

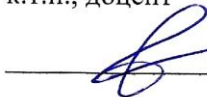
Міністерство освіти і науки України
Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій
імені С.З. Гжицького
Факультет механіки, енергетики та інформаційних технологій
Кафедра енергетики



ЗАТВЕРДЖЕНО

Гарант освітньо-професійної програми
«Відновлювані джерела енергії та гідроенергетика» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

к.т.н., доцент

 Сергій КОРОБКА

**СИЛАБУС
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«Біоенергетика»**

освітньо-професійна програма «Відновлювані джерела енергії та гідроенергетика»
спеціальність 145 «Відновлювані джерела енергії та гідроенергетика»
перший (бакалаврський) рівень вищої освіти

ВИКЛАДАЧ



СИРОТЮК СЕРГІЙ ВАЛЕРІЙОВИЧ

E-mail: syrotiuksv@lnup.edu.ua

Google Scholar <https://scholar.google.com/citations?user=R9PyjToAAAAJ&hl=uk>

Scopus <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57214243336>

ORCID <https://orcid.org/0000-0001-9966-6299>

Телефон +380679396246 (Viber, WhatsApp, Telegram)

Завідувач кафедри енергетики Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького, доцент, кандидат технічних наук. Викладач з понад 30-річним досвідом, автор та співавтор понад 190 наукових публікацій, 4 колективних монографій, 5 навчальних посібників, 50 навчально-методичних розробок.

Читає курси: *Потенціал відновлюваних джерел енергії, Сонячна енергетика, Вітроенергетика, Проектування, монтаж та експлуатація систем відновлюваної енергетики.*

Сфера наукових інтересів: *системи енергозабезпечення об'єктів з використанням відновлюваних джерел енергії.*

АНОТАЦІЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Фахівець в галузі біоенергетики повинен мати ґрунтовні знання стосовно технологій перетворення енергії біомаси у гізоподібне, рідке та тверде біопаливо з метою виробництва теплової та електричної енергії, вміти використовувати ці знання для пошуку оптимальних рішень при створенні систем енергозабезпечення споживачів різного профілю (промислових чи побутових), при впровадженні відповідних заходів для збереження оточуючого середовища, а також бути здатним ефективно застосовувати отримані знання при дослідних, проектно-конструкторських, технологічних та експлуатаційних роботах. Навчальна дисципліна «Біоенергетика» забезпечує необхідний об'єм базової інформації для підготовки фахівців за спеціальністю 145 «Відновлювані джерела енергії та гідроенергетика».

Програма дисципліни «Біоенергетика» передбачає вивчення основних принципів термічної та каталітичної конверсії біомаси, виробництва біогазу, біозизелю та біометану, використання біопалива в енергетичних системах виробництва, передачі, розподілу і використання теплової та електричної енергії.

Міждисциплінарні зв'язки: вивчення дисципліни «Біоенергетика» передбачає наявність систематичних та ґрунтовних знань із суміжних курсів – «Вища математика», «Фізика», «Хімія», «Потенціал відновлюваних джерел енергії». Вимоги до знань та умінь визначаються галузевими стандартами вищої освіти України.

Метою вивчення освітньої компоненти «Біоенергетика» є формування у здобувачів вищої освіти системи теоретичних і практичних знань щодо основних принципів термічної та каталітичної конверсії біомаси, виробництва біогазу, біозизелю та біометану, використання біопалива в енергетичних системах виробництва, передачі, розподілу і використання теплової та електричної енергії.

Основними завданнями освітньої компоненти «Біоенергетика» є набуття здобувачами вищої освіти здатності застосовувати фундаментальні закони і знання фізики, хімії, а також відповідні математичні та експериментальні методи для розв'язування професійних задач і практичних проблем в галузі біоенергетики, пов'язаних з технологією конверсії біомаси на енергетичний продукт для виробництва теплової та електричної енергії.

