

## СЕКЦІЯ 10 МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ, МОДЕЛІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОНОМІЦІ

УДК 330.43:574

**Негрей М.В.***кандидат економічних наук,  
доцент кафедри економічної кібернетики  
Львівського національного університету імені Івана Франка***Гнот Т.В.***магістр з економічної кібернетики  
Львівського національного університету імені Івана Франка*

### ОЦІНЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ТА ГЛОБАЛЬНИХ РИЗИКІВ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Стаття присвячена проблемам аналізу стану навколишнього середовища. Розкрито суть методики оцінки глобального ризику. Проведено аналіз глобального ризику, а також оцінювання екологічних ризиків навколишнього середовища України.

**Ключові слова:** глобальний ризик, екологічний ризик, навколишнє середовище, методика, оцінювання.

#### **Негрей М.В., Гнот Т.В. ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И ГЛОБАЛЬНЫХ РИСКОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Статья посвящена проблемам анализа состояния окружающей среды. Раскрыта суть методики оценки глобального риска. Проведен анализ глобального риска, а также оценка экологических рисков окружающей среды Украины.

**Ключевые слова:** глобальный риск, экологический риск, окружающая среда, методика, оценка.

#### **Nehrey M.V., Hnot T.V. ASSESSMENT OF ECOLOGICAL AND GLOBAL RISKS OF ENVIRONMENT**

The article deals with the environmental analysis. Discusses the methodology assessment of the global risk. Analysed global risk and assessed the ecological risk of environment.

**Keywords:** global risk, ecological risk, environment, methodology, evaluation.

**Постановка проблеми.** Світова спільнота вже досить тривалий час провадить політику екологізації різних аспектів людської діяльності. В Україні лише запроваджується екологічне управління, яке передбачає облік наслідків антропогенного впливу на навколишнє середовище з метою мінімізації його негативних наслідків як на національному, так і на регіональному та локальному рівнях. Однією із невирішених проблем у цьому напрямку є аналіз еколого-економічних ризиків, який сприяв би вчасному регулюванню та запобіганню завдання шкоди навколишньому середовищу.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Дослідженню екологічних аспектів у системі «суспільство-економіка-довкілля» присвячені роботи Б.В. Буркінського, В.М. Буркова, В.Л. Волковича, Б.М. Данилишина та ін. Теоретичними та прикладними дослідженнями у напрямі економіко-математичного моделювання управління еколого-економічними системами займаються С.К. Рамазанов, А.А. Садеков, А.В. Скрипник, І.М. Ляшенко, В.С. Григорків та ін. Проте недостатньо уваги приділено методичним підходам до оцінки екологічних та еколого-економічних ризиків.

**Постановка завдання.** На основі викладеного можна сформулювати дослідження, мета якого полягає у проведенні аналізу еколого-економічних ризиків для України, та здійснити порівняння їх із глобальними ризиками.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Еколого-економічний ризик – це ймовірність настання несприятливих для навколишнього середовища подій, що виникають внаслідок екологічних порушень і

спричиняють збитки як окремих господарських одиниць, так і суспільства загалом.

Основними аспектами прояву еколого-економічного ризику є екологічний, економічний, соціальний та техніко-технологічний. Екологічний аспект може проявлятися у зниженні, втраті окремих якостей і властивостей об'єктів природокористування, що супроводжується зменшенням ефективності їх використання; погіршенні умов використання природних ресурсів і користування об'єктами природи, що спричиняє підвищення цін на природні ресурси, збільшення вартості експлуатації тощо; деградації, втраті чи й повному зникненні природних ресурсів та об'єктів; порушенні екологічної рівноваги, балансу в екосистемі; екологічних аваріях і катастрофах, що супроводжуються значними економічними збитками.

Економічний аспект еколого-економічного ризику проявляється у порушенні умов економічного відтворення, вибутті із господарської діяльності джерел сировини або ж самих ресурсів, економічних збитків суб'єктів господарської діяльності внаслідок використання природних ресурсів чи користування об'єктами природи.

Соціальний аспект проявляється у зниженні умов відтворення трудових ресурсів, втраті здоров'я, інвалідності, вибутті трудових ресурсів; незадоволенні умовами життєдіяльності, стресах, депресіях; міграції населення; ранній смертності, дитячій смертності, масовій загибелі людей, генетичних порушеннях.

