



TERTIARY EDUCATION ПЕДАГОГІКА ВИЩОЇ ШКОЛИ

UDC 37(082):502/504

DOI 10.35433/pedagogy.1(116).2024.3

DEVELOPMENT OF SYSTEMS THINKING OF STUDENTS TO ACHIEVE SUSTAINABLE DEVELOPMENT

H. B. Chaikovska*

The study explores the problem of developing systems thinking as a key competence of sustainable development. The need for the development of systems thinking of citizens in solving the global problems of the modern world is substantiated, and the relevance of systematic and complex approaches in the implementation of the goals of sustainable development is analyzed.

A scientific review of the main approaches to defining the concept of "systems thinking" was conducted. In the context of the research problem, systems thinking is defined as the ability to analyze and understand the complex interrelationships among various aspects of the problem (ecological, social, economic), and the ability to develop strategies to achieve sustainable development of society.

The role of university education in the development of systems thinking of higher education students is considered. The technologies and methods of development of systems thinking of future teachers are determined and characterized. The analyzed elements were the role of the case method, project activities, problem-based learning, graphic games, and discussions in the formation of future teachers' ability to understand the complexity and dynamics of natural, social and economic systems, to perceive and recognize each object as a system, to identify its composition, structure and organization; the ability to reveal patterns in the development of interconnected components and establish internal and external links of systems; skills to design new systems taking into account the interrelationships between elements and the general principles of the system approach.

It was established that the indicator of the effectiveness of the use of these technologies is the development of systems thinking as a personal quality of students of higher education, as well as the forming of future teachers' ability to use these methods for the development of systems thinking in students. Observation of the educational process showed that the use of the suggested methods in working with students helps in developing of systems thinking, improves communication, stimulates activeness, promotes conducting constructive dialogues, emotional and behavioral flexibility during discussion and solving diverse issues in the interests of sustainable development of society.

The conclusions of the article will contribute to the support of initiatives aimed at increasing the level of systems thinking among young people in order to ensure the sustainable development of nations and global citizenship.

* Candidate of Biological Sciences (PhD in Biology), Docent
(Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University)
chaicov78@tnpu.edu.ua
ORCID: 0000-0003-4614-3843

Keywords: sustainable development, sustainable development competences, education for sustainable development, methods of developing systems thinking, higher education students, future teachers.

РОЗВИТОК СИСТЕМНОГО МИСЛЕННЯ СТУДЕНТІВ ДЛЯ ДОСЯГНЕННЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Г. Б. Чайковська

У дослідженні розглянуто проблему розвитку системного мислення як ключової компетентності сталого розвитку. Обґрунтовано необхідність розвитку системного мислення громадян у вирішенні глобальних проблем сучасного світу, проаналізовано актуальність системного та комплексного підходів у реалізації цілей сталого розвитку.

Здійснено науковий огляд основних підходів до дефініції поняття "системне мислення". У контексті проблеми дослідження системне мислення визначено як здатність аналізувати та розуміти складні взаємозв'язки між різними аспектами проблеми (екологічними, соціальними, економічними), здатність розробляти стратегії для досягнення сталого розвитку суспільства.

Розглянуто роль університетської освіти у розвитку системного мислення здобувачів вищої освіти. Визначено та охарактеризовано технології та методи розвитку системного мислення студентів – майбутніх учителів. Проаналізовано роль кейс-методу, проектної діяльності, проблемного навчання, графічних ігор, дискусій у формуванні в майбутніх педагогів здатності розуміти складність та динаміку природних, соціальних та економічних систем, сприймати та розпізнавати кожний об'єкт як систему, ідентифікувати її склад, структуру та організацію елементів; вміння виявляти закономірності у розвитку взаємопов'язаних компонентів та встановлювати внутрішні та зовнішні зв'язки систем; навички проектувати нові системи з урахуванням взаємозв'язків між елементами та загальних принципів системного підходу.

Встановлено, що показником ефективності використання цих технологій є розвиток системного мислення як особистісної якості здобувачів вищої освіти, а також формування у майбутніх педагогів вміння використовувати ці методи для розвитку системного мислення в учнів. Спостереження за освітнім процесом показало, що використання запропонованих методів у роботі зі студентами сприяє розвитку системного мислення, покращує комунікацію, стимулює активність, сприяє веденню конструктивних діалогів, емоційній та поведінковій гнучкості під час обговорення та вирішення різних питань в інтересах сталого розвитку суспільства.

Висновки статті сприятимуть підтримці ініціатив, спрямованих на підвищення рівня системного мислення серед молоді з метою забезпечення сталого розвитку націй та глобального суспільства.

Ключові слова: системне мислення, компетентності сталого розвитку, освіта для сталого розвитку, методи розвитку системного мислення, здобувачі вищої освіти, майбутні вчителі.

