

УДК 378.147:004:502.131.1

DOI <https://doi.org/10.32689/maup.ped.2026.1.13>

Наталія КОТЕНКО

кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри інженерії програмного забезпечення та кібербезпеки, Державний торговельно-економічний університет, kotenkono@knute.edu.ua
ORCID: 0000-0002-2675-6514

ПЕДАГОГІЧНІ УМОВИ ФОРМУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ МАЙБУТНІХ ІТ-ФАХІВЦІВ У КОНТЕКСТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Мета статті полягає у теоретичному обґрунтуванні педагогічних умов формування екологічної компетентності майбутніх ІТ-фахівців у контексті сталого розвитку. Актуальність дослідження зумовлена зростанням екологічного впливу цифрових технологій, що виявляється у підвищенні енергоспоживання цифрової інфраструктури, збільшенні вуглецевого сліду програмних продуктів і накопиченні електронних відходів.

Методологія дослідження ґрунтується на теоретичному аналізі, порівнянні, систематизації та узагальненні наукових джерел, присвячених інтеграції екологічного виміру сталого розвитку у професійну підготовку ІТ-фахівців. Наукова новизна полягає в уточненні сутності екологічної компетентності майбутнього ІТ-фахівця як складової його професійної компетентності, визначенні її структури та обґрунтуванні педагогічних умов формування. Визначено, що зміст цієї компетентності охоплює знання про екологічний вплив цифрових технологій, вміння застосовувати принципи зеленого програмування, енергоефективної оптимізації, ресурсозбереження, LCA-методології та циркулярного дизайну, а також ціннісну орієнтацію на відповідальне проєктування і використання цифрових рішень. У її структурі виокремлено когнітивний, діяльнісний, ціннісно-мотиваційний і рефлексивний компоненти. Обґрунтовано, що екологічна компетентність має інтегративний характер і пронизує зміст фахових дисциплін, методи й форми навчання, проєктну підготовку та результати навчання. Установлено, що найбільш доцільними для її формування є проблемно-орієнтоване, проєктне та кейс-орієнтоване навчання, а ефективними інструментами оцінювання є аналіз проєктних робіт, кейс-завдань, практичних вправ, портфоліо та рефлексивних завдань.

Результативність формування екологічної компетентності забезпечується системним включенням екологічного аспекту сталого розвитку до змісту фахової підготовки, використанням діяльнісних методів навчання, створенням відповідного освітнього середовища та застосуванням комплексного оцінювання.

Ключові слова: екологічна компетентність, сталий розвиток, професійна компетентність, зелене програмування, ІТ-фахівці, педагогічні умови.

Nataliia KOTENKO. PEDAGOGICAL CONDITIONS FOR THE FORMATION OF ECOLOGICAL COMPETENCE IN FUTURE IT SPECIALISTS IN THE CONTEXT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

The purpose of the article is to theoretically substantiate the pedagogical conditions for the formation of ecological competence in future IT specialists in the context of sustainable development. The relevance of the study is determined by the growing environmental impact of digital technologies, manifested in increasing energy consumption of digital infrastructure, the expanding carbon footprint of software products, and the accumulation of electronic waste.

The research methodology is based on theoretical analysis, comparison, systematization, and generalization of scientific sources devoted to the integration of the ecological dimension of sustainable development into the professional training of IT specialists. The scientific novelty lies in clarifying the essence of ecological competence of a future IT specialist as a component of professional competence, determining its structure, and substantiating the pedagogical conditions for its formation. It is established that the content of this competence includes knowledge of the environmental impact of digital technologies, the ability to apply the principles of green programming, energy-efficient optimization, resource conservation, life cycle assessment methodologies, and circular design, as well as a value-based orientation toward the responsible design and use of digital solutions. Its structure includes cognitive, activity-based, value-motivational, and reflective components. It is substantiated that ecological competence has an integrative nature and permeates the content of professional disciplines, teaching methods and forms, project-based training, and learning outcomes.

