

УДК 331.101.26:005.336.2:620.9

DOI: <https://doi.org/10.32782/СМІ/2026-19-30>**Стоянець Н.В.**

головний науковий співробітник лабораторії
«Дослідження людського капіталу»,
доктор економічних наук, професор,
професор кафедри менеджменту імені професора Л.І. Михайлової,
Сумський національний аграрний університет
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7526-6570>

Сохань І.В.

провідний науковий співробітник лабораторії
«Дослідження людського капіталу»,
доктор економічних наук, професор,
професор кафедри менеджменту імені професора Л.І. Михайлової,
Сумський національний аграрний університет
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8038-8484>

Орехова А.І.

провідний науковий співробітник лабораторії
«Дослідження людського капіталу»,
доктор економічних наук, професор,
професор кафедри менеджменту імені професора Л.І. Михайлової,
Сумський національний аграрний університет
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1016-3287>

Ткаченко В.В.

старший науковий співробітник лабораторії
«Дослідження людського капіталу»,
кандидат економічних наук, доцент,
доцент кафедри менеджменту імені професора Л.І. Михайлової,
Сумський національний аграрний університет
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2924-4012>

УПРАВЛІННЯ ЛЮДСЬКИМ КАПІТАЛОМ У СИСТЕМІ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПЕРЕХОДУ: КОНЦЕПТУАЛЬНЕ КЛАСТЕРУВАННЯ ТА ОГЛЯД НАУКОВИХ ЛАКУН¹

У статті досліджено засади управління людським капіталом у контексті глобального енергетичного переходу та декарбонізації. Обґрунтовано вирішальну роль підготовлених кадрів у впровадженні «зелених» інновацій. Проведено бібліометричний аналіз і концептуальну кластеризацію наукового доробку, що дало змогу виокремити п'ять тематичних блоків: освітньо-адаптивний, макроекономічний, управлінсько-інноваційний, соціально-прикладний та інституційно-регуляторний. Наукова новизна полягає у систематизації наукового дискурсу через побудову концептуальної карти, де людський капітал визначено каталізатором енергетичного переходу, а також у виявленні наукових лакун щодо порогових ефектів, часових лагів освітнього ринку та дефіциту мікроекономічних моделей на рівні підприємств. Практичні висновки слугують підґрунтям для розроблення адаптивних HR-стратегій в енергетичному та суміжних секторах.

Ключові слова: менеджмент, людський капітал, Green HRM, енергетичний перехід, подвійний перехід, енергетичний сектор, енергоефективність, екологічний менеджмент, сталий розвиток.

**Stoyanets Nataliya, Sokhan Inna,
Oriekhova Alvina, Tkachenko Viktoriia**
Sumy National Agrarian University

HUMAN CAPITAL MANAGEMENT IN THE ENERGY TRANSITION SYSTEM: CONCEPTUAL CLUSTERING AND REVIEW OF RESEARCH GAPS

The article investigates the theoretical, methodological, and practical foundations of human capital management in the context of the global energy transition and economic decarbonization. It is substantiated that the success of climate transformation is determined not only by technological and financial factors, but also by the availability of high-quality human capital capable of driving structural shifts and implementing green innovations. The aim of the article is to perform a bibliometric analysis

¹ Дослідження виконано в рамках проекту МОН «Адаптивне управління людським капіталом у секторі відновлюваної енергетики: синергія інновацій та соціальної стійкості» номер державної реєстрації 0126U000453