Introduction of the issue. In the modern world, humanity faces several global challenges (socio-cultural conflicts, climate change, irrational use of natural resources, loss of biodiversity, poverty alleviation, food crisis, etc.), the solution of which requires new approaches and systems thinking. On this basis, education for sustainable development (hereinafter ESD) is a key tool in the shaping of a conscious and responsible citizen, capable of analyzing complex problems and making informed decisions in the interests of the

Постановка проблеми. У сучасному світі людство стикається з низкою глобальних викликів (соціокультурні конфлікти, зміна клімату, нераціональне використання природних ресурсів, втрата біорізноманіття, подолання бідності, продовольча проблема тощо) вирішення яких вимагає нових підходів та системного мислення. У цьому контексті освіта для сталого розвитку (далі ОСР) є ключовим інструментом у формуванні свідомого та відповідального громадянина, здатного аналізувати

sustainable development of society. The goal of ESD is the formation of sustainable development competencies (hereafter SDC) of every inhabitant of the planet, with a special emphasis on the development of systems thinking. One of the reasons for its development to achieve sustainable development of society is the need to solve perplexing problems and provide a common vision of ways to solve them. [9: 3] The concept of sustainable development, which determines the balance between the economic development of society, social and ecological aspects of human activity, is a strategic direction of the development of the world community.

Current state of the issue. In the scientific literature, we find a significant interest of scientists in the problem of the development of systems thinking. The authors have systematized and analyzed the current research in this field, and identified various approaches to defining the studied concept [19]. Scientists consider systems thinking as a key competence of sustainable development, which contributes to the formation of the ability to solve global problems of sustainable development [3; 5], and students to understand the complexity and dynamics of natural, social and economic systems [15].

Researchers define systems thinking as a set of synergistic analytical skills necessary to improve the ability to identify and understand complex systems, predict their behaviour and elaborate modifications to obtain desired effects, use these skills systematically and holistically [1: 670]. Systems thinking is interpreted as the ability to analyze, understand the complicated interrelationships between different aspects of a problem, and advance strategies to avoid unintended consequences directed at achieving sustainable development [8: 23].

Scientists distinguish the following criteria of systems thinking: identification of relationships and interactions, understanding of dynamic behaviour, differentiation of data types and variables, identification of feedback, use of conceptual models, creation of simulation models, and assessment of the

складні проблеми та приймати обґрунтовані рішення в інтересах сталого розвитку суспільства. Метою ОСР є формування компетентностей сталого розвитку (далі КСР) кожного жителя планети, з особливим акцентом на розвиток системного мислення. Одна з причин розвитку системного мислення для досягнення сталого розвитку суспільства полягає в необхідності вирішення складних проблем і забезпеченні спільного бачення шляхів їх розв'язання [9: 3]. Концепція сталого розвитку, яка визначає баланс між економічним розвитком суспільства, соціальними і екологічними аспектами людської діяльності, є стратегічним напрямком розвитку світової спільноти.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У науковій літературі знаходимо значний інтерес вчених до проблеми розвитку системного мислення. Автори систематизують та аналізують наявні дослідження у цій галузі, визначають різноманітні підходи до дефініції досліджуваного поняття [19]. Системне мислення науковці розглядають як ключову компетентність сталого розвитку, що сприяє формуванню здатності вирішувати глобальні проблеми сталого розвитку [3; 5], допомагає студентам зрозуміти складність та динаміку природних, соціальних та економічних систем [15].

Під системним мисленням вчені розуміють сукупність синергічних аналітичних навичок, необхідних для покращення здатності ідентифікувати та зрозуміти складні системи, прогнозувати їх поведінку та розробляти модифікації для отримання бажаних ефектів, використовувати ці навички системно та цілісно [1: 670]. Системне мислення трактується як здатність аналізувати, зрозуміти складні взаємозв'язки між різними аспектами проблеми та розробляти стратегії для уникнення непередбачених наслідків, спрямованих на досягнення сталого розвитку [8: 23].

Вчені виокремлюють такі критерії системного мислення: виявлення взаємозв'язків та взаємодій, розуміння динамічної поведінки, диференціація типів даних та змінних, виявлення

consequences of impacts [16].

According to scientists, systems thinking is the highest form of human cognition, when the processes of reflecting objective reality are based on a comprehensive understanding of the object under study, taking into account the research goals, as well as based on knowledge, experience, intuition and prediction that systems thinking is the most important factor of success in diverse spheres of practical activity [16].

At the same time, research shows that modern education does not sufficiently contribute to the development of the competence of systems thinking among students [13]. According to scholars, even highly educated people with strong experience in the field of science, technology, engineering and mathematics do not always understand the key elements of complex dynamic systems [11]. Scientists assume that the "inclusion" of systems thinking in the educational process will promote the formation of a holistic view of the problems of sustainable development [7: 43] and will influence the effectiveness of making considerable decisions in various spheres of life [18].

The development of systems thinking in future teachers is extremely important in terms of preparing future generations to solve the challenges of sustainable development. A modern teacher, as an agent of change, must possess a high level of systems thinking and develop it in students [17].

Aim of research. Taking into account the conducted review of literature and learning context in tertiary education in Ukraine, the purpose of the article is to study the role of systems thinking of the population in the implementation of the goals of sustainable development, to define and justify the methods and technologies for the development of systems thinking among future teachers.

Results and discussion. The development of systems thinking becomes important in the field of ESD, as it provides the ability to analyze and understand the complex interrelationships between different aspects of a problem, avoid unintended consequences, and develop

зворотного зв'язку, використання концептуальних моделей, створення імітаційних моделей, оцінювання наслідків впливів [16].