The study demonstrates that the most appropriate methods for forming ecological competence are problem-based, project-based, and case-based learning, while effective assessment tools include the analysis of project work, case tasks, practical assignments, portfolios, and reflective tasks. The effectiveness of ecological competence formation is ensured by the systematic integration of the ecological dimension of sustainable development into the content of professional training, the use of activity-based teaching methods, the creation of an appropriate educational environment, and the application of comprehensive assessment. Prospects for further research are associated with the development of criteria, indicators, and diagnostic tools for assessing the level of ecological competence formation in future IT specialists.

Key words: ecological competence, sustainable development, professional competence, green programming, IT specialists, pedagogical conditions.

Постановка проблеми. Сучасний розвиток інформаційних технологій супроводжується зростанням їхнього впливу на довкілля,

що виявляється у збільшенні енергоспоживання цифрової інфраструктури, вуглецевого сліду програмних продуктів, скороченні жит-

тевого циклу електронних пристроїв і накопиченні електронних відходів. За таких умов професійна підготовка майбутніх ІТ-фахівців не може обмежуватися формуванням лише технічних знань і навичок, оскільки потребує розвитку екологічної компетентності, здатності до зеленого програмування, енергоєфективної оптимізації та оцінювання екологічних наслідків цифрових рішень. Водночас у практиці вищої освіти екологічний аспект сталого розвитку часто інтегрується фрагментарно, без належного обґрунтування педагогічних умов, які забезпечували б його системне включення в зміст, методи та результати професійної підготовки майбутніх ІТ-фахівців. Саме це зумовлює необхідність теоретичного осмислення й визначення педагогічних умов формування екологічної компетентності майбутніх ІТ-спеціалістів у контексті сталого розвитку.

Аналіз останніх досліджень. Упродовж останніх років проблема інтеграції сталого розвитку в підготовку фахівців комп'ютерного профілю виразно змістилася від загального декларування до пошуку конкретних освітніх моделей для *computing education*. Показовим у цьому контексті є систематичний огляд А. К. Peters та співавт. [7], у якому узагальнено великий масив праць із *sustainability in computing education* та запропоновано рамку, що охоплює навчальні результати, змістові напрями і педагогічні методи. Це дає підстави стверджувати, що екологічний аспект у підготовці ІТ-фахівців поступово оформлюється як окремих напрям досліджень у межах сучасної ІТ-освіти, проте ще не набув повної концептуальної і методичної усталеності. У цьому сенсі новіші праці логічно розвивають раніші компетентнісні підходи до освіти для сталого розвитку [3; 10].

Окремий блок сучасних досліджень зосереджений на включенні *green software* та *green computing* до змісту професійної підготовки. Так, J. Saraiva, Z. Zong і R. Pereira [8] наголошують на недостатній представленості зеленого програмування в комп'ютерних навчальних програмах і водночас фіксують запит дослідників та викладачів на цілеспрямоване включення цієї тематики до *curriculum*. Подібну логіку підтримують R. Haldal та співавт. [5], які з індустріальної перспективи показують зростання потреби у *sustainability competencies and skills in software engineering*. У ширшому контексті T. da Costa та співавт. [4] доводять наявність розриву між результатами університетської підготовки та запитом ринку на *green skills*. Це особливо важливо для обґрунтування екологічної ком-

петентності майбутніх ІТ-фахівців як складника їхньої професійної компетентності, а не факультативного доповнення до технічної освіти.

У дослідженні J. Swacha та співавт. [9] показано потенціал ігрового навчального інструменту для інтеграції тематик сталого розвитку в *computer science education*. В. Jarađat [6] розглядає можливості використання *sustainability cases* у *higher computing education*, акцентуючи значення контекстного та проблемно орієнтованого навчання. У праці С. Bordin та співавт. [2] запропоновано *framework* інтеграції *sustainability* у *computer science education* через модифікацію курсів, проєктне навчання, мікромодулі та гостьові лекції. Додатково досвід інтеграції *sustainability* у практичний *undergraduate software engineering course* засвідчує, що найбільш результативними є саме діяльнісні та практично орієнтовані формати, у яких екологічний вимір поєднується з реальними інженерними завданнями [1].

