навчання при викладанні сталої біоекономіки наведено в табл. 23.

Таблиця 23

Переваги та недоліки активних та інтерактивних методів навчання при викладанні сталої біоекономіки

Переваги	Недоліки та обмеження застосування
Висока частка залучення студентів	Складність організації та тайм-менеджменту
Розвиток soft skills	Ризик домінування окремих студентів
Формування етичного мислення	Потреба у високих фасилітаційних навичках викладача
Підготовка до реальних переговорних процесів	Складність формалізованого оцінювання
Інтеграція знань і практики	

Джерело: побудовано автором [32; 66-77].

Просування європейських навичок та підходів до сталої біоекономіки в умовах сучасних викликів в Україні

Методичні рекомендації для викладачів

Викладачам при використанні активних та інтерактивних методів навчання у викладанні сталої біоекономіки необхідно: встановлювати чіткі правила і ролі; застосовувати рубрики оцінювання; поєднувати активні методи з аналітичними завданнями; забезпечувати інклюзивність участі; обов'язково проводити рефлексію.

4.9. Дослідницько-орієнтоване навчання

Дослідницько-орієнтоване навчання (Research-Based Learning, RBL) – це підхід, за якого освітній процес організовується за логікою наукового дослідження (від формулювання проблеми й гіпотез до збирання даних, аналізу результатів та публічної презентації висновків). Студенти навчаються через участь у дослідженні, а не лише шляхом засвоєння готових знань.

Для біоекономіки дослідницько-орієнтоване навчання є фундаментальним, адже галузь динамічно розвивається і значною мірою ґрунтується на нових наукових результатах у біотехнологіях, агроінноваціях, циркулярній економіці та політиці сталого розвитку.

Підхід узгоджується з принципами освіти для сталого розвитку, які просуває UNESCO, та з практиками дослідницького навчання в програмах Erasmus+.

Освітні цілі та компетентності дослідницько-орієнтованого навчання у біоекономіці

1. Дослідницькі компетентності: формулювання наукових проблем і гіпотез у біоекономіці; вибір адекватних методів дослідження (економічних, статистичних, екологічних); робота з науковими базами даних і рецензованими джерелами; інтерпретація та валідація результатів.

2. Аналітичні та методологічні компетентності: аналіз емпіричних даних; застосування економетричних і якісних методів; критичне оцінювання наукових публікацій; підготовка наукових текстів і policy briefs.

3. Академічні та етичні компетентності: дотримання академічної доброчесності; коректне цитування та робота з DOI; розуміння принципів відкритої науки (Open Science).

Моделі реалізації дослідницько-орієнтованого навчання у курсі біоекономіки наведено в табл. 24.

Таблиця 24

Моделі реалізації дослідницько-орієнтованого навчання у курсі зі сталої біоекономіки

Модель	Сутність
1. Mini-research у межах дисципліни	Студенти виконують невеликі дослідження (аналіз біоекономічного ринку, оцінка політики, емпіричний аналіз показників)
2. Research-led teaching	Навчальний матеріал базується на сучасних наукових публікаціях, які аналізуються та обговорюються в аудиторії
3. Research-tutored learning	Студенти працюють під керівництвом викладача-наставника над індивідуальними або груповими дослідженнями
4. Інтеграція з науковими проєктами	Залучення студентів до кафедральних, міжуніверситетських або міжнародних дослідницьких проєктів

Джерело: побудовано автором [32; 66-77].

Просування європейських навичок та підходів до сталої біоекономіки в умовах сучасних викликів в Україні

Приклади дослідницьких завдань зі сталої біоекономіки наведено в табл. 25.

Таблиця 25

Приклади дослідницьких завдань зі сталої біоекономіки

Приклади	Сутність
Приклад 1. Емпіричне дослідження	Аналіз впливу біоенергетичних інвестицій на регіональний розвиток
Приклад 2. Політико-економічний аналіз	Оцінка ефективності біоекономічної стратегії ЄС з позицій ESG
Приклад 3. Порівняльне дослідження	Порівняння моделей розвитку біоекономіки в країнах ЄС та країнах, що розвиваються

Джерело: побудовано автором [32; 66-77].

В табл. 26 наведено поетапний алгоритм упровадження дослідницько-орієнтованого навчання у навчальний процес зі сталої біоекономіки.

Таблиця 26

Алгоритм упровадження дослідницько-орієнтованого навчання у навчальний процес

Етапи	Характеристика
Етап 1. Формулювання дослідницької проблеми	Викладач пропонує тематичні напрями (біоенергетика, біокластери, ESG у біоекономіці), а студенти конкретизують проблему
Етап 2. Огляд літератури	Пошук і аналіз рецензованих джерел (Scopus, Web of Science, Google Scholar)
Етап 3. Вибір методології	Кількісні (статистика, економетрика) або якісні (policy analysis, case study) методи
Етап 4. Збір і аналіз даних	Використання відкритих баз (FAO, Eurostat), опитувань, вторинних даних
Етап 5. Інтерпретація результатів	Перевірка гіпотез, обговорення обмежень дослідження
Етап 6. Презентація та публікація	Підготовка наукової доповіді, статті або policy brief

Джерело: побудовано автором [32; 66-77].

Просування європейських навичок та підходів до сталої біоекономіки в умовах сучасних викликів в Україні

Роль викладача та студентів

Викладач: науковий керівник і ментор; методологічний консультант; експерт з якості дослідження.

Студенти: молоді дослідники; автори наукових результатів; учасники академічної дискусії.

Переваги та недоліки дослідницько-орієнтованого навчання при викладанні біоекономіки наведено в табл. 27.

Таблиця 27

Переваги та недоліки дослідницько-орієнтованого навчання при викладанні сталої біоекономіки

Переваги	Недоліки та обмеження застосування
Формування глибокого розуміння біоекономіки	Висока складність для початкових рівнів
Розвиток наукового та критичного мислення	Значні часові витрати
Підготовка до магістерських і phd-досліджень	Потреба у постійному менторстві
Інтеграція освіти та науки	Нерівний рівень підготовки студентів
Підвищення академічної культури	Складність стандартизованого оцінювання

Джерело: побудовано автором [32; 66-77].

Методичні рекомендації для викладачів

Викладачам при використанні дослідницько-орієнтованого навчання у викладанні біоекономіки необхідно: адаптувати складність досліджень до рівня студентів; чітко навчати методам

Промування європейських навичок та підходів до сталої біоекономіки в умовах сучасних викликів в Україні

роботи з науковими джерелами; застосовувати поетапне оцінювання; інтегрувати принципи Open Science; заохочувати публікацію результатів.

4.10. ШІ-орієнтований підхід

Методи викладання біоекономіки із застосуванням штучного інтелекту (ШІ) ґрунтуються на використанні інтелектуальних алгоритмів, машинного навчання, генеративних моделей та автоматизованих аналітичних систем для персоналізації навчання, підтримки дослідницької діяльності та формування системного бачення біоекономічних процесів.

Ключова ідея ШІ-підходу полягає у переході від традиційної репродуктивної моделі навчання до інтелектуально підтриманого навчання, орієнтованого на: аналіз складних багатофакторних систем біоекономіки; моделювання сценаріїв розвитку; підтримку прийняття управлінських та політичних рішень.

Для біоекономіки застосування ШІ є особливо актуальним, оскільки ця сфера характеризується: високою складністю взаємодії економічних, екологічних та соціальних чинників; невизначеністю та нестабільністю зовнішнього середовища; необхідністю обробки великих обсягів різномірних даних; потребою у прогнозуванні довгострокових ефектів сталого розвитку.

ШІ-орієнтований підхід відповідає сучасним рекомендаціям UNESCO, OECD та Європейського Союзу щодо використання штучного інтелекту в освіті, а також практикам цифрової

трансформації освітніх програм у межах Erasmus+ та Horizon Europe.

Освітні цілі та компетентності, що формуються

1. Цифрові та ШІ-компетентності: розуміння принципів роботи алгоритмів штучного інтелекту; використання ШІ-інструментів для аналізу економічних та екологічних даних; робота з генеративними моделями для підтримки аналітичних досліджень; критична оцінка результатів, отриманих за допомогою ШІ.

2. Професійні та міждисциплінарні компетентності: моделювання біоекономічних процесів і сценаріїв розвитку; оцінка впливу біоекономічних рішень на сталий розвиток; аналіз ESG-показників з використанням ШІ-аналітики; підготовка аналітичних звітів і стратегічних рекомендацій.

Основними ШІ-інструментами для сталої біоекономіки є:

3. Генеративні ШІ-системи – використовуються для: формування аналітичних оглядів; структурування наукових текстів; підготовки сценаріїв розвитку сталої біоекономіки; генерації альтернативних управлінських рішень.

4. Системи машинного навчання та прогнозування – застосовуються для: прогнозування виробництва біоенергії; оцінки економічної ефективності біоекономічних проєктів; аналізу динаміки сталого розвитку.

5. Інтелектуальні аналітичні платформи – поєднують ШІ-алгоритми з data-driven підходами для: аналізу великих масивів статистичних і просторових даних; автоматизованої побудови моделей і сценаріїв.

6. III-підтримка освітніх середовищ – використання інтелектуальних тьюторів, чат-асистентів, адаптивних систем навчання у LMS.

Дану методику наведено в табл. 28.

Таблиця 28

Методика впровадження III-орієнтованого навчання при викладанні сталої біоекономіки

Етапи	Характеристика
Етап 1. Постановка проблеми	Формулювання складного біоекономічного завдання, що потребує багатофакторного аналізу
Етап 2. Вибір III-інструментів	Обґрунтування доцільності використання конкретних III-рішень
Етап 3. Аналіз і моделювання	Використання III для прогнозування, кластеризації, сценарного аналізу
Етап 4. Інтерпретація результатів	Критичний аналіз отриманих результатів і перевірка їх обґрунтованості
Етап 5. Управлінські висновки	Формування рекомендацій для біоекономічної політики або бізнес-рішень

Джерело: побудовано та доповнено автором [32; 66-77].

Приклади III-орієнтованих завдань з біоекономіки наведено в табл. 29.

Таблиця 29

Основні приклади III-орієнтованих завдань при викладанні сталої біоекономіки

Приклад	Характеристика
Приклад 1. III-прогнозування	Побудувати прогноз розвитку біоенергетики з використанням машинного навчання
Приклад 2. ESG-аналіз	Оцінити ESG-ефекти біоекономічного проєкту за допомогою III-аналітики
Приклад 3. Сценарне моделювання	Змоделювати альтернативні сценарії розвитку регіональної біоекономіки до 2030 р.

Джерело: запропоновано автором [32; 66-77].

Просування європейських навичок та підходів до сталої біоекономіки в умовах сучасних викликів в Україні

Роль викладача та студента

Викладач: дизайнер ІІІ-орієнтованих навчальних завдань; консультант з методів інтерпретації результатів ІІІ-аналізу; гарант академічної доброчесності та етичного використання ІІІ.

Студент: аналітик і дослідник біоекономічних систем; користувач ІІІ як інструменту підтримки прийняття рішень; критичний інтерпретатор результатів ІІІ-моделювання.

Переваги та обмеження застосування ІІІ-методів у викладанні сталої біоекономіки наведено в табл. 30.

Таблиця 30

Переваги та недоліки застосування ІІІ-методів

Переваги	Недоліки та обмеження
Підвищення аналітичної глибини навчання	Ризик некритичного використання ІІІ
Моделювання складних систем	Потреба у цифровій інфраструктурі
Персоналізація навчання	Етичні та методологічні виклики
Підготовка до цифрової економіки	Необхідність підвищення кваліфікації викладачів

Джерело: побудовано автором [32; 66-77].

Методичні рекомендації для викладачів

При використанні ІІІ-методів у викладанні біоекономіки доцільно: поєднувати ІІІ-інструменти з класичними теоретичними підходами; навчати студентів критичної оцінки результатів ІІІ; чітко окреслювати межі допустимого використання ІІІ; акцентувати увагу на логіці аналізу та

аргументації висновків; забезпечувати дотримання принципів академічної доброчесності.

4.11. Цифрово-платформенний підхід

Викладання сталої біоекономіки за допомогою цифрових платформ ґрунтується на використанні інтегрованих онлайн-середовищ для організації навчального процесу, комунікації, спільної роботи та доступу до навчального контенту. Платформний підхід передбачає перехід від традиційної аудиторної моделі до гібридного, адаптивного та студент-центрованого навчання, що відповідає викликам цифрової та зеленої трансформації економіки.

Ключовою ідеєю підходу є створення єдиного цифрового освітнього простору, в якому поєднуються:

- теоретичні матеріали з біоекономіки;
- прикладні кейси та симуляції;
- інструменти комунікації та зворотного зв'язку;
- механізми оцінювання результатів навчання.

Для сталої біоекономіки платформний підхід є особливо релевантним, оскільки ця галузь поєднує міждисциплінарні знання (економіка, екологія, аграрні науки, енергетика, цифрові технології) та потребує постійного оновлення контенту відповідно до політик сталого розвитку й європейських стратегій.

Освітні цілі та компетентності, що формуються

Цифрово-освітні компетентності: навички роботи у цифрових навчальних середовищах; використання онлайн-ресурсів і мультимедійного контенту; самоорганізація та управління власною освітньою траєкторією; цифрова комунікація та командна робота.

1. Професійні компетентності у сфері сталої біоекономіки: розуміння сучасних моделей біоекономічного розвитку; аналіз політик сталого розвитку та «зеленої» трансформації; застосування теоретичних знань у практичних кейсах; підготовка проектних і аналітичних робіт у цифровому форматі.

Основні цифрові платформи у викладанні сталої біоекономіки:

1. Навчальні платформи (LMS) – використовуються для структурування курсу, розміщення матеріалів, контролю знань і комунікації зі студентами.

2. Платформи для синхронного та асинхронного навчання – онлайн-лекції, вебінари, дискусії, групова робота в реальному часі та у відкладеному режимі.

3. Платформи відкритих освітніх ресурсів – масові відкриті онлайн-курси, відеолекції, інтерактивні модулі зі сталого розвитку, біоекономіки та кліматичної політики.

4. Платформи спільної роботи – інструменти для командних проектів, колективного аналізу кейсів, підготовки презентацій і звітів.

Методику впровадження навчання з використанням цифрових платформ наведено в табл. 31.

Таблиця 31

Методика впровадження навчання з використанням цифрових платформ у курсі зі сталої біоекономіки

Етапи	Характеристика
Етап 1. Проектування курсу	Формування структури курсу, навчальних модулів, результатів навчання та цифрових активностей
Етап 2. Цифрове наповнення	Розміщення лекцій, відео, презентацій, кейсів, інтерактивних завдань
Етап 3. Активне навчання	Онлайн-дискусії, групові проекти, аналіз практичних ситуацій у біоекономіці
Етап 4. Контроль і зворотний зв'язок	Тести, есе, проектні роботи, peer-review, коментарі викладача
Етап 5. Рефлексія та оцінювання	Самооцінка, підсумкове оцінювання, аналіз досягнутих компетентностей

Джерело: побудовано та доповнено автором [32; 66-77].

Приклади навчальних завдань зі сталої біоекономіки на основі цифрових платформ наведено в табл. 32.

Таблиця 32

Приклади завдань зі сталої біоекономіки на основі цифрових платформ

Приклад	Характеристика
Приклад 1. Онлайн-кейс	Аналіз біоекономічної стратегії країни ЄС у форматі групового онлайн-проекту
Приклад 2. Форум-дискусія	Обговорення ролі біоекономіки у досягненні кліматичної нейтральності
Приклад 3. Проектне навчання	Розробка концепції біоекономічного стартапу з використанням цифрових інструментів

Джерело: побудовано та доповнено автором [32; 66-77].

Роль викладача та студента у платформному навчанні

Викладач: архітектор цифрового курсу; модератор навчальної взаємодії; консультант і тьютор; координатор проєктної діяльності; гарант якості та академічної доброчесності.

Студент: активний учасник навчального процесу; самостійний дослідник; член команди; автор цифрових освітніх продуктів. Переваги та обмеження використання цифрових платформ наведено в табл. 33

Таблиця 33

Переваги та недоліки використання цифрових платформ у викладанні сталої біоекономіки

Переваги	Недоліки та обмеження
Гнучкість і доступність навчання	Залежність від технічних умов
Інтерактивність та залученість студентів	Потреба у цифровій грамотності
Масштабованість курсів	Витрати часу на підготовку контенту
Можливість індивідуальних траєкторій навчання	Ризик зниження мотивації без належної підтримки

Джерело: побудовано та доповнено автором [32; 66-77].

Методичні рекомендації для викладачів

Для ефективного використання цифрових платформ у викладанні сталої біоекономіки доцільно: поєднувати платформне навчання з традиційними формами; забезпечувати чітку структуру курсу; використовувати активні та проєктні методи; підтримувати регулярний зворотний зв'язок; орієнтуватися на формування прикладних і міждисциплінарних компетентностей.

4.12. Підхід, заснований на цифрових екосистемах

Цифрові екосистеми викладання сталої біоекономіки являють собою інтегровану сукупність цифрових платформ, інструментів, даних і педагогічних практик, що забезпечують безперервний, гнучкий та адаптивний освітній процес у сфері сталого розвитку та біоекономіки.

На відміну від фрагментарного використання окремих цифрових засобів, екосистемний підхід передбачає цілісну архітектуру цифрового навчального середовища, орієнтовану на формування професійних і цифрових компетентностей здобувачів освіти. Актуальність формування цифрових екосистем у викладанні сталої біоекономіки зумовлена міждисциплінарним характером цієї галузі, швидкою зміною технологій, необхідністю роботи з великими масивами даних, а також орієнтацією освіти на цілі сталого розвитку, кліматичну нейтральність та зелену трансформацію економіки.

Концептуальні засади цифрової екосистеми викладання сталої біоекономіки

Цифрова екосистема викладання сталої біоекономіки базується на таких принципах:

- цілісність – взаємопов'язаність усіх цифрових компонентів навчального процесу;
- адаптивність – можливість персоналізації навчальних траєкторій студентів;
- відкритість – використання відкритих освітніх ресурсів та відкритих даних;

– інтеперабельність – сумісність різних платформ і цифрових інструментів;

– сталий розвиток – орієнтація на екологічні, економічні та соціальні результати навчання.

У межах такої екосистеми навчання розглядається не як лінійний процес передачі знань, а як динамічна взаємодія між викладачем, студентом, цифровим середовищем та реальними практиками біоекономіки.

Структура цифрової екосистеми викладання сталої біоекономіки

Цифрову екосистему доцільно структурувати за функціональними рівнями (табл. 34).

Таблиця 34

Ключові компоненти цифрової екосистеми викладання біоекономіки

Рівень екосистеми	Характеристика
Освітній (LMS-рівень)	Навчальні платформи для структурування курсу, управління контентом, контролю знань і комунікації
Аналітичний	Інструменти роботи з даними, статистикою, візуалізацією та моделюванням біоекономічних процесів
Контентний	Цифрові навчальні матеріали: відеолекції, кейси, симуляції, інтерактивні модулі
Комунікаційний	Платформи для онлайн-дискусій, групової роботи, зворотнього зв'язку
Оціночний	Цифрові інструменти формувального та підсумкового оцінювання результатів навчання
Інноваційний	Середовища для проектної, стартап- та дослідницької діяльності студентів

Джерело: побудовано та доповнено автором [32; 66-77].

Цифрова екосистема виконує низку ключових функцій:

- освітню – забезпечує доступ до структурованого навчального контенту зі сталої біоекономіки;
- аналітичну – підтримує формування data-driven мислення через роботу з реальними показниками;
- комунікаційну – сприяє активній взаємодії між учасниками освітнього процесу;
- мотиваційну – підвищує залученість студентів за рахунок інтерактивних форматів;
- інноваційну – створює умови для розвитку проектного мислення та підприємницьких навичок.

Таким чином, цифрова екосистема трансформує роль викладача з джерела знань у архітектора освітнього середовища, а студента – з пасивного слухача у активного учасника та співтворця навчального процесу.

Роль цифрових екосистем у формуванні компетентностей

Використання цифрових екосистем у викладанні сталої біоекономіки сприяє формуванню:

- професійних компетентностей (аналіз біоекономічних проєктів, оцінка сталості, стратегічне мислення);
- цифрових компетентностей (робота з платформами, даними, цифровими інструментами);
- дослідницьких компетентностей (постановка проблем, аналіз даних, формування висновків);
- соціальних та комунікативних навичок (командна робота, презентація результатів).

Просування європейських навичок та підходів до сталої біоекономіки в умовах сучасних викликів в Україні

Особливістю біоекономіки є необхідність одночасного розвитку економічного, екологічного та соціального мислення, що ефективно реалізується саме в цифровому екосистемному середовищі.

Переваги та недоліки впровадження цифрових екосистем наведені в табл. 35.

Таблиця 35

Переваги та недоліки впровадження цифрових екосистем у викладанні сталої біоекономіки

Переваги	Недоліки та обмеження
Підвищення гнучкості та доступності навчання	Потреба в інституційній цифровій інфраструктурі
Можливість інтеграції реальних даних і кейсів	Необхідність підвищення цифрової кваліфікації викладачів
Масштабованість освітніх програм	Ризик фрагментації навчального процесу без належної методичної координації
Відповідність вимогам цифрової та зеленої економіки	

Джерело: побудовано та доповнено автором [32; 66-77].