На думку науковців, системне мислення є вищою формою людського пізнання, коли процеси відображення об'єктивної дійсності ґрунтуються на цілісному розумінні досліджуваного об'єкта з урахуванням поставлених цілей дослідження, а також на основі знань, досвіду, інтуїції та передбачення, що системне мислення є найважливішим фактором успіху в різних сферах практичної діяльності [16].

Водночас, дослідження показують, що сучасна освіта недостатньо сприяє розвитку компетентності системного мислення у здобувачів освіти [13]. На думку вчених, навіть високоосвічені люди з потужним досвідом у галузі науки, техніки, інженерії та математики не завжди розуміють ключові елементи складних динамічних систем [11]. Науковці припускають, що "включення" системного мислення в освітній процес сприятиме формуванню цілісного уявлення про проблеми сталого розвитку [7: 43] та вплине на ефективність прийняття важливих рішень в різних сферах життєдіяльності [18].

Розвиток системного мислення у майбутніх педагогів є надзвичайно важливим у контексті підготовки майбутніх поколінь до розв'язання цілей сталого розвитку. Сучасний вчитель, як агент змін, має володіти високим рівнем системного мислення та розвивати його в учнів [17].

З огляду на сказане, **метою статті** є дослідження ролі системного мислення населення у реалізації цілей сталого розвитку, виявлення та обґрунтування методів та технологій розвитку системного мислення у майбутніх вчителів.

Виклад основного матеріалу. Розвиток системного мислення набуває важливого значення в сфері ОСР, оскільки забезпечує вміння аналізувати та розуміти складні взаємозв'язки між різними аспектами проблеми, уникати непередбачених наслідків та розробляти стратегії, спрямовані на досягнення

strategies aimed at achieving sustainable development. Systems thinking helps to comprehensively understand the complicated organization of the environment, the interaction of its elements, the relationships between structural components (and not only those that are integrated) [15: 195]. Systems thinking allows a person to holistically evaluate the variables of a complex and non-linear problem, model system scenarios, and determine medium- and long-term strategies [12].

Education for sustainable development in a pedagogical institution of higher education is extremely essential because it educates conscious teachers who are aware of the value of their role and strive for sustainable development. According to scientists, effective strategies for the development of systems thinking in teacher training are an interdisciplinary approach [2; 4] and practice-oriented training [9: 3; 10]. As for teaching methods that promote the development of systemic thinking, we highlight the case method, projects, discussions, simulations, graphic games, group work, etc. We will describe in detail the methods we use in training future teachers in a higher education institution.

We consider the *case method* to be an effective method of developing the system thinking of students of higher education. Creating cases allows students to analyze complex situations from real life, identify relationships and consequences of decisions made, develop the ability to see problems systematically and holistically.

We offer students cases in the form of lesson plan development. For example, a case study of occurrence related to local water pollution and their impact on the ecosystem and the health of local residents. Future teachers elaborate a lesson outline that will help students to understand the causes and consequences of pollution in a particular body of water and develop skills to prevent pollution in the future. Another example is developing a case study on climate change and its impact on the global ecosystem. Creating this case will be helpful for students to understand the reasons and effects of climate change, ways

сталого розвитку. Системне мислення допомагає всебічно розуміти складну організацію навколишнього середовища, взаємодію його елементів, взаємозв'язки між структурними компонентами (і не лише ті, що інтегруються) [15: 195]. Системне мислення дозволяє людині цілісно оцінити змінні складної та нелінійної проблеми, моделювати системні сценарії, а також визначати середньо- та довгострокові стратегії [12].

Освіта для сталого розвитку в педагогічному закладі вищої освіти є надзвичайно важливою, оскільки виховує свідомих вчителів, які усвідомлюють цінність своєї ролі та прагнуть до сталого розвитку. Ефективними стратегіями розвитку системного мислення при підготовці педагогів, на думку вчених, є міждисциплінарний підхід [2; 4] та практико-орієнтоване навчання [9: 3; 10]. Щодо методів навчання, які сприяють розвитку системного мислення, виокремлюємо кейс-метод, проекти, дискусії, моделювання, графічні ігри, групові роботи тощо. Детально опишемо методи, які ми використовуємо при підготовці майбутніх вчителів у закладі вищої освіти.

Ефективним методом розвитку системного мислення здобувачів вищої освіти вважаємо *кейс-метод*. Створення кейсів дозволяє студентам аналізувати складні ситуації з реального життя, виявляти взаємозв'язки та наслідки прийнятих рішень, розвивати вміння бачити проблеми цілісно та системно.

Пропонуємо здобувачам вищої педагогічної освіти кейси у формі розробки уроків. Наприклад, кейс про випадки, пов'язані з місцевим забрудненням води та їх вплив на екосистему та здоров'я місцевих жителів. Майбутні вчителі розробляють конспект уроку, який допоможе учням зрозуміти причини та наслідки забруднення конкретної водойми та розвинути навички запобігання забруднення в майбутньому. Ще одним прикладом є розробка кейсу щодо зміни клімату та його вплив на глобальну екосистему. Створення цього кейсу допоможе учням зрозуміти причини та наслідки зміни

to adapt to them. A case study on the social challenges of sustainable development, such as the fight against poverty and inequality, will aid to understand the social factors that contribute to sustainable development and figure ways to address them.