Структура курсу

№ з/п	Тема, питання, що вивчаються
1	Тема 1. Загальні аспекти та особливості розвитку біоенергетики 1.1. Загальні відомості 1.2. Нормативно-правова база галузі біоенергетики 1.3. Історія розвитку біоенергетики 1.4. Сучасний стан та перспективи розвитку біоенергетики 1.5. Вплив біоенергетики на навколишнє середовище та людину 1.6. Економіка біоенергетики
2	Тема 2. Види біопалив та їх характеристика 2.1. Види та характеристика твердого біопалива 2.2. Види та характеристика газоподібного біопалива 2.3. Види та характеристика рідкого біопалива

3	Тема 3. Термічна та каталітична конверсія біомаси 3.1. Види біомаси, яка піддається термічній та каталітичній конверсії 3.2. Теоретичні основи процесу спалювання біомаси 3.3. Обладнання для термічної конверсії біомаси спалюванням 3.4. Види та технології виробництва паливних брикетів та пелетів 3.5. Теоретичні основи карбонізації біомаси 3.6. Засоби та обладнання для карбонізації біомаси 3.7. Теоретичні основи газифікації біомаси 3.8. Засоби та обладнання для газифікації біомаси 3.9. Теоретичні основи процесу піролізу 3.10. Засоби та обладнання для піролізу біомаси 3.11. Теоретичні основи процесу термічно-каталітичної конверсії біомаси 3.12. Засоби та обладнання для термічно-каталітичної конверсії біомаси
4	Тема 4. Виробництво та використання біогазу 4.1. Теоретичні основи анаеробного бродіння 4.2. Види біомаси, яка піддається анаеробному бродінню 4.3. Обладнання біогазових комплексів 4.4. Методи та засоби для очищення біогазу 4.5. Використання біогазу на енергетичні цілі 4.6. Утилізація дигестату
5	Тема 5. Виробництво та використання біодизелю 5.1. Характеристика біодизелю як палива 5.2. Теоретичні основи виробництва біодизелю 5.3. Технологічне обладнання для виробництва біодизелю 5.4. Використання біодизелю як енергетичний ресурс
6	Тема 6. Виробництво та використання біоетанолу 6.1. Характеристика біоетанолу як палива 6.2. Теоретичні основи виробництва біоетанолу 6.3. Технологічне обладнання для виробництва біоетанолу 6.4. Використання біоетанолу як енергетичний ресурс

Навчальний контент
Формування програмних компетентностей

Індекс в матриці ОПП	Програмні компоненти
1	2
Інтегральна компетентність	Здатність розв'язувати спеціалізовані задачі та вирішувати практичні проблеми під час професійної діяльності у галузі відновлюваних джерел енергії та гідроенергетики або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій та методів фізики та інженерних наук і характеризуються комплексністю та невизначеністю умов.
Загальні компетентності	ЗК8. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

Фахові (спеціальні) компетентності	СК1. Здатність застосовувати відповідні методи математики, природничих та технічних наук і комп'ютерне програмне забезпечення для вирішення інженерних завдань з відновлюваних джерел енергії та гідроенергетики. СК2. Здатність застосовувати і інтегрувати знання і розуміння інженерних дисциплін для розв'язання складних задач з відновлюваних джерел енергії та гідроенергетики. СК3. Здатність розуміти і застосовувати фізичні принципи і математичні методи, необхідні в галузі відновлюваних джерел енергії та гідроенергетики. СК5. Здатність визначити та досліджувати проблему і ідентифікувати обмеження, включаючи ті, що пов'язані з проблемами охорони природи, сталого розвитку, здоров'я і безпеки та оцінками ризиків у відновлюваній енергетиці та гідроенергетиці. СК6. Здатність враховувати комерційний та економічний аспекти у професійній діяльності відновлюваній енергетиці та гідроенергетиці. СК7. Здатність оцінювати енергетичну ефективність об'єктів, розробляти та впроваджувати енергоощадні технології. СК9. Здатність забезпечувати моделювання електротехнічних об'єктів і технологічних процесів виробництва, передачі та розподілу електричної енергії з використанням стандартизованих пакетів і засобів автоматизації інженерних розрахунків, проводити експерименти за заданими методиками з обробкою й аналізом результатів. СК12. Здатність вирішувати питання інтелектуальної власності. СК13. Здатність застосовувати методики вибору енергетичного обладнання відповідно до природних умов. СК19. Здатність дотримання вимог правил техніки безпеки, охорони праці та норм виробничої санітарії на підприємствах електроенергетичного та електромеханічного комплексів. СК20. Здатність застосовувати методи діагностики стану обладнання та устаткування відновлюваної енергетики, проводити сертифікацію та експертизу об'єктів відновлюваної енергетики.
Програмні результати навчання	ПРН4. Встановлювати зв'язок між інженерною діяльністю та впливом її на навколишнє середовище, застосовувати ефективні заходи щодо охорони навколишнього середовища. ПРН5. Використовувати сучасні інформаційні технології та спеціалізоване програмне забезпечення для розв'язання складних задач професійної діяльності. ПРН7. Знання і розуміння наукових принципів, що лежать в основі енергетичної галузі, навички застосування сучасних математичних, фізичних та інженерних методів для розв'язання складних задач професійної діяльності. ПРН8. Систематизовані знання і розуміння ключових аспектів та концепцій в галузі відновлюваної енергетики та гідроенергетики, технології виробництва, передачі, розподілу і використання енергії. ПРН9. Визначати, формулювати і вирішувати інженерні завдання в галузі відновлюваної енергетики та гідроенергетики з використанням енергоефективних методів. ПРН10. Аналізувати інженерні об'єкти, процеси і методи в галузі відновлюваної енергетики та гідроенергетики, забезпечувати достовірність та релевантність результатів аналізу. ПРН11. Розробляти проекти згідно із визначеними та описаними вимогами до конструкцій, технологічних схем, режимів роботи обладнання, характеристик енергетичних ресурсів, відповідних матеріалів, що застосовуються при аналізі процесів і проектуванні енергетичних