and conceptual clustering of scientific literature in the field of human capital management under the energy transition to overcome existing conceptual fragmentation, identify key thematic dominants, and reveal structural research gaps. Research methodology is based on bibliometric analysis and conceptual clustering of relevant scientific publications, which enabled the systematization of the terminological network and the establishment of interdisciplinary linkages. Based on the cluster analysis results, five interconnected thematic blocks were identified and characterized: 1) educational and adaptive (transformation of educational paradigms, development of socio-technological competencies, and digital tools); 2) macro-econometric (assessment of the impact of human capital, environmental taxes, and renewable energy on carbon footprint reduction); 3) managerial and innovative (synergy of digitalization, innovation, and intellectual capital within the Twin Transition framework); 4) social and applied (labor market transformation, green jobs development, and adaptive workforce reskilling to meet Industry 5.0 requirements); 5) institutional and regulatory (the impact of governance quality and green finance on the efficiency of workforce transformation). Scientific novelty lies in the comprehensive systematization of the scientific discourse through the construction of a multi-level concept map, where human capital is positioned as a catalytic integrating element of the energy transition. Furthermore, key research gaps are identified, including the lack of threshold effect evaluations, chronological time lags between educational supply and market demand, and a deficit of micro-level Agile HCM models at the enterprise level. The formulated conclusions and prospective research directions serve as a basis for developing adaptive human resource management strategies for enterprises in the energy and related economic sectors.

Keywords: management, human capital, Green HRM, energy transition, twin transition, energy sector, energy efficiency, environmental management, sustainable development.

Постановка проблеми. Сучасні екологічні виклики, насамперед глобальна зміна клімату, визначають необхідність докорінної перебудови енергетичного сектору, на який припадає понад 75% світових викидів парникових газів. Усвідомлення цієї тенденції зробило Паризьку угоду міжнародним орієнтиром декарбонізації, а Міжурядова група експертів з питань зміни клімату підтверджує, що глибоке скорочення викидів в енергосистемах є критично необхідним для досягнення кліматичної нейтральності. Водночас ця трансформація має багатовимірний характер: вона залежить не лише від політичної волі, технологічних інновацій чи фінансових ресурсів, а й значною мірою від наявності кваліфікованого людського капіталу, здатного реалізовувати структурні зміни в промисловості та впроваджувати «зелені» інновації.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Фундаментальні засади стратегічного управління людським капіталом та його роль у створенні конкурентних переваг організацій закладено у працях С. Ray et al. [12]. Розвиваючи цю тематику, здійснили системний огляд десятирічного доробку у сфері ресурсів людського капіталу, узагальнивши механізми трансформації індивідуальних знань і навичок у агрегований організаційний потенціал. Зі свого боку обґрунтували критичну роль практик стратегічного управління людськими ресурсами та прихильності працівників у забезпеченні розбудови людського капіталу І. Petrova, L. Taghikilani, D. Mavandani акцентували увагу на розвитку людського капіталу як ключового інструменту ширшої культурної та ціннісної трансформації систем [11].

Взаємозв'язок між людським капіталом, споживанням відновлюваної енергетики та екологічною стійкістю на макrorівні детально вивчався на прикладі Китаю підтвердили гіпотезу екологічної кривої Кузнеця з урахуванням факторів глобалізації та торгівлі [7]. Оцінюючи ширший контекст країн, що розвиваються, F. Wang & M.T. Debel, а також D. Avom, M.C. Mbida Obe довели, що ефективність впровадження чистої енергетики та «зеленого» фінансування безпосередньо лімітується якістю накопиченого людського капіталу [3, 20]. Понад те, O.O. Aderoju et al., за допомогою бібліометричного ревію встановили прямий вплив людського капіталу на рівень проникнення відновлюваних джерел енергії, а S. I. Khattak зауважив,

що цей процес вимагає формування принципово нової візії освіти [1, 9].

Питанням трансформації ринку праці та визначенню сутності «зелених» професій присвячено праці M.-R. Stanef-Puică et al., та A. Apostel, які систематизували підходи до ідентифікації та вимірювання зелених компетенцій [2, 17]. У контексті ширших системних трансформацій Е. Rollnik-Sadowska та М. Kozera-Kowalska визначили особливості функціонування ринку праці та формування специфічного людського капіталу для зеленої економіки [10, 13]. Водночас Т. Weishaupt, G. Quiceno-Soto провели систематичне картування стимулів і бар'єрів розвитку навичок під час енергетичного переходу, виявивши суттєві структурні розриви між потребами галузей і пропозицією освітніх програм [21].