In general, the case method allows students to analyze complex problems of sustainable development, develop innovative approaches to solving them, foster responsibility for the future of our planet, and develops the ability to teach this to future students. The case method involves the analysis of a specific pedagogical situation in order to find alternative and rational ways to solve the problem. Using the case method allows generating a variety of ideas and thoughts, and promotes the development of systems thinking of future teachers.

The formation of SDC, in particular the competence of systems thinking, is facilitated by *project activities*. According to scientists, it requires the development of implemented and effective strategies, as well as the analysis of a large amount of information to single out and structure the most essential aspects [6: 64].

An example of such a project is the "Ecological audit of the educational building", within the framework of which students of higher education conduct a comprehensive analysis of the ecological condition of the building and the adjacent territory, investigate energy efficiency, water supply, waste disposal, green spaces and other aspects, as well as develop a plan of measures to improve environmental sustainability of the educational building. Future teachers eagerly work on the project "Creating an ecological garden", exploring the diversity of flora and fauna, studying the impact of the garden on biodiversity and the ecosystem, as well as developing strategies to conserve natural resources and restore ecological balance. In this project, the development of systems thinking is related to critical thinking, which involves the ability to analyze and evaluate the reliability and relevance of information.

Without a systemic analysis, it is impossible to accomplish the project

клімату, способи адаптації до них. Кейс про соціальні виклики сталого розвитку, такі як боротьба з бідністю та нерівністю, допоможе зрозуміти соціальні фактори, що сприяють сталому розвитку та окреслити шляхи їх вирішення.

Загалом кейс-метод дозволяє студентам аналізувати складні проблеми сталого розвитку, розробляти інноваційні підходи до їх вирішення, виховувати відповідальність за майбутнє нашої планети та формує вміння навчати цьому майбутніх учнів. Кейс-метод передбачає аналіз конкретної педагогічної ситуації з метою пошуку альтернативних та раціональних шляхів розв'язання проблеми. Використання методу кейсів дозволяє генерувати різноманітні ідеї та думки, сприяє розвитку системного мислення майбутніх вчителів.

Формуванню КСР, зокрема компетентності системного мисленням, сприяє проектна діяльність. На думку вчених, *проектна діяльність* вимагає розробки імплементованих та ефективних стратегій, аналізу великого обсягу інформації для виокремлення і структурування в ній найсуттєвішого [6: 64].

Прикладом такого проекту є "Екологічний аудит навчального корпусу", у рамках якого здобувачі вищої освіти проводять комплексний аналіз екологічного стану будівлі та прибудинкової території, досліджують енергоефективність, водопостачання, утилізацію відходів, зелені насадження та інші аспекти, а також розробляють план заходів для покращення екологічної стійкості навчального корпусу. Майбутні вчителі охоче працюють над проектом "Створення екологічного саду", досліджуючи різноманітність рослинного та тваринного світу, вивчаючи вплив саду на біорізноманіття та екосистему, а також розробляють стратегії збереження природних ресурсів та відновлення екологічної рівноваги. У цьому проекті розвиток системного мислення пов'язаний із критичним мисленням, що передбачає здатність аналізувати та оцінювати достовірність та актуальність інформації.

"Environmental problems of my region (city, village)", within the scope of which students inspect the environmental problems of the city or village in which they live, find out their causes, and analyze the effectiveness of the appliances for solving them at this stage and offer their vision of ways to figure them out. The implementation of this project is taking into account the past, future, current and prospective tasks as mechanisms of systemic thinking.

Professionally oriented project "Eco School" involves the design of a "green" school, which includes various aspects of sustainable development, such as energy efficiency, waste management, environmental education and a healthy lifestyle. Future teachers are actively working on the application and improvement of eco-initiatives in the school. Participation in such research contributes to the development of scientific thinking and systematic analysis. The obtaining of students' systems thinking in this project involves the development of such skills as establishing cause-and-effect relationships, interpreting facts, selecting convincing arguments and their critical evaluation, formulating assumptions and judgments, etc.

An important means of developing systems thinking is the use of the principles of interaction between participants in the educational environment, as well as the use of partner interaction with a focus on solving problems of a problem-searching and creative nature [5]. In the scientific literature, we find research on the influence of *problem-based learning* on the development of students' systems thinking [11]. And this is understandable, because when solving a problem, students are forced to consider the problem as a system, taking into account the interrelationships between its constituents. It helps to evolve the ability to understand complex systems, identify cause-and-effect relationships, and make informed decisions. Problem-based learning also promotes the development of skills of analysis and synthesis of information, which are important components of systems thinking. Students

Без системного аналізу неможливо зреалізувати проєкт "Екологічні проблеми мого краю (міста, села)", в межах якого здобувачі вищої освіти досліджують екологічні проблеми міста чи села, в якому вони живуть, з'ясовують їхні причини, аналізують ефективність механізмів їх розв'язання на цьому етапі та пропонують своє бачення шляхів їх вирішення. Реалізація цього проєкту відбувається з урахуванням минулого, майбутнього, поточних та перспективних завдань як механізмів системного мислення.