Отже, цифрові екосистеми у викладанні сталої біоекономіки є фундаментом сучасної освітньої моделі, що забезпечує інтеграцію цифровізації, сталого розвитку та інновацій, впровадження яких дозволяє підвищити якість підготовки фахівців, здатних приймати обґрунтовані рішення у сфері біоекономіки в умовах глобальних трансформацій.

4.13. Концепція Education 5.0 та її значення для сталої біоекономіки

Концепція Education 5.0 відображає сучасний етап еволюції освітніх систем, що формується у відповідь на глобальні виклики сталого розвитку, цифровізації, кліматичних змін, демографічних трансформацій та прискореного розвитку технологій. На відміну від попередніх моделей (Education 3.0–4.0), які акцентували увагу переважно на цифрових технологіях і підготовці кадрів для індустріальної та цифрової економіки, Education 5.0 орієнтована на людиноцентричний, ціннісно-орієнтований та відповідальний розвиток.

У контексті сталої біоекономіки Education 5.0 набуває особливого значення, оскільки ця галузь безпосередньо пов'язана з управлінням природними ресурсами, екологічною безпекою, соціальною відповідальністю та довгостроковою стійкістю економічних систем.

Освіта з біоекономіки майбутнього має не лише передавати знання, а й формувати відповідальних фахівців, здатних ухвалювати рішення з урахуванням економічних, екологічних та соціальних наслідків.

Концептуальні засади Education 5.0 узгоджуються з підходами, що просуваються UNESCO, зокрема щодо розвитку освіти для сталого розвитку, глобального громадянства та етичного використання технологій.

Викладання сталої біоекономіки в парадигмі Education 5.0 ґрунтується на таких принципах:

- студентоцентричність – фокус на розвитку особистості студента, його цінностей, критичного мислення та відповідальності;
- сталий розвиток як освітня мета – інтеграція цілей сталого розвитку у зміст, методи та оцінювання результатів навчання;
- синергія людини і технологій – використання штучного інтелекту, аналітики даних та цифрових платформ як інструментів підтримки навчання, а не його заміни;
- міждисциплінарність і системне мислення – поєднання економіки, екології, соціології, інженерії та цифрових наук;
- етична та соціальна відповідальність – усвідомлення наслідків управлінських рішень у сфері сталої біоекономіки для суспільства і довкілля.

Трансформація ролей викладача і студента в Education 5.0

У межах Education 5.0 суттєво змінюються традиційні ролі учасників освітнього процесу. Так, викладач біоекономіки трансформується з носія знань у: фасилітатора навчального процесу; наставника з формування цінностей сталого розвитку; модератора міждисциплінарних дискусій; куратора проєктної, дослідницької та аналітичної діяльності; експерта з етичних і методологічних аспектів роботи з даними та технологіями. Студент у моделі Education 5.0 виступає: активним співтворцем знань; дослідником і аналітиком; учасником реальних або змодельованих біоекономічних процесів; відповідальним суб'єктом прийняття рішень.

Такий підхід сприяє формуванню не лише професійних, а й громадянських та етичних компетентностей.

Нові освітні результати та компетентності у сталій біоекономіці

Освіта з біоекономіки в парадигмі Education 5.0 орієнтована на формування розширеного спектра результатів навчання, серед яких:

1. Системні та стратегічні компетентності: здатність аналізувати біоекономічні системи як складні адаптивні структури; стратегічне бачення сталого розвитку на мікро-, мезо- та макрорівнях.

2. Цифрово-аналітичні компетентності: використання даних і моделей для обґрунтування рішень; критичне ставлення до результатів цифрового аналізу.

3. Соціально-етичні компетентності: оцінка соціальних та екологічних наслідків економічної діяльності; дотримання принципів відповідального управління біоресурсами.

4. Інноваційні та підприємницькі компетентності: розробка біоекономічних інновацій і стартапів; участь у формуванні сталих бізнес-моделей.

Освітні формати та технології майбутнього

У межах Education 5.0 викладання сталої біоекономіки поступово переходить до поєднання таких форматів: персоналізовані освітні траєкторії; адаптивне навчання з використанням ШІ; навчання через реальні суспільні виклики;

Просування європейських навичок та підходів до сталої біоекономіки в умовах сучасних викликів в Україні

гібридні та мережеві освітні програми; інтеграція освіти, науки, бізнесу та публічної політики. Технології при цьому виконують допоміжну і підсилювальну функцію, забезпечуючи доступ до знань, аналітики та глобальних освітніх мереж.

Попри значний потенціал, реалізація Education 5.0 у викладанні сталої біоекономіки супроводжується низкою викликів: потреба у підвищенні кваліфікації викладачів; нерівний доступ до цифрової інфраструктури; ризик надмірної цифровізації освітнього процесу; необхідність оновлення освітніх стандартів і програм. Подолання цих обмежень потребує системної політики розвитку освіти та підтримки інновацій у закладах вищої освіти.

Таким чином, Education 5.0 формує нову парадигму освіти зі сталої біоекономіки, в якій поєднуються студентоцентричність, сталий розвиток, цифрові технології та соціальна відповідальність. Запровадження цієї концепції дозволяє підготувати фахівців, здатних ефективно діяти в умовах глобальних трансформацій і забезпечувати довгострокову стійкість біоекономічних систем.

4.14. Інтеграційно-концептуальна модель викладання сталого біоекономіки

Сучасне викладання сталої біоекономіки формується як багаторівнева інтегрована освітня система, що поєднує компетентнісний, проблемно-орієнтований, цифровий, дослідницький та студентоцентричний підходи.

Узагальнюючи пункти 4.1–4.13, можна стверджувати, що модель викладання сталої біоекономіки еволюціонує від передачі

знань до формування здатності діяти, ухвалювати обґрунтовані рішення та відповідати за їхні соціально-екологічні наслідки.

Концептуально ця модель відповідає переходу до парадигми Education 5.0, що узгоджується з рекомендаціями UNESCO щодо освіти для сталого розвитку та глобального громадянства.

Архітектура інтеграційно-концептуальної моделі викладання сталого біоекономіки

Узагальнена інтеграційно-концептуальна модель має чотирирівневу структуру, в якій кожен блок логічно підсилює інші (рис. 1).

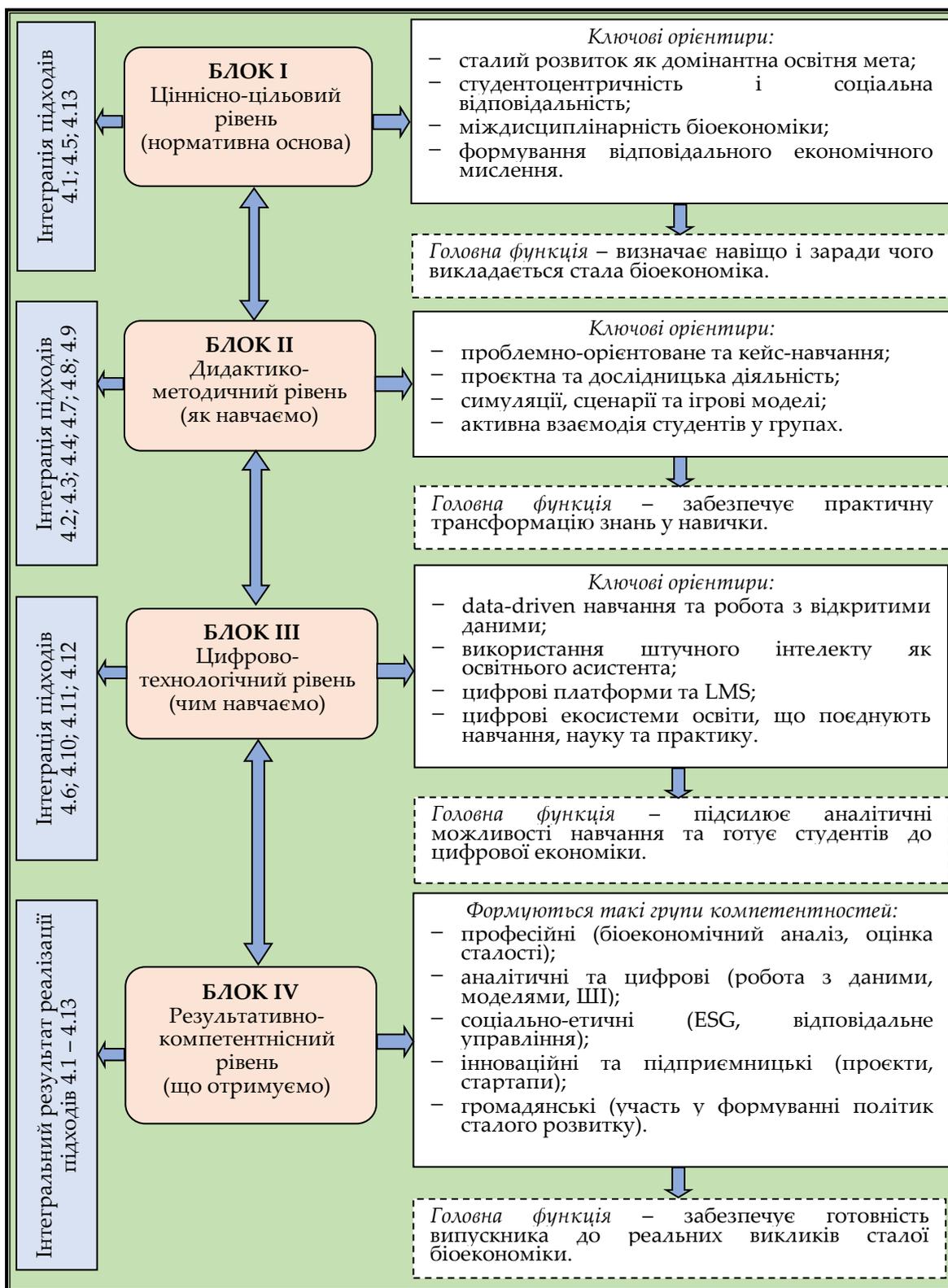


Рис. 1. Архітектура інтеграційно-концептуальної моделі викладання сталої біоекономіки [запропоновано автором].

*Інтеграційна логіка інтеграційно-концептуальної моделі викладання
сталого біоекономіки (зв'язок пунктів 4.1–4.13)*

Узагальнено логіку моделі можна подати так:

Компетентнісна мета (4.1) → Проблема і кейс (4.2–4.3) →
Проект і дослідження (4.4, 4.9) → Сценарій і симуляція (4.7) →
Активна взаємодія (4.8) → Дані, ШІ та цифрові платформи (4.6,
4.10–4.12) → Студентоцентричний результат (4.13).

Це перетворює навчання зі сталого біоекономіки на
безперервний цикл «знання → аналіз → дія → відповідальність».

Концептуальна формула моделі викладання сталого
біоекономіки (ІКМ^{sbio}) виглядає так:

$$\text{ІКМ}^{\text{sbio}} = f(C, P, K, Pr, R, D, AI, E, S) \quad (1)$$

де

C – компетентнісний підхід;

P – проблемне навчання;

K – кейси;

Pr – проектна діяльність;

R – дослідження;

D – data-driven аналітика;

AI – штучний інтелект;

E – цифрові освітні екосистеми;

S – студентоцентричність (Education 5.0).

Отже, підсумкова інтеграційно-концептуальна модель
викладання сталого біоекономіки, побудована на основі пунктів 4.1–
4.13, є цілісною, багаторівневою та адаптивною системою, що
поєднує сучасні дидактичні підходи, цифрові технології та
цінності сталого розвитку. Реалізація цієї моделі дозволяє
підготувати фахівців нового покоління — не лише економістів, а
спеціалістів у сфері трансформації сталого біоекономіки.

РОЗДІЛ 5

СУЧАСНІ МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ ПРИ ВИКЛАДАННІ СТАЛОЇ БІОЕКОНОМІКИ

5.1. Освітні цілі та принципи оцінювання

Сучасні підходи до оцінювання результатів навчання зі сталої біоекономіки ґрунтуються на переході від контролю знань до оцінювання сформованих компетентностей та здатності студентів застосовувати знання в реальних і змодельованих професійних ситуаціях. Оцінювання розглядається як невід’ємна частина навчального процесу, що підтримує навчання, а не лише фіксує результат. Такий підхід відповідає європейським стандартам забезпечення якості вищої освіти, рекомендаціям UNESCO щодо освіти для сталого розвитку та практикам програм Erasmus+, де ключовими є прозорість, валідність і компетентнісна спрямованість оцінювання.

Освітні цілі:

- оцінка рівня сформованості професійних і міждисциплінарних компетентностей;
- стимулювання активного, самостійного та рефлексивного навчання;
- забезпечення зворотного зв’язку для студентів і викладачів;
- підвищення академічної доброчесності та якості результатів навчання.

Базові принципи:

- компетентнісна орієнтація;
- прозорість і зрозумілі критерії;
- підтримка навчання та автентичність завдань;
- поєднання індивідуального та групового оцінювання.

5.2. Основні сучасні методи оцінювання при вивченні сталої біоекономіки

Формувальне оцінювання

Формувальне оцінювання здійснюється протягом усього курсу та спрямоване на підтримку навчального прогресу студентів (табл. 36).

Таблиця 36

Формувальне оцінювання

Інструменти	Переваги	Недоліки
Короткі аналітичні завдання; рефлексивні щоденники; коментарі до проектів і кейсів; усний та письмовий зворотний зв'язок.	Підвищує мотивацію; сприяє саморегуляції навчання; дозволяє своєчасно коригувати помилки.	Потребує значних часових витрат викладача; складно формалізувати в балах; потребує методичної культури зворотного зв'язку.

Джерело: узагальнено автором [32; 66-77].

Підсумкове оцінювання

Підсумкове оцінювання використовується для фіксації досягнутих результатів наприкінці модуля або курсу (табл. 37).

Таблиця 37

Підсумкове оцінювання

Форми	Переваги	Недоліки
Іспит (письмовий/усний); тестування з відкритими питаннями; захист проєкту або кейсу.	Забезпечує порівнянність результатів; зрозуміле для студентів і керівництва; легко інтегрується в рейтингову систему.	Обмежено відображає комплексні компетентності; може стимулювати поверхневе заучування; не завжди враховує процес навчання.

Джерело: узагальнено автором [32; 66-77].

Портфоліо студента

Портфоліо – це систематизована добірка робіт, що відображає навчальний прогрес і досягнення студента при вивченні сталої біоекономіки (табл. 38).

Таблиця 38

Портфоліо студента

Елементи портфоліо	Переваги	Недоліки
Аналітичні есе; кейс-аналізи; проєктні матеріали; дослідницькі звіти; рефлексивні записи.	Комплексна оцінка компетентностей; розвиток рефлексії; відповідність підходам lifelong learning.	Складність стандартизації; високі вимоги до критеріїв оцінювання; часові витрати на перевірку.

Джерело: узагальнено автором [32; 66-77].

Взаємооцінювання та самооцінювання

Метод передбачає залучення студентів до оцінювання власної та групової роботи (табл. 39).

Таблиця 39

Взаємооцінювання та самооцінювання

Форми	Переваги	Недоліки
Взаємооцінювання проектів; оцінка внеску в командну роботу; самооцінка досягнення результатів навчання.	Розвиток критичного мислення; підвищення відповідальності; формування академічної культури.	Ризик суб'єктивності; потреба в чітких рубриках; психологічні бар'єри у студентів.

Джерело: узагальнено автором [32; 66-77].

Автентичне оцінювання

Автентичне оцінювання базується на реальних або максимально наближених до професійних завданнях (табл. 40).

Таблиця 40

Автентичне оцінювання

Приклади	Переваги	Недоліки
Розробка біоекономічної стратегії громади; ESG-оцінка біоекономічного проекту.	Висока практична цінність; підготовка до професійної діяльності; інтеграція знань і навичок.	Складність оцінювання; потреба в зовнішніх експертах; значні організаційні витрати.

Джерело: узагальнено автором [32; 66-77].

Для забезпечення прозорості рекомендується використовувати рубрики оцінювання, що містять: критерії (аналіз, аргументація, використання даних, ESG-аспекти); рівні досягнення; опис очікуваних результатів. Рубрики зменшують суб'єктивність і підвищують довіру до оцінювання.

Роль викладача та студентів в системі оцінювання

Викладач: дизайнер системи оцінювання; організатор зворотного зв'язку; гарант академічної доброчесності.

Студенти: активні учасники оцінювання; суб'єкти самоаналізу та рефлексії; співвідповідальні за якість результатів.

Переваги та недоліки сучасної системи оцінювання при викладанні сталої біоекономіки наведено в табл. 41.

Таблиця 41

Переваги та недоліки сучасної системи оцінювання при викладанні сталої біоекономіки

Переваги	Недоліки та обмеження застосування
Відповідність компетентнісному підходу	Підвищене навантаження на викладача
Підвищення якості навчальних результатів	Потреба в методичній підготовці
Розвиток самостійності та відповідальності	Складність узгодження з традиційними системами оцінювання
Інтеграція освіти і практики біоекономіки	Необхідність цифрової підтримки

Джерело: узагальнено автором [32; 66-77].

Методичні рекомендації для викладачів

Викладачам при використанні сучасної системи оцінювання навчання при викладанні сталої біоекономіки необхідно: поєднувати формувальне та підсумкове оцінювання; використовувати прозорі регламентовані та чіткі критерії; залучати студентів до само- й взаємооцінювання; інтегрувати оцінювання в навчальні активності; забезпечувати системний зворотний зв'язок.

ПІСЛЯМОВА

Навчальний посібник присвячено теоретико-методичним та практико-орієнтованим засадам викладання сталої біоекономіки в умовах цифрової трансформації, європейської інтеграції та переходу до парадигми Education 5.0. У посібнику систематизовано сучасні дидактичні методи та підходи до формування професійних, аналітичних, цифрових і соціально-етичних компетентностей здобувачів освіти, необхідних для управління біоекономічними системами на засадах сталого розвитку.

Особливу увагу приділено компетентнісно-орієнтованому, проблемно- та проєктно-орієнтованому навчанню, кейс-методу, міждисциплінарному та дослідницькому підходам, а також симуляційному й сценарному навчанню як інструментам інтеграції теорії з практикою. Значне місце відведено цифровим та data-driven методам викладання, використанню штучного інтелекту, цифрових платформ і освітніх екосистем у підготовці фахівців з біоекономіки. Посібник містить методичні рекомендації для викладачів щодо організації практичних занять, розробки аналітичних і розрахункових завдань, роботи з реальними кейсами, оцінювання результатів навчання та забезпечення академічної доброчесності.

Запропонована підсумкова інтеграційно-концептуальна модель викладання сталої біоекономіки інтегрує інноваційні освітні технології з студентоцентричними цінностями та принципами сталого розвитку. Навчальний посібник призначений для викладачів закладів освіти, гарантів освітніх програм, розробників навчальних курсів, а також може бути використаний у підготовці бакалаврів, магістрів і докторів філософії економічного, управлінського та міждисциплінарного профілю.

РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА

1. COM (2010) 2020. EUROPE 2020 A strategy for smart, sustainable and inclusive growth. URL: <https://ec.europa.eu/eu2020/pdf/COMPLET%20EN%20BARROSO%20%20%20007%20-%20Europe%202020%20-%20EN%20version.pdf>
2. COM (2012) 060 final Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe (2012). URL: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/1f0d8515-8dc0-4435-ba53-9570e47dbd51>
3. COM(2018) 673 final, A sustainable bioeconomy for Europe – Strengthening the connection between economy, society and the environment. Updated Bioeconomy Strategy (2018). URL: <https://data.europa.eu/doi/10.2777/792130>
4. COM(2025) 960 final. A Strategic Framework for a Competitive and Sustainable EU Bioeconomy. Brussels, 27.11.2025. URL: https://environment.ec.europa.eu/publications/bioeconomy-strategy_en
5. EU, 2009c, Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC, OJ L 140/16, 05.06.2009
6. European Bioeconomy Stakeholders' Manifesto. URL: https://ec.europa.eu/info/files/european-bioeconomy-stakeholders-manifesto_en
7. European Commission Communication COM(2021) 66 final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52021DC0066>

8. European Commission, Joint Research Centre, Brief on biomass for energy in the European Union, Publications Office, 2019. URL: <https://data.europa.eu/doi/10.2760/546943>
9. European Green Deal. URL: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en?prefLang=uk
10. International Advisory Council of the Global Bioeconomy Summit 2018. (2018). Communiqué: Innovation in the Global Bioeconomy for Sustainable and Inclusive Transformation and Wellbeing. URL: https://gbs2020.net/wp-content/uploads/2021/10/GBS_2018_Report_web.pdf
11. International Energy Agency (IEA). URL: <https://www.iea.org>
12. JFSQ. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>
13. Knowledge Centre . URL: <https://knowledge4policy.ec.europa.eu/publication/updated-bioeconomy>
14. Knowledge Centre for Bioeconomy: URL: https://knowledge4policy.ec.europa.eu/bioeconomy/monitoring_en
15. Net Zero Emissions by 2050 Scenario (NZE). URL: <https://www.iea.org/reports/global-energy-and-climate-model/net-zero-emissions-by-2050-scenario-nze>
16. NREAP Progress Reports. URL: https://energy.ec.europa.eu/index_en
17. OECD (2009). The Bioeconomy to 2030: Designing a Policy Agenda. OECD Publishing, Paris. URL: <https://doi.org/10.1787/9789264056886-en>

18. OECD (2018). Meeting policy challenges for a sustainable bioeconomy. OECD Publishing, Paris. ISBN 978-92-64-29,233-8.