	установок і апаратів перетворення відновлюваних джерел енергії та гідроенергетики, а також технічними умовами та іншими нормативними документами. ПРН12. Приймати ефективні рішення з урахуванням проблем безпеки довкілля і правових питань, соціальних та екологічних наслідків технічних рішень, кодексу професійної етики і норм інженерної практики. ПРН13. Експлуатувати енергетичне обладнання у відповідності до виробничих цілей, законодавства і нормативних документів, зокрема, технічних регламентів та правових норм в галузі охорони здоров'я людей і забезпечення безпеки інженерної діяльності. ПРН14. Обирати та використовувати придатні методи та засоби вимірювань для визначення значень технологічних параметрів процесів та режимів роботи енергетичного обладнання відповідно до стандартів і вимог метрологічної служби України. ПРН15. Вміти виконувати енергетичні розрахунки енергетичних об'єктів відновлюваної енергетики та гідроенергетики, вибирати тип і розміри основного і допоміжного обладнання. ПРН16. Розуміти значення традиційної та відновлюваної енергетики для успішного економічного розвитку країни. ПРН17. Знати існуючі підходи до проектування, виготовлення, випробувань та експлуатації обладнання та устаткування відновлюваної енергетики та гідроенергетики. ПРН18. Показувати навички самостійної роботи, демонструвати критичне, креативне, самокритичне мислення. ПРН20. Знати методи і порядок проектування об'єктів відновлюваної енергетики та гідроенергетики. ПРН21. Знати існуючі конструкції обладнання та устаткування призначеного для перетворення енергії відновлюваних джерел в електричну та інші види енергій. ПРН22. Знати заходи підтримки та зміни режимів роботи систем електроживлення, об'єктів відновлюваної енергетики, систем блискавкозахисту та захисту від перенапруг. ПРН23. Знати фактори, що призводять до виникнення незворотних процесів в устаткуванні та обладнанні електричних станцій та об'єктів відновлюваної енергетики та гідроенергетики.
--	--

ЛІТЕРАТУРНІ ДЖЕРЕЛА

Методичне забезпечення

1. Сиротюк С.В. Ознайомлення з видами сировини для виробництва біопалив та їх енергетична оцінка. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти з дисципліни "Біоенергетика". Дубляни, 2025. 13 с.
2. Сиротюк С.В. Ознайомлення з технологією та обладнанням ліній виробництва пелет і брикетів. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти з дисципліни "Біоенергетика". Дубляни, 2025. 36 с.
3. Сиротюк С.В. Ознайомлення з технологією та обладнанням для газифікації біомаси. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти з дисципліни "Біоенергетика". Дубляни, 2025. 21 с.

4. Сиротюк С.В. Тепловий баланс біогазової установки. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти з дисципліни "Біоенергетика". Дубляни, 2025. 15 с.
5. Сиротюк С.В. Розрахунок параметрів біогазової установки. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти з дисципліни "Біоенергетика". Дубляни, 2025. 13 с.
6. Сиротюк С.В. Ознайомлення з технологією та обладнанням ліній виробництва біодизелю. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти з дисципліни "Біоенергетика". Дубляни, 2025. 20 с.
7. Сиротюк С.В. Ознайомлення з технологією та обладнанням ліній виробництва біоетанолу. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти з дисципліни "Біоенергетика". Дубляни, 2025. 16 с.

