



MATHEMATICAL METHODS, MODELS AND INFORMATION TECHNOLOGIES IN THE ECONOMY

МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ, МОДЕЛІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОНОМІЦІ

УДК 316.4:330.4:519.8:911.3

ЗАСТОСУВАННЯ МОДЕЛЕЙ МАСОВОЇ ПОВЕДІНКИ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Віталій Даніч

*Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна,
Харків, Україна*

Резюме. Викладено концепцію застосування математичних моделей масової поведінки, розроблених автором для пояснення, прогнозування та управління лавиноподібними соціально-економічними процесами, для управління еколого-економічними процесами, які у своїй суті є загальними – соціо-еколого-економічними чи навіть соціо-геосистемними. Такі процеси у більшості є масовими, вони відповідають механізмам взаємовпливу, залежать від соціально-психологічних характеристик суб'єктів комунікації – рівнів сприйняття та впливу. Поведінка суб'єктів еколого-економічних процесів великою мірою визначається наслідуванням поведінки суб'єктів-лідерів, суб'єктів оточуючого соціального середовища. Розроблені математичні (у вигляді різницевих та диференціальних рівнянь) та імітаційні (у вигляді клітинних автоматів) моделі динаміки масової поведінки можуть бути використані для прогнозування забруднення чи регенерації природного середовища, пов'язаних з ними економічних втрат, визначення управлінських впливів через системи державного та місцевого управління, засоби масової інформації, освітні та культурні заклади. Окремо слід виділити застосування моделей динаміки сприйнятливості суб'єктів соціально-екологічної комунікації до впливу індукторів. Рівень сприйнятливості є однією з ключових характеристик менталітету суб'єкта як системи почуттів, стереотипів, уявлень про навколишній світ та його екологічну складову. Динамікою менталітету визначено зміни структури цієї системи, її ключових характеристик – рівнів сприйняття, а також впливу (індукування) тих чи інших поглядів, точок зору на соціальні явища, в тому числі еколого-економічні. Управління цією динамікою є ключовим фактором у формуванні позитивних стереотипів поведінки суб'єктів стосовно збереження навколишнього середовища. Запропоновані математичні моделі цієї динаміки у вигляді ітераційних схем, скінчених ймовірнісних автоматів адекватно відображають зміни стереотипів та шаблонів поведінки. Оцінки параметрів моделей поведінки та динаміки менталітету можуть бути визначені методами анкетування, регулярного спостереження за станом навколишнього середовища та його залежністю від прийнятих методів впливу на поведінкові стереотипи соціально-економічного загалу.

Ключові слова: еколого-економічні процеси, соціо-геосистеми, масова поведінка, менталітет, динаміка, математичні моделі, методи.

https://doi.org/10.33108/galicianvisnyk_tntu2020.01.166

Отримано 14.02.2020

UDC 316.4:330.4:519.8:911.3

THE APPLICATION OF CROWD BEHAVIOR MODELS FOR THE ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC PROCESSES MANAGEMENT

Vitaliy Danich

V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine

Summary. *The paper outlines the concepts of using mathematical models of crowd behavior, developed by the authors for explanation, forecasting and managing drastic social-economic processes, for management of ecological-economic processes which are fundamentally more general – socio-ecological-economic or even socio-geosystem processes. Such processes are mainly large-scale ones, they correspond to the mechanisms of mutual influence, depend on socio-psychological characteristics of communication persons - the levels of perception and influence. The behavior of ecological and economic processes persons is largely determined by the imitation of the leaders behavior, individuals of enveloping societys. The developed mathematical (in the form of difference and differential equations) and simulation (in the form of cellular automata) models of crowd behaviour dynamics can be used to predict pollution or environment regeneration, taking into account economic losses, to determine managerial impacts through the state and local government system, mass media, educational and cultural institutions. Particularly, it should be emphasized the use of dynamics models for persons susceptibility of socio-economic communication to the inductors effects. The susceptibility level is one of the main characteristics of person mentality as a system of feelings, stereotypes, imaginations about the environment and its ecological component. The mentality dynamics determines changes in this system structure, its main characteristics – levels of perception, as well as influence (induction) of various points of view, points of view on social phenomena, including environmental and economic ones. Management of this dynamics is the key factor in the formation of positive behavior stereotypes of a person concerning environmen protection. The proposed mathematical models of this dynamics in the form of iterative schemes, finite probabilistic automata adequately reflect the changes of stereotypes and behavior patterns. Estimates of behavior parameters and mentality dynamics can be determined by survey methods, regular observations of the environment state and its dependence on methods influencing behavioral stereotypes of socio-economic communities.*