Останні дослідження все частіше розглядають синхронізацію цифровізації та екологізації подвійного переходу. Так, А. Santoalha et al. встановили, що цифрові навички є каталізатором «зеленої» диверсифікації регіональних економік Європи [15]. Праці S. Ullah et al., та А. Javed et al., підтвердили синергетичний ефект цифрових спроможностей і розвитку людського капіталу у прискоренні декарбонізації та адаптації відновлюваної енергетики [6, 19]. Крім того, А. Karakozhayeva дослідила специфіку формування інноваційних компетенцій людського капіталу в контексті Індустрії 4.0, підкресливши важливість концептуальної готовності кадрів до технологічних зрушень [8].

Попри значну кількість публікацій, більшість наявних праць або зосереджується на суто макро-економічних кореляціях, або розглядає зелені навички у вузькогалузевому розрізі. Комплексне концептуальне картування, яке б інтегрувало стратегічне управління людським капіталом із динамікою енергетичного переходу та чітко систематизувало наявні наукові лакуни, досі залишається недостатньо опрацьованим.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Незважаючи на визнання ключової ролі управління людським капіталом у забезпеченні сталого розвитку, ключова наукова проблема полягає в тому, що сучасний науковий дискурс щодо людського капіталу в системі енергетичного переходу залишається концептуально фрагментованим і структурно відірваним від мейнстриму енергетичної політики. У наявній літературі людський капітал переважно досліджується через

ізолювані макроекономічні параметри або реактивні оцінки дефіциту навичок, що створює хронологічний та тематичний розрив між впровадженням нових технологій і адаптацією робочої сили.

Метою статті є проведення бібліометричного аналізу та концептуальної кластеризації наукового доробку у сфері управління людським капіталом в умовах енергетичного переходу для ідентифікації ключових тематичних кластерів та структурних наукових лакун.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для усунення існуючої концептуальної фрагментації та систематизації наукового дискурсу у сфері управління людським капіталом в умовах декарбонізації було проведено бібліометричний аналіз та кластеризації масиву публікацій. Це дозволило структурувати досліджувану проблематику, виявити ключові тематичні домінанти та простежити міждисциплінарні зв'язки між розвитком кадрового потенціалу, інноваційними технологіями та енергетичною політикою.

За наслідками кластерного аналізу термінологічної мережі було виокремлено п'ять самостійних, але взаємопов'язаних тематичних блоків. Кожен із них відображає специфічний рівень та напрям наукових пошуків – від базової освітньої підготовки фахівців до макроекономічного моделювання та інституційного регулювання (рис. 1).

Перший кластер висвітлює фундаментальні засади трансформації енергетичного сектору – від освоєння конкретних джерел енергії до підготовки фахівців.

У межах цього напрямку автори аналізують системи відновлюваної енергетики, оптимізацію політики енергоспоживання та декарбонізацію. Ключовим елементом постає розвиток кадрового потенціалу, оскільки функціонування високотехнологічних систем вимагає відповідних компетенцій. Khattak обґрунтовує необхідність кардинальної зміни освітніх парадигм, пропонує міждисциплінарну модель, яка синхронізує технічні, соціоекономічні та екологічні аспекти навчання. Такий підхід сприяє інтеграції відновлюваних технологій на всіх рівнях освіти та формує екологічно свідомі й стійкі громади, здатні ефективно реагувати на виклики енергетичного переходу [9].

Для сектору професійно-технічної освіти цей процес деталізують *Azar et al.*, наголошуючи на критичній потребі впровадження штучного інтелекту та цифрових інструментів у навчальні програми [4]. Така інтеграція не лише спрощує підготовку кадрів для «розумного» виробництва, а й долає розрив між стрімким технологічним прогресом і екологічною відповідальністю. На основі бібліометричного аналізу *Torres-Rivera et al.* пропонують концептуальну модель проектування магістерських програм, спрямованих на підготовку «соціотехнологічних дослідників». Автори акцентують, що освіта у цій сфері має виходити за межі суто технічних дисциплін, охоплюючи аналітичні та соціокультурно-політичні компетенції [18].