Рекомендована література

1. Кудря С. О. Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії: підруч. Київ : НТУУ "КПІ", 2012. 492 с.
2. Кудря С. О., Головка В. М. Основи конструювання енергоустановок з відновлюваними джерелами енергії: навч. посіб. Київ : НТУУ "КПІ", 2011. 184 с.
3. Біоенергетичний потенціал лісостепової і поліської зон України та перспективи його використання: монографія / За заг. ред. В. І. Ладика. Суми : Університетська книга, 2009. 304 с.
4. Кюрчев В. М., Дідур В. А., Грачова Л. І. Альтернативне паливо для енергетики АПК : посібн. Київ : Аграрна освіта, 2012. 416 с.
5. Біоенергетичні системи в аграрному виробництві: навч. посібю / Голуб Г. А., Кухарець С. М., Марус О. А. та ін.; за ред. Г. А. Голуба. Київ : НУБІП України, 2017. 229 с.
6. Дубровін В.О. Біодизель та біоетанол / В.О. Дубровін, Г.А. Голуб, В.М. Поліщук та ін. К.: ЮНІДО, 2015. 54 с.
7. Дудюк Д. Л., Мазепа С. С., Гнатишин Я. М. Нетрадиційна енергетика: основи теорії та задачі: Навч. посіб. Львів: "Магнолія 2006", 2008. 88 с.
8. Костирко І.Г., Янковська К.С., Сиротюк Г.В., Сиротюк С.В., Савченко Є.В. Ефективність використання біомаси для енергозабезпечення сільськогосподарських підприємств. Монографія. Львів : "Магнолія 2006", 2019. 198 с.
9. Сегеда М. С., Олійник М. Й., Дудурич О. Б. Нетрадиційні та відновлювані джерела електроенергії. Навч. посіб. Львів : Вид-во Львівської політехніки, 2019. 204 с.
10. Біоенергетичні проекти: від ідеї до втілення. Практичний посібник / під загальною редакцією Тормосова Р. Ю. Київ : ТОВ «Поліграф плюс», 2015. 208 с.
11. Клименко В. В., Кравченко В. І., Боков В. М., Гуцул В. І. Технологічні основи виготовлення біопалива з рослинних відходів та їх композитів: Монографія / за ред. В. В. Клименка. Кропивницький : ПП «Ексклюзив-Систем», 2017. 162 с.
12. Куріс Ю. В., Червоний І. В. Біогазові технології. Енергетичні та екологічні аспекти: монографія. Запоріжжя : ЗДІА, 2010. 488 с.
13. Konieczny R. Nowe modele monitorowania zasobów biomasy oraz dostępne technologie jej konwersji w instalacjach OZE (na przykładzi gmin wiejskich województwa Wielkopolskiego). / R. Konieczny, M. Fedko, B. Laska, W. Golimowski. Falety-Poznań: Agencja Wydawniczo-Poligraficzna "Gimpo", 2015. 178 p.
14. Klugmann-Radziemska E. Odnawialne Źródła Energii: przykłady obliczeniowe. Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej. Gdańsk, 2022. 100 s.
15. Klimiuk E., Pawłowska M., Pokoj T. Biopaliwa: Technologie dla zrownowazowego rozwoju. Warszawa : Wydawnictwo naukowe PWN, 2012. 326 s.
16. Lewandowski W. M., Ryms M. Biopaliwa. Proekologiczne odnawialne zrodla energii. Warszawa: Wydawnictwo WNT, 2013. 527 s.
17. Konieczna A., Borek K., Hołaj-Krzak J.T., Dybek B., Anders D., Szymenderski J., Klimek K., Kapłan M., Jarosz Z., Syrotyuk S., Stanytsky T., Korobka S., Wałowski G. The Potential of