Разом із тим аналіз новітніх публікацій дає підстави констатувати, що навіть за наявності суттєвих напрацювань проблема педагогічних умов формування екологічної компетентності майбутніх ІТ-фахівців залишається недостатньо розробленою. У більшості праць увага зосереджується або на окремих курсах і локальних освітніх інтервенціях, або на переліку необхідних компетентностей і навичок, тоді як питання їх системної інтеграції в професійну підготовку, поєднання змісту, методів навчання, оцінювання та освітнього середовища розкрито фрагментарно. Недостатньо визначеними залишаються також критерії оцінювання сформованості екологічної компетентності та педагогічні механізми переходу від підвищення екологічної обізнаності студентів до стійкої зміни їхньої професійної поведінки. Саме ці невирішені аспекти зумовлюють потребу подальшого теоретичного обґрунтування педагогічних умов формування екологічної компетентності майбутніх ІТ-фахівців у контексті сталого розвитку.

Мета статті – теоретично обґрунтувати педагогічні умови формування екологічної компетентності майбутніх ІТ-фахівців у контексті сталого розвитку.

Постановка завдання. Основними завданнями даної статті є:

- з'ясування сутності екологічної компетентності майбутніх ІТ-фахівців;
- визначення місця екологічної компетентності майбутніх ІТ-фахівців у структурі професійної підготовки;

– характеристика методів навчання та інструментів оцінювання, доцільних для формування екологічної компетентності майбутніх ІТ-фахівців;

– виокремлення й обґрунтування педагогічних умов інтеграції екологічного аспекту сталого розвитку в освітній процес закладів вищої освіти.

Методи дослідження. Для досягнення мети статті використано комплекс теоретичних методів дослідження: аналіз, порівняння, систематизацію та узагальнення наукових джерел з проблеми формування екологічної компетентності майбутніх ІТ-фахівців у контексті сталого розвитку. Метод теоретичного аналізу дав змогу з'ясувати сутність екологічної компетентності та визначити її місце у структурі професійної підготовки, порівняння – виявити підходи до інтеграції екологічного виміру в ІТ-освіту, систематизація – упорядкувати методи навчання та інструменти оцінювання, а узагальнення – обґрунтувати педагогічні умови її формування в освітньому процесі закладів вищої освіти.

Виклад основного матеріалу. У контексті цього дослідження **екологічну компетентність майбутнього ІТ-фахівця** розуміємо як складову його професійної компетентності, що поєднує знання про екологічний вплив цифрових технологій, уміння застосовувати зелене програмування, енергоефективну оптимізацію, LCA-методології та принципи циркулярного дизайну, а також ціннісну орієнтацію на відповідальне проектування і використання цифрових рішень у контексті сталого розвитку.

На відміну від загальної екологічної обізнаності, екологічна компетентність має виразну професійну специфіку, оскільки безпосередньо пов'язана з оцінюванням вуглецевого сліду програмних систем, екологічним аудитом цифрових продуктів, вибором енергоефективних рішень і врахуванням довгострокових наслідків функціонування цифрової інфраструктури для довкілля. У її структурі доцільно виокремлювати когнітивний, діяльнісний, ціннісно-мотиваційний і рефлексивний компоненти, взаємозв'язок яких представлено на рис. 1. Сукупність зазначених компонентів забезпечує здатність майбутнього ІТ-фахівця не лише усвідомлювати екологічні ризики цифрового середовища, а й приймати професійні рішення, спрямовані на їх мінімізацію. Таке розуміння екологічної компетентності створює підґрунтя для подальшого обґрунтування методів її формування,

інструментів оцінювання та педагогічних умов інтеграції екологічного аспекту сталого розвитку в освітній процес закладів вищої освіти.