Техніко-технологічний аспект має такі форми прояву, як передчасний знос обладнання, устатку-

вання, їх поломки та аварії, порушення технологічних процесів, зниження продуктивності виробничого обладнання.

Відповідно до зазначених аспектів прояву необхідною є кількісна оцінка еколого-економічного ризику, яка полягає у визначенні наступних показників: збитків навколишньому середовищу, зниження продуктивності екосистем, екологічних втрат внаслідок вичерпання природних ресурсів, додаткових затрат на ліквідацію наслідків екологічних катастроф, аварій, затрат на профілактику захворювань та лікування людей тощо.

Глобальний ризик визначається як таке явище, що викликає істотний негативний вплив на декілька країн і галузей терміном у 10 і більше років. Однією з ключових характеристик глобальних ризиків є їхня можливість впливу на цілу систему, на відміну від окремих деталей і компонентів.

Суть методики оцінки глобального ризику полягає у такому: для визначення 10 найімовірніших глобальних ризиків, які викликають найбільшу стурбованість населення, експертам задають таке запитання: «Із тридцять одного ризику, оберіть п'ять ризиків, які найбільше Вас тривожать з погляду небезпеки для планети і проранжуйте їх від 1 (найбільше тривожить) до 5 (серед п'яти вибраних, найменш тривожить)». Кінцева оцінка обчислюється за формулою (1):

$$score_i = \frac{1}{N} \cdot \sum_{n=1}^N (6 - rank_{i,n}), \quad (1)$$

де  $N$  – кількість експертів;  $rank_{i,n}$  – оцінка експерта  $n$  щодо ризику  $i$ ;  $score_i$  – бал  $i$ -го ризику в шкалі [1; 5]. У перелік найбільш тривожних ризиків включають ризики з десятима найбільшими балами.

Картографування глобальних ризиків проводиться таким чином: експерти оцінюють ймовірність і глобальний вплив кожного з тридцять одного ризику, відповідаючи на питання: «Яка ймовірність того, що цей ризик матеріалізується на глобальному рівні в найближчі 10 років?» та «Оцініть вплив на глобальному рівні такого ризику, якщо він матеріалізується?». Можливі відповіді варіюються від 1 («дуже малоймовірно» і «низький вплив», відповідно) до 7 («майже напевно» і «високий вплив», відповідно).

Для будь-якого ризику ймовірність і вплив позначаються, відповідно,  $likelihood_i$  та  $impact_i$ , і знаходяться за формулами (2) та (3):

$$likelihood_i = \frac{1}{N_i^1} \cdot \sum_{n=1}^{N_i^1} likelihood_{i,n}, \quad (2)$$

$$impact_i = \frac{1}{N_i^2} \cdot \sum_{n=1}^{N_i^2} impact_{i,n}, \quad (3)$$

де  $N_i^1, N_i^2$  – кількість експертів, які оцінили ймовірність(2)/вплив (3)  $i$ -го ризику;  $likelihood_{i,n}$  – ймовірність  $i$ -го ризику, яку оцінив  $n$ -й експерт;  $impact_{i,n}$  – вплив  $i$ -го ризику, яку оцінив  $n$ -й експерт;  $likelihood_i$  – середня ймовірність  $i$ -го ризику;  $impact_i$  – середній вплив  $i$ -го ризику.

Для побудови карти взаємозв'язків експерти визначають від трьох до п'яти пар ризиків, які є взаємозалежними, ігноруючи напрямки залежності. Висновки роблять на основі того, скільки разів кожна пара ризиків зустрічається у дослідженні. Це значення ділять на кількість пар, які найчастіше зустрічаються в опитуванні (формули (4), (5)). Значення взаємозв'язку визначає товщину кожної лінії, яка сполучає елементи на графіку.

$$connection_{ij} = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^N pair_{ij,n}}{pair_{max}}}, \quad (4)$$

$$pair_{max} = \max_{ij} \left( \sum_{n=1}^N pair_{ij,n} \right), \quad (5)$$

де  $N$  – кількість експертів;  $pair_{ij,n}$  – дорівнює 1, якщо експерт  $n$  відзначив зв'язок між  $i$ -м і  $j$ -м ризиком;  $connection_{ij}$  – значення зв'язку між  $i$ -м і  $j$ -м ризиком.