Професійно-орієнтований проєкт "Екошкола" передбачає проєктування "зеленої" школи, яка включає різні аспекти сталого розвитку, такі як енергоефективність, управління відходами, екологічна освіта та здоровий спосіб життя. Майбутні вчителі активно працюють над впровадженням та вдосконаленням екоініціатив у школі. Участь у таких дослідженнях сприяє розвитку наукового мислення та системного аналізу. Формування системного мислення студентів у цьому проєкті передбачає розвиток таких умінь, як встановлення причинно-наслідкових зв'язків, інтерпретація фактів, добір переконливих аргументів та їхнє критичне оцінювання, формулювання припущень та суджень тощо.

Важливим засобом розвитку системного мислення є використання принципів інтерактивної взаємодії між учасниками освітнього середовища, а також використання партнерської взаємодії з фокусом на вирішенні завдань проблемно-пошукового та творчого характерів [5]. У науковій літературі знаходимо дослідження про вплив *проблемного навчання* на розвиток системного мислення студентів [11]. І це зрозуміло, адже під час вирішення проблемного завдання студенти змушені розглядати проблему як систему, враховуючи взаємозв'язки між її складовими елементами. Це сприяє розвитку здатності розуміти складні системи, виявляти причинно-наслідкові зв'язки та приймати обґрунтовані рішення. Проблемне навчання також

who are regularly involved in solving problems learn to highlight the main things, set priorities and rationally use limited resources.

We offer higher education students a discussion of global problems, the solution of which lies in the area of achieving sustainable development of society:

- Access to clean drinking water. The problematic situation involves the analysis of factors affecting the availability of drinking water for the population on all continents. Students consider environmental, economic, and social aspects such as pollution of water sources, infrastructure change, regional economic development, and accessibility of water treatment technologies.

- Fighting climate change. This troublesome situation requires the study of various aspects, such as greenhouse gas emissions, alternative energy sources, irrational use of nature, the impact of climate change on human health and ecosystems, etc.

- Fighting poverty. This problematic situation requires an analysis of the structural causes of poverty, such as social inequality, lack of access to education and health care, economic constraints and political factors affecting the development of countries.

- Preservation of biodiversity. Investigating the causes of biodiversity loss and developing strategies to conserve natural ecosystems and species helps students to understand the relationship between human activity and the loss of the natural environment and its consequences for humanity.

Consideration of intricate situations requires future teachers to analyze complex systemic relationships, take into account various factors, and develop complex problem-solving strategies. Searching for ways out of a problem contributes to the development of systems thinking, and also forms in students the skills of critical analysis, creative thinking and making informed decisions [15].

Methods that contribute to the development of systems thinking in higher education students include **modeling**, which involves the creation of models that

сприяє розвитку навичок аналізу та синтезу інформації, що є важливими компонентами системного мислення. Студенти, які регулярно залучаються до розв'язання проблем, навчаються виділяти головне, розставляти пріоритети та раціонально використовувати обмежені ресурси.

Ми пропонуємо здобувачам вищої освіти обговорення глобальних проблем, розв'язання яких лежить в площині досягнення сталого розвитку суспільства:

- Забезпечення доступу до питної води. Проблема ситуація передбачає аналіз факторів, що впливають на доступність питної води для населення на усіх континентах. Студенти розглядають екологічні, економічні та соціальні аспекти, такі як забруднення водних джерел, зміна інфраструктури, економічний розвиток регіонів та доступність технологій очищення води.

- Боротьба зі зміною клімату. Ця проблемна ситуація вимагає вивчення різноманітних аспектів, таких як викиди парникових газів, альтернативні джерела енергії, нераціональне природокористування, вплив зміни клімату на здоров'я людини та екосистеми тощо.

- Боротьба з бідністю. Ця проблемна ситуація потребує аналізу структурних причин бідності, таких як соціальна нерівність, відсутність доступу до освіти та охорони здоров'я, економічні обмеження та політичні фактори, що впливають на розвиток країн.

- Збереження біорізноманіття. Дослідження причин втрати біорізноманіття та розробка стратегій збереження природних екосистем і видів допомагає студентам зрозуміти взаємозв'язок між людською діяльністю і втратою природного середовища та наслідками цього для людства.

Розгляд проблемних ситуацій вимагає від майбутніх учителів аналізу складних системних взаємозв'язків, врахування різноманітних факторів та розробки комплексних стратегій розв'язання проблем. Пошук шляхів виходу з проблеми сприяє розвитку системного мислення, а також формує в студентів навички критичного аналізу, творчого мислення та прийняття обґрунтованих рішень [15].

reflect complex system processes, such as ecosystem functioning, economic interactions, or social systems. This allows future educators to investigate the impact of various factors on the system and develop optimization strategies. An example of a model that can be used to analyze and solve problems of sustainable development is the *model of energy development* (helps to predict energy consumption, use of renewable energy sources, greenhouse gas emissions, analyze the effectiveness of energy strategies and the impact of their implementation on environmental sustainability); *water resources model* (allows to predict changes in water resources, taking into consideration climate changes, pollution and other factors, to determine optimal management of water resources to ensure sustainable development and preservation of water ecosystems); *a model of economic development based on sustainability* (contributes to the analysis of relationships between economic growth, social equality, resource conservation and assessment of economic development strategies, their impact on the sustainability of economic and social systems); *carbon cycle model* (examines the interaction between carbon emissions, carbon absorption by ecosystems and climate change, helps to develop strategies for minimizing greenhouse gas emissions and adapting to climate change to achieve sustainable development); *waste management model* (helps to analyze waste flow, its impact on the environment and the effectiveness of different waste management strategies, identify best practices for waste reduction and their impact on ecosystem sustainability), etc.