19. OECD. Climate Action Dashboard. URL: <https://www.oecd.org/en/data/dashboards/climate-action-dashboard.html>

20. OECD. URL: <https://www.oecd.org/>

21. Report COM/2022/283: EU Bioeconomy Strategy Progress Report - European Bioeconomy policy: stocktaking and future developments. URL: https://knowledge4policy.ec.europa.eu/publication/report-com2022283-eu-bioeconomy-strategy-progress-report-european-bioeconomy-policy_en

22. State Statistics Service of Ukraine. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/>

23. Statistic. Department of Economic and Social Affairs. URL: <https://unstats.un.org/UNSDWebsite/undatacommons/sdgs/>

24. Stockholm Declaration. URL: <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/29567/ELGP1StockD.pdf>

25. Sustainable Development Goals. URL: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/>

26. The Paris Agreement. What is the Paris Agreement? URL: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>

27. Third Stakeholders' Bioeconomy Conference, Turin 2014. URL: https://www.fondazionevilupposostenibile.org/f/appuntamenti/2014/ThirdBioeconomyConferenceProgramme_2014_Turin.pdf

28. Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. URL: <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld/publication>

29. UNCED. United Nations Conference on Environment and Development. Agenda 21. United Nations Organization: New York, 1992. URL: <https://sdgs.un.org/partnerships>

30. United Nations. Sustainable Development Goal indicators website. URL: <https://unstats.un.org/sdgs>

31. A Europe fit for the digital age. URL: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age_en?prefLang=uk

32. Міжнародний науково-практичний круглий стіл «Просування європейських навичок та підходів до сталої біоекономіки в умовах сучасних викликів в Україні»: тези доповідей, 20 жовтня 2023 р., Київ: КНУТД, 2023. 68 с.

33. Національна доповідь «Цілі сталого розвитку: Україна». URL: <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/natsionalna-dopovid-csr-Ukrainy.pdf>

34. Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2035 року “Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність”. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-p#Text>

35. Програма дій – Порядок денний на XXI століття: Ухвалена конференцією ООН з навколишнього середовища і розвитку в Ріо-де-Жанейро (Саміт – Планета Земля, 1992 р.). Пер. з англ. 2-ге вид. К.: Інтелсфера, 2000. 360 с.

36. Стратегія сталого розвитку України до 2030 року. URL: https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/ua/UNDP_Strategy_v06-optimized.pdf

37. With the WTO's predecessor agreement, the General Agreement on Tariffs and Trade (GATT).

38. World Bank Group and World Trade Organization (2015). The Role of Trade in Ending Poverty. World Trade Organization: Geneva. See also Commission on Growth and Development in 2018 'The Growth Report: Strategies for Sustained Growth and Inclusive Development'.

39. Anderson, C.B., S. Athayde, C.M. Raymond, A. Vatn, P. Arias-Arévalo, R.K. Gould, J. Kenter, et al., 'Conceptualizing the Diverse Values of Nature and Their Contributions to People.', Methodological Assessment Report on the Diverse Values and Valuation of Nature of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Zenodo, 2022.

40. Berkes, F., J. Colding, and C. Folke, Navigating Social-Ecological Systems: Building Resilience for Complexity and Change, Cambridge University Press, Cambridge, 2003.

41. Blythe, J., J. Silver, L. Evans, D. Armitage, N.J. Bennett, M.-L. Moore, T.H. Morrison, and K. Brown, 'The Dark Side of Transformation: Latent Risks in Contemporary Sustainability Discourse', Antipode, Vol. 50, No. 5, 2018, pp. 1206–1223.

42. Cadillo-Benalcazar, J.J., S.G.F. Bukkens, M. Ripa, and M. Giampietro, 'Why Does the European Union Produce Biofuels? Examining Consistency and Plausibility in Prevailing Narratives with Quantitative Storytelling', Energy Research & Social Science, Vol. 71, January 1, 2021, p. 101810.

43. Charles, C., I. Gerasimchuk, R. Bridle, T. Moerenhout, E. Asmelash, and T. Laan, Addendum to Biofuels—At What Cost? A Review of Costs and Benefits of EU Biofuel Policies, The International Institute for Sustainable Development, 2013a.

44. Biofuels—At What Cost? A Review of Costs and Benefits of EU Biofuel Policies, The International Institute for Sustainable Development, 2013b.

45. De Laurentiis, V., A. Galli, and S. Sala, Modelling the Land Footprint of EU Consumption, Joint Research Centre of the European Commission, Luxembourg, 2022.

46. European Commission: Joint Research Centre, Renner, A., Giuntoli, J., Barredo, J.I., Ceddia, M., Guimaraes Pereira, Â., Paracchini, M.L., Quaglia, A.P., Trombetti, M., Vallecillo, S., Velasco Gomez, M., Zepharovich, E. and Mubareka, S.B., Integrated assessment of bioeconomy sustainability, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2025, URL: <https://data.europa.eu/doi/10.2760/2356728>, JRC136919.

47. EEA, 'The Case for Public Participation in Sustainability Transitions', Briefing, European Environment Agency, October 3, 2023. URL: <https://www.eea.europa.eu/publications/the-case-for-public-participation/the-case-for-public-participation>.

48. EPRS, Beyond Growth: Pathways towards Sustainable Prosperity in the EU, European Parliament Research Services, Bruxelles, May 9, 2023.

49. European Commission, 'INCA Platform', 2023. URL: <https://ecosystem-accounts.jrc.ec.europa.eu/>.

50. Eversberg, D., J. Holz, and L. Pungas, 'The Bioeconomy and Its Untenable Growth Promises: Reality Checks from Research', Sustainability Science, November 1, 2022.

51. Eversberg, D., P. Koch, R. Lehmann, A. Saltelli, S. Ramcilovic-Suominen, and Z. Kovacic, 'The More Things Change, the More They Stay the Same: Promises of Bioeconomy and the Economy of Promises', *Sustainability Science*, March 23, 2023, pp. URL: s11625-023-01321-4.

52. Mubareka, S., J. Giuntoli, L.J. Sanchez, L.J. Lasarte, R. M'barek, T. Ronzon, A. Renner, and M. Avraamides, *Trends in the EU Bioeconomy*, JRC Science for Policy Report, Publications Office of the European Union, Luxembourg, February 24, 2023a.

53. *Trends in the EU Bioeconomy*, Publications Office of the European Union, Luxembourg, February 24, 2023b.

54. *Social Multi-Criteria Evaluation for a Sustainable Economy*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York, 2008.

55. *Social Multi-Criteria Evaluation: Methodological Foundations and Operational Consequences*', *European Journal of Operational Research*, Vol. 158, No. 3, 2004, pp. 662–677.

56. OECD, *OECD Core Set of Indicators for Environmental Performance Reviews*, Environment Monographs, Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris, 1993.

57. Ramcilovic-Suominen, S., 'Envisioning Just Transformations in and beyond the EU Bioeconomy: Inspirations from Decolonial Environmental Justice and Degrowth', *Sustainability Science*, 2022a.

58. *Envisioning Just Transformations in and beyond the EU Bioeconomy: Inspirations from Decolonial Environmental Justice and Degrowth*', *Sustainability Science*, 2022b.

59. *Linking Degrowth, Justice and Human-Nature Relations with a Common Thread of Transformations*', *Exploring New Visions for a Sustainable Bioeconomy*, Vol. (Chapter) 7, Vol. (Chapter) 7, Publication office of the European Commission, 2023.

60. Ramcilovic-Suominen, S., J. Giuntoli, T. Oliver, and L. Mehta, 'How Can Relational, Decolonial and Feminist Approaches Inform the EU Bioeconomy?', *Sustainability Science*, January 19, 2025.

61. Ramcilovic-Suominen, S., M. Kröger, and W. Dressler, 'From Pro-Growth and Planetary Limits to Degrowth and Decoloniality: An Emerging Bioeconomy Policy and Research Agenda', *Forest Policy and Economics*, Vol. 144, November 2022, p. 102819.

62. Renner, A., 'Sociometabolic Approach for a System's Assessment of the EU Bioeconomy', *Trends in the EU Bioeconomy*, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2023.

63. Spash, C.L., and F. Hache, 'The Dasgupta Review Deconstructed: An Exposé of Biodiversity Economics', *Globalizations*, Vol. 19, No. 5, July 4, 2022, pp. 653–676.

64. SystemIQ and Club of Rome, *A System Change Compass: Implementing the European Green Deal in a Time of Recovery*, 2020.

65. Vivien, F.D., M. Nieddu, N. Befort, R. Debref, and M. Giampietro, 'The Hijacking of the Bioeconomy', *Ecological Economics*, Vol. 159, No. January, 2019, pp. 189–197.

66. Збірник тез доповідей Міжнародного науково-практичного круглого столу «Промування європейських навичок та підходів до сталої біоекономіки в умовах сучасних викликів в Україні», м. Київ, 20 жовтня 2023 р., Київ: КНУТД, 2023. 68 с. URL: <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/25540>

67. Oleshko, A., Budiakova, O. (2024). *European knowledge for sustainable bioeconomy in Ukraine: Manual*. Kyiv: KNUTD. 156 с. ISBN 978-617-7763-31-3. URL: <https://knutd.edu.ua/grants/pesab/ed-c/>

68. Зелена трансформація та стала біоекономіка: моногр.; за наук. ред. А.А. Олешко, О.Ю. Будякової. Київ: КНУТД, 2024. 496 с.

ISBN 978-617-7763-34-4 DOI 10.30857/978.617.7763.34.4 URL:
https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/27008/1/ZTSB_mono_2024.pdf

69. Hnatenko, I., Bebko, S., Ievseitseva, O., Shikovets, K., Kvita, H., & Zos-Kior, M. (2024). Market analysis of the renewable energy market of Ukraine in the context of changes in financial and economic processes. *Financial & Credit Activity: Problems of Theory & Practice*, 5(58). DOI: 10.55643/fcaptp.5.58.2024.4576 URL: <https://fkd.net.ua/index.php/fkd/article/view/4576>

70. Zhaldak, M., Poliuha, V., Mokrousova, O., Oleshko, A., Budiakova, O., & Karavayev, T. (2024). Implementation of the principles of bioeconomy in leather production. *Leather and Footwear Journal*, 24(4), 267–278. DOI: <https://doi.org/10.24264/lfj.24.4.3> URL: https://www.revistapielarieincaltaminte.ro/revistapielarieincaltaminte/resurse/en/fisiere/full/vol24-nr4/article3_vol24_issue4.pdf

71. Hretskyi, I., Mokrousova, O., Oleshko, A., Budyakova, O., Antonenko, D., & Fomina, M. (2025). Assessing the Ethanologenic Potential of Xylose-Fermenting Yeasts *Scheffersomyces stipitis* UCM Y-2810. *Innovative Biosystems and Bioengineering*, 9(1). Pp. 45-53. DOI: <https://doi.org/10.20535/ibb.2025.9.1.311267> Available from: <https://ibb.kpi.ua/article/view/311267>

72. Олешко, А., & Будякова, О. (2024). Методологія досліджень сталої біоекономіки в Європейському Союзі. *Scientific Journal of Yuriy Fedkovich Chernivtsi National University Economics*, (1), 48–54. URL: <https://doi.org/10.32782/ecovis/2024-1-8> <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/30689>

73. Будякова, О. (2026). Екосистемний підхід до соціально-економічного розвитку в умовах зеленої та цифрової трансформації на засадах біоекономіки. *Економічні горизонти*,

(1(34), 15–31. [https://doi.org/10.31499/2616-5236.1\(34\).2026.348943](https://doi.org/10.31499/2616-5236.1(34).2026.348943)
<http://eh.udpu.edu.ua/article/view/348943>
<https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/32818>

74. Hretskyi I.O., Mokrousova O.R., Oleshko A.A, Budyakova O.Y., Fomina M.A. Influence of glucose and xylose on the ethanol production of xylose-fermenting yeasts. Збірник матеріалів VIII Міжнародного конгресу «Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування», м. Львів, 16-18 жовтня 2024. р. 119 URL: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/attachments/2024/oct/36233/stalyy-rozvytok-zakhyst-navkolyshnoho-seredovyshcha-enerhooshchadnist-20241.pdf>

75. Puzyrova P. V. Theoretical and methodological foundations of business model transformation in the context of sustainable development in the field of bioeconomy, urbanisation and digitalisation / P. V. Puzyrova, O. V. Olshanska // Current issues of sustainable development. – 2025. – Volume 2, No. 7. – P. 158-170. 10.60022/2(7)-18S <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/32940>

76. Puzyrova P. V. Methodological approaches to ensuring sustainable development of the bioeconomy in the context of digital transformation / P. V. Puzyrova // Current issues of sustainable development. – 2025. – Volume 2, No. 8. – P. 352-363. 10.60022/2(8)-45S <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/32941>

77. Bebko S. V. Logistical innovations as a factor in increasing the competitiveness of enterprises in the EU biomaterials market / S. V. Bebko // Economy and Society. – 2025. – No. 82. 10.32782/2524-0072/2025-82-131 <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/32974>

Навчальне видання

Пузирьова Поліна Володимирівна

**МЕТОДИ ВИКЛАДАННЯ
СТАЛОЇ БІОЕКОНОМІКИ**

Навчальний посібник

Технічний редактор П. В. Пузирьова
Відповідальний за поліграфічне виконання Л. Л. Овечкіна

Підп. до друку 23.02.2026 р. Формат 60x84 1/16.
Ум. друк. арк. 6,27. Облік. вид. арк. 4,91. Наклад 50 пр. Зам. 2327.

Видавець і виготовлювач Київський національний університет
технологій та дизайну.
вул. Мала Шияновська, 2, м. Київ-11, 01011.

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру
видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції
ДК № 993 від 24.07.2002.



«PROMOTING OF EUROPEAN SKILLS AND
APPROACHES FOR SUSTAINABLE
BIOECONOMY IN THE CONDITIONS
OF UKRAINIAN ACUTE CHALLENGES»
(PESAB)

Polina PUZYROVA

METHODS OF TEACHING SUSTAINABLE BIOECONOMY



HANDBOOK

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE

KYIV NATIONAL UNIVERSITY
OF TECHNOLOGIES AND DESIGN

Polina PUZYROVA

METHODS OF TEACHING SUSTAINABLE BIOECONOMY

Handbook

Recommended by the Academic Council of the Kyiv
National University of Technologies and Design
for teachers of education institutions

KYIV 2026

UDC 37.091.33:338.2:502.131(075.8)

P-88

Reviewers:

O. Lozhachevska – Doctor of Economics, Professor, Head of the Department of Management at the National Transport University;

I. Rummyk – Doctor of Economics, Professor, Head of the Department of Economics and Finance, KROK University;

S. Bebko – Doctor of Economics, Professor, Professor of the Department of Marketing, Kyiv National University of Technologies and Design.

Recommended for publication by the Academic Council of the Kyiv
National University of Technologies and Design
for teachers of education institutions
(Minutes No. 7 of 26.02.2026)

P. Puzyrova

P-88 *Methods of teaching sustainable bioeconomy: handbook.* /

P. Puzyrova. Kyiv: KNUTD, 2026. 108 p.

ISBN 978-617-7763-66-5

The handbook covers the theoretical and methodological foundations of teaching sustainable bioeconomy, modern methods of teaching sustainable bioeconomy for teachers of education institutions, and basic methods of assessing learning outcomes in teaching bioeconomics. It is intended for teachers in various education institutions who are interested in promoting knowledge of sustainable bioeconomy as an interdisciplinary field of education.

This research has been conducted with the support of the European Union within the framework of the ERASMUS-JMO-2023-HEI-TCH-RSCH project, 101127252 "Promoting European skills and approaches for sustainable bioeconomy in the conditions of Ukrainian acute challenges" (PESAB).

Funded by the European Union. However, the views and opinions expressed are those of the authors alone and do not necessarily reflect the views of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.

UDC 37.091.33:338.2:502.131(075.8)

© Polina PUZYROVA, 2026

ISBN 978-617-7763-66-5

© KNUTD, 2026

CONTENTS

FOREWORD	4
CHAPTER 1. THEORETICAL AND METHODOLOGICAL BASIS FOR TEACHING SUSTAINABLE BIOECONOMY	8
1.1. <i>Bioeconomics as an interdisciplinary field of education</i>	8
1.2. <i>The paradigm of sustainable development in teaching bioeconomics</i>	11
1.3. <i>European and international context of teaching sustainable bioeconomy</i>	14
CHAPTER 2. CONTENT OF THE COURSE ON SUSTAINABLE BIOECONOMY	17
2.1. <i>Structure and logic of the course</i>	17
2.2. <i>Key thematic blocks of the course</i>	20
2.3. <i>Updating the course content</i>	23
CHAPTER 3. PRACTICE-ORIENTED COMPONENT OF THE TEACHING HANDBOOK	27
3.1. <i>Practical classes in bioeconomics</i>	27
3.2. <i>Independent work by students</i>	30
3.3. <i>Project and startup-oriented activities</i>	33
CHAPTER 4. MODERN METHODS AND APPROACHES TO TEACHING SUSTAINABLE BIOECONOMY	37
4.1. <i>Competence-oriented approach</i>	37
4.2. <i>Problem-based learning</i>	40
4.3. <i>Case-based learning</i>	44
4.4. <i>Project-based learning</i>	48
4.5. <i>Interdisciplinary and integrated learning</i>	52
4.6. <i>Digital and data-driven methods</i>	56
4.7. <i>Simulation and scenario-based learning</i>	60
4.8. <i>Active and interactive learning methods</i>	64
4.9. <i>Research-oriented training</i>	68
4.10. <i>AI-oriented approach</i>	72
4.11. <i>Digital platform approach</i>	76
4.12. <i>Digital ecosystem-based approach</i>	79
4.13. <i>The concept of Education 5.0 and its significance for a sustainable bioeconomy</i>	84
4.14. <i>An integrative conceptual model for teaching sustainable bioeconomy</i>	87
CHAPTER 5. MODERN METHODS OF ASSESSING LEARNING OUTCOMES IN TEACHING SUSTAINABLE BIOECONOMY	91
5.1. <i>Educational goals and principles of assessment</i>	91
5.2. <i>Main modern methods of assessment in teaching sustainable bioeconomy</i>	92
AFTERWORD	97
RECOMMENDED SOURCES	98

Promoting of European skills and approaches for sustainable bioeconomy in the conditions of Ukrainian acute challenges

FOREWORD

The current stage of global economic development is characterized by deepening environmental, resource, and socio-economic challenges, which necessitates a transition to new models of sustainable development. One such model is the bioeconomics, which combines economic, environmental, and innovative approaches to the use of biological resources, the development of biotechnologies, and the formation of circular production systems. In this context, the training of specialists capable of working in the conditions of bioeconomic transformation is of strategic importance for the national economy and Ukraine's integration into the European scientific and educational space.

Teaching bioeconomics in education institutions requires updating methodological approaches, the content of academic disciplines, and the forms of organization of the educational process. Traditional lecture and seminar methods do not fully ensure the formation of students' systematic thinking, interdisciplinary competencies, and practical skills necessary for work in the field of bioeconomics. That is why it is important to introduce modern methods of teaching bioeconomics focused on interactive learning, the use of digital technologies, a practice-oriented approach, and the integration of science, education, and business.

The relevance and importance of researching modern methods of teaching bioeconomics for teachers is determined by a number of interrelated factors:

– bioeconomics is an interdisciplinary field of knowledge that combines economics, ecology, agricultural sciences, biotechnology, innovation management, and sustainable development, which

Promoting of European skills and approaches for sustainable bioeconomy in the conditions of Ukrainian acute challenges

requires teachers to apply integrated pedagogical approaches capable of forming students' holistic view of bioeconomic processes;

– the digitization of education and the spread of innovative educational technologies are significantly changing the role of the teacher, who is gradually moving from being a transmitter of knowledge to a facilitator of the learning process. This is particularly important in the field of bioeconomics, as the field is developing dynamically and teaching materials need to be constantly updated in line with current scientific and practical achievements;

– Ukraine's integration into the European educational and scientific space highlights the need to harmonize bioeconomic teaching methods with European higher education standards focused on a competency-based approach, academic mobility, the development of entrepreneurial thinking, and sustainable development;

– contemporary challenges—climate change, resource constraints, food security, post-crisis and post-war economic recovery—require the training of specialists capable of applying bioeconomic solutions in practice, which in turn increases the demands on teaching methods and methodological tools used by teachers.

The practical value of the disclosed methods of teaching sustainable bioeconomy lies in the possibility of their use by teachers in the development, modernization, and implementation of educational disciplines in bioeconomics and related fields.

The proposed modern teaching methods can be used: in the development and updating of educational programs and syllabi for bioeconomics disciplines; in the process of introducing interactive, project-based, case-oriented, digital, and other teaching methods; to develop students' practical competencies, analytical and ecosystem

thinking; in the preparation of methodological recommendations, teaching aids, and electronic educational resources.

In addition, the results of the study can be used by the management of education institutions to improve the educational process, upgrade the qualifications of teachers, and introduce innovative pedagogical practices. The practical significance also lies in promoting the formation of human resources for the development of the bioeconomics, sustainable development, and innovative transformation of the national economy. Thus, the teaching handbook "Methods of Teaching Sustainable Bioeconomy" is aimed at improving the quality of training specialists in the field of bioeconomics and the competitiveness of educational programs.

The dissemination of European Union best practices in the field of sustainable bioeconomy involves both the introduction of new training courses for students and pupils and the improvement of teaching methods in sustainable bioeconomy for teachers and the general public, using the best EU experience.