Оцінку глобальних ризиків проведено у [7], де відображено тридцять один глобальний ризик відповідно до рівня занепокоєння та впливу. Також у цьому дослідженні відображено рівень взаємозв'язків між оціненими ризиками. За результатами оцінки глобальних ризиків можна зробити такі висновки:

1. Ризиками, які викликають найбільшу стурбованість, є фінансові кризи в ключових економіках, структурно високий рівень безробіття та неповної зайнятості, брак води.

2. Ризики, які можуть завдати найбільшої шкоди та з високою ймовірністю, – в основному екологічні та економічні: більша частота надзвичайних погодних явищ, невдачі з пом'якшенням наслідків зміни клімату та адаптації, нестача води, значна нерівність у доходах, структурно високий рівень безробіття та неповної зайнятості у ключових економіках.

3. Макроекономічні ризики є найбільш взаємопов'язані з іншими ризиками – фінансові кризи, структурне безробіття і неповна зайнятість – існує тісний зв'язок між цими макроекономічними ризиками та соціальними питаннями, такими як

Таблиця 1

Визначення глобальних ризиків навколишнього середовища 2014 р.

| Ризик  | Пояснення   |
|--|---|
| Збільшення кількості надзвичайних погодних явищ (повені, бурі, пожежі)                               | Надзвичайні погодні явища завдають шкоди власності, інфраструктурі і навколишньому середовищу. Зі збільшенням таких випадків зростає кількість непридатних для життя площ.  |
| Збільшення кількості природних катастроф (землетруси, цунами, виверження вулканів, геомагнітні бурі) | Існуючі запобіжні заходи зазнають невдачі стикаючись з геофізичними катастрофами, такими як землетруси, виверження вулканів, зсуви, цунами або геомагнітні бурі, в результаті чого відбуваються масові перебої в взаємопов'язаних ланцюжках постачань і мережі зв'язку. |
| Збільшення кількості техногенних катастроф (викиди нафти, ядерні аварії)                             | Існуючі запобіжні заходи не в змозі запобігти техногенним катастрофам, що призводить до великої шкоди для життя, здоров'я людини, інфраструктури, власності, економічної діяльності та навколишнього середовища.  |
| Втрата біорізноманіття і колапс екосистеми   | Зменшення біорізноманіття як результат сильного виснаження ресурсів для таких галузей, як рибальство та лісівництво, з потенційно незворотними наслідками для навколишнього середовища.   |
| Брак води  | Значне зниження якості та кількості прісної води в поєднанні зі зростанням конкуренції серед ресурсомістких систем, таких, як виробництво продуктів харчування та енергії.  |
| Невдачі з пом'якшенням наслідків змін клімату і адаптації  | Уряди і бізнес не вживають ефективних заходів захисту населення і допомоги підприємствам, що постраждали від зміни клімату.   |

зростання нерівності доходів, політична та соціальна нестабільність.

4. Зниження довіри до установ, відсутність керівництва, існування гендерної нерівності були серед тенденцій, що спостерігалися за даними дослідження.

Економічні, соціальні та екологічні ризики домінують у списку глобальних ризиків (табл. 1). Незважаючи на зусилля багатьох країн Євросоюзу контролювати дефіцит бюджету і рівень боргу, можливість виникнення фінансової кризи все ж залишаються. Такі можливості підживлюються високим державним боргом Японії та США, де політичний «глухий кут» загострив ситуацію. Фінансова криза може серйозно вплинути на стабільність світової економіки.

Проведемо ранжування 10 ризиків з найбільшим рівнем, отримуємо наступну послідовність ризиків (за спаданням рівня):

1. Фінансові кризи у ключових економіках.
2. Структуроване безробіття та неповна зайнятість.
3. Браку води.
4. Зростання нерівності доходів.
5. Невдачі з пом'якшенням наслідків зміни клімату та адаптації.
6. Збільшення кількості надзвичайних погодних явищ (повені, бурі, пожежі).
7. Невдачі глобального управління.
8. Продовольчі кризи.
9. Невдачі фінансових механізмів та установ.
10. Політична та соціальна нестабільність.