Game simulations (graphic games), in which students play roles or interact with a virtual environment, promote the development of systems thinking among higher education students [3: 15]. Such simulations develop analytical skills and the ability to understand complex system relationships. Through the game context, students can try different strategies, observe the results of their actions and develop new approaches to solving problems. Such game simulations not only

До методів, які сприяють розвитку системного мислення у здобувачів вищої освіти відносимо **моделювання**, що передбачає створення моделей, які відображають складні системні процеси, такі як функціонування екосистеми, економічні взаємодії або соціальні системи. Це дозволяє майбутнім педагогам досліджувати вплив різних факторів на систему та розробляти стратегії оптимізації. Прикладом моделі, яку можна використовувати для аналізу та розв'язання проблем сталого розвитку є *модель енергетичного розвитку* (допомагає прогнозувати споживання енергії, використання відновлювальних джерел енергії, викиди парникових газів, аналізувати ефективність енергетичних стратегій та вплив їх впровадження на стійкість довкілля); *модель водних ресурсів* (дозволяє прогнозувати зміни у водних ресурсах, враховуючи кліматичні зміни, забруднення та інші фактори, визначити оптимальне управління водними ресурсами для забезпечення сталого розвитку та збереження водних екосистем); *модель економічного розвитку на засадах сталості* (сприяє аналізу взаємозв'язків між економічним зростанням, соціальною рівністю, збереженням ресурсів та оцінкою стратегій економічного розвитку, їхнього впливу на сталість економічних та соціальних систем); *модель вуглецевого циклу* (вивчає взаємодію між вуглецевими викидами, поглинанням вуглецю екосистемами та змінами клімату, допомагає розробляти стратегії мінімізації викидів парникових газів та адаптації до змін клімату задля досягнення сталого розвитку); *модель управління відходами* (допомагає аналізувати потік відходів, їх вплив на довкілля та ефективність різних стратегій управління відходами, визначити найкращі практики для зменшення відходів та їхнього впливу на сталість екосистем) тощо.

Розвитку системного мислення здобувачів вищої освіти сприяють **ігрові симуляції** (графічні ігри), в яких студенти виконують ролі або взаємодіють з віртуальним середовищем [3: 15]. Такі симуляції розвивають аналітичні навички та здатність розуміти складні системні

provide interesting and engaging learning, but also contribute to a deep understanding of system processes and relationships.

The formation of SDC in students in general and systems thinking in particular takes place in **discussions**. Students discuss the problems of sustainable development, develop joint solutions, develop systems thinking to analyze and solve complex issues. We engage higher education students in discussions on the following topics: "Is cooperation between government, business and citizens important in achieving mutual goals in the interests of sustainable development?", "What are the opportunities and challenges of modern technologies and innovations in ensuring the sustainable development of society?", "How does climate change affect the environment, economy and society?", "What strategies can be used to adapt to climate change?", "What is the role of education in achieving sustainable development?", "What changes are needed in the system of training future leaders (teachers) to solve problems of sustainable development?", "How does systems thinking in the field of education help to prepare students for the difficult challenges of the modern world and develop their critical and creative thinking?".

Observation of the educational process shows that the use of the above-mentioned interactive learning technologies contributes to the development of students' systems thinking by advancing the ability to perceive and recognize any object as a system, to determine its composition, structure and organization of elements. Interaction in classes contributes to the formation of the ability to identify patterns in the development of interconnected components and establish internal and external coherence between systems. Such approaches in education ensure the formation of skills in the construction of new systems taking into account the interrelationships between elements and the general principles of the system approach, which is an important indicator of the development of students' system thinking [14]. In addition, in our opinion, the development of systems thinking helps

взаємозв'язки. Через ігровий контекст студенти можуть випробовувати різні стратегії, спостерігати за результатами своїх дій та розробляти нові підходи до розв'язання проблем. Такі ігрові симуляції не лише забезпечують цікаве та залучене навчання, але й сприяють глибокому розумінню системних процесів та взаємозв'язків.