Key words. *Ecological-economic processes, socio-geosystems, crowd behavior, mentality, dynamics, mathematical models, methods.*

https://doi.org/10.33108/galicianvisnyk_tntu2020.01.166

Received 14.02.2020

Постановка проблеми. Поняття еколого-економічного процесу широко використовується у сучасній науці про навколишнє середовище. Еколого-економічні відносини невіддільні від соціальних, вони утворюють тісний клубок взаємодій, результатом яких є зміни в усіх складових цього клубка. Поняття соціо-еколого-економічної системи, її стану, динаміки розвитку широко використовуються в науковому обігу. Вікіпедія приводить таке визначення цих понять: «Соціо-еколого-економічна система – це сукупність взаємопов'язаних економічних, екологічних і соціальних відносин, які регулюються інституційним середовищем і направлені на формування сталого економічного розвитку» [34]. Слід наголосити, що «екологія – це наука, яка вивчає закономірності взаємовідношень організмів з довкіллям, а також організацію й функціонування надорганізмових систем (популяцій, видів, біоценозів, біосфери)» [21]. У цих визначеннях ключовим елементом є відносини людини і довкілля в процесі життєдіяльності, у першу чергу, її економічної складової. Такі відносини визначає поняття соціальної екології (соціоекології [33]), більше того – соціогеосистеми [23]. Відношення людини до екологічних проблем великою мірою визначається її менталітетом, закладеним з дитячих років і сформованим подальшим вихованням. Поведінка людини у навколишньому середовищі, підтримування чистоти чи, навпаки, забруднення, засмічення території (включаючи двори, околиці населених пунктів,

лісопаркові, річкові зони відпочинку), випалювання стерні, пожнивних решток, степових та лісопаркових зон тощо великою мірою визначається дією соціально-психологічних механізмів наслідування, навіювання та зараження. Розуміння дії цих механізмів, процесів розповсюдження певних звичок, шаблонів, стереотипів у соціумі, формалізація цих явищ за допомогою математичних моделей становлять одне з важливих завдань прогнозування, попередження, в цілому – управління цими процесами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вивчення структури соціо-еколого-економічних систем (СЕЕС), явищ та процесів, які відбуваються у них, факторів впливу, системних ефектів визначає основний зміст наукових досліджень, становить потужний науковий напрям, результати досліджень якого мають світове значення. Вони відзначені самими престижними преміями й нагородами, входять до освітніх та управлінських стандартів усіх країн світу. Разом з тим, досліджуючи конкретні явища, зосередимо увагу на роботах, присвячених аналізу сучасної ситуації в еколого-економічній сфері, соціально-психологічним аспектам функціонування цієї предметної галузі.

У роботах М. В. Григорків та В. С. Григорків [3, 4, 12, 13], Ю. В. Дзядикевича та його колег [19], Л. Д. Загвойської [20], К. А та Л. М. Немець [23, 24], О. М. Паламарчук [26], С. К. Рамазанова [27–30], Д. Л. Тарасенко [35], В. А. Самофатової [31], Scott Heckbert, Tim Baynes, and Andrew Reeson [6], Takuro Uehara, Mateo Cordier, Bertrand Hamaide [7], Schlüter, M. B. Müller and K. Frank [5] розглянуто проблеми різних сторін соціальної, екологічної та економічної взаємодії.

У роботах С. К. Рамазанова [27–30] розглянуто методи моделювання складних систем соціально-еколого-економічного та гуманітарного типу в їх взаємодії, побудовано операторні (інтегро-диференційні) лінійні та нелінійні моделі динаміки таких систем і процесів у них, запропоновано інтелектуальні системи й технології моделювання, прогнозування, управління та прийняття рішень з еколого-економічного моніторингу, розроблено інтегральну модель еколого-економічного управління програмою (проектом) як складною системою на основі знань і нечіткої логіки.

М. В. Григорків [3, 4, 12, 13] запропоновано моделі динаміки двосекторної економіки, один із секторів якої займається випуском основної продукції, а інший – утилізацією забруднення, створеного основним виробництвом. Моделі призначено для дослідження закономірностей розвитку економічних систем в умовах їх екологізації та розроблення екологічних стандартів, пов'язаних з допустимими обсягами забруднення довкілля.

Д. Л. Тарасенко [35] запропоновано модель розрахунку інтегрованого еколого-економічного показника, доведено перспективність застосування трифакторних функцій (факторів промислового розвитку, природоохоронних інвестицій і структурних змін в економіці) для вибору оптимальних управлінських рішень.