The handbook was prepared with the support of the European Union as part of the ERASMUS-JMO-2023-HEI-TCH-RSCH project, 101127252 "Promoting European skills and approaches for sustainable bioeconomy in the conditions of Ukrainian acute challenges" (PESAB), where the main goal is to popularize the knowledge of the European Union for the development of a sustainable bioeconomy in Ukraine.

In accordance with the Letter of the Ministry of Education and Science dated 17.10.2022 No. 1/12168-22 to higher education institutions and scientific institutions "On the dissemination of information" with the aim of promoting the results of scientific and scientific-technical activities and the most promising developments, in particular in the areas of resource-efficient economy and green

growth; bioeconomics, natural resources; inclusive society and the intensification of scientific research on aspects of the bioeconomics are of particular importance and relevance, contributing to the acceleration of Ukraine's integration into the European Research Area and the formation of a positive image of domestic science.

CHAPTER 1

THEORETICAL AND METHODOLOGICAL BASIS FOR TEACHING SUSTAINABLE BIOECONOMY

1.1. Bioeconomics as an interdisciplinary field of education

Bioeconomics as a scientific and educational concept was formed at the intersection of economic, natural, and technological sciences in response to the global challenges of the 19th–21st centuries, in particular the depletion of natural resources, climate change, food security, and the need to transition to sustainable development models. Initially, bioeconomics was viewed primarily as the economics of biological resources, focusing on agricultural production, forestry, and biotechnology. Subsequently, the concept underwent a significant evolution—from a sectoral approach to a systemic paradigm of economic development covering the entire value chain (from renewable biological resources to end products and services with high added value). The modern interpretation of bioeconomics is based on the principles of rational use of biomass, innovation, resource efficiency, and minimization of negative environmental impact.

In the context of education, this means a transition from the fragmented study of individual sectors to an integrated analysis of bioeconomic systems that combine economic mechanisms, environmental constraints (safety and risks), social impacts, and technological innovations. Thus, bioeconomics in the educational process appears not only as a subject of study, but as a tool for forming a new type of economic thinking focused on long-term sustainability.

The connection between bioeconomy and the green economy, circular economy, and ESG approaches is particularly significant. Bioeconomics is closely linked to the concepts of the green and circular economies, together forming the methodological basis for modern sustainable development strategies. The green economy focuses on reducing environmental risks and improving the well-being of society, while the bioeconomics provides the resource and technological basis for achieving these goals through the use of renewable bioresources and bioinnovations.

The circular economy, in turn, underpins the bioeconomics and the principles of closed production and consumption cycles, resource reuse, waste recycling, and product life cycle extension. In an educational context, this requires students to develop a systematic understanding of resource, energy, and value flows in bioeconomic systems.

An important element of the modern interpretation of the bioeconomics is the integration of ESG (Environmental, Social, Governance) approaches. Bioeconomic decisions are increasingly being evaluated not only for their economic efficiency, but also for their environmental and social impacts, as well as the quality of management, which necessitates the inclusion of ESG logic in the teaching of bioeconomics, particularly in terms of assessing the impact of projects, shaping responsible business, and developing sustainable development policies.

Thus, bioeconomics in the educational dimension acts as an integrative platform that combines economic, environmental, and social approaches, providing a comprehensive understanding of sustainable development processes.

In the system of economic disciplines, bioeconomics occupies a special place as an interdisciplinary and applied field of knowledge that combines elements of macro- and microeconomics, environmental economics, institutional economics, innovation economics, and sustainable development economics. Unlike classical economics courses, which focus primarily on market mechanisms and financial indicators, bioeconomics focuses on:

- long-term resource constraints;
- environmental externalities;
- intersectoral linkages;
- the role of public policy and international strategies;
- the impact of innovation and digital technologies.

Bioeconomics performs an integrating function, providing a link between economic theory and the practical challenges of sustainable development. It can be taught as an individual discipline or as an interdisciplinary module in educational programs in economics, management, international relations, agribusiness, ecology, biotechnology, and public administration. Thus, teaching bioeconomics gives students a comprehensive economic vision, the ability to work at the intersection of disciplines, and make informed decisions in the context of limited resources, environmental challenges, and the transformation of the global economy.

Therefore, bioeconomics as an interdisciplinary field of education combines economic theory, environmental approaches, and innovative technologies, forming the methodological basis for teaching sustainable development. The integration of bioeconomics into the system of economic disciplines contributes to the development of ecosystem thinking, interdisciplinary competencies, and the training

of specialists capable of operating effectively in the context of the green and digital transformation of the economy.

1.2. The paradigm of sustainable development in teaching bioeconomics

The paradigm of sustainable development is the fundamental theoretical and methodological basis for teaching bioeconomics, as it sets the value guidelines, goals, and limitations of economic activity based on the use of biological resources. In the bioeconomics course, this paradigm serves as an integrative framework that combines economic, environmental, and social aspects of development, shaping students' ecosystemic vision of long-term economic transformations.

The Sustainable Development Goals (SDGs) adopted by the United Nations are a key methodological platform for shaping the content and logic of teaching bioeconomics. The SDGs define the strategic guidelines for the development of society until 2030 and directly correlate with the concept of bioeconomics as a tool for transitioning to a resource-efficient and climate-neutral growth model.

In the educational process, the SDGs perform the following functions:

- target – they define the desired socio-economic and environmental outcomes of bioeconomic transformations;
- structural – they serve as the basis for building thematic modules of the course (bioenergy, agrobiological, circular biomodels, sustainable development of regions);

– evaluative – they allow the effectiveness of bioeconomic decisions to be analyzed through a system of sustainable development indicators.

In teaching bioeconomics, special attention is paid to such sustainable development goals as overcoming poverty and hunger, ensuring responsible production and consumption, combating climate change, and developing innovation and sustainable institutions, which makes it possible to integrate global priorities into the local and national context of bioeconomic policy.

Also, one of the key methodological principles of teaching sustainable bioeconomy is the principle of the triad of sustainable development, which provides for a balanced combination of economic efficiency, environmental safety, and social justice. Within the bioeconomics course, this principle is not considered declaratively, but as a tool for practical analysis of managerial and political decisions.

The economic dimension of sustainability in bioeconomics covers issues of productivity in the use of biological resources, innovation, competitiveness of bioeconomic sectors, and value creation. The environmental dimension focuses on ecosystem conservation, greenhouse gas emission reduction, and prevention of land degradation and biodiversity loss. The social dimension is related to employment, rural development, food security, and social inclusion.

In the educational process, the balance between these goals is achieved through:

- analyzing conflicts between economic growth and environmental safety;
- assessing the social impact of bioeconomic projects;
- using ESG approaches as a tool for integrated analysis.

In this way, students (pupils) learn to make decisions in a multi-criteria environment and to understand the long-term consequences of economic transformations.

Another important component of the sustainable development paradigm in teaching bioeconomics is the focus on achieving climate neutrality. Bioeconomics is seen as one of the key tools for fulfilling international climate commitments, in particular the Paris Climate Agreement, as well as strategic documents, in particular the European Green Deal. That is why the bioeconomics course analyzes bioeconomics as:

- a source of renewable energy and low-carbon technologies;
- a mechanism for decarbonizing the agricultural, industrial, and energy sectors;
- a tool for adapting the economy to climate change.

Particular emphasis is placed on the role of bioenergy, biomaterials, biotechnologies, and circular biomodels in reducing the carbon footprint and increasing the climate resilience of regions. At the same time, the educational process emphasizes that the bioeconomics is not automatically "green" and requires a clear regulatory framework, scientifically sound approaches, and a system for monitoring environmental impact.

The methodological significance of the sustainable development paradigm in teaching bioeconomics ensures:

- the formation of systematic and interdisciplinary thinking among students;
- the orientation of the educational process towards long-term social goals;
- combining theoretical knowledge with policy and business practice;

– the training of specialists capable of working in the conditions of green and digital transformation of the economy.

Thus, sustainable development is not only a thematic context but also a methodological framework for teaching bioeconomics, which determines the content, methods, and results of learning.

1.3. European and international context of teaching sustainable bioeconomy

Contemporary teaching of sustainable bioeconomy is shaped by the decisive influence of European and international strategic documents, educational policies, and competency frameworks aimed at ensuring sustainable development, climate neutrality, and innovative economic transformation. In this context, bioeconomics education programs must be integrated into the European higher education area and aligned with key EU policies.

The content of bioeconomics courses at European universities is based on strategic documents developed by the European Commission, which define the bioeconomics as one of the key tools for the transition to a climate-neutral, resource-efficient, and competitive economy. The basic framework documents include:

- EU Bioeconomics Strategy, which focuses on the sustainable use of biological resources, the development of bio-innovation, and the creation of added value in the regions;
- the European Green Deal, which defines the bioeconomics as a structural element of the green transition;
- EU initiatives in the field of the circular economy, climate policy, and energy transition.

In methodological terms, these strategies determine: the inclusion of EU policy analysis in curricula; a focus on applied case studies of bioeconomics projects; and the formation of students' ecosystemic vision of the interrelationship between economic, environmental, and social development goals.

Thus, European bioeconomics strategies serve as a conceptual framework for building training courses and defining their learning outcomes.

Also, the European and international context of teaching bioeconomics is closely linked to the implementation of the principles of the Erasmus+ program, which focuses on:

- student-centered learning;
- the development of interdisciplinary and transuniversal competencies;
- internationalization of educational programs;
- the use of digital and innovative pedagogical approaches.

Within Erasmus+, bioeconomics is considered a priority topic that combines: sustainable development; innovation; regional development; social responsibility of business.

At the same time, the role of ESG education, which integrates environmental, social, and governance aspects into the learning process, is growing. For teaching sustainable bioeconomy, this means:

- an emphasis on assessing the environmental and social effects of bioeconomic decisions;
- developing skills in analyzing ESG indicators;
- preparing students to work in an environment of responsible investment and sustainable corporate governance.

The combination of Erasmus+ and ESG education principles contributes to the development of globally competitive professionals capable of working in a European and international environment.

Harmonizing bioeconomics education programs with European standards is obligatory for ensuring the quality of higher education and academic mobility. This is done as part of the Bologna Process and means: focusing on learning outcomes; using a competency-based approach; using the ECTS system; transparent mechanisms of assessment and ensuring quality.

In the context of bioeconomics, harmonization means: aligning the content of disciplines with European thematic priorities; including interdisciplinary modules; integrating digital, analytical, and research components; using English-language sources and EU case studies.

Of particular importance is the adaptation of programs to the needs of the green and digital transition, which increases their attractiveness to students and employers and promotes the integration of national education systems into the European education area.

Thus, the European and international context of teaching sustainable bioeconomy determines not only the content of academic disciplines, but also the methodology, pedagogical approaches, and expected learning outcomes. The integration of European bioeconomics strategies, Erasmus+ and ESG education principles, and the harmonization of educational programs with EU requirements create the basis for the formation of modern, competitive, and socially responsible specialists in the field of bioeconomics.

CHAPTER 2

CONTENT OF THE TRAINING COURSE ON SUSTAINABLE BIOECONOMY

2.1. Structure and logic of the course

The training course on sustainable bioeconomy is based on the principles of modularity, competence orientation, and integration of theoretical and applied components, which meets the modern requirements of higher education, the principles of sustainable development, and European approaches to the formation of interdisciplinary educational programs.

The logic of the course structure is aimed at consistently forming a holistic understanding of bioeconomics among students as an economic system that combines the use of biological resources, innovative technologies, environmental responsibility, and social sustainability.

It is recommended that the course be structured on a modular basis, which ensures flexibility of learning, the ability to adapt to different educational programs, and a logical sequence of material acquisition. Each module is relatively autonomous, but at the same time logically linked to other modules and focused on achieving specific learning outcomes.

A typical modular course structure includes:

1. An introductory module aimed at forming basic ideas about the concept of bioeconomics, its evolution, connection with the paradigm of sustainable development, and global challenges.

2. Fundamental modules that explore the theoretical foundations of a sustainable bioeconomy, the economics of bioresources, and circular models of production and consumption.

3. Applied modules devoted to the analysis of specific sectors of the bioeconomics (agrobiology, bioenergy, bioindustry, regional and urban bioeconomics).

4. An integration module focused on interdisciplinary analysis, project activities, case studies, and the formation of a systemic vision.

5. A final module that provides a summary of the knowledge gained, reflection, and assessment of the competencies formed.

The modular approach allows for a combination of classroom, distance, and independent work, as well as the use of blended and digital learning formats.

The course content is divided into compulsory and elective components, which allows for the combination of standardized educational program requirements with individual educational trajectories of students.

Compulsory topics form the core of the course and provide:

- understanding of the essence and principles of a sustainable bioeconomy;
- mastery of the basic economic, environmental, and social aspects of the use of biological resources;
- familiarization with key policies, strategies, and instruments for regulating bioeconomic development;
- the formation of ecosystem thinking about the interrelationship between the economy, the environment, and society.

Elective topics are focused on deepening knowledge in accordance with: the specialization of the educational program; the professional interests of students; the regional or industry context.

Elective topics may include bioeconomic innovation, biostartups, regional bioeconomics, ESG strategies, digitalization of bioeconomic processes, climate policy, and green finance.

This approach ensures the flexibility of the course content and its relevance in dynamic socio-economic conditions.

One of the key logical principles of the course design is the close connection between theoretical provisions and practical activities, which meets the requirements of competency-based learning.

The theoretical material of the course is presented as a basis for analyzing real bioeconomic processes, making management decisions, and developing practical recommendations. The practical component is implemented through:

- analysis of case studies from real-life bioeconomic projects;
- performing analytical and computational tasks;
- project and research activities;
- working with open statistical and analytical sources;
- development of scenarios and strategies for sustainable development.

The combination of theory and practice allows students to develop the ability to apply knowledge in their professional activities, critically evaluate alternative solutions, and justify them from the standpoint of economic feasibility, environmental responsibility, and social significance.

Thus, the structure and logic of the "Sustainable Bioeconomy" course ensure:

- systematic and consistent learning;
- a focus on the formation of key competencies;
- flexibility and adaptability to different educational programs;
- integration of theoretical knowledge and practical skills;

– responsiveness to the current challenges of sustainable development and digital transformation of the economy.

2.2. Key thematic blocks of the course

The content of the course on sustainable bioeconomy is structured on a modular basis and covers the main areas of development of bioeconomic systems in the context of sustainable development, digital transformation, and European integration. Each thematic block combines theoretical provisions, analytical tools, and practice-oriented tasks, which ensures the formation of ecosystemic economic thinking in the field of bioeconomics.

Bioresources and their economic assessment

This thematic block aims to develop students' understanding of the economic essence of bioresources as a key driver of sustainable development and the basis of bioeconomics. The following types of bioresources are considered: agricultural; forest; aquatic; biological waste, their renewability, scarcity, and competitiveness in the process of use.

The main focus is on: the economic classification of biological resources; methods of monetary and non-monetary valuation of biological resources; analysis of ecosystem services; assessment of alternative scenarios for the use of biological resource potential; accounting for environmental and social externalities.

Within this block, students learn approaches to assessing the value of biological resources, taking into account the principles of

sustainable development, which allows them to justify management decisions at the macro, meso, and micro levels.

Bioenergy and bioindustry

This block is devoted to the analysis of bioenergy and bioindustry as strategic sectors of the green transformation of the economy. It considers the economic prerequisites for the development of bioenergy technologies, their competitiveness compared to traditional energy sources, and the role of state support and investment mechanisms.

The content of the section covers: the main types of bioenergy and biofuels; the economic efficiency of bioenergy projects; value chains in the bioindustry; the impact of bioenergy on energy security; and the environmental and social consequences of the development of bioenergy systems.

Particular attention is paid to the analysis of European practices in the development of bioenergy and their adaptation to national conditions.

Agrobioeconomics

The "Agrobioeconomics" block reveals the role of the agricultural sector as a basic element of the bioeconomic system. It considers the economic mechanisms of sustainable use of agricultural bioresources, the introduction of innovative technologies, and the improvement of agricultural production efficiency.

Key issues of the block: agrarian bioeconomics in the food security system; the economics of organic and regenerative

agriculture; the use of agricultural waste in the bioeconomics; the digitalization of the agricultural sector; the integration of agrobiological into global value chains.

Within this block, students develop skills in analyzing the economic performance of agrobiological models, taking into account environmental constraints and social consequences.

Bioeconomics of cities and regions

This thematic block is aimed at studying the spatial dimension of the bioeconomics and its role in sustainable development of territories. It considers the peculiarities of the formation of bioeconomic systems at the city and regional levels, their interconnection with regional policy and smart specialization.

Main areas of study: the concept of regional bioeconomics; urban bioeconomic solutions; circular models at the local level; regional bioeconomic clusters; the role of local communities and authorities.

This block promotes the development of spatial-economic thinking and the ability to evaluate regional bioeconomics development strategies.

Innovation and Startups in the Bioeconomics

The final thematic block focuses on the innovative dimension of the bioeconomics and the development of students' entrepreneurial competencies. It examines the mechanisms of commercialization of bioeconomic innovations, the formation of startup ecosystems, and the role of financial instruments.

The content of the block includes: innovative technologies in the bioeconomics; business models of bioeconomic startups; venture and grant financing; acceleration programs and incubators; risk assessment and scaling of bioeconomic projects.

Particular emphasis is placed on developing skills in preparing innovative projects, business plans, and presentations for investors and stakeholders.

Thus, the combination of key thematic blocks of the course on sustainable bioeconomy provides a comprehensive understanding of bioeconomics as a modern economic system that integrates natural resources, innovation, spatial development, and entrepreneurship, forming the basis for training a new generation of specialists.

2.3. Updating the course content

Updating the course content on sustainable bioeconomy is obligatory to make sure it's in line with today's global challenges, European sustainable development policies, and dynamic technological changes.

As an interdisciplinary field, the bioeconomics is formed at the intersection of economics, ecology, biotechnology, innovation, the agricultural sector, and energy, which necessitates the constant updating of teaching materials and their adaptation to the real socio-economic context.

A key tool for updating educational content is the systematic use of international and national analytical sources that reflect the current state and trends in the development of a sustainable bioeconomy. It is advisable to use:

Promoting of European skills and approaches for sustainable bioeconomy in the conditions of Ukrainian acute challenges

- strategic and analytical reports from international organizations (FAO, OECD, World Bank);
- statistical databases and analytical panels (agricultural production, bioenergy, greenhouse gas emissions, employment in the bioeconomics);
- European regulatory documents, in particular strategies and action plans in the field of bioeconomics and sustainable development;
- national programs and concepts for the development of the bioeconomics, climate policy, and green transformation.

The use of such sources allows: students to develop skills in working with real, rather than educational, data; to link theoretical provisions with contemporary practice; to integrate the course into the context of the implementation of the Sustainable Development Goals and European integration.

In the educational process, it is advisable to use reports as: illustrative material for lectures; a basis for practical and analytical tasks; a source of data for coursework and project work; a basis for the formation of critical thinking and comparative analysis. It should be noted that the rapid development of digital, biotechnological, and analytical tools directly affects the transformation of bioeconomic systems, which should be reflected in the content of the course.

The content is updated by including in the course:

- modern technologies of bioenergy, bioprocessing, and circular use of resources;
- digital solutions in the field of agrobiological (precision farming, big data, IoT);
- data-driven and GIS approaches to the analysis of biological resources;

– innovative business models and startups in the field of bioeconomics.

This update allows us to: increase the practical focus of the course; prepare students for work in the digital economy; and develop an understanding of the technological drivers of sustainable development.

The bioeconomics is largely a politically and regulatory-driven field, so the content of the training course must respond quickly to changes in policies, strategies, and regulatory frameworks. Updates to the course content should include: analysis of updated European strategies for the bioeconomics and climate neutrality; changes in policies supporting green investments and ESG financing; regulatory requirements for reducing emissions, using renewable resources, and environmental reporting; national priorities for post-war recovery and sustainable development.

As a result, students will gain: a comprehensive understanding of the role of public policy in shaping the bioeconomics; skills in analyzing regulatory documents; the ability to assess the impact of regulatory changes on business and regional development.

To ensure the systematic updating of the sustainable bioeconomy course, it is advisable to apply the following methodological approaches: annual review and update of the list of recommended sources; integration of new reports and statistical data into practical classes; use of thematic case studies; involvement of students in searching for and analyzing relevant sources; combination of a stable theoretical core of the course with flexible applied content.

Thus, updating the educational content of the sustainable bioeconomy course ensures its relevance to current challenges, practical orientation, and integration into the European educational

and political space. The systematic use of relevant data, reports, and regulatory documents helps students develop analytical thinking, professional competencies, and readiness to work in the field of sustainable bioeconomy.

CHAPTER 3

PRACTICAL COMPONENT OF THE HANDBOOK

3.1. Practical classes in bioeconomics

Practical classes in bioeconomics are a key element in the formation of professional competencies of students, as they ensure the transition from the theoretical assimilation of sustainable development concepts to their applied use in the field of bioresource management, bioeconomic projects, and policies. The practice-oriented format of training allows students to work with real data, analytical tools, and management situations, which meets the current requirements of the labor market and the principles of a competency-based approach.

Practical classes in bioeconomics should be structured according to the principle of gradual complexity, combining computational, analytical, and case studies with interdisciplinary integration of economic, environmental, and social aspects.

Typical structure of a practical class

The typical structure of a practical class in bioeconomics should be unified, ensuring methodological consistency and transparency of requirements for students. The recommended structure of practical work includes the following elements:

1. Learning objectives and expected outcomes – formulated taking into account the program learning outcomes of the discipline and the competencies to be developed (analytical, professional, digital, managerial).