Когнітивний компонент охоплює знання майбутніх ІТ-фахівців про екологічний вплив цифрових технологій, принципи сталого розвитку, засади зеленого програмування, енергоефективної оптимізації, LCA-методологій і циркулярного дизайну. *Діяльнісний компонент* виявляється в умінні застосовувати ці знання під час проектування, розроблення й оцінювання цифрових рішень, зокрема в процесі екологічного аудиту програмних продуктів і вибору енергоефективних підходів. *Ціннісно-мотиваційний компонент* відображає орієнтацію майбутнього ІТ-фахівця на відповідальне ставлення до довкілля, усвідомлення екологічних наслідків професійної діяльності та готовність упроваджувати екологічно доцільні рішення. *Рефлексивний компонент* пов'язаний зі здатністю аналізувати власні професійні дії, оцінювати екологічні наслідки прийнятих рішень і коригувати їх відповідно до принципів сталого розвитку.

Визначення місця екологічної компетентності майбутніх ІТ-фахівців у структурі професійної підготовки передбачає розгляд її не як ізольованого додатка до фахової освіти, а як інтегрованої складової професійної компетентності, що пронизує зміст, методи, форми і результати навчання. У такому розумінні екологічна компетентність поєднує технічну підготовку майбутнього ІТ-фахівця з його здатністю оцінювати екологічні наслідки цифрових рішень, застосовувати принципи енергоефективності, ресурсозбереження та відповідального проектування. Її місце у структурі професійної підготовки визначається тим, що вона забезпечує екологічну спрямованість фахових знань, практичних умінь, проєктної діяльності та професійних цінностей, перетворюючи підготовку ІТ-спеціаліста на таку, що відповідає вимогам сталого розвитку.

У такому розумінні формування екологічної компетентності майбутніх ІТ-фахівців потребує не епізодичного звернення до проблематики сталого розвитку, а цілеспрямованої інтеграції екологічного виміру в освітній процес. Йдеться про таку організацію професійної підготовки, за якої екологічні критерії враховуються під час аналізу, проектування, розроблення, тестування та оцінювання цифрових рішень. Це, своєю чергою, зумовлює необхідність добору таких методів навчання, які забезпечують перехід від засвоєння окремих знань про екологічний вплив цифрових

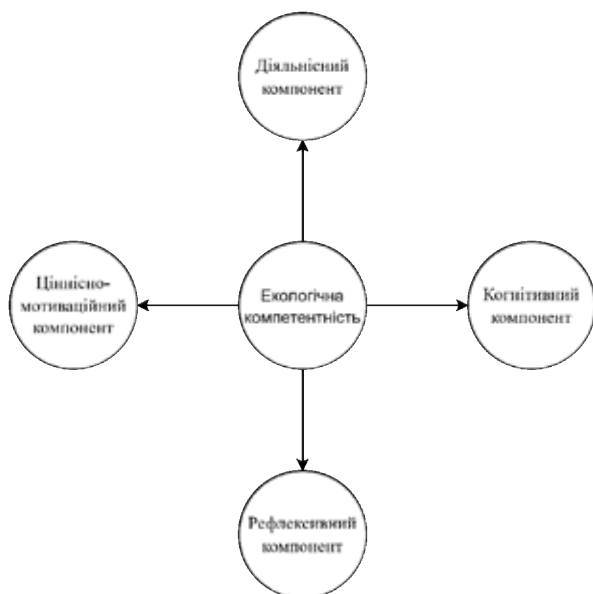


Рис. 1. Компоненти екологічної компетентності майбутнього ІТ-фахівця

технологій до здатності застосовувати їх у професійно наближених ситуаціях, приймати обґрунтовані рішення та оцінювати їх можливі наслідки в контексті сталого розвитку [7; 8].