Ю. В. Дзядикевич з колегами у колективній монографії [19] висвітлили основні економічні закономірності й механізми управління процесами використання природних ресурсів. Автори акцентують увагу на впровадженні ефективних економічних механізмів управління природними ресурсами, використанні маловідходних і безвідходних технологій, ефективних систем і засобів контролю за еколого-економічними процесами і захистом довкілля від забруднення.

В. А. Самофатова у дисертаційній роботі [31] досліджує й удосконалює методологію управління сталим розвитком агропродовольчої сфери регіону. Представлено авторське бачення сталого розвитку агропродовольчої сфери як холистичного (цілісного) процесу збалансованого розвитку соціально-економічної й екологічної складових, спрямованих на ефективне використання ресурсного потенціалу, зміну споживчого менталітету та досягнення відповідної якості життя людей як у теперішньому, так і майбутньому часі.

Наголошено, що агропродовольча сфера регіону є цілісною соціо-еколого-економічною системою, яка включає не тільки виробництво якісного і безпечного продовольства, а й рекреаційну діяльність, охорону природи та розвиток ландшафтів.

У роботі Л. Д. Загвойської [20] проаналізовано природу еколого-економічних систем (ЕЕС), досліджено сучасний інструментарій їх моделювання, визначено сильні й слабкі сторони найпоширеніших моделей динаміки та еволюції ЕЕС. Робота має загальний рівень, близький до філософського.

О. М. Паламарчук [26] досліджено соціально-психологічні умови формування еколого-економічної культури підприємця. Доведено, що провідними умовами формування еколого-економічної культури є наповненість економічної свідомості підприємця екологічним змістом та особистісне прийняття екологічних цінностей суб'єктами економічної діяльності.

Слід виділити роботи К. А. Немец та Л. М. Немец [23, 24], в яких розглядається загальний рівень об'єкта дослідження. Соціо-еколого-економічні системи розглядаються як складові соціо-геосистеми, поняття якої відображає взаємодію соціуму й природних систем із позицій соціоактогенезу. Показано, що у загальному вигляді всі взаємодії в соціо-геосистемі зводяться до інформаційного обміну між основними підсистемами.

У роботі Maja Schlüter, Birgit Müller and Karin Frank [5] зазначено, що динамічні моделі вже давно є загальним інструментом підтримки управління екологічними та економічними системами та відіграють визначну роль у дослідженні стійкості. Моделі значною мірою орієнтовані на оцінювання політики, розроблення оптимальних стратегій управління або аналіз стабільності системи. Однак моделювання може слугувати багатьом іншим цілям, таким, як розуміння системних реакцій, що виникають у результаті складних взаємодій компонентів системи, підтримка процесів участі та аналіз наслідків складності людської поведінки. Автори запропонували еталонну схему під назвою «моделювання досліджень соціально-екологічних систем» (ModSES), яка узгоджує два аспекти моделювання: ступінь реалізму та ступінь інтеграції знань. Ці два виміри охоплюють ключові виклики досліджень СЕС, пов'язані з необхідністю врахування контекстної залежності та переплетеного характеру СЕС як соціальних систем, вбудованих у природу в різних масштабах.

У роботах Takuro Uehara, Mateo Cordier, Bertrand Hamaide [7] на основі інтеграції нелінійного динамічного моделювання з моделюванням входу/виходу систем (ВВС) розроблено повністю динамічну еколого-економічну модель шляхом інтеграції ВВС із системною динамікою (СД) для кращого відображення критичних ознак еколого-економічних систем. Динамічне моделювання використовується для описування нелінійних систем із оберненими зв'язками. А моделювання ВВС дозволяє врахувати галузеві впливи. Модель використовує концепцію міжгалузевого та міжсекторального балансу. Вона доведена до практичного використання в середовищах Powersim Studio 10 та Microsoft Excel. Економічна система закладена в екологічній системі як підсистема. Екологічна система моделюється за допомогою Powersim програмним забезпеченням СД, а економічна підсистема (ВВС) – за допомогою Microsoft Excel.

Особливістю проаналізованих робіт є розгляд загальних (інтегрованих) еколого-економічних процесів, виявлення основних факторів (у тому числі – соціально-психологічних), які визначають їх тренди, динаміку, побудову математичних моделей такої динаміки. Соціально-психологічні механізми, моделі поведінки (особливо взаємодії) суб'єктів СЕЕ-систем у наведених роботах розглянуті недостатньо.