2. Theoretical background (brief overview) – contains a concise summary of the key concepts, models, and approaches necessary to complete the practical task (e.g., principles of bioeconomic efficiency, ESG concept, approaches to sustainability assessment).

3. Description of the practical task – clearly defines the problem or analytical question to be solved (economic feasibility, environmental impact, social impact, etc.).

4. Input data and information base – provides a list of initial data, sources of information, statistical indicators, or scenario assumptions.

5. Methodology – describes the calculation or analysis algorithm, list of indicators, formulas, logic of interpretation of results.

6. Presentation of results – tables, graphs, diagrams, and brief analytical conclusions are provided.

7. Control questions and tasks for self-reflection – aimed at assessing the depth of understanding of the material and the ability to think critically.

Analytical and calculation tasks

Analytical and calculation tasks are the basic form of practical training for students in the field of bioeconomics, aimed at developing skills in working with economic, environmental, and social indicators of sustainable development. The main types of such tasks include:

1. Calculation of the economic efficiency of bioeconomic projects – students assess costs and benefits, calculate efficiency indicators (profitability, payback period, economic effect) taking into account the specifics of bioeconomic activity.

2. Analysis of environmental indicators – involves calculating emissions reductions, resource efficiency, and environmental impact.

3. Assessment of the social impact of the bioeconomics – includes analysis of employment, regional development, and social inclusion.

4. Comprehensive sustainability analysis – combines economic, environmental, and social indicators within integrated indices or assessment matrices.

Analytical tasks can be performed individually or in small groups, followed by a discussion of the results, which promotes the development of communication and teamwork skills.

Working with real cases in the field of bioeconomics

Working with cases is one of the most effective tools for practical training in bioeconomics, as it simulates real management, economic, and political situations. The case approach allows for the integration of theoretical knowledge with the analysis of the functioning of bioeconomic systems in practice.

Cases should be classified according to the following areas: bioeconomic policy and strategic planning; bioeconomic project management; regional development and bioeconomics; innovation and start-ups in bioeconomics; ESG and sustainable business development.

Typical case work includes: analysis of the initial situation and problem; identification of key stakeholders; evaluation of alternative management decisions; justification of the optimal option from the perspective of sustainable development.

Formulation of conclusions and recommendations

The use of real-life cases increases student motivation, promotes the development of systematic thinking, and builds the ability to make informed decisions in conditions of uncertainty.

Thus, practical classes in bioeconomics are a key element of a practice-oriented handbook, ensuring the formation of professional competencies, the integration of theory with practice, and the preparation of students for the real challenges of sustainable development and the digital economy.

3.2. Independent work by students

Independent work by students on sustainable bioeconomy is an integral part of practice-oriented learning and is aimed at developing skills of independent analysis, critical thinking, and informed decision-making in the field of sustainable development, which ensures the deepening of theoretical knowledge, the development of research competencies, and the ability to work with real data, analytical materials, and political and economic documents.

Independent work by students is based on the principles of individualization, evidence-based approach, interdisciplinarity, and practical orientation, and includes individual research, preparation of analytical notes, and work with open data and reports from international organizations.

Individual research

Individual research is aimed at developing scientific and analytical skills and the ability to independently investigate current issues in bioeconomics at the national, regional, or sectoral levels.

The main areas of individual research may include:

- analysis of the bioeconomics potential of a particular region;
- evaluation of the effectiveness of a bioeconomics project or technology;
- research on the role of the bioeconomics in achieving sustainable development goals;
- comparative analysis of bioeconomic strategies of EU countries;
- the impact of digitalization on the development of bioeconomic sectors.

Stages of individual research:

1. Selecting a topic and formulating a research question.
2. Defining the purpose, objectives, and subject of the research.
3. Selection of information base and data sources.
4. Analytical processing of information (comparisons, indicator analysis, simple calculations).
5. Formulation of conclusions and practical recommendations.

Result: an analytical report or mini-study of 5–7 pages with tables, graphs, and reasoned conclusions.

Preparation of analytical notes

Analytical notes are an effective form of independent work aimed at preparing students for professional activities in the field of

public policy, consulting, and bioeconomic project management, teaching them to present the results of their analysis to the target audience in a concise, logical, and reasoned manner.

Typical topics for analytical notes:

- the feasibility of state support for bioenergy;
- development of a circular bioeconomics in the region;
- the impact of bioeconomic projects on employment and the environment;
- integration of ESG principles into bioeconomic enterprises.

Recommended structure of an analytical note:

1. The problem and its relevance.
2. Brief analysis of the situation (based on data).
3. Key conclusions.
4. Recommendations (2–4 clear proposals).
5. Expected effects of implementation.

Requirements for formatting: 2–3 pages in length; inclusion of tables or graphs; clear reasoning based on data.

Deliverable: analytical note focused on managerial or political decision-making.

Working with open data and reports

Working with open data and analytical reports from international organizations is a key element in developing data-driven thinking in students, enabling them to work with reliable sources of information and use them to substantiate their conclusions.

The main sources of open data and reports are:

- national statistical services;

- international organizations (FAO, World Bank, OECD, Eurostat);
- reports on sustainable development, climate, and bioeconomics;
- analytical reports from relevant ministries and agencies.

Typical tasks for independent work:

- analysis of bioeconomics indicators over 5–10 years;
- construction of comparative tables and graphs;
- identifying trends, risks, and opportunities;
- critical analysis of data collection methodology.

Result: analytical report with visualizations and brief comments on the reliability and limitations of the data.

Thus, independent work by students on sustainable bioeconomy contributes to the formation of research, analytical, and professional competencies, increases responsibility for their own learning outcomes, and prepares students for practical activities in the field of sustainable development and bioeconomics.

3.3. Project and startup-oriented activities

Project and startup-oriented activities in teaching sustainable bioeconomy are an important element of practice-oriented learning, which ensures the formation of entrepreneurial thinking, innovative competencies, and the ability to transform sustainable development ideas into viable economic solutions in higher education seekers. This approach is in line with current trends in education, the concept of the Entrepreneurial University, and the requirements of the digital and green transformation of the economy.

The project-startup format allows for the integration of economic, environmental, social, and technological aspects of the bioeconomics into a single logic of value creation focused on the real needs of the market, regions, and society.

Business models of bioeconomic projects

The formation and analysis of business models is a basic component of startup-oriented education in bioeconomics. In this context, a business model is viewed as a system for creating economic, environmental, and social value.

In the learning process, it is advisable to use approaches to business modeling adapted to the bioeconomics, in particular:

- bioeconomic Business Model Canvas;
- value-oriented models;
- circular and ESG-oriented business models.

The typical structure of a bioeconomics project business model includes:

- sources of bioresources and the sustainability of their use;
- value proposition (economic, environmental, social);
- target markets and consumers;
- technological and infrastructure solutions;
- cost and revenue structure;
- ESG effects and contribution to the achievement of Sustainable Development Goals.

As part of practical classes, students develop business models for bioeconomic projects (bioenergy, bio-waste processing, biomaterials, agrobiological innovations), justify their economic feasibility, and assess risks.

Innovative ecosystems in the field of sustainable bioeconomy

Project activity in the bioeconomics is impossible without an understanding of the innovative ecosystems within which innovation is generated, supported, and scaled. The innovative ecosystem of the bioeconomics includes a set of actors, institutions, and interrelationships that ensure the transfer of knowledge and technology.

The key elements of the bioeconomics innovation ecosystem are:

- universities and research institutions;
- businesses and start-ups;
- state authorities and regional development bodies;
- financial institutions and investors;
- innovation clusters, technology parks, and hubs.

The handbook should focus on: the role of universities as centers of bioeconomic innovation; mechanisms for interaction between science, business, and the state; regional bioeconomic clusters; international networks and innovation support programs.

Practical tasks may include analyzing specific ecosystems, mapping stakeholders, and assessing institutional barriers and opportunities for the development of bioeconomic projects.

Acceleration formats in the educational process

Acceleration formats are a modern tool for integrating education, science, and entrepreneurship in the field of bioeconomics, involving intensive work by student teams on projects with clearly defined stages, mentoring support, and final presentation of results.

In the educational process, acceleration formats can be implemented in the form of: educational startup laboratories; short-term acceleration programs; interdisciplinary project intensives; hackathons on sustainable bioeconomy.

A typical acceleration cycle within a sustainable bioeconomy course includes:

1. Formulation of an idea and team.
2. Validation of the problem and value proposition.
3. Development of a business model and financial calculations.
4. Assessment of ESG effects and project sustainability.
5. Pitching and defending the project.

The use of acceleration formats promotes the development of leadership qualities, teamwork skills, entrepreneurial thinking, and increases student motivation to learn.

Thus, project- and startup-oriented activities in teaching sustainable bioeconomy ensure the integration of theoretical knowledge with the practice of innovative and entrepreneurial development, shape students' ability to create economically viable and socially responsible solutions, and increase the competitiveness of graduates in the context of sustainable development and the digital economy.

CHAPTER 4

MODERN METHODS AND APPROACHES TO TEACHING SUSTAINABLE BIOECONOMY

1.1. Competence-oriented approach

Modern teaching of sustainable bioeconomy is based on the formation of professional, interdisciplinary, and "green" competencies, rather than just the acquisition of theoretical knowledge. Bioeconomics combines economics, ecology, agricultural sciences, biotechnology, energy, and sustainable development policy, which requires a new didactic approach.

Competency-based learning (CBL) is one of the basic modern approaches to organizing the educational process in education institutions, which involves orienting learning towards developing the ability to apply it in practical activities.

In the context of a sustainable bioeconomy, this approach is particularly relevant, as the bioeconomics is an interdisciplinary field that combines economics and management, agricultural sciences, biotechnology, ecology, energy, and sustainable development policy.

The competency-based approach is based on European educational standards, in particular EU recommendations, the Erasmus+ program, and UNESCO documents, where education is seen as a tool for developing sustainable development skills and "green" economic transformation.

Key competencies developed in the sustainable bioeconomy course

Within the framework of competency-based teaching of sustainable bioeconomy, it is advisable to develop the following groups of competencies:

1. General economic and analytical competencies:
 - the ability to analyze the economic efficiency of the use of biological resources;
 - assessment of the financial feasibility of bioeconomic projects;
 - application of economic and mathematical methods in the field of sustainable bioeconomy.
2. Professional (sectoral) competencies:
 - understanding the principles of bioeconomic systems;
 - analysis of value chains in the bioeconomics;
 - assessment of the impact of the bioeconomics on food, energy, and environmental security.
3. ESG and sustainable development:
 - integration of environmental, social, and governance (ESG) factors;
 - analysis of the impact of bioeconomic activities on the environment;
 - development of solutions within the circular economy.
4. Digital and management competencies:
 - use of digital tools for analyzing bioeconomic data;
 - working with open databases (FAO, Eurostat);
 - preparation of analytical reports.

Principles of implementing a competency-based approach in teaching sustainable bioeconomy

For the effective implementation of a competency-based approach, teachers are advised to adhere to the following principles:

1. Focus on learning outcomes – each course topic should be linked to a specific competency that the student must demonstrate.

2. Integration of theory and practice – theoretical provisions must be supplemented with analytical tasks, case studies, and mini-projects.

3. Interdisciplinarity – the teaching material is presented taking into account the interconnection between economic, environmental, and technological aspects.

4. Active role of the student – the student is an active participant in the educational process, and the teacher is a facilitator.

Examples of the application of the competency-based approach in teaching sustainable bioeconomy are given in Table 1.

Table 1

Examples of the application of the competency-based approach in teaching sustainable bioeconomy

Example	Essence
Example 1 Analytical task	Assess the economic efficiency of implementing a bioenergy project, taking into account environmental benefits and financial risks
Example 2. Mini-project	Develop a concept for a regional bioeconomy strategy with identification of key growth drivers
Example 3. Policy brief	Preparation of an analytical note on the role of the bioeconomics in ensuring sustainable community development

Source: developed by the author [32; 66-77].

The advantages and disadvantages of the competency-based approach are presented in Table 2.

Table 2

Advantages and disadvantages of a competency-based approach to teaching sustainable bioeconomy

Advantages	Disadvantages and limitations of application
Development of practical skills	High demands on the methodological training of teachers
Compliance with European standards of higher education	Difficulty of objective assessment of competencies
Increased student motivation	Need for interdepartmental coordination
Development of ecosystemic and critical thinking	Increased time required for preparing teaching materials
Training specialists for the green economy	

Source: supplemented by the author [32; 66-77].

Methodological recommendations for teachers

When using a competency-based approach in teaching sustainable bioeconomy, teachers need to: clearly formulate learning outcomes for each topic; use mixed assessment methods (projects, presentations, essays); integrate digital analysis tools; involve students in research and applied tasks.

4.2. Problem-based learning

Problem-based learning (PBL) is a pedagogical approach in which the educational process is organized around real, complex, and

interdisciplinary problems that do not have a single correct solution. Instead of a sequential presentation of theory, students work with a problem situation, independently formulate learning objectives, select sources, and propose reasoned solutions.

PBL is particularly relevant to bioeconomics, as the industry is linked to global challenges: climate change, food and energy security, decarbonization, limited natural resources, and the transition to a circular economy. The approach is consistent with the European educational framework for sustainable development and UNESCO recommendations on education for sustainable development, as well as with Erasmus+ program practices, where PBL is widely used in interdisciplinary courses.

Didactic principles of problem-based learning in sustainable bioeconomy

The implementation of PBL in teaching sustainable bioeconomy is based on the following principles:

- authenticity of the problem – problems should reflect real bioeconomic processes and policies (bioenergy, biomaterials, agrobiotechnology, bioresource management);
- interdisciplinarity – each problem integrates economic, environmental, technological, and social aspects;
- self-directed learning – students independently determine what knowledge and data are needed to solve the problem;
- teamwork – learning takes place in small groups (4–6 people) with assigned roles (analyst, moderator, presenter);
- reflection and evaluation of the process – it is important to analyze not only the result, but also the logic of decision-making.

The algorithm for implementing PBL in a sustainable bioeconomy course is shown in Table 3.

Table 3

Algorithm for implementing PBL in a course on sustainable bioeconomy

Stage	Essence
Stage 1. Formulating the problem	The teacher suggests a complex problem (case study) that reflects a current challenge in bioeconomics.
Stage 2. Analysis of the problem by students	The group identifies key questions, assumptions, stakeholders, and constraints.
Stage 3. Independent study and data search	Students work with scientific publications, statistics (FAO, Eurostat), and EU policy documents.
Stage 4. Development of alternative solutions	The economic, environmental, and social consequences of each option are assessed.
Stage 5. Presentation and discussion	Teams defend their solutions, justifying their advantages and risks.
Stage 6. Reflection	The work process, quality of argumentation, and competencies developed are evaluated.

Source: suggested by the author [32; 66-77].

Examples of problem-based assignments for a course on sustainable bioeconomy are given in Table 4.

Table 4

Examples of problem-based assignments for a course on sustainable bioeconomy

Name of example	Problem-based task
Example 1. Bioenergy	Is it advisable to invest in a bioenergy project based on agricultural waste in a specific region, taking into account economic efficiency and environmental risks?
Example 2. Food security	How can the development of the bioeconomy affect a country's food security in the context of climate change?
Example 3. Circular bioeconomy	What bioeconomic solutions can ensure a community's transition to a circular development model?

Source: suggested by the author [32; 66-77].

The role of the teacher and student in problem-based learning

The role of the teacher: facilitator and moderator; consultant on analysis methodology; teamwork coordinator; expert on the quality of argumentation.

The role of the student: active researcher; participant in team analysis; author and defender of management decisions.

The advantages and disadvantages of problem-based learning are presented in Table 5.

Table 5

Advantages and disadvantages of problem-based learning

Advantages	Disadvantages and limitations of application
Development of critical and systematic thinking	Significant time spent on preparing problem-based tasks
Formation of skills for analyzing complex bioeconomic problems	Complexity of standardized assessment of results
Increased motivation to learn	High requirements for teacher qualifications
Preparation for real professional activity	Uneven activity of students in groups
Integration of theory with sustainable development practice	Need for access to quality data and sources

Source: supplemented by the author [32; 66-77].

Methodological recommendations for teachers

When using problem-based learning, teachers need to: select problems related to current bioeconomic policies; clearly define assessment criteria (analysis, argumentation, teamwork); combine PBL with lecture modules; use digital platforms for collaboration; ensure reflection after each PBL cycle.

4.3. Case-based learning

Case-based learning is an active teaching method that involves analyzing real or realistic situations (cases) followed by discussion, evaluation of alternatives, and informed decision-making.

The case method combines theoretical knowledge with practical analysis of complex socio-economic processes.

The case method is particularly effective in teaching sustainable bioeconomy, as this field is characterized by:

- multiple management decisions;
- conflict between economic and environmental interests;
- dependence on government policy and international regulatory frameworks;
- significant regional specificity.

The method is widely used in European educational practices, particularly in Erasmus+ programs, and is also recommended by UNESCO as an educational tool for sustainable development.

Typology of cases in teaching sustainable bioeconomy

The following types of cases are appropriate for teaching sustainable bioeconomy (Table 6):

Table 6

Main types of cases for teaching sustainable bioeconomy

Types of cases	Characteristics
Analytical cases	Focused on analyzing already implemented bioeconomic solutions (development of bioenergy, bioprocessing, bioclusters)
Management cases	Focused on decision-making in conditions of uncertainty (investments in biotechnology, choosing a sustainable development strategy for an enterprise)
Political and economic cases	Consider the formation and implementation of bioeconomic policy at the national or regional level
Innovation and startup cases	Focus on bioeconomic startups, commercialization of scientific developments, and venture financing

Source: supplemented by the author [32; 66-77].

The algorithm for applying the case method in teaching sustainable bioeconomy is presented in Table 7.

Table 7

Algorithm for applying the case method in teaching sustainable bioeconomy

Stage	Essence
Stage 1. Case selection	The case should correspond to the educational goals, the level of students, and the thematic module of the course
Stage 2. Preliminary preparation of students	Students receive a description of the case, reference materials, statistics, and regulatory documents
Stage 3. Individual analysis	Each student formulates their own view of the problem, key factors, and possible solutions
Stage 4. Group discussion	Small groups discuss alternatives and assess risks and consequences
Stage 5. Public defense of decisions	Teams present their solutions and argue their economic and environmental feasibility
Stage 6. Final reflection	The instructor summarizes the results and correlates them with theoretical models of bioeconomics

Source: suggested by the author [32; 66-77].

The following case studies are useful for teaching sustainable bioeconomy (Table 8):

Table 8

Key case examples for teaching sustainable bioeconomy

Example	Characteristics
Case 1. Regional bioeconomic cluster	Analysis of the creation of a bio-cluster based on the region's agricultural and forest resources: economic benefits, environmental risks, employment
Case 2. Bioenergy project	Assessment of the investment attractiveness of a biogas complex, taking into account state support and ESG criteria
Case 3. Circular bioeconomy	Introduction of closed cycles of bio-resource use at a food industry enterprise

Source: suggested by the author [32; 66-77].

The role of the teacher and students in the case method

Teacher: discussion moderator; expert in analysis methodology; guarantor of academic integrity; coordinator of the educational process.

Students: analysts and strategists; participants in team discussions; subjects of management decision-making.

The advantages and disadvantages of the case method are presented in Table 9.

Table 9

Advantages and disadvantages of the case method in teaching sustainable bioeconomy

Advantages	Disadvantages and limitations of application
Combination of theory and practice	Significant time required to prepare high-quality cases
Development of critical and strategic thinking	Risk of superficial analysis without a proper theoretical basis
Formation of argumentation skills	Difficulty in assessing individual contributions
Preparation for management activities	Need for relevant and reliable data
Maximum student involvement	

Source: compiled by the author [32; 66-77].

Methodological recommendations for teachers

When using the case method in teaching sustainable bioeconomy, teachers should: select cases related to real bioeconomic practices; clearly formulate assessment criteria; combine the case method with lecture material; encourage interdisciplinary analysis; use digital platforms for preparation and presentations.

4.4. Project-based learning

Project-based learning (PjBL) is a pedagogical approach in which students create a complete practical product (project) to solve a complex real-world problem. Unlike PBL, which emphasizes the process of finding a solution, PjBL focuses on the result: a business

plan, strategy, technical and economic justification, policy brief, or prototype.

Project-based learning is key for bioeconomics, as the industry requires the integration of economic, environmental, and technological solutions, as well as teamwork with stakeholders (business, communities, government). The approach is in line with UNESCO's recommendations on education for sustainable development and project-based learning practices in Erasmus+ programs.

Learning objectives and competencies developed

1. Professional and applied competencies: designing bioeconomic business models; economic and financial evaluation of bioeconomic projects; calculation of environmental effects and ESG indicators; preparation of investment and strategic documents.

2. Management and entrepreneurial competencies: planning, budgeting, risk management; working with data and analytics; communication with stakeholders; teamwork and leadership.

Typology of projects in teaching sustainable bioeconomy

1. Business projects – business plan for a bioenergy facility, agrobiomass processing, biomaterials.

2. Political and economic projects – regional (municipal) strategy for the development of the bioeconomics.

3. Innovative projects – commercialization of biotechnological developments, start-ups.

4. Circular projects – closed cycles of bio-resource use at an enterprise.

5. Analytical projects – assessment of bioeconomics value chains using FAO (Eurostat) data.

The algorithm for implementing project-oriented learning in teaching sustainable bioeconomy is presented in Table 10.