На рисунку 1 показано залежність результатів опитування від ймовірності і впливу тридцяти одного ризику. Ризики згруповані в чотири квадранти, які описують їхні загальні середні ймовірності і наслідки.

Численні і складні взаємозв'язки між ризиками можуть призвести до наслідків, які є непропорційними та непередбачуваними. Карта взаємозв'язків глобальних ризиків (рис. 2) дозволяє краще зрозуміти вплив системних ризиків і пом'якшити його, виявляючи канали передачі між ризиками і потенційними ефектами від впливу другого і третього порядку.

Експерти оцінили невдачу глобального управління як один з ризиків, який має великий вплив на інші. Добре функціонуюча система сприяє запобіганню та пом'якшенню наслідків глобальних ризиків, які, за визначенням, вимагають злагодженої міжнародної відповідальності. Необхідність гнучкої, чутливої і багатовісної системи управління, яка може визначити, прогнозувати і реагувати на численні і взаємопов'язані ризики в сучасному глобалізованому світі, досліджується з особливим акцентом на економічні та геополітичні ризики.

Використовуючи методику оцінки глобального ризику, проведена оцінка екологічних ризиків в Україні. Експертами, які взяли участь в опитуванні, виступили представники таких організацій України: Асоціація енергоефективних міст України, Клуб ділових людей, Всесвітній фонд дикої природи, Угода мерів, GreenDrinks, Агенція сталого енергетичного розвитку, Спільнота соціально-відповідального бізнесу, Інститут міста та ін., а також пред-

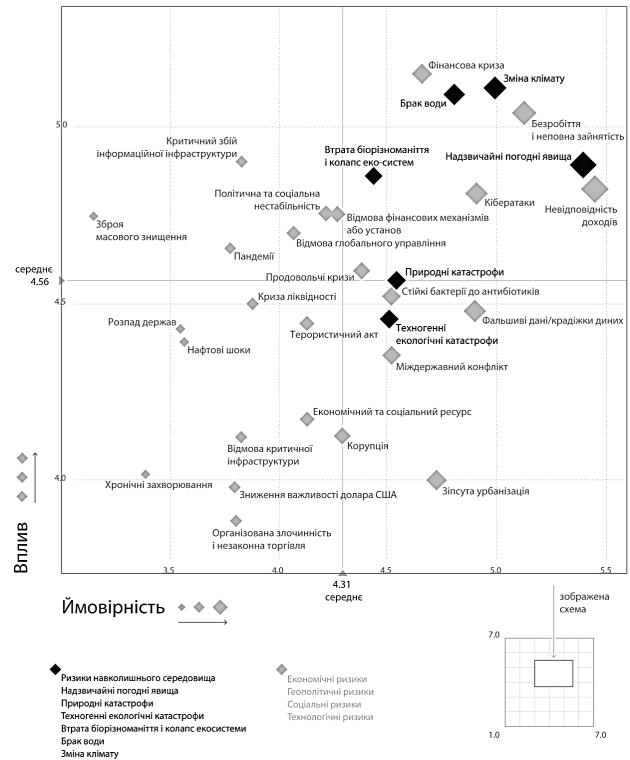


Рис. 1. Картографія глобальних ризиків 2014 року

Джерело: побудовано на основі [7]

ставники бізнесу. Аналогічно до анкети «The Global Risks Perception Survey», була розроблена українська версія, дослідження включає лише ризики екологічного характеру.

Екологічні ризики України можна проранжувати в послідовності, наведеній у таблиці 2.

Порівняння картографії українських та світових екологічних ризиків 2014 року зображено на рисунку 3.