Другий кластер має виражену економетричну спрямованість і розглядає людський капітал як чинник



Рис. 1. Загальні характеристики основних тематичних дослідницьких кластерів

Джебела: пропозиція авторів

економічного зростання, фінансового розвитку та динаміки викидів вуглецю. Тут людський капітал оцінюється переважно через макроекономічні індикатори, такі як інвестиції, екологічні податки та обсяги викидів. Дослідження даних щодо країн G7, проведене *Hao et al.*, свідчить, що розвиток людського капіталу в поєднанні з використанням відновлюваної енергії та екологічним оподаткуванням відіграє вагомий роль у скороченні викидів вуглекислого газу. Результати показують, що цей вплив варіюється залежно від етапу економічного розвитку. На прикладі Китаю також доводять, що якісне зміцнення людського капіталу здатне зменшити екологічний слід у довгостроковій перспективі навіть за умов обмежених поточних обсягів чистої енергії [14].

Крім того, на прикладі *Efionii Wang та Debel (2025)* демонструють, що перехід до відновлюваної енергетики є вирішальним для забезпечення стійкості промисловості та інфраструктури. Науковці виявили істотний довгостроковий зв'язок між доданою вартістю в промисловості, споживанням відновлюваної енергії та економічним зростанням. Водночас зазначається, що зростання частки відновлюваних джерел може супроводжуватися збільшенням викидів, що вимагає одночасного впровадження заходів з енергоефективності та узгодження ініціатив у сфері чистої енергетики з розвитком робочої сили [20].

Третій кластер охоплює управлінсько-інноваційний рівень, де перетинаються цифровізація, екологічні інновації та управління інтелектуальним капіталом. Структуризація термінів вказує на посилення інтеграції цифрових технологій у систему управління людськими ресурсами в контексті сталого розвитку. *Javed et al. (2026)* стверджують, що поступ у досягненні цілей сталого розвитку та зниженні викидів вуглецю залежить від синергетичного підходу. Дослідження показує, що цифрова трансформація дає потужніший екологічний ефект за умови її підтримки освіченими кадрами з високим рівнем знань і навичок [6]. Подібну закономірність фіксують *Hao L.-N., Umar et al.* стримувальний вплив «зелених» технологій на викиди вуглецю стає статистично значущим лише тоді, коли людський капітал досягає певного порогового значення [14].

Цифровізація розглядається як опосередковувальний канал у праці *Ullah et al.*, підсилюючи вплив людського капіталу на процес переходу до чистої енергетики в країнах G20. Об'єднання цифрових та екологічних стратегій підтверджує формування єдиної концепції «подвійного переходу», де знання та цифрові навички відіграють вирішальну роль у ефективному використанні відновлюваних джерел енергії [19].

Четвертий кластер акцентує увагу на практичній реалізації енергетичного переходу через створення «зелених» робочих місць, розвиток компетенцій та аналіз соціальних наслідків для ринку праці. *Briggs et al.*, підкреслюють, що із прискоренням глобального переходу до відновлюваної енергетики регіональні ринки праці можуть стикатися з деструктивними циклами «підйому-падіння», дефіцитом кадрів, демографічним старінням та жорсткою конкуренцією. Для забезпечення гнучкості між традиційним та «зеленим» секторами пропонується розглядати ринок праці як взаємопов'язану екосистему [5].

На необхідності цілеспрямованого перепідготовки персоналу, а не простого створення нових робочих місць під час зеленої трансформації, наголошують *Jomaa, Sharma et al.*, та *Kozera-Kowalska*, тобто впровадження нових підходів (Індустрія 5.0) вимагає відходу від статичних метрик зайнятості на користь адаптивних систем навичок [7, 10, 16].

П'ятий кластер охоплює реструктуризацію інституційних та промислових моделей, реалізацію індустріальної політики, а також вплив регуляторних інструментів на збереження енергії й екосистем. *Avom та Mbida Obe* аналізують вплив «зеленого» фінансування на енергетичний перехід у 63 країнах, що розвиваються, за період з 2000 по 2022 рік. Отримані результати свідчать, що цей ефект опосередковується екологічними технологіями, людським капіталом та збереженням екосистем. Автори також доводять, що успішність переходу суттєво залежить від якості державного управління, включно з протидією корупції, якістю регулювання та дотриманням верховенства права [3].