Table 10

Algorithm for implementing project-based learning

Stages	Characteristics
Stage 1. Setting the task	The teacher formulates the topic, expected results, assessment criteria, and limitations.
Stage 2. Forming teams and roles	Teams of 4–6 people (project manager, analyst, financier, ESG expert, communicator)
Stage 3. Project planning	Roadmap, calendar, budget, data sources, risks
Stage 4. Implementation and support	Data collection, calculations, consultations with the teacher (mentoring)
Stage 5 Presentation and defense	Public defense of results (pitch + report)
Stage 6 Reflection and evaluation	Evaluation of the product and process; individual contribution

Source: compiled and supplemented by the author [32; 66-77].

Examples of educational projects are given in Table 11.

Table 11

Examples of educational projects

Example	Characteristics
Project 1. Biogas complex	Assess the economic feasibility of a biogas plant using agricultural waste, taking into account investments, operating costs, and emissions reductions
Project 2. Community bioeconomics	Develop a strategy for the development of the bioeconomics of the ATC (resources, employment, infrastructure)
Project 3. Biostartup	Prepare a startup (value proposition, unit economics, ESG effect)

Source: suggested by the author [32; 66-77].

Role of the teacher and students

Teacher: mentor and expert; process coordinator; evaluator of results and facilitator of reflection.

Students: designers and analysts; responsible for results; presenters and defenders of decisions.

The advantages and disadvantages of the case method in teaching sustainable bioeconomy are presented in Table 12.

Table 12

Promoting of European skills and approaches for sustainable bioeconomy in the conditions of Ukrainian acute challenges

Advantages and disadvantages of project-based learning in teaching sustainable bioeconomy

Advantages	Disadvantages and limitations of application
Strong practical focus	Significant time and organizational costs
Development of entrepreneurial skills	Difficulty of objectively assessing individual contributions
Development of interdisciplinary thinking	Dependence on data quality and mentoring support
High student motivation	High demands on teacher training
Compliance with the needs of the green economy market	

Source: developed by the author [32; 66-77].

Methodological recommendations for teachers

When using project-based learning in teaching sustainable bioeconomy, teachers need to: clearly formulate the criteria for project success; combine PjBL with lecture and seminar modules; apply assessment rubrics; use digital project management tools; involve external experts and stakeholders.

4.5. Interdisciplinary and integrated learning

Interdisciplinary/integrated learning is a pedagogical approach that combines knowledge, methods, and tools from different scientific disciplines for comprehensive analysis and solving complex problems. This approach is fundamental to the bioeconomics, as the

bioeconomics itself operates at the intersection of economics, ecology, agricultural sciences, biotechnology, energy, law, and public policy.

The approach is consistent with the principles of education for sustainable development promoted by UNESCO, as well as with the practices of interdisciplinary programs supported by Erasmus+, which emphasize that the complex challenges of sustainable development cannot be solved within a single discipline.

Educational goals and competencies of interdisciplinary learning

1. Cognitive and analytical competencies: systems thinking and seeing interrelationships; integrating quantitative and qualitative methods of analysis; assessing trade-offs between economic efficiency and environmental sustainability.

2. Professional competences: analysis of bioeconomics value chains; understanding of regulatory and policy frameworks; ability to work with interdisciplinary data (economic, environmental, technological).

3. Social and communication competencies: teamwork in multidisciplinary groups; interprofessional communication; public defense of integrated solutions.

Models for implementing interdisciplinary education in education institutions

1. Integrated course – bioeconomics is taught as a single course that includes modules on economics, ecology, biotechnology, and sustainable development policy.

2. Modular integration – the bioeconomics course is combined with modules from related disciplines (environmental economics, innovation management, agricultural policy).

3. Team teaching – joint teaching of the course by several teachers from different departments (economics + ecology + agricultural sciences).

4. Interdisciplinary projects – students carry out joint projects that require the integration of knowledge from different fields.

Examples of integrated learning tasks in sustainable bioeconomy (Table 13):

Table 13

Key examples of integrated learning tasks

Example	Characteristics
Example 1. The bioeconomics value chain	Analyze the chain from bioresource to end product from the perspective of economics, ecology, and technology.
Example 2. Bioenergy policy	Assess the effectiveness of the country's bioenergy policy, taking into account economic incentives and environmental constraints.
Example 3. Bioeconomics of the region	Develop an interdisciplinary model for the development of the region's bioeconomics (resources, employment, infrastructure, ESG).

Source: suggested by the author [32; 66-77].

The role of the teacher and the organization of the learning process

The role of the teacher: coordinator of interdisciplinary interaction; facilitator of knowledge integration; moderator of academic discussions; expert in assessing complex results.

Promoting of European skills and approaches for sustainable bioeconomy in the conditions of Ukrainian acute challenges

Organizational conditions: coordinated curricula; interdepartmental cooperation; common assessment criteria; support from the management of the education institution.

The advantages and disadvantages of interdisciplinary learning in teaching sustainable bioeconomy are presented in Table 14.

Table 14

Advantages and disadvantages of interdisciplinary learning in teaching sustainable bioeconomy

Advantages	Disadvantages and limitations of application
Development of systematic thinking	Difficulty of coordination between departments
Preparation for real professional challenges	Increased requirements for teacher qualifications
Deeper understanding of the complexity of bioeconomic processes	Risk of fragmentation of material
Improved quality of management decisions	Difficulty in assessing individual contributions
Compliance with European educational trends	Need for institutional support

Source: developed by the author [32; 66-77].

Methodological recommendations for teachers

When using interdisciplinary and integrated learning in teaching sustainable bioeconomy, teachers need to: plan interdisciplinary learning outcomes; use integrated tasks and case studies; apply common assessment rubrics; encourage team teaching; actively engage digitaltools for knowledge integration.

Promoting of European skills and approaches for sustainable bioeconomy in the conditions of Ukrainian acute challenges

4.6. Digital and data-driven methods

Digital and data-driven teaching methods involve the systematic use of digital tools, data analytics, and open sources to develop evidence-based thinking and decision-making in the field of sustainable bioeconomy. The key idea behind this approach is the transition from descriptive presentation to data-based analytics (evidence-based learning).

This is critically important for the bioeconomics, as decisions in this area depend on: statistics on the use of biological resources; economic and environmental indicators; spatial and temporal data; scenario and forecast models.

The approach is in line with UNESCO's recommendations on the digital transformation of education and digital learning practices in Erasmus+ programs.

Educational goals and competencies developed

1. Analytical and digital competencies: working with large data sets; analyzing statistical and econometric indicators of the bioeconomics; building dashboards and visualizations; interpreting analysis results for decision-making.

2. Professional competencies: evaluating the effectiveness of bioeconomic projects based on data; analyzing ESG indicators; forecasting the development of bioeconomic systems; preparing analytical reports.

Key digital tools for teaching sustainable bioeconomy

1. Open databases: statistics on agricultural production, bioenergy, forest resources; environmental indicators and sustainable development indicators. The most commonly used data are from FAO, Eurostat, OECD, and the World Bank.

2. Analytical platforms and software: Excel/Google Sheets (basic analytics); Power BI, Tableau (dashboards); R, Python (econometrics, forecasting); GIS tools (spatial analysis of bioresources).

3. Educational digital environments: LMS (Moodle, Canvas); interactive simulators; online laboratories and virtual cases.

The methodology for implementing data-driven learning in teaching sustainable bioeconomy is presented in Table 15.

Table 15

Methodology for implementing data-driven learning in sustainable bioeconomy

Stages	Characteristics
Stage 1. Setting the analytical task	For example: How does the economic efficiency of bioenergy change depending on energy prices and government support?
Stage 2. Data collection and preparation	Students work with open statistical databases, collect and structure data
Stage 3. Analysis and modeling	Calculation of indicators, construction of trends, scenarios, forecasts
Stage 4 Visualization of results	Creation of dashboards, graphs, maps
Stage 5 Interpretation and conclusions	Justification of managerial and political decisions based on the results of the analysis

Source: developed and supplemented by the author [32; 66-77].

Examples of data-driven tasks in the circular bioeconomics (Table 16):

Table 16

Key examples of data-driven tasks

Example	Characteristic
Example 1. Bioenergy analysis	Compare the economic efficiency of bioenergy in EU countries based on Eurostat data
Example 2. ESG analysis	Assess the impact of a bioeconomic project on CO ₂ emissions reduction and employment
Example 3. Forecasting	Develop a scenario forecast for the development of the region's bioeconomics until 2030

Source: suggested by the author [32; 66-77].

The role of the teacher and student

Teacher: designer of educational analytical tasks; consultant on analysis methods; guarantor of correct data interpretation; mentor on academic integrity.

Student: analyst and researcher; data interpreter; author of reasoned conclusions.

The advantages and disadvantages of digital and data-driven methods in teaching sustainable bioeconomy are presented in Table 17.

Table 17

Advantages and disadvantages of digital and data-driven methods in teaching sustainable bioeconomy

Advantages	Disadvantages and limitations of application
Formation of evidence-based thinking	Need for digital infrastructure
High practical value	Different levels of digital literacy among students
Preparation for working with real data	Time spent on data preparation
Compliance with the requirements of the digital economy	Risk of focusing on technology rather than content
Increased competitiveness of graduates	Need to improve teacher qualifications

Source: developed by the author [32; 66-77].

Methodological recommendations for teachers

When using digital and data-driven methods in teaching sustainable bioeconomy, teachers need to: start with simple analytical tasks; provide methodological instructions for working with data; combine data-driven analysis with theory; use open and verified data sources; evaluate not only the result, but also the logic of the analysis.

Promoting of European skills and approaches for sustainable bioeconomy in the conditions of Ukrainian acute challenges

4.7. Simulation and scenario-based learning

Simulation and scenario-based learning combine simulation-based learning and scenario learning to develop management decisions in complex, uncertain conditions. In bioeconomics, this approach allows for the reproduction of the interaction of economic, environmental, and social factors, as well as the effects of investments over time.

The approach is consistent with the principles of education for sustainable development recommended by UNESCO and is actively used in Erasmus+ interdisciplinary programs to analyze climate, resource, and innovation scenarios.

Educational objectives and competencies

1. Analytical and systemic competencies: understanding nonlinear relationships in bioeconomic systems; working with dynamic models and time series; assessing the sensitivity of results to parameters.

2. Managerial and strategic competencies: decision-making under uncertainty; assessment of risks and trade-offs between economic efficiency and environmental sustainability; formation of adaptive development strategies.

The following types of simulations are used in teaching sustainable bioeconomy:

1. Political and economic scenarios – modeling the impact of tax incentives and subsidies on the development of the bioeconomics.

2. Investment simulations – assessment of the NPV/IRR of bioenergy and biotechnology projects at different prices, demand, and technological parameters.

3. Environmental and climate scenarios – analysis of the impact of climate change on biological resources, crop yields, and value chains.

4. Regional system models – reproduction of the development of the region's bioeconomics, taking into account employment, infrastructure, and ecosystem services.

The algorithm for implementing simulation-scenario training in sustainable bioeconomy is presented in Table 18.

Table 18

Algorithm for implementing simulation-scenario training

Stages	Characteristics
Stage 1. Formulation of a systemic problem	The instructor formulates the modeling goal, time horizon, and key indicators (economic, environmental, social).
Stage 2. Choosing a modeling tool	Depending on the complexity, these may include: spreadsheets, specialized simulators, system dynamics, scenario matrices.
Stage 3. Calibration of parameters	Use of real data (FAO, Eurostat, national statistics) for the baseline scenario.
Stage 4. Generation of alternative scenarios	Baseline / optimistic / risky (climate, resource, market)
Stage 5. Analysis of results and sensitivity	Comparison of KPIs, identification of "tipping points," risk assessment
Stage 6. Reflection and management conclusions	Discussion of model limitations, quality of assumptions, and practical recommendations

Source: developed and supplemented by the author [32; 66-77].

Table 19

Key examples of training simulations

Example	Characteristics
Simulation 1. Bioenergy market	Modeling bioenergy production and consumption, taking into account fossil fuel prices and government support
Simulation 2. Circular bioeconomy	Impact of bio-waste processing levels on costs, CO ₂ emissions, and employment
Simulation 3. Regional strategy	Scenarios for the development of the region's bioeconomy until 2035 with different investment portfolios

Source: suggested by the author [32; 66-77].

Role of the teacher and students

Teacher: designer of models and scenarios; consultant on system analysis methods; moderator of discussions and reflection.

Students: simulation participants; scenario analysts; authors of strategic recommendations.

The advantages and disadvantages of simulation and scenario-based learning in teaching sustainable bioeconomy are presented in Table 20.

Table 20

**Advantages and disadvantages of simulation-scenario learning
in teaching sustainable bioeconomy**

Advantages	Disadvantages and limitations of application
Deep understanding of complex systems	High complexity of model preparation
Development of strategic thinking	Need for reliable data
Safe testing of solutions	Risk of oversimplifying reality
Integration of economics, ecology, and politics	Significant time spent learning tools
High level of student involvement	Need to improve teacher qualifications

Source: developed by the author [32; 66-77].

Methodological recommendations for teachers

When using simulation-based scenario training in teaching sustainable bioeconomy, teachers should: start with simple scenario matrices; clearly explain model assumptions; combine simulations with case and project-based learning; evaluate the logic of decisions, not just the numbers; encourage critical reflection on results.

4.8. Active and interactive teaching methods

Active and interactive teaching methods are based on the principle of involving students in direct participation in the educational process through discussions, role-playing games, debates, facilitation sessions, group tasks, and collective decision-making. Unlike traditional lectures, these methods shift the focus from teaching to learning through action.

Active methods are particularly effective for bioeconomics, as this field: involves multiple stakeholders (business, government, community, environment); contains conflicting goals (economic growth and environmental sustainability); requires communication and argumentation skills.

The approach is consistent with UNESCO's recommendations on education for sustainable development and active learning practices common in Erasmus+ programs.

Educational goals and competencies

1. Cognitive and analytical competencies: critical analysis of bioeconomic decisions; evaluation of arguments from different sides; synthesis of economic and environmental approaches.

2. Social and communication competencies: public speaking and debating; negotiating and reaching consensus; working in multi-stakeholder groups; ethical argumentation.

The main forms of active and interactive methods are:

– debates – students are divided into teams representing opposing positions, which helps develop argumentation and critical thinking skills;

– role-playing games – interaction between stakeholders (government, business, community, environmental organizations) is simulated, with each group defending its own interests within the framework of a bioeconomic project;

– facilitation sessions – the World Café, Open Space, and design thinking methods are used for the joint development of bioeconomic solutions;

– brainstorming – collective generation of ideas for innovative bioeconomic models, startups, or concepts.

The methodology for implementing active methods of sustainable bioeconomy is presented in Table 21.

Table 21

Methodology for implementing active methods of sustainable bioeconomy

Stages	Characteristics
Stage 1. Preparation of the scenario	The teacher formulates the topic, roles, rules, and evaluation criteria.
Stage 2. Distribution of roles and tasks	Students receive roles and information materials.
Stage Active phase of interaction	Conducting debates, negotiations, role-playing games
Stage 4. Summing up	Discussing results, evaluating arguments and decisions
Stage 5. Reflection	Analysis of the process and individual contributions

Source: developed by the author [32; 66-77].

Key examples of interactive sessions on sustainable bioeconomy are presented in Table 22.

Table 22

Examples of interactive lessons on sustainable bioeconomy

Examples	Essence
Example 1. Debate	Should the state stimulate biofuel production amid rising food prices?
Example 2. Role play	Negotiations on the location of a bioenergy facility in the community
Example 3. Facilitation	Collective development of a concept for a circular bioeconomy in the region.

Source: developed by the author [32; 66-77].

Role of the teacher and students

Teacher: facilitator and moderator; guarantor of academic ethics; expert on the quality of argumentation.

Students: active participants in discussions; representatives of stakeholders; authors of collective decisions.

The advantages and disadvantages of active and interactive teaching methods in teaching sustainable bioeconomy are presented in Table 23.

Table 23

Advantages and disadvantages of active and interactive teaching methods in teaching sustainable bioeconomy

Advantages	Disadvantages and limitations of application
High level of student engagement	Complexity of organization and time management
Development of soft skills	Risk of dominance by individual students
Formation of ethical thinking	Need for high facilitation skills on the part of the teacher
Preparation for real negotiation processes	Complexity of formalized assessment
Integration of knowledge and practice	

Source: developed by the author [32; 66-77].

Methodological recommendations for teachers

When using active and interactive teaching methods in teaching sustainable bioeconomy, teachers need to: establish clear rules and roles; apply assessment rubrics; combine active methods with analytical tasks; ensure inclusive participation; and conduct reflection.

4.9. Research-based learning

Research-based learning (RBL) is an approach in which the educational process is organized according to the logic of scientific research (from formulating problems and hypotheses to collecting data, analyzing results, and publicly presenting conclusions). Students learn through participation in research, not just by acquiring ready-made knowledge.

Research-based learning is fundamental to the bioeconomics, as the sector is developing dynamically and is largely based on new scientific results in biotechnology, agricultural innovation, the circular economy, and sustainable development policy.

The approach is consistent with the principles of education for sustainable development promoted by UNESCO and with the research-based learning practices of Erasmus+ programs.

Educational goals and competencies of research-oriented learning in bioeconomics

1. Research competencies: formulating scientific problems and hypotheses in bioeconomics; selecting appropriate research methods (economic, statistical, environmental); working with scientific databases and peer-reviewed sources; interpreting and validating results.

2. Analytical and methodological competencies: analysis of empirical data; application of econometric and qualitative methods; critical evaluation of scientific publications; preparation of scientific texts and policy briefs.

3. Academic and ethical competencies: adherence to academic integrity; correct citation and working with DOI; understanding the principles of open science.

Models for implementing research-oriented learning in the bioeconomics course are presented in Table 24.

Table 24

Models for implementing research-oriented learning in a course on sustainable bioeconomy

Model	Essence
1. Mini-research within the discipline	Students conduct small-scale research (bioeconomic market analysis, policy assessment, empirical analysis of indicators)
2. Research-led teaching	The teaching material is based on current scientific publications, which are analyzed and discussed in the classroom
3. Research-tutored learning	Students work under the guidance of a mentor on individual or group research projects
4. Integration with scientific projects	Involvement of students in departmental, inter-university, or international research projects

Source: developed by the author [32; 66-77].

Examples of research tasks in sustainable bioeconomy are given in Table 25.

Table 25

Examples of research tasks in sustainable bioeconomy

Examples	Essence
Example 1. Empirical research	Analysis of the impact of bioenergy investments on regional development
Example 2. Political and economic analysis	Assessment of the effectiveness of the EU's bioeconomic strategy from an ESG perspective
Example 3. Comparative study	Comparison of bioeconomics development models in EU countries and developing countries

Source: developed by the author [32; 66-77].

Table 26 presents a step-by-step algorithm for introducing research-oriented learning into the educational process on sustainable bioeconomy.

Table 26

Algorithm for introducing research-oriented learning into the educational process

Stages	Characteristics
Stage 1 . Formulation of a research problem	The teacher proposes thematic areas (bioenergy, bioclusters, ESG in bioeconomics), and students specify the problem.
Stage 2. Literature review	Search and analysis of peer-reviewed sources (Scopus, Web of Science, Google Scholar)
Stage 3. Choice of methodology	Quantitative (statistics, econometrics) or qualitative (policy analysis, case study) methods
Stage 4. Data collection and analysis	Use of open databases (FAO, Eurostat), surveys, secondary data
Stage 5. Interpretation of results	Verification of hypotheses, discussion of research limitations
Stage 6 Presentation and publication	Preparation of a scientific report, article, or policy brief

Source: developed by the author [32; 66-77].

Promoting of European skills and approaches for sustainable bioeconomy in the conditions of Ukrainian acute challenges

Role of the teacher and students

Teacher: research supervisor and mentor; methodological consultant; expert on research quality.

Students: young researchers; authors of scientific results; participants in academic discussion.

The advantages and disadvantages of research-oriented learning in teaching bioeconomics are presented in Table 27.

Table 27

Advantages and disadvantages of research-oriented learning in teaching sustainable bioeconomy

Advantages	Disadvantages and limitations of application
Developing a deep understanding of bioeconomics	High complexity for beginner levels
Development of scientific and critical thinking	Significant time commitment
Preparation for master's and PhD research	Need for ongoing mentoring
Integration of education and science	Uneven level of student preparation
Improvement of academic culture	Complexity of standardized assessment

Source: developed by the author [32; 66-77].

Methodological recommendations for teachers

When using research-oriented teaching in teaching bioeconomics, teachers need to: adapt the complexity of research to the level of students; clearly teach methods of working with scientific sources; apply step-by-step assessment; integrate the principles of Open Science; encourage the publication of results.

4.10. AI-oriented approach

Methods of teaching bioeconomics using artificial intelligence (AI) are based on the use of intelligent algorithms, machine learning, generative models, and automated analytical systems to personalize learning, support research activities, and form a systematic view of bioeconomic processes.

The key idea of the AI approach is to move from the traditional reproductive model of learning to intellectually supported learning focused on: analyzing complex multifactorial bioeconomic systems; modeling development scenarios; supporting managerial and political decision-making.

The application of AI is particularly relevant for bioeconomics, as this field is characterized by: high complexity of interaction between economic, environmental, and social factors; uncertainty and instability of the external environment; the need to process large amounts of heterogeneous data; the need to predict the long-term effects of sustainable development.