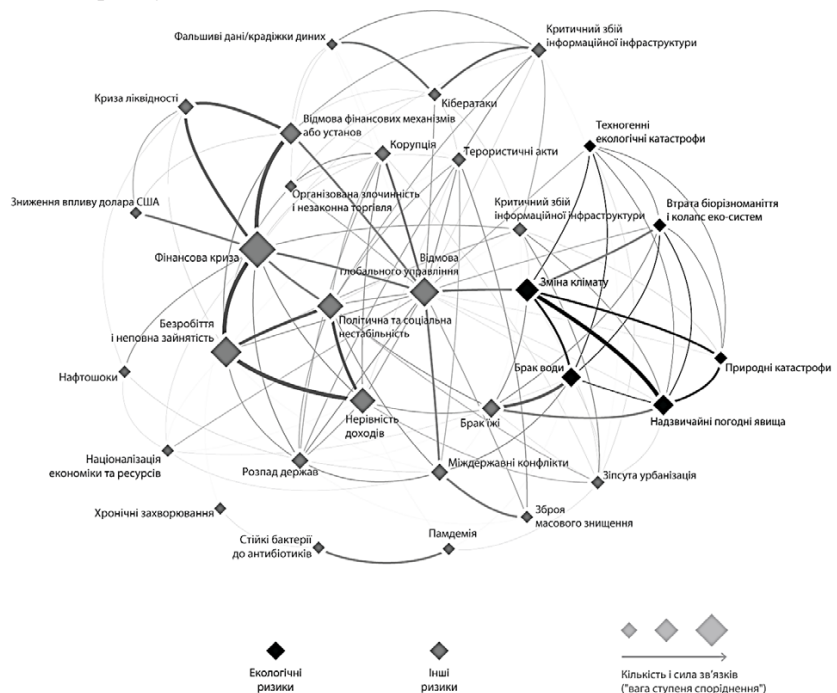


Рис. 2. Карта взаємозв'язків глобальних ризиків 2014 року

Джерело: побудовано на основі [7]

Таблиця 2  
Прояв екологічних глобальних ризиків в Україні

| № | Екологічний ризик                          |
|---|--|
| 1 | Надзвичайні погодні явища                  |
| 2 | Зміна клімату                              |
| 3 | Брак води                                  |
| 4 | Техногенні екологічні катастрофи           |
| 5 | Втрата біорізноманіття і колапс екосистеми |
| 6 | Природні катастрофи                        |

Джерело: авторська розробка

Як і в усьому світі, в Україні достатньо значна ймовірність зміни клімату. Цей ризик тісно пов'язаний з ризиком відмови локального управління. В Україні неефективно впроваджують заходи щодо зменшення викидів двоокису вуглецю і інших шкідливих речовин в атмосферу, немає достатньої кількості місць, де можна утилізувати небезпечні відходи (галогенні лампочки, батарейки тощо) і сміттєпереробних заводів. Зміна клімату, в свою чергу, є одним із головних чинників виникнення надзвичайних погодних явищ та природних катастроф. В Україні з кожним роком зростає кількість повеней, буревіїв, снігопадів тощо. Водночас ці ризики своїми наслідками впливають на зміну клімату також. Тісний взаємозв'язок між цими ризиками пояснюється тим, що виникнення одного виду ризику часто тягне за собою чи є причиною появи іншого. Зміна клімату призводить і до втрати біорізноманіття та колапсу екосистеми.

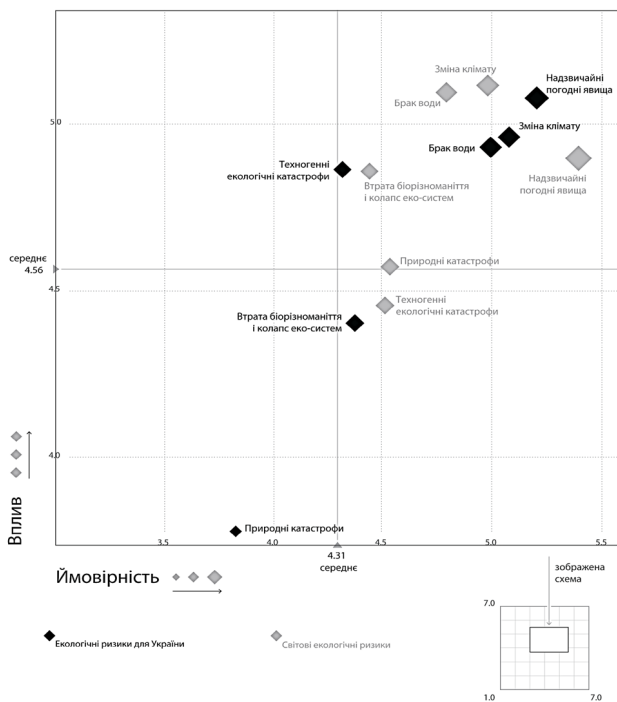


Рис. 3. Порівняння українських та світових екологічних ризиків 2014 року

Джерело: побудовано на основі [ ] та власних розрахунків

Один із важливих ризиків у сучасній Україні – нестача води, прямо чи опосередковано є взаємопов'язаний з іншими екологічними ризиками. На зменшення кількості якісної прісної води впливають техногенні катастрофи, колапс екосистеми та надзвичайні природні явища, які призводять до непридатності джерел прісної води. З іншого боку, брак води призводить до зміни клімату, браку їжі і інших екологічних ризиків.