У сукупності результати картування та кластеризації демонструють, що науковий ландшафт управління людським капіталом у контексті енергетичного переходу не розвивається ізольовано. Натомість він формує структуровану багаторівневу систему, у якій кожен кластер відповідає за окремий функціональний шар ширшого механізму.

Висновки. За результатами проведеного концептуального картування та кластеризації наукового доробку у сфері управління людським капіталом в умовах енергетичного переходу дозволили подолати існуючу фрагментаційність та систематизувати досліджувану проблематику за п'ятьма ключовими вимірами як освітньо-адаптивним трансформація освітніх парадигм та формування соці технологічних компетенцій; макроекономічним вплив якісних характеристик людського капіталу на скорочення вуглецевого сліду та екологічний розвиток; управлінсько-інноваційним (синергія цифрових технологій, зелених інновацій та інтелектуального капіталу; соціально-прикладним (трансформація ринку праці, створення «зелених» робочих місць та системне перепідготовка персоналу) та інституційно-регуляторним (вплив якості державного управління та зеленого фінансування на ефективність кадрової трансформації).

Доведено, що людський капітал виступає не просто пасивним ресурсом чи ізольованим фактором виробництва, а єдиним інтеграційним та каталітичним елементом енергетичного переходу, який забезпечує реалізацію «зелених» інновацій на всіх рівнях управління.

Перспективи подальших досліджень свідчать, що здійснений огляд дозволив ідентифікувати низку вагомих наукових лакун, що визначають пріоритетні напрями подальших теоретичних та прикладних пошуків. Потребують додаткового математично-економічного моделювання конкретні критичні значення накопичення людського капіталу та цифрових навичок, за досягнення яких «зелені» інновації та інвестиції в енергетичний перехід починають давати статистично значущий декарбонізаційний ефект. Необхідним є розроблення динамічних моделей для вимірювання хронологічного розриву між виникненням нових технологічних потреб в енергетичному

секторі, появою відповідних освітніх стандартів і реальним виходом кваліфікованих фахівців на ринок праці. Більшість досліджень зосереджена на макроекономічному аналізі, тому існує гостра потреба у формуванні практичних прикладних моделей стратегічного менеджменту на рівні конкретних підприємств (зокрема енергетичного та аграрного секторів),