З огляду на професійно-діяльнісний характер екологічної компетентності, найбільш доцільними для її формування є проблемно-орієнтоване, проєктне та кейс-орієнтоване навчання. *Проблемно-орієнтовані* завдання дають змогу поставити студента в ситуацію вибору між різними технічними рішеннями з урахуванням їх енергоефективності, ресурсомісткості та довгострокових екологічних наслідків. *Проєктне навчання* забезпечує поєднання теоретичних знань із практикою розроблення цифрових продуктів, у межах яких екологічні критерії інтегруються в етапи аналізу, проєктування та оцінювання результату. *Кейс-метод*, своєю чергою, сприяє осмисленню реальних або наближених до професійної практики ситуацій, пов'язаних із зеленим програмуванням, екологічним аудитор програмних систем, вибором архітектурних рішень і пошуком балансу між технічною ефективністю та вимогами сталого розвитку. Саме діяльнісні та практико-орієнтовані формати навчання створюють найбільш сприятливі умови для переходу від екологічної обізнаності до здатності застосовувати відповідні підходи в майбутній професійній діяльності [1; 2; 6; 9].

Показовим прикладом реалізації таких методів є вивчення дисципліни *UI/UX Design in English* у закладах вищої освіти Укра-

їни. У межах цієї дисципліни проблемно-орієнтовані, проєктні та кейс-орієнтовані завдання можуть бути спрямовані на аналіз інтерфейсних рішень не лише з позицій usability та accessibility, а й з погляду відповідального цифрового проєктування, зокрема мінімізації надлишкових сценаріїв взаємодії, оптимізації візуальних елементів, обґрунтованого використання медіаконтенту та зниження ресурсомісткості цифрового продукту. Викладання дисципліни англійською мовою додатково розширює можливості студентів для опрацювання міжнародного професійного дискурсу, сучасних кейсів, рекомендацій і термінології, пов'язаних із sustainable design, green software та inclusive design, а відтак сприяє поєднанню фахової, комунікативної та екологічно орієнтованої підготовки майбутніх ІТ-фахівців.

Важливим складником формування екологічної компетентності майбутніх ІТ-фахівців є добір таких інструментів оцінювання, які дають змогу виявити не лише рівень засвоєння теоретичних знань, а й здатність застосовувати їх у професійно наближених ситуаціях. З цією метою доцільно використовувати комплексне оцінювання, що поєднує аналіз проєктних робіт, кейс-завдань, практичних вправ, портфоліо та рефлексивних завдань. Такий підхід дає змогу оцінити, наскільки студент уміє враховувати екологічні критерії під час вибору цифрових рішень, обґрунтовувати їх з позицій енергоефективності та відповідального проєктування, а також усвідомлювати можливі наслідки професійної діяльності для довкілля. Отже, інструменти оцінювання мають бути спрямовані не лише на перевірку знань, а й на виявлення діяльнісного, ціннісного та рефлексивного аспектів екологічної компетентності [2; 5; 7].

Ефективність формування екологічної компетентності майбутніх ІТ-фахівців забезпечується сукупністю педагогічних умов, серед яких провідними є системне включення екологічного аспекту сталого розвитку до змісту фахових дисциплін, використання діяльнісних і практико-орієнтованих методів навчання, а також застосування комплексного оцінювання, що охоплює знанневий, діяльнісний і рефлексивний аспекти підготовки. Не менш важливим є створення такого освітнього середовища, у якому екологічні критерії розглядаються як значущі під час аналізу, проєктування та оцінювання цифрових рішень. Саме за таких умов екологічна компетентність формується не як додатковий елемент професійної підготовки, а як її внутрішня складова, безпосередньо пов'язана

з готовністю майбутнього IT-фахівця діяти відповідально в контексті сталого розвитку.