На рисунку 4 зображено взаємозв'язок екологічних ризиків.

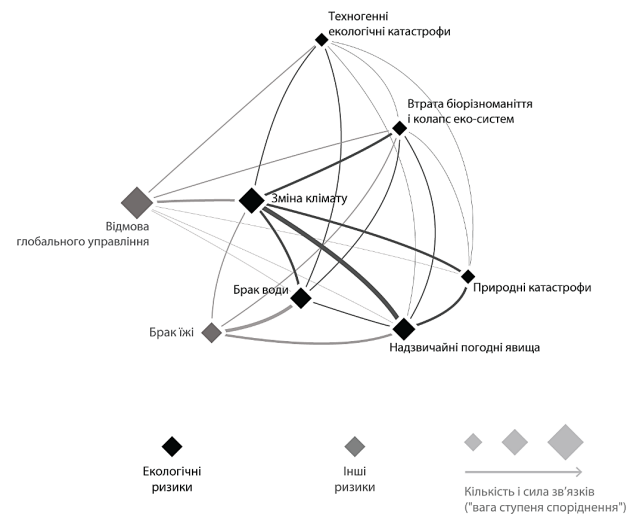


Рис. 4. Взаємозв'язки між екологічними ризиками

Джерело: авторська розробка

Для проведення якісного аналізу екологічних ризиків потрібно враховувати усі можливі негативні наслідки неефективного управління і недбалого відношення до навколишнього середовища, оцінювати взаємозв'язки між ризиками, як причинно-наслідкові, так і не зовсім явні.

**Висновки з проведеного дослідження.** З наведеного вище можна зробити такі висновки:

- Україні варто звернути особливу увагу на такі екологічні ризики: надзвичайні погодні явища, техногенні катастрофи, середні оцінені значення яких перевищують середньосвітові;
- нестача води, зміна клімату перебувають приблизно на рівні середньосвітових і теж досить небезпечні. Потрібно починати вживати ефективні заходи для зменшення ймовірності їх виникнення і зниження розміру збитків, що можуть бути спричинені;
- втрату біорізноманіття, колапс екосистеми та природні катастрофи можна віднести до групи з найменшим у порівнянні з іншими ризиком. Їхні характеристики в Україні значно менші, ніж у світовому масштабі.

#### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Бурков В.Н. Механизмы управления эколого-экономическими системами / Бурков В.Н., Новиков Д.А., Щепкин А.В. – М.: Издательство физико-математической литературы, 2008. – 244 с.
2. Данилишин Б.М. Екологічна складова політики сталого розвитку: монографія. – Донецьк: ТОВ «Юго-Восток Лтд», 2008. – 256 с.
3. Григорків В.С. Моделирование эколого-экономической взаимосвязи: навчальний посібник. – Чернівці: Рута, 2007. – 84 с.
4. Рамазанов С. К. Инструменты эколого-экономического управления предприятием: [монография] / Султан Курбанович Рамазанов. – Д.: ООО «Юго-Восток, Лтд», 2008. – 351 с.
5. Экономико-экологический рейтинг в системе управления предприятием / [Садеков А.А., Балакай О.Б., Половян А.В., Родионов А.В.]. – Д.: ДонНУЭТ, 2008. – 173 с.
6. Ecological economics research trends / [Mont O., Feng H. [and another]; under edition of Carolyn C. – New York: Nova Science Publishers, Inc., 2007. – 382 p.
7. Global Risk Report 2014, Ninth Edition – Geneva: World Economic Forum, 2014. – 60 p.
8. Gowdy J. The approach of ecological economics / John Gowdy, Jon Erickson // Cambridge Journal of Economics. – 2005. – № 29. – P. 207-222.