The AI-oriented approach is in line with current UNESCO, OECD, and European Union recommendations on the use of artificial

intelligence in education, as well as with the practices of digital transformation of educational programs within Erasmus+ and Horizon Europe.

Educational goals and competencies developed

1. Digital and AI competencies: understanding the principles of artificial intelligence algorithms; using AI tools to analyze economic and environmental data; working with generative models to support analytical research; critically evaluating results obtained using AI.

2. Professional and interdisciplinary competencies: modeling bioeconomic processes and development scenarios; assessing the impact of bioeconomic decisions on sustainable development; analyzing ESG indicators using AI analytics; preparing analytical reports and strategic recommendations.

The main AI tools for a sustainable bioeconomy are:

3. Generative AI systems are used for: forming analytical reviews; structuring scientific texts; preparing scenarios for the development of a sustainable bioeconomy; generating alternative management decisions.

4. Machine learning and forecasting systems – used for: forecasting bioenergy production; assessing the economic efficiency of bioeconomic projects; analyzing sustainable development dynamics.

5. Intelligent analytical platforms – combine AI algorithms with data-driven approaches for: analyzing large arrays of statistical and spatial data; automated model and scenario building.

6. AI support for educational environments – use of intelligent tutors, chat assistants, and adaptive learning systems in LMS.

This methodology is presented in Table 28.

Table 28

Methodology for implementing AI-oriented learning in teaching sustainable bioeconomy

Stages	Characteristics
Stage 1. Problem definition	Formulation of a complex bioeconomic task requiring multifactorial analysis
Stage 2. Selection of AI tools	Justification of the feasibility of using specific AI solutions
Stage 3. Analysis and modeling	Use of AI for forecasting, clustering, scenario analysis
Stage 4. Interpretation of results	Critical analysis of the results obtained and verification of their validity
Stage 5. Management conclusions	Formulation of recommendations for bioeconomic policy or business decisions

Source: developed and supplemented by the author [32; 66-77].

Examples of AI-oriented tasks in bioeconomics are given in Table 29.

Table 29

Key examples of AI-oriented tasks in teaching sustainable bioeconomy

Example	Characteristic
Example 1. AI forecasting	Build a forecast for the development of bioenergy using machine learning
Example 2. ESG analysis	Assess the ESG effects of a bioeconomic project using AI analytics.
Example 3. Scenario modeling	Model alternative scenarios for the development of the regional bioeconomics until 2030.

Source: suggested by the author [32; 66-77].

Promoting of European skills and approaches for sustainable bioeconomy in the conditions of Ukrainian acute challenges

The role of the teacher and student

Lecturer: designer of AI-oriented learning tasks; consultant on methods of interpreting AI analysis results; guarantor of academic integrity and ethical use of AI.

Student: analyst and researcher of bioeconomic systems; user of AI as a decision-making support tool; critical interpreter of AI modeling results.

The advantages and limitations of applying AI methods in teaching sustainable bioeconomy are presented in Table 30.

Table 30

Advantages and disadvantages of using AI methods

Advantages	Disadvantages and limitations
Increased analytical depth of learning	Risk of uncritical use of AI
Modeling complex systems	Need for digital infrastructure
Personalization of learning	Ethical and methodological challenges
Preparation for the digital economy	The need to improve teacher qualifications

Source: developed by the author [32; 66-77].

Methodological recommendations for teachers

When using AI methods in teaching bioeconomics, it is advisable to: combine AI tools with classical theoretical approaches; teach students to critically evaluate AI results; clearly define the limits of acceptable AI use; focus on the logic of analysis and argumentation of conclusions; ensure compliance with the principles of academic integrity.

4.11. Digital platform approach

Teaching sustainable bioeconomy using digital platforms is based on the use of integrated online environments for organizing the learning process, communication, collaboration, and access to educational content. The platform approach involves a transition from the traditional classroom model to hybrid, adaptive, and student-centered learning that meets the challenges of the digital and green transformation of the economy.

The key idea behind this approach is to create a unified digital educational space that combines: theoretical materials on bioeconomics; applied cases and simulations; communication and feedback tools; mechanisms for assessing learning outcomes.

The platform approach is particularly relevant for a sustainable bioeconomy, as this sector combines interdisciplinary knowledge (economics, ecology, agricultural sciences, energy, digital technologies) and requires constant content updates in line with sustainable development policies and European strategies.

Educational goals and competencies developed

1. Digital education competencies: skills for working in digital learning environments; use of online resources and multimedia content; self-organisation and management of one's own learning trajectory; digital communication and teamwork.

2. Professional competencies in the field of sustainable bioeconomy: understanding modern models of bioeconomic development; analysis of sustainable development and green transformation policies; application of theoretical knowledge in

practical cases; preparation of project and analytical work in digital format.

Key digital platforms in teaching sustainable bioeconomy:

1. Learning management systems (LMS) – used to structure courses, post materials, assess knowledge, and communicate with students.

2. Platforms for synchronous and asynchronous learning – online lectures, webinars, discussions, real-time and delayed group work.

3. Open educational resource platforms – massive open online courses, video lectures, interactive modules on sustainable development, bioeconomics, and climate policy.

4. Collaboration platforms – tools for team projects, collective case analysis, preparation of presentations and reports.

The methodology for implementing training using digital platforms is presented in Table 31.

Table 31

Methodology for implementing training using digital platforms in a course on sustainable bioeconomy

Stages	Characteristics
Stage 1. Course design	Forming the course structure, learning modules, learning outcomes, and digital activities
Stage 2. Digital content	Placing lectures, videos, presentations, case studies, interactive tasks
Stage 3. Active learning	Online discussions, group projects, analysis of practical situations in bioeconomics
Stage 4. Monitoring and feedback	Tests, essays, project work, peer review, teacher comments
Stage 5. Reflection and assessment	Self-assessment, final assessment, analysis of competencies achieved

Source: compiled and supplemented by the author [32; 66-77].

Examples of learning tasks on sustainable bioeconomy based on digital platforms are given in Table 32.

Table 32

Examples of tasks on sustainable bioeconomy based on digital platforms

Example	Characteristics
Example 1. Online case	Analysis of the bioeconomic strategy of an EU country in the format of a group online project
Example 2. Forum discussion	Discussion of the role of the bioeconomics in achieving climate neutrality
Example 3 Project-based learning	Developing a concept for a bioeconomics startup using digital tools

Source: constructed and supplemented by the author [32; 66-77].

The role of the teacher and student in platform-based learning

Teacher: architect of the digital course; moderator of educational interaction; consultant and tutor; coordinator of project activities; guarantor of quality and academic integrity.

Student: active participant in the learning process; independent researcher; team member; author of digital educational products.

The advantages and limitations of using digital platforms are shown in Table 33.

Table 33

Advantages and disadvantages of using digital platforms in teaching sustainable bioeconomy

Advantages	Disadvantages and limitations
Flexibility and accessibility of learning	Dependence on technical conditions
Interactivity and student engagement	Need for digital literacy
Scalability of courses	Time spent on content preparation
Opportunity of own learning trajectories	Risk of decreased motivation without adequate support

Source: compiled and supplemented by the author [32; 66-77].

Methodological recommendations for teachers

For the effective use of digital platforms in teaching sustainable bioeconomy, it is advisable to: combine platform-based learning with traditional forms; ensure a clear course structure; use active and project-based methods; maintain regular feedback; focus on the formation of applied and interdisciplinary competencies.

4.12. Approach based on digital ecosystems

Digital ecosystems for teaching sustainable bioeconomy are an integrated set of digital platforms, tools, data, and pedagogical practices that ensure a continuous, flexible, and adaptive educational process in the field of sustainable development and bioeconomics.

Unlike the fragmented use of individual digital tools, the ecosystem approach provides a holistic architecture of the digital learning environment focused on the formation of professional and digital competencies of learners.

The relevance of forming digital ecosystems in teaching sustainable bioeconomy is due to the interdisciplinary nature of this field, rapid technological change, the need to work with large amounts of data, and the focus of education on sustainable development goals, climate neutrality, and the green transformation of the economy.

Conceptual foundations of the digital ecosystem for teaching sustainable bioeconomy

The digital ecosystem for teaching sustainable bioeconomy is based on the following principles:

- integrity – the interconnectedness of all digital components of the learning process;
- adaptability – the ability to personalize students' learning trajectories;
- openness – the use of open educational resources and open data;
- interoperability – compatibility of different platforms and digital tools;
- sustainable development – a focus on the environmental, economic, and social outcomes of learning.

Within such an ecosystem, learning is viewed not as a linear process of knowledge transfer, but as a dynamic interaction between

the teacher, student, digital environment, and real-world bioeconomics practices.

Structure of the digital ecosystem for teaching sustainable bioeconomy

It is advisable to structure the digital ecosystem according to functional levels (Table 34).

Table 34

Key components of the digital ecosystem for teaching bioeconomics

Ecosystem level	Characteristic
Educational (LMS level)	Learning platforms for course structuring, content management, knowledge assessment, and communication
Analytical	Tools for working with data, statistics, visualization, and modeling of bioeconomic processes
Content	Digital learning materials: video lectures, case studies, simulations, interactive modules
Communication	Platforms for online discussions, group work, and feedback
Assessment	Digital tools for formative and summative assessment of learning outcomes
Innovative	Environments for student project, start-up, and research activities

Source: developed and supplemented by the author [32; 66-77].

The digital ecosystem performs a number of key functions:

- educational – provides access to structured educational content on the circular bioeconomy;
- analytical – supports the formation of data-driven thinking through working with real indicators;
- communication – promotes active interaction between participants in the educational process;
- motivational – increases student engagement through interactive formats;
- innovative – creates conditions for the development of project thinking and entrepreneurial skills.

Thus, the digital ecosystem transforms the role of the teacher from a source of knowledge to an architect of the educational environment, and the student from a passive listener to an active participant and co-creator of the learning process.

The role of digital ecosystems in competence development

The use of digital ecosystems in teaching sustainable bioeconomy contributes to the formation of:

- professional competencies (analysis of bioeconomic projects, sustainability assessment, strategic thinking);
- digital competencies (working with platforms, data, digital tools);
- research competencies (problem solving, data analysis, drawing conclusions);
- social and communication skills (teamwork, presentation of results).

A distinctive feature of the bioeconomics is the need for the simultaneous development of economic, environmental, and social thinking, which is effectively implemented in a digital ecosystem environment.

The advantages and disadvantages of implementing digital ecosystems are shown in Table 35.

Table 35

Advantages and disadvantages of implementing digital ecosystems in teaching sustainable bioeconomy

Advantages	Disadvantages and limitations
Increased flexibility and accessibility of learning	Need for institutional digital infrastructure
Possibility of integrating real data and case studies	Need to improve teachers' digital skills
Scalability of educational programs	Risk of fragmentation of the learning process without proper methodological coordination
Compliance with the requirements of the digital and green economy	

Source: developed and supplemented by the author [32; 66-77].

Thus, digital ecosystems in teaching sustainable bioeconomy are the foundation of the modern educational model, ensuring the integration of digitalization, sustainable development, and innovation, the implementation of which improves the quality of training specialists capable of making informed decisions in the field of bioeconomics in the context of global transformations.

4.13. The concept of Education 5.0 and its significance for a sustainable bioeconomy

The concept of Education 5.0 reflects the current stage of evolution of educational systems, which is being shaped in response to the global challenges of sustainable development, digitalization, climate change, demographic transformations, and accelerated technological development. Unlike previous models (Education 3.0–4.0), which focused primarily on digital technologies and training personnel for the industrial and digital economy, Education 5.0 is oriented toward human-centered, value-oriented, and responsible development.

In the context of a sustainable bioeconomy, Education 5.0 takes on special significance, as this sector is directly linked to natural resource management, environmental safety, social responsibility, and the long-term sustainability of economic systems.

Education in the bioeconomics of the future should not only transfer knowledge but also shape responsible professionals capable of making decisions that take into account economic, environmental, and social consequences.

The conceptual foundations of Education 5.0 are consistent with the approaches promoted by UNESCO, in particular regarding the development of education for sustainable development, global citizenship, and the ethical use of technology.

Teaching sustainable bioeconomy in the Education 5.0 paradigm is based on the following principles:

– student-centeredness – a focus on the development of the student's personality, values, critical thinking, and responsibility;

- sustainable development as an educational goal – integration of sustainable development goals into content, methods, and assessment of learning outcomes;
- synergy between humans and technology – using artificial intelligence, data analytics, and digital platforms as tools to support learning, not replace it;
- interdisciplinarity and systems thinking – combining economics, ecology, sociology, engineering, and digital sciences;
- ethical and social responsibility – awareness of the consequences of management decisions in the field of sustainable bioeconomy for society and the environment.

Transformation of the roles of teachers and students in Education 5.0

Within the framework of Education 5.0, the traditional roles of participants in the education process are changing significantly. For example, a bioeconomics teacher is transforming from a knowledge carrier into a facilitator of the learning process; a mentor in shaping sustainable development values; a moderator of interdisciplinary discussions; a curator of project, research, and analytical activities; and an expert on ethical and methodological aspects of working with data and technologies. In the Education 5.0 model, students act as: active co-creators of knowledge; researchers and analysts; participants in real or simulated bioeconomic processes; responsible decision-makers.

This approach contributes to the formation of not only professional but also civic and ethical competencies.

New education outcomes and competencies in a sustainable bioeconomy

Bioeconomics education in the Education 5.0 paradigm is focused on the formation of an expanded range of learning outcomes, including:

1. Systemic and strategic competencies: the ability to analyze bioeconomic systems as complex adaptive structures; a strategic vision of sustainable development at the micro, meso, and macro levels.

2. Digital and analytical competencies: using data and models to justify decisions; critical attitude to the results of digital analysis.

3. Social and ethical competencies: assessment of the social and environmental consequences of economic activity; adherence to the principles of responsible management of biological resources.

4. Innovative and entrepreneurial competencies: developing bioeconomic innovations and start-ups; participating in the formation of sustainable business models.

Educational formats and technologies of the future

Within Education 5.0, teaching sustainable bioeconomy is gradually shifting towards a combination of the following formats: own educational trajectories; adaptive learning using AI; learning through real social challenges; hybrid and networked educational programs; integration of education, science, business, and public policy. Technology plays a supporting and amplifying role, providing access to knowledge, analytics, and global educational networks.

Despite its significant potential, the implementation of Education 5.0 in teaching sustainable bioeconomy is accompanied by a number of challenges: the need to improve the qualifications of teachers; unequal

access to digital infrastructure; the risk of excessive digitization of the educational process; the need to update educational standards and programs. Overcoming these limitations requires a systematic policy for the development of education and support for innovation in higher education institutions.

Thus, Education 5.0 forms a new paradigm of education in sustainable bioeconomy, combining student-centeredness, sustainable development, digital technologies, and social responsibility. The introduction of this concept allows for the training of specialists capable of acting effectively in the context of global transformations and ensuring the long-term sustainability of bioeconomic systems.

4.14. Integrative-conceptual model of teaching sustainable bioeconomy

Modern teaching of sustainable bioeconomy is shaped as a multi-level integrated education system that combines competency-based, problem-oriented, digital, research-based, and student-centered approaches.

Summarizing points 4.1–4.13, it can be argued that the model of teaching sustainable bioeconomy is evolving from the transfer of knowledge to the formation of the ability to act, make informed decisions, and take responsibility for their socio-environmental consequences. Conceptually, this model corresponds to the transition to the Education 5.0 paradigm, which is consistent with UNESCO's recommendations on education for sustainable development and global citizenship.

Architecture of the integrative-conceptual model of teaching sustainable bioeconomy

The generalized integration-conceptual model has a four-level structure in which each block logically reinforces the others (Fig. 1).

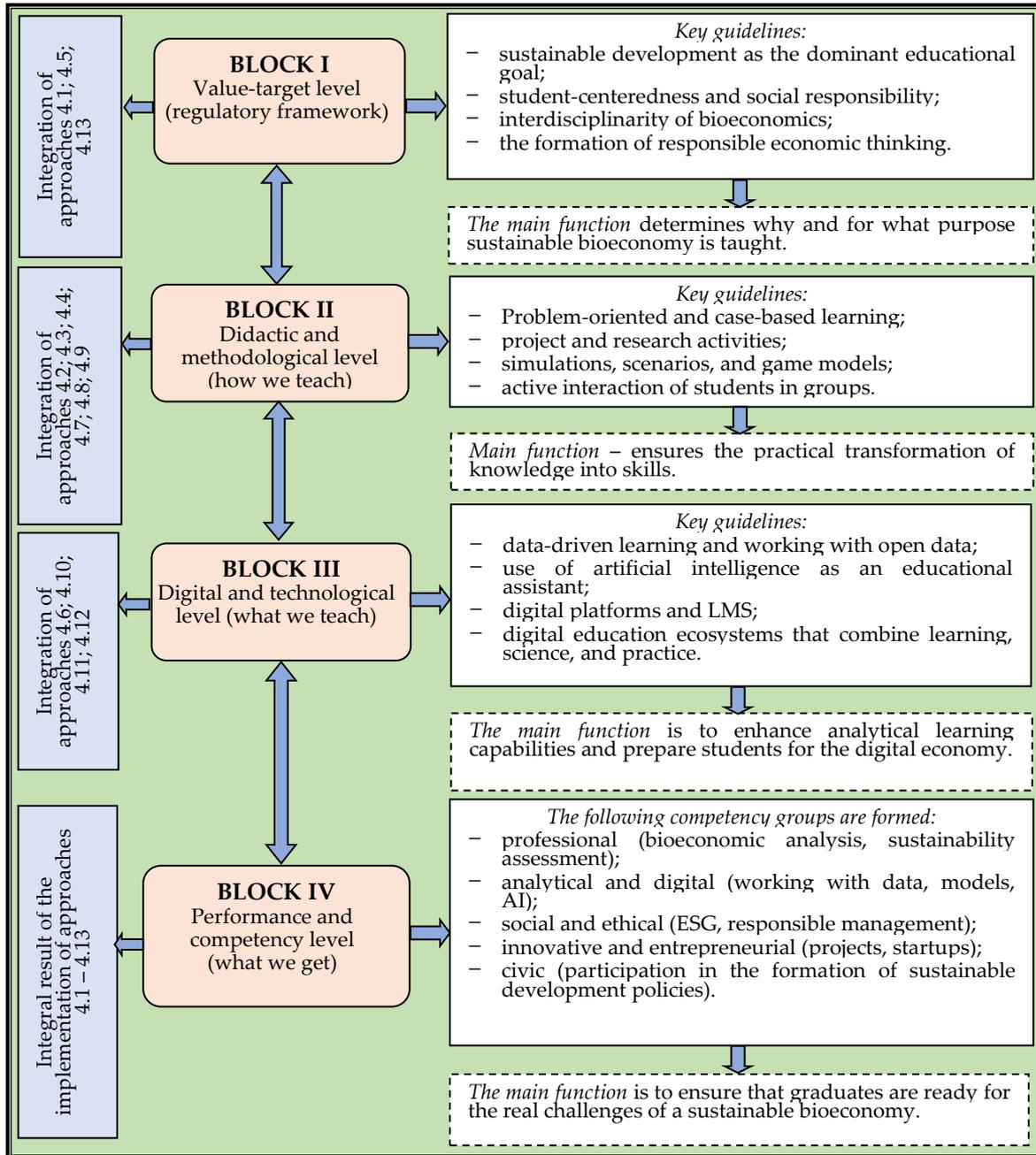


Fig. 1. Architecture of the integrative-conceptual model of teaching sustainable bioeconomy[suggested by the author].

Integration logic of the integration-conceptual model of teaching sustainable bioeconomy (connection between points 4.1–4.13)

The logic of the model can be summarized as follows:

Competence goal (4.1) → Problem and case (4.2–4.3) → Project and research (4.4, 4.9) → Scenario and simulation (4.7) → Active interaction (4.8) → Data, AI, and digital platforms (4.6, 4.10–4.12) → Student-centered outcome (4.13).

This transforms learning about the sustainable bioeconomy into a continuous cycle of "knowledge → analysis → action → accountability."

The conceptual formula for the sustainable bioeconomy teaching model (IKM^{sbio}) looks like this:

$$IKM^{sbio} = f(C, P, K, Pr, R, D, AI, E, S) \quad (1)$$

where:

C – competency-based approach;

P – problem-based learning;

K – case studies;

Pr – project activities;

R – research;

D – data-driven analytics;

AI – artificial intelligence;

E – digital educational ecosystems;

S – student-centeredness (Education 5.0).

Thus, the final integrative-conceptual model of teaching sustainable bioeconomy, based on points 4.1–4.13, is a holistic, multi-level, and adaptive system that combines modern didactic approaches, digital technologies, and sustainable development values. The implementation of this model allows us to train a new generation of specialists – not only economists, but also specialists in the field of sustainable bioeconomy transformation.

CHAPTER 5
MODERN METHODS OF ASSESSING LEARNING
OUTCOMES IN TEACHING SUSTAINABLE
BIOECONOMY

5.1. Educational goals and assessment principles

Modern approaches to assessing learning outcomes in sustainable bioeconomy are based on a shift from knowledge control to assessing the competencies developed and the ability of students to apply knowledge in real and simulated professional situations. Assessment is seen as an integral part of the learning process that supports learning, rather than merely recording results. This approach is in line with European standards for quality assurance in higher education, UNESCO recommendations on education for sustainable development, and Erasmus+ program practices, where transparency, validity, and competency-based assessment are keys.

Educational goals:

- assessment of the level of development of professional and interdisciplinary competencies;
- stimulating active, independent, and reflective learning;
- providing feedback for students and teachers;
- improving academic integrity and the quality of learning outcomes.