Висновки і перспективи подальших розвідок. Екологічну компетентність майбутніх IT-фахівців доцільно розглядати як складову їхньої професійної компетентності в умовах сталого розвитку. Її формування пов'язане не лише із засвоєнням знань про екологічний вплив цифрових технологій, а й із розвитком умінь застосовувати принципи енергоефективності, ресурсозбереження та відповідального проєктування у професійній діяльності. Установлено, що ефективність цього процесу підвищується

за умови використання проблемно-орієнтованого, проєктного та кейс-орієнтованого навчання, а також комплексного оцінювання результатів навчання. Визначено, що результативність формування екологічної компетентності забезпечується системним включенням екологічного аспекту сталого розвитку до змісту фахової підготовки та створенням відповідних педагогічних умов. Перспективи подальших розвідок убачаємо в розробленні критеріїв, показників і діагностичного інструментарію оцінювання сформованості екологічної компетентності майбутніх IT-фахівців.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Bambazek P., Groher I., Seyff N. From Awareness to Impact: Experiences from Integrating Sustainability into Software Engineering Education // Proceedings of the 2025 Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education, ITiCSE 2025, Nijmegen, Netherlands, June 30 – July 2, 2025. 2025. Vol. 1. P. 396–402. DOI: 10.1145/3724363.3729079.
2. Bordin C., Tran V. N. N., Pedersen E. Developing a framework to integrate sustainability into computer science education through an ethnographic study. Discover Applied Sciences. 2026. DOI: 10.1007/s42452-026-08246-4.
3. Cebrián G., Junyent M. Competencies in education for sustainable development: Exploring the student teachers' views. *Sustainability*. 2015. Vol. 7, no. 3. P. 2768–2786. DOI: 10.3390/su7032768.
4. da Costa T., Aranda Lopez L. I., Perussello C., Quinn F., Crowley Q. G., McMahon H., Holden N. M. Addressing the Demand for Green Skills: Bridging the Gap Between University Outcomes and Industry Requirements. *Sustainability*. 2025. Vol. 17, no. 6. Art. 2732. DOI: 10.3390/su17062732.
5. Heldal R., Nguyen N.-T., Moreira A., Lago P., Duboc L., Betz S., Coroamă V. C., Penzenstadler B., Porras J., Capilla R., Brooks I., Oyedeji S., Venters C. C. Sustainability competencies and skills in software engineering: An industry perspective. *Journal of Systems and Software*. 2024. DOI: 10.1016/j.jss.2024.111978.
6. Jaradat B. A. Integrating Sustainability Cases in Higher Computing Education. Proceedings of the 2024 on Innovation and Technology in Computer Science Education V. 2, ITiCSE 2024, Milan, Italy. New York : Association for Computing Machinery, 2024. P. 836–837. DOI: 10.1145/3649405.3659475.
7. Peters A.-K., Capilla R., Coroamă V. C., Heldal R., Lago P., Leifler O., Moreira A., Fernandes J. P., Penzenstadler B., Porras J., Venters C. C. Sustainability in Computing Education: A Systematic Literature Review. *ACM Transactions on Computing Education*. 2024. Vol. 24, no. 1. Art. 13. P. 1–53. DOI: 10.1145/3639060.
8. Saraiva J., Zong Z., Pereira R. Bringing Green Software to Computer Science Curriculum: Perspectives from Researchers and Educators. Proceedings of the 26th ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education V. 1, ITiCSE '21. Virtual Event, Germany : Association for Computing Machinery, 2021. P. 498–504. DOI: 10.1145/3430665.3456386.
9. Swacha J., Maskeliūnas R., Damaševičius R., Kulikajevas A., Blažauskas T., Muszyńska K., Miluniec A., Kowalska M. Introducing Sustainable Development Topics into Computer Science Education: Design and Evaluation of the Eco JSity Game. *Sustainability*. 2021. Vol. 13, no. 8. Art. 4244. DOI: 10.3390/su13084244.
10. Wiek A., Withycombe L., Redman C. L. Key competencies in sustainability: A reference framework for academic program development. *Sustainability Science*. 2011. Vol. 6, no. 2. P. 203–218. DOI: 10.1007/s11625-011-0132-6.

Дата першого надходження статті до видання: 31.03.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 15.04.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 27.05.2026