спрямованих на реоцінку кваліфікаційних профілів, створення систем безперервної перепідготовки та запровадження концепцій Індустрії 5.0. Актуальним напрямом є вивчення специфіки взаємодії цифровізації та екологізації в умовах обмежених фінансових ресурсів, інституційної нестабільності та підвищених соціально-економічних ризиків.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Adepoju, O. O., David, L. O., & Nwulu, N. I. (2022). Analysing the Impact of Human Capital on Renewable Energy Penetration: A Bibliometric Reviews. *Sustainability*, no. 14(14), 8852. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14148852>
2. Apostel, A., & Barslund, M. (2024). Measuring and characterising green jobs: A literature review. *Energy Research & Social Science*, no. 111, 103477. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2024.103477>
3. Avom, D., & Mbida Obe, M. C. (2026). How does green finance accelerate the shift to energy revolution in developing countries? *Journal of Environmental Management*, 129510. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2026.129510>
4. Azar, A. S., Gupta, S. K., Taherdoost, H., & Alhamaty, F. (2025). Integrating AI and sustainability in technical and vocational education and training (TVET). *IGI Global*. DOI: <https://doi.org/10.4018/979-8-3373-1142-5>
5. Briggs, C., Atherton, A., Gill, J., Langdon, R., Rutovitz, J., & Nagrath, K. (2022). Building a “fair and fast” energy transition? Renewable energy employment, skill shortages and social licence in regional areas. *Renewable and Sustainable Energy Transition*, no. 2, 100039. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rset.2022.100039>
6. Javed, A., Ashraf, J., & Yong, L. (2026). Synergistic effects of digital capability and human capital development on the twin green and digital transition: Evidence from carbon emissions and renewable energy adoption. *Journal of Environmental Management*, 128313. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.128313>
7. Jomaa, H. (2026). Labor market and ecological implications of the shift from fossil fuels to renewable energy: A systematic literature review. *Ecocycles*, no. 12(1). DOI: <https://doi.org/10.19040/ecocycles.v12i1.609>
8. Karakozhayeva, A. (2026). Developing human capital through innovative competencies in the context of Industry 4.0: Insights from Kazakhstan. *Problems and Perspectives in Management*, no. 24(1), pp. 697–709. DOI: [https://doi.org/10.21511/ppm.24\(1\).2026.45](https://doi.org/10.21511/ppm.24(1).2026.45)
9. Khattak, S. I. (2025). Renewable energy through a new education vision. In *A green vision towards a renewable energy future: Volume I: Challenges and potentials*. Springer. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-93760-6_7
10. Kozera-Kowalska, M. (2024). Human capital for the green economy. *Economics and Environment*, 88(1). <https://doi.org/10.34659/eis.2024.88.1.674>
11. Petrova, I., & Taghikilani Damavandi, L. (2025). Human capital development as an instrument of cultural transformation. *Social and Labour Relations: Theory and Practice*, no. 15(2), pp. 32–40. [https://doi.org/10.21511/slrrp.15\(2\).2025.03](https://doi.org/10.21511/slrrp.15(2).2025.03)
12. Ray, C., Essman, S., Nyberg, A. J., Ployhart, R. E., & Hale, D. (2023). Human capital resources: Reviewing the first decade and establishing a foundation for future research. *Journal of Management*, 49(1), pp. 280–324. DOI: <https://doi.org/10.1177/01492063221085912>
13. Rollnik-Sadowska, E. (2024). Labour market in sustainability transitions: A systematic literature review. *Economics and Environment*, no. 87(4), pp. 1–31. DOI: <https://doi.org/10.34659/eis.2023.87.4.681>
14. Hao, L.-N., Umar, M., Khan, Z., & Ali, W. (2021). Green growth and low-carbon emission in G7 countries: How critical the network of environmental taxes, renewable energy and human capital is? *Science of the Total Environment*, no. 746, 141853. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141853>
15. Santoalha, A., Consoli, D., & Castellacci, F. (2021). Digital skills, relatedness and green diversification: A study of European regions. *Research Policy*, no. 50(9), 104340. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2021.104340>
16. Sharma, R., Nibedita, B., & Gupta, H. (2025). Innovating tomorrow: Industry 5.0's role in shaping the workforce and socio-economic development in the sustainable energy transition era. *Journal of Environmental Management*, 125170. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.125170>
17. Staneŭ-Puică, M.-R., Badea, L., Șerban-Oprescu, G.-L., Șerban-Oprescu, A.-T., Frâncu, L.-G., & Crețu, A. (2022). Green jobs – A literature review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, no. 19(13), 7998. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph19137998>
18. Torres-Rivera, A. D., Guevara-Valdez, J. A., & Cruz-Morales, V. (2025). Energy transition and sustainability education: Bibliometric insights for holistic graduate program design. *Energy Strategy Reviews*, no. 52, 101768. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.esr.2025.101768>
19. Ullah, S., Khan, A., & Wang, S. (2026). Twin transition: The role of human capital development and digitalization on clean energy transition. *Journal of Environmental Management*, 129684. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2026.129684>
20. Wang, F., & Debel, M. T. (2025). Investing in the relationship between industrial output, renewable energy, and sustainable economic development in Ethiopia: Does clean energy matter? *Energy Policy*, 114844. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2025.114844>
21. Weishaupt, T., & Quiceno-Soto, G. (2026). Skills development in sustainable energy transitions: A systematic map and critical review of the drivers and barriers. *Energy Research & Social Science*, no. 134, 104576. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2026.104576>

Дата надходження статті: 13.08.2026

Дата прийняття статті до публікації: 14.09.2026

Дата публікації статті: 02.10.2026