Формування КСР у здобувачів вищої освіти загалом і системного мислення зокрема, відбувається у **дискусіях**. Студенти обговорюють проблеми сталого розвитку, розробляють спільні рішення, розвивають системне мислення для аналізу та вирішення складних питань. Залучаємо здобувачів вищої освіти до дискусій на теми: "Чи важлива співпраця уряду, бізнесу та громадян у досягненні спільних цілей в інтересах сталого розвитку?", "Які можливості та виклики сучасних технологій та інновацій у забезпеченні сталого розвитку суспільства?", "Як зміни клімату впливають на середовище, економіку та суспільство?", "Які стратегії можна використовувати для адаптації до змін клімату?", "Яка роль освіти в досягненні сталого розвитку?", "Які зміни є на часі у системі підготовки майбутніх лідерів (вчителів) до вирішення проблем сталого розвитку?", "Яким чином системне мислення у сфері освіти сприяє підготовці учнів до складних викликів сучасного світу та розвиває їх критичне та творче мислення?".

Спостереження за освітнім процесом показує, що використання вищезазначених інтерактивних технологій навчання сприяє розвитку системного мислення студентів шляхом розвитку вміння сприймати та розпізнавати будь-який об'єкт як систему, визначати її склад, структуру та організацію елементів. Інтерактивна взаємодія на заняттях сприяє формуванню уміння виявляти закономірності у розвитку взаємопов'язаних компонентів та встановлювати внутрішні та зовнішні зв'язки між системами. Такі підходи у навчанні забезпечують формування навичок конструювання нових систем з урахуванням взаємозв'язків між елементами та загальних принципів системного підходу, що є важливим

to improve communication skills, stimulates activity, promotes the conduct of constructive dialogues, emotional and behavioral flexibility during the discussion and resolution of various issues, which helps to reach consensus.

Conclusions and research perspectives. The surrounding world consists of various components that interact with each other, forming a system. Processes and phenomena within this system also have a systemic nature. To study them, it is necessary to apply system analysis, which leads to the development of systems thinking.

The concept of sustainable development requires a rethinking of the usual approaches to solving the complex problems of today, it needs new ideas and innovations. The ability to systems thinking is a key factor in achieving sustainable development of society, as it allows to consider problems comprehensively and look for holistic approaches to their solution.

Students, as future leaders and professionals, must understand and be able to analyze the complex relationships in today's world. Practical skills for the development of systems thinking are successfully introduced into the educational process through various methods and techniques, such as the case method, project activities, game simulations, modeling, discussions, etc. These methods contribute to the formation of critical thinking and analytical abilities of students.

Providing support and stimulating students' interest in the development of systems thinking is a significant condition for the successful implementation of ESD tasks in a higher education institution. The development of systems thinking in students-future teachers is important for their personal success and for the training of competent teachers who are able to work effectively in the modern educational environment on the basis of sustainable development.

We see the prospects for further research in the discovery, justification and implementation of new methods of developing systems thinking, investigating

показником розвитку системного мислення студентів [14]. Крім того, на нашу думку, розвиток системного мислення сприяє покращенню комунікабельності, стимулює активність, сприяє веденню конструктивних діалогів, емоційній та поведінковій гнучкості під час обговорення та вирішення різних питань, що допомагає досягти консенсусу.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок. Навколишній світ складається з різноманітних компонентів, які взаємодіють між собою, утворюючи систему. Процеси і явища всередині цієї системи також мають системний характер. Для їх вивчення необхідно застосовувати системний аналіз, що веде до розвитку системного мислення.

Концепція сталого розвитку вимагає переосмислення звичних підходів до вирішення складних проблем сучасності, потребує нових ідей та інновацій. Здатність до системного мислення є ключовим фактором у досягненні сталого розвитку суспільства, позаяк дозволяє розглядати проблеми комплексно та шукати цілісні підходи до їх вирішення.

Студенти, як майбутні лідери та фахівці, повинні розуміти та вміти аналізувати складні взаємозв'язки у сучасному світі. Практичні навички розвитку системного мислення успішно впроваджуються в освітній процес через різноманітні методи та прийоми, такі як кейс-метод, проектна діяльність, ігрові симуляції, моделювання, дискусії тощо. Ці методи сприяють формуванню критичного мислення та аналітичних здібностей студентів.

Забезпечення підтримки та стимулювання зацікавленості студентів у розвитку системного мислення є важливою умовою успішної реалізації завдань ОСП у закладі вищої освіти. Розвиток системного мислення у студентів – майбутніх вчителів є важливим для їх особистого успіху та для підготовки компетентних педагогів, здатних ефективно працювати в сучасному освітньому середовищі на засадах сталого розвитку.

Перспективу подальших розвідок вбачаємо у виявленні, обґрунтуванні та

their impact on the level of development of students' systems thinking, as well as assessing the impact of the ability to systems thinking on making constructive decisions in the interests of the sustainable development of society.

впровадженні нових методів розвитку системного мислення, дослідженні їх впливу на рівень розвитку системного мислення студентів, а також оцінці впливу здатності до системного мислення на прийняття конструктивних рішень в інтересах сталого розвитку суспільства.