Імітаційному, агентному моделюванню поведінки натовпу, соціальних груп присвячені роботи А. С. Аكوпова та Л. А. Бекларяна [8, 9, 11]. Результати цих робіт викладені у підручнику А. С. Аكوпова [8]. Разом з тим соціально-психологічні механізми поведінки суб'єктів, засновані на взаємодії вплив-сприйняття, у даних

роботах не розглянуті. Те ж саме стосується роботи Scott Heckbert, Tim Baynes, Andrew Reeson [6].

Соціальна екологія, як навчальний предмет, фундаментально викладена у навчальних посібниках В. А. Ситарова і В. В. Пустовойтова [32], В. В. Лісниченко, Н. Б. Лісниченко [25], Ж. В. Дерій і Т. І. Зосименко [22]. У наведених роботах соціально-психологічні аспекти еколого-економічних відносин розглянуті обмежено. Слід відзначити, що ці аспекти великою мірою (в багатьох випадках – переважаючою) визначають характер, динаміку, результати еколого-економічних явищ та процесів. Міжсуб'єктна комунікація, соціально-психологічні механізми зараження, навіювання, наслідування, основою яких є рівні сприйняття реципієнта і впливу індуктора глибоко розглянуті у роботах класиків (Г. Лебон, Г. Тард, М. Вебер, К. Леонгард) та сучасників (Б. Ф. Поршнєв, Д. В. Ольшанський, Г. Г. Почепцов, Ю. А. Шерковін). Детальний аналіз історії розвитку наукових досліджень, присвячених масовій свідомості й поведінці, поясненню причинно-наслідкових зв'язків і соціально-психологічних механізмів масових процесів, визначенню загальних соціально-психологічних характеристик середовища, соціуму, конкретних видів масових процесів і явищ міститься у дисертаційній роботі та публікаціях автора, присвячених моделюванню лавиноподібних соціально-економічних процесів [1, 2, 14–18].

У цих роботах сформована методологія, розроблені математичні методи і моделі процесів, основою яких є міжсуб'єктна комунікація, результатом якої, за певних обставин, може бути однотипна масовість, зокрема ажіотаж та паніка. Але ж однотипність поведінки не обов'язково становить собою ажіотаж. У більшості випадків вона може бути визначена як певний шаблон, стереотип, звичка. В такому випадку доречно казати про ментальні характеристики, соціально-психологічні установки, типи поведінки, які великою мірою зачіпають екологічні установки людини, її відношення до навколишнього середовища, природи. Таке відношення може бути складовою як економічної поведінки (виробничої сторони, у першу чергу – забруднення природного середовища відходами виробництва), так і побутової неохайності (засмічення житлової зони та її довкілля, забруднення природних зон відходами проведення вільного часу) тощо. До речі, спостереження за околицями невеликих населених пунктів (сіл, містечок) дозволяє стверджувати, що головною причиною забруднення є стереотипна поведінка жителів, які викидають сміття, особливо поліетиленову тару та плівку, на околицю. Причиною такого стереотипу є наслідування. Безумовно, воно викликане певними системними причинами – відсутністю чітко визначеного місця звалища сміття, його регулярного вивезення й утилізації, сміттєвозів тощо. Але ж одна із головних причин – відсутність ефекту від екологічного виховання, екологічних вимог, невміння оцінювати динаміку соціально-екологічних установок, поведінки суб'єктів владними та розпорядчими структурами регіонів.

Роботи автора з моделювання масових процесів, моделювання розповсюдження певних настроїв та установок, еволюції рівнів сприйняття та впливу як основних параметрів, що визначають ймовірнісні механізми зараження та наслідування, дозволяють створити інструменти прогнозування, за допомогою яких можна оцінювати дієвість та ефективність тих чи інших управлінських рішень у сфері соціально-еколого-економічних відношень.

Мета статті – розроблення методів застосування моделей масової поведінки, створених автором у рамках дослідження лавиноподібних соціально-економічних процесів, для прогнозування й управління масовими еколого-економічними процесами.

Постановка завдання. Однією з важливих проблем в управлінні соціально-еколого-економічними системами є розроблення методів застосування моделей масової поведінки для прогнозування екологічних наслідків такої поведінки, вибору варіантів,

сценаріїв впливу з метою укорінення позитивних і викорінення негативних шаблонів такої поведінки.

Виклад основного матеріалу. Моделі лавиноподібних соціально-економічних процесів, створені автором [1, 2, 14–18], засновані на наступних принципах. Множина суб'єктів, яка може звичайним натопом, певною соціальною групою, сформованою ситуативно (вступ до навчального закладу, відвідування масових заходів) чи в рамках якихось загальних інтересів (професійних, культурних, соціальних), знаходиться у комунікативній взаємодії, де один із суб'єктів є індуктором (тим, хто впливає), а