- Utilizing Cattle (Cow) Manure for Biomethane Production—An Experiment for Photofermentation. *Energies*, 2024, 17(23), 6119. <https://doi.org/10.3390/en17236119>.
18. Jarosz Z., Kapłań M., Klimek K., Anders D., Dybek B., Herkowiak M., Hołaj-Krzak J.T., Syrotyuk S., Korobka S., Syrotyuk H., Wałowski G. Evaluation of Biohydrogen Production Depending on the Substrate Used—Examples for the Development of Green Energy. *Energies*, 2024, 17(11), 2524. <https://doi.org/10.3390/en17112524>.
 19. Kapłań M., Klimek K., Maj G., Zhuravel D., Bondar A., Lemeshchenko -Lagoda V., Boltianskyi B., Boltianska L., Syrotyuk H., Syrotyuk S., Konieczny R., Filipczak G., Anders D., Dybek B., Wałowski G. Method of Evaluation of Materials Wear of Cylinder-Piston Group of Diesel Engines in the Biodiesel Fuel Environment. *Energies*, 2022, 15(9), 3416. <https://doi.org/10.3390/en15093416>.
 20. Klimek K., Kapłań M., Syrotyuk S., Bakach N., Kapustin N., Konieczny R., Dobrzynski J., Borek K., Anders D., Dybek B., Karwacka A., Wałowski G. Investment model of agricultural biogas plants for individual farms in Poland. *Energies*, 2021, 14(21), 7375. <https://doi.org/10.3390/en14217375>.
 21. Kapłań M., Klimek K., Konieczny R., Jura B., Smolinski A., Szymenderski J., Budnik K., Anders D., Dybek B., Karwacka A., Wałowski G. Raw biogas desulphurization using the adsorption-absorption technique for a pilot production of agricultural biogas from pig slurry in Poland. *Energies*, 2021, 14(18), 5929. <https://doi.org/10.3390/en14185929>.
 22. Klimek K., Kapłań M., Konieczny R., Anders D., Dybek B., Karwacka A., Wałowski G. Production of agricultural biogas with the use of a hydrodynamic mixing system of a polydisperse substrate in a reactor with an adhesive bed. *Energies*, 2021, 14(12), 3538. <https://doi.org/10.3390/en14123538>.
 23. Скляр О. Г., Скляр Р. В., Болтянський Б. В., Сиротюк С. В., Коробка С. В., Стукалець І. Г. Аналіз методів удосконалення процесу переробки органічних відходів тваринництва у метантенках. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету: електронне наукове фахове видання. Запоріжжя: ТДАТУ, 2024. Вип. 24, т. 1. С. 45-53.

Інформаційні ресурси в інтернеті

1. Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського: <http://www.nbuv.gov.ua/>;
2. Львівська національна наукова бібліотека України імені Василя Стефаника: <http://www.lsl.lviv.ua/>;
3. Національна наукова сільськогосподарська бібліотека Національної академії аграрних наук: <http://www.dnsgb.com.ua/>;
4. Львівська обласна універсальна наукова бібліотека: <http://lounb.org.ua/>.
5. Бібліотечно-інформаційні ресурси – [книжковий фонд](#), періодика та фонди на [електронних носіях](#) бібліотеки ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького, державних органів науково-технічної інформації, наукових, науково-технічних бібліотек та інших наукових бібліотек України.
6. «Біоенергетика». [Електронний ресурс] : офіційний сайт. URL: <https://moodle.lnup.edu.ua/course/view.php?id=10764>
7. Електронні інформаційні ресурси мережі Інтернет з переліком сайтів:
<http://www.viessmann.ua>
<https://uabio.org/>

Політика оцінювання

Політика щодо дедлайнів та перескладання: Роботи, які здаються із порушенням термінів без поважних причин, оцінюються на нижчу оцінку (75% від можливої максимальної кількості балів за вид діяльності балів). Перескладання модулів відбувається за наявності поважних причин (наприклад, лікарняний).

Політика щодо академічної доброчесності: Списування під час контрольних робіт заборонені (в т.ч. із використанням мобільних девайсів). Мобільні пристрої дозволяється використовувати лише під час он-лайн тестування та підготовки практичних завдань під час заняття.

Політика щодо відвідування: Відвідування занять є обов'язковим компонентом оцінювання. За об'єктивних причин (наприклад, хвороба, працевлаштування, міжнародне стажування) навчання може відбуватись в он-лайн формі за погодженням із ведучим викладачем курсу.

Оцінювання

Остаточна оцінка за курс розраховується наступним чином: сумуємо по кожному з розділів дисципліни поточний контроль який оцінюється в 50 балів та підсумковий контроль 50 балів.

Поточне тестування та самостійна робота (разом 50 балів)						ПМК (екзамен)	Сума
T1	T2	T3	T4	T5	T6	50	100
4	4	12	16	8	6		

T1, T2 ... T6 – теми