Basic principles:

- competence orientation;
- transparency and clear criteria;
- support for learning and authenticity of tasks;
- combination of individual and group assessment.

5.2. Main contemporary assessment methods in the study of sustainable bioeconomy

Formative assessment

Formative assessment is carried out throughout the course and is aimed at supporting students' learning progress (Table 36).

Table 36

Formative assessment

Tools	Advantages	Disadvantages
Short analytical tasks; reflective journals; comments on projects and case studies; oral and written feedback.	Increases motivation; promotes self-regulation of learning; allows for timely correction of mistakes.	Requires significant time investment from the teacher; difficult to formalize in terms of points; requires a methodological culture of feedback.

Source: summarized by the author [32; 66-77].

Final assessment

Final assessment is used to record the results achieved at the end of a module or course (Table 37).

Table 37

Final assessment

Forms	Advantages	Disadvantages
Exam (written/oral); open-ended testing; project or case study defense.	Ensures comparability of results; understandable for students and management; easily integrated into the ranking system.	Limited reflection of complex competencies; may encourage superficial memorization; does not always take into account the learning process.

Source: summarized by the author [32; 66-77].

Student portfolio

A portfolio is a systematic collection of works that reflects a student's learning progress and achievements in studying sustainable bioeconomy (Table 38).

Table 38

Student portfolio

Portfolio elements	Advantages	Disadvantages
Analytical essays; case studies; project materials; research reports; reflective notes.	Comprehensive assessment of competencies; development of reflection; compliance with lifelong learning approaches.	Difficulty of standardization; high requirements for assessment criteria; time spent on verification.

Source: summarized by the author [32; 66-77].

Peer assessment and self-assessment

This method involves students in assessing their own and group work (Table 39).

Table 39

Peer assessment and self-assessment

Forms	Advantages	Disadvantages
Peer assessment of projects; assessment of contribution to teamwork; self-assessment of learning outcomes.	Development of critical thinking; increased responsibility; formation of academic culture.	Risk of subjectivity; need for clear categories; psychological barriers among students.

Source: summarized by the author [32; 66-77].

Authentic assessment

Authentic assessment is based on real or highly realistic professional tasks (Table 40).

Table 40

Authentic assessment

Examples	Advantages	Disadvantages
Development of a community bioeconomic strategy; ESG assessment of a bioeconomic project.	High practical value; preparation for professional activity; integration of knowledge and skills.	Complexity of assessment; need for external experts; significant organizational costs.

Source: summarized by the author [32; 66-77].

To ensure transparency, it is recommended to use assessment rubrics that include: criteria (analysis, argumentation, use of data, ESG

aspects); achievement levels; description of expected results. Rubrics reduce subjectivity and increase confidence in assessment.

The role of teachers and students in the assessment system

Teacher: designer of the assessment system; organizer of feedback; guarantor of academic integrity.

Students: active participants in assessment; subjects of self-analysis and reflection; jointly responsible for the quality of results.

The advantages and disadvantages of the current assessment system in teaching sustainable bioeconomy are presented in Table 41.

Table 41

Advantages and disadvantages of the current assessment system in teaching sustainable bioeconomy

Advantages	Disadvantages and limitations of application
Compliance with the competency-based approach	Increased workload for teachers
Improved quality of learning outcomes	Need for methodological training
Development of independence and responsibility	Difficulty of reconciliation with traditional assessment systems
Integration of education and bioeconomics practice	Need for digital support

Source: summarized by the author [32; 66-77].

Methodological recommendations for teachers

When using a modern assessment system in teaching sustainable bioeconomy, teachers need to: combine formative and summative assessment; use transparent, regulated, and clear criteria; involve students in self- and peer assessment; integrate assessment into learning activities; and provide systematic feedback.

AFTERWORD

This handbook is devoted to the theoretical, methodological, and practical principles of teaching sustainable bioeconomy in the context of digital transformation, European integration, and the transition to the Education 5.0 paradigm. The handbook systematizes modern didactic methods and approaches to the formation of professional, analytical, digital, and socio-ethical competencies of students necessary for managing bioeconomic systems based on sustainable development.

Particular attention is paid to competence-oriented, problem- and project-oriented learning, the case method, interdisciplinary and research approaches, as well as simulation and scenario-based learning as tools for integrating theory with practice. A significant place is given to digital and data-driven teaching methods, the use of artificial intelligence, digital platforms, and educational ecosystems in the training of bioeconomics specialists.

The handbook contains methodological recommendations for teachers on organizing practical classes, developing analytical and computational tasks, working with real cases, assessing learning outcomes, and ensuring academic integrity. The proposed integrated conceptual model for teaching sustainable bioeconomy integrates innovative educational technologies with student-centered values and principles of sustainable development.

The handbook is intended for teachers of education institutions, guarantors of educational programs, developers of training courses, and can also be used in the training of bachelors, masters, and doctors of philosophy in economics, management, and interdisciplinary fields.

RECOMMENDED SOURCES

1. COM (2010) 2020. EUROPE 2020 A strategy for smart, sustainable and inclusive growth. URL: <https://ec.europa.eu/eu2020/pdf/COMPLET%20EN%20BARROSO%20%20%20007%20-%20Europe%202020%20-%20EN%20version.pdf>
2. COM (2012) 060 final Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe (2012). URL: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/1f0d8515-8dc0-4435-ba53-9570e47dbd51>
3. COM(2018) 673 final, A sustainable bioeconomy for Europe – Strengthening the connection between economy, society and the environment. Updated Bioeconomy Strategy (2018). URL: <https://data.europa.eu/doi/10.2777/792130>
4. COM(2025) 960 final. A Strategic Framework for a Competitive and Sustainable EU Bioeconomy. Brussels, 27.11.2025. URL: https://environment.ec.europa.eu/publications/bioeconomy-strategy_en
5. EU, 2009c, Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC, OJ L 140/16, 05.06.2009
6. European Bioeconomy Stakeholders» Manifesto. URL: https://ec.europa.eu/info/files/european-bioeconomy-stakeholders-manifesto_en
7. European Commission Communication COM(2021) 66 final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52021DC0066>

Promoting of European skills and approaches for sustainable bioeconomy in the conditions of Ukrainian acute challenges

8. European Commission, Joint Research Centre, Brief on biomass for energy in the European Union, Publications Office, 2019. URL: <https://data.europa.eu/doi/10.2760/546943>

9. European Green Deal. URL: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en?prefLang=uk

10. International Advisory Council of the Global Bioeconomy Summit 2018. (2018). Communiqué: Innovation in the Global Bioeconomy for Sustainable and Inclusive Transformation and Wellbeing. URL: https://gbs2020.net/wp-content/uploads/2021/10/GBS_2018_Report_web.pdf

11. International Energy Agency (IEA). URL: <https://www.iea.org>

12. JFSQ. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>

13. Knowledge Centre. URL: <https://knowledge4policy.ec.europa.eu/publication/updated-bioeconomy>

14. Knowledge Centre for Bioeconomy: URL: https://knowledge4policy.ec.europa.eu/bioeconomy/monitoring_en

15. Net Zero Emissions by 2050 Scenario (NZE). URL: <https://www.iea.org/reports/global-energy-and-climate-model/net-zero-emissions-by-2050-scenario-nze>

16. NREAP Progress Reports. URL: https://energy.ec.europa.eu/index_en

17. OECD (2009). The Bioeconomy to 2030: Designing a Policy Agenda. OECD Publishing, Paris. URL: <https://doi.org/10.1787/9789264056886-en>.

Promoting of European skills and approaches for sustainable bioeconomy in the conditions of Ukrainian acute challenges

18. OECD (2018). Meeting policy challenges for a sustainable bioeconomy. OECD Publishing, Paris. ISBN 978-92-64-29,233-8.

19. OECD. Climate Action Dashboard. URL: <https://www.oecd.org/en/data/dashboards/climate-action-dashboard.html>

20. OECD. URL: <https://www.oecd.org/>

21. Report COM/2022/283: EU Bioeconomy Strategy Progress Report – European Bioeconomy policy: stocktaking and future developments. URL: https://knowledge4policy.ec.europa.eu/publication/report-com2022283-eu-bioeconomy-strategy-progress-report-european-bioeconomy-policy_en

22. State Statistics Service of Ukraine. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/>

23. Statistic. Department of Economic and Social Affairs. URL: <https://unstats.un.org/UNSDWebsite/undatacommons/sdgs/>

24. Stockholm Declaration. URL: <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/29567/ELGP1StockD.pdf>

25. Sustainable Development Goals. URL: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/>

26. The Paris Agreement. What is the Paris Agreement? URL: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>

27. Third Stakeholders' Bioeconomy Conference, Turin 2014. URL: https://www.fondazionevilupposostenibile.org/f/appuntamenti/2014/ThirdBioeconomyConferenceProgramme_2014_Turin.pdf

28. Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. URL: <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld/publication>

29. UNCED. United Nations Conference on Environment and Development. Agenda 21. United Nations Organization: New York, 1992. URL: <https://sdgs.un.org/partnerships>

30. United Nations. Sustainable Development Goal indicators website. URL: <https://unstats.un.org/sdgs>

31. A Europe fit for the digital age. URL: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age_en?prefLang=uk

32. International Scientific and Practical Round Table «Promoting European Skills and Approaches to a Sustainable Bioeconomy in the Context of Contemporary Challenges in Ukraine»: Abstracts of Reports, 20 October 2023, Kyiv: KNUTD, 2023. 68 p.

33. National Report «Sustainable Development Goals: Ukraine». URL: <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/natsionalna-dopovid-csr-Ukrainy.pdf>

34. On approval of Ukraine's Energy Strategy for the period up to 2035 «Security, Energy Efficiency, Competitiveness»«. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-p#Text>

35. Action Programme – Agenda for the 21st Century: Adopted by the UN Conference on Environment and Development in Rio de Janeiro (Summit – Planet Earth, 1992). Translated from English. 2nd edition. Kyiv: Intelsfera, 2000. 360 p.

36. Ukraine's Sustainable Development Strategy until 2030. URL:

<https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/ua/UNDP Strategy v06-optimized.pdf>

37. With the WTO's predecessor agreement, the General Agreement on Tariffs and Trade (GATT).

38. World Bank Group and World Trade Organization (2015). The Role of Trade in Ending Poverty. World Trade Organization: Geneva. See also Commission on Growth and Development in 2018 «The Growth Report: Strategies for Sustained Growth and Inclusive Development».

39. Anderson, C.B., S. Athayde, C.M. Raymond, A. Vatn, P. Arias-Arévalo, R.K. Gould, J. Kenter, et al., «Conceptualizing the Diverse Values of Nature and Their Contributions to People.», Methodological Assessment Report on the Diverse Values and Valuation of Nature of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Zenodo, 2022.

40. Berkes, F., J. Colding, and C. Folke, Navigating Social-Ecological Systems: Building Resilience for Complexity and Change, Cambridge University Press, Cambridge, 2003.

41. Blythe, J., J. Silver, L. Evans, D. Armitage, N.J. Bennett, M.-L. Moore, T.H. Morrison, and K. Brown, «The Dark Side of Transformation: Latent Risks in Contemporary Sustainability Discourse», Antipode, Vol. 50, No. 5, 2018, pp. 1206–1223.

42. Cadillo-Benalcazar, J.J., S.G.F. Bukkens, M. Ripa, and M. Giampietro, «Why Does the European Union Produce Biofuels? Examining Consistency and Plausibility in Prevailing Narratives with Quantitative Storytelling», Energy Research & Social Science, Vol. 71, January 1, 2021, p. 101810.

43. Charles, C., I. Gerasimchuk, R. Bridle, T. Moerenhout, E. Asmelash, and T. Laan, Addendum to Biofuels – At What Cost? A

Review of Costs and Benefits of EU Biofuel Policies, The International Institute for Sustainable Development, 2013a.

44. Biofuels – At What Cost? A Review of Costs and Benefits of EU Biofuel Policies, The International Institute for Sustainable Development, 2013b.

45. De Laurentiis, V., A. Galli, and S. Sala, Modelling the Land Footprint of EU Consumption, Joint Research Centre of the European Commission, Luxembourg, 2022.

46. European Commission: Joint Research Centre, Renner, A., Giuntoli, J., Barredo, J.I., Ceddia, M., Guimaraes Pereira, Â., Paracchini, M.L., Quaglia, A.P., Trombetti, M., Vallecillo, S., Velasco Gomez, M., Zepharovich, E. and Mubareka, S.B., Integrated assessment of bioeconomy sustainability, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2025, URL: <https://data.europa.eu/doi/10.2760/2356728>, JRC136919.

47. EEA, «The Case for Public Participation in Sustainability Transitions», Briefing, European Environment Agency, October 3, 2023. URL: <https://www.eea.europa.eu/publications/the-case-for-public-participation/the-case-for-public-participation>.

48. EPRS, Beyond Growth: Pathways towards Sustainable Prosperity in the EU, European Parliament Research Services, Bruxelles, May 9, 2023.

49. European Commission, «INCA Platform», 2023. URL: <https://ecosystem-accounts.jrc.ec.europa.eu/>.

50. Eversberg, D., J. Holz, and L. Pungas, «The Bioeconomy and Its Untenable Growth Promises: Reality Checks from Research», Sustainability Science, November 1, 2022.

51. Eversberg, D., P. Koch, R. Lehmann, A. Saltelli, S. Ramcilovic-Suominen, and Z. Kovacic, «The More Things Change, the

More They Stay the Same: Promises of Bioeconomy and the Economy of Promises», *Sustainability Science*, March 23, 2023, pp. URL: s11625-023-01321-4.

52. Mubareka, S., J. Giuntoli, L.J. Sanchez, L.J. Lasarte, R. M'barek, T. Ronzon, A. Renner, and M. Avraamides, *Trends in the EU Bioeconomy*, JRC Science for Policy Report, Publications Office of the European Union, Luxembourg, February 24, 2023a.

53. *Trends in the EU Bioeconomy*, Publications Office of the European Union, Luxembourg, February 24, 2023b.

54. *Social Multi-Criteria Evaluation for a Sustainable Economy*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York, 2008.

55. *Social Multi-Criteria Evaluation: Methodological Foundations and Operational Consequences'*, *European Journal of Operational Research*, Vol. 158, No. 3, 2004, pp. 662–677.

56. OECD, *OECD Core Set of Indicators for Environmental Performance Reviews*, Environment Monographs, Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris, 1993.

57. Ramcilovic-Suominen, S., «Envisioning Just Transformations in and beyond the EU Bioeconomy: Inspirations from Decolonial Environmental Justice and Degrowth», *Sustainability Science*, 2022a.

58. *Envisioning Just Transformations in and beyond the EU Bioeconomy: Inspirations from Decolonial Environmental Justice and Degrowth'*, *Sustainability Science*, 2022b.

59. *Linking Degrowth, Justice and Human-Nature Relations with a Common Thread of Transformations*», *Exploring New Visions for a Sustainable Bioeconomy*, Vol. (Chapter) 7, Vol. (Chapter) 7, Publication office of the European Commission, 2023.

60. Ramcilovic-Suominen, S., J. Giuntoli, T. Oliver, and L. Mehta, «How Can Relational, Decolonial and Feminist Approaches Inform the EU Bioeconomy?», *Sustainability Science*, January 19, 2025.

61. Ramcilovic-Suominen, S., M. Kröger, and W. Dressler, «From Pro-Growth and Planetary Limits to Degrowth and Decoloniality: An Emerging Bioeconomy Policy and Research Agenda», *Forest Policy and Economics*, Vol. 144, November 2022, p. 102819.

62. Renner, A., «Sociometabolic Approach for a System»s Assessment of the EU Bioeconomy», *Trends in the EU Bioeconomy*, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2023.

63. Spash, C.L., and F. Hache, «The Dasgupta Review Deconstructed: An Exposé of Biodiversity Economics», *Globalizations*, Vol. 19, No. 5, July 4, 2022, pp. 653–676.

64. SystemIQ and Club of Rome, *A System Change Compass: Implementing the European Green Deal in a Time of Recovery*, 2020.

65. Vivien, F.D., M. Nieddu, N. Befort, R. Debref, and M. Giampietro, «The Hijacking of the Bioeconomy», *Ecological Economics*, Vol. 159, No. January, 2019, pp. 189–197.

66. Collection of abstracts from the International Scientific and Practical Round Table «Promoting European Skills and Approaches to a Sustainable Bioeconomy in the Context of Contemporary Challenges in Ukraine», Kyiv, 20 October 2023, Kyiv: KNUTD, 2023. 68 p. URL: <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/25540>

67. Oleshko, A., Budiakova, O. (2024). *European knowledge for sustainable bioeconomy in Ukraine: Manual*. Kyiv: KNUTD. 156 p. ISBN 978-617-7763-31-3. URL: <https://knutd.edu.ua/grants/pesab/ed-c/>

68. *Green Transformation and Sustainable Bioeconomy: Monograph*; edited by A. A. Oleshko, O. Yu. Budiakova. Kyiv:

KNUTD, 2024. 496 p. ISBN 978-617-7763-34-4 DOI 10.30857/978.617.7763.34.4 URL: https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/27008/1/ZTSB_mono_2024.pdf

69. Hnatenko, I., Bebko, S., Ievseitseva, O., Shikovets, K., Kvita, H., & Zos-Kior, M. (2024). Market analysis of the renewable energy market of Ukraine in the context of changes in financial and economic processes. *Financial & Credit Activity: Problems of Theory & Practice*, 5(58). DOI: 10.55643/fcaptp.5.58.2024.4576 URL: <https://fkd.net.ua/index.php/fkd/article/view/4576>

70. Zhaldak, M., Poliuha, V., Mokrousova, O., Oleshko, A., Budiakova, O., & Karavayev, T. (2024). Implementation of the principles of bioeconomy in leather production. *Leather and Footwear Journal*, 24(4), 267–278. DOI: <https://doi.org/10.24264/lfj.24.4.3> URL: https://www.revistapielarieincaltaminte.ro/revistapielarieincaltaminte/resurse/en/fisiere/full/vol24-nr4/article3_vol24_issue4.pdf

71. Hretskyi, I., Mokrousova, O., Oleshko, A., Budyakova, O., Antonenko, D., & Fomina, M. (2025). Assessing the Ethanologenic Potential of Xylose-Fermenting Yeasts *Scheffersomyces stipitis* UCM Y-2810. *Innovative Biosystems and Bioengineering*, 9(1). Pp. 45-53. DOI: <https://doi.org/10.20535/ibb.2025.9.1.311267> Available from: <https://ibb.kpi.ua/article/view/311267>

72. Oleshko, A., & Budiakova, O. (2024). Methodology for researching sustainable bioeconomy in the European Union. *Scientific Journal of Yuriy Fedkovich Chernivtsi National University Economics*, (1), 48–54. URL: <https://doi.org/10.32782/ecovis/2024-1-8>
<https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/30689>

73. Budiakova, O. (2026). Ecosystem approach to socio-economic development in the context of green and digital

transformation based on bioeconomy. *Economies Horizons*, (1(34), 15–31.

[https://doi.org/10.31499/2616-5236.1\(34\).2026.348943](https://doi.org/10.31499/2616-5236.1(34).2026.348943)

<http://eh.udpu.edu.ua/article/view/348943>

<https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/32818>

74. Hretskyi I.O., Mokrousova O.R., Oleshko A.A, Budiakova O.Y., Fomina M.A. Influence of glucose and xylose on the ethanol production of xylose-fermenting yeasts. Collection of materials from the VIII International Congress «Sustainable Development: Environmental Protection. Energy Efficiency. Balanced Use of Natural Resources», Lviv, 16-18 October 2024. p. 119. URL: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/attachments/2024/oct/36233/stalyy-rozvytok-zakhyst-navkolyshnoho-seredovyshcha-enerhooshchadnist-20241.pdf>

75. Puzyrova P. V. Theoretical and methodological foundations of business model transformation in the context of sustainable development in the field of bioeconomy, urbanisation and digitalisation / P. V. Puzyrova, O. V. Olshanska // *Current issues of sustainable development*. – 2025. – Volume 2, No. 7. – P. 158-170. 10.60022/2(7)-18S <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/32940>

76. Puzyrova P. V. Methodological approaches to ensuring sustainable development of the bioeconomy in the context of digital transformation / P. V. Puzyrova // *Current issues of sustainable development*. – 2025. – Volume 2, No. 8. – P. 352-363. 10.60022/2(8)-45S <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/32941>

77. Bebko S. V. Logistical innovations as a factor in increasing the competitiveness of enterprises in the EU biomaterials market / S. V. Bebko // *Economy and Society*. – 2025. – No. 82. 10.32782/2524-0072/2025-82-131 <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/32974>

Promoting of European skills and approaches for sustainable bioeconomy in the conditions of Ukrainian acute challenges

Scientific publication

Polina PUZYROVA

**METHODS OF TEACHING
SUSTAINABLE BIOECONOMY**

Handbook

Technical editor P. Puzyrova
Responsible for printing L. Ovechkina

Approved for printing on 23.02.2026. Format 60x84 1/16.
Printed sheets: 6,27. Accounting sheets: 4.91. Print run: 50 copies. Deputy 2327.

Publisher and manufacturer: Kyiv National University of Technologies and Design.
Mala Shiyanovska Street, 2, Kyiv-11, 01011.

Certificate of entry of the publishing entity into the state register of publishers,
manufacturers, and distributors of publishing products
DK No. 993 dated 07/24/2002.