REFERENCES

1. Arnold, R.D., & Wade, J.P. (2015). A definition of systems thinking: A systems approach. *Procedia Comput. Sci.*, 44, 669-678. DOI: 10.1016/j.procs.2015.03.050 [in English].
2. Astaiza Martínez, A., Tafur Osorio, M., & Viasus Rodríguez, J. (2022). Tres estrategias de enseñanza para un curso de pensamiento sistémico: Experiencia de un laboratorio de aprendizaje y experimentación pedagógica. *Rev. Estud. Exp. Educ.*, 21, 460-474. DOI: 10.21703/0718-5162.v21.n45.2022.024 [in English].
3. Brundiers, K., Barth, M., Cebrián, G., Cohen, M., Diaz, L., Doucette-Remington, S., ... & Zint, M. (2021). Key competencies in sustainability in higher education—toward an agreed-upon reference framework. *Sustainability Science*, 16, 13-29. DOI: 10.1007/s11625-020-00838-2 [in English].
4. Chaikovska, H.B., & Levchyk, I.Yu. (2022). Interdisciplinary integration of education for sustainable development into higher education institution (integrated ESP case study). *Zhytomyr Ivan Franko State University Journal. Pedagogical Sciences*, vol. 2 (109), 195-212. DOI: 10.35433/pedagogy.2(109).2022.195-211 [in English].
5. Chaikovska, H., Levchyk, I., Adamska, Z., & Yankovych, O. (2023). Formation of sustainable development competencies in Ukrainian English for specific purposes students. *International Journal of Sustainability in Higher Education*. DOI: 10.1108/IJSHE-07-2023-0306 [in English].
6. Ekselsa, Ria, & Purwianingsih, Widi, & Anggraeni, Sri, & Wicaksono, Azizul. (2023). Developing system thinking skills through project-based learning loaded with education for sustainable development. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 9, 62-73. DOI: 10.22219/jpbi.v9i1.24261 [in English].
7. Hofman-Bergholm, M. (2018). Could education for sustainable development benefit from a systems thinking approach?. *Systems*, 6(4), 43. DOI: 10.3390/systems6040043 [in English].
8. Hossain, NUI, Dayarathna, VL, Nagahi, M., & Jaradat, R. (2020). Systems thinking: A view and bibliometric analysis. *Systems*, 8 (3), 23. DOI: 10.3390/systems8030023 [in English].
9. Kordova, S.K., Frank, M., & Miller, A.N. (2018). Systems Thinking Education-Seeing the Forest through the Trees. *Systems*, 6, 29. DOI: 10.3390/systems6030029 [in English].
10. Molderez, I., & Ceulemans, K. (2018). The power of art to foster systems thinking, one of the key competencies of education for sustainable development. *Journal of Cleaner Production*, 186, 758-770. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.03.120 [in English].
11. Ndaruhutse, S., Jones, C., & Riggall, A. (2019). Why systems thinking is important for the education sector?. *Educational Development Trust*. Retrieved from: <https://www.educationdevelopmenttrust.com/EducationDevelopmentTrust/files/17/17fcc588-e413-461b-a107-78b6569304cc.pdf> [in English].
12. Nguyen, N.C., Graham, D., Ross, H., Maani, K., & Bosch, O. (2012). Educating systems thinking for sustainability: Experience with a developing country. *Syst. Res. Behav. Sci.*, 29, 14-29. DOI: 10.1002/sres.1097 [in English].
13. Palmberg, I., Hofman-Bergholm, M., Jeronen, E., & Yli-Panula, E. (2017). Systems Thinking for Understanding Sustainability? Nordic Student Teachers' Views on the

Relationship between Species Identification Biodiversity and Sustainable Development. *Education Sciences*, 7 (3). DOI: 10.3390/educsci7030072 [in English].

14. Prabawani, B., Hadi, S.P., Zen, I.S., Hapsari, N.R., & Ainuddin, I. (2022). Systems Thinking and Leadership of Teachers in Education for Sustainable Development: A Scale Development. *Sustainability*, 14, 3151. DOI:10.3390/su14063151 [in English].

15. Schuler, S., Fanta, D., Rosenkraenzer, F., & Riess, W. (2018). Systems thinking within the scope of education for sustainable development (ESD) – a heuristic competence model as a basis for (science) teacher education. *Journal of Geography in Higher Education*, 42(2), 192-204. DOI: 10.1080/03098265.2017.1339264 [in English].

16. Stave, K.A., & Hopper, M. (2007). What Constitutes Systems Thinking? A Proposed Taxonomy. *In Proceedings of the 25th International Conference of the System Dynamics Society*. Boston, MA, USA, 29 July – 3 August 2007, vol. 29 [in English].

17. Vázquez-Parra, J.C., Castillo-Martínez, I.M., Ramírez-Montoya, M.S., & Millán, A. (2022). Development of the Perception of Achievement of Complex Thinking: A Disciplinary Approach in a Latin American Student Population. *Educ. Sci.*, 12, 289. DOI: 10.3390/educsci12050289 [in English].

18. Verhoeff, R.P., Knippels, M.C.P, Gilissen, M.G., & Boersma, K.T. (2018). The theoretical nature of systems thinking. Perspectives on systems thinking in biology education. *Frontiers Education*, 3 (40). DOI: 10.3389/feduc.2018.00040 [in English].

19. Williams, A., Kennedy, S., Philipp, F., & Whiteman, G. (2017). Systems thinking: A review of sustainability management research. *Journal of Cleaner Production*, 148, 866-881. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.02.002 [in English].

Received: January 31, 2024
Accepted: February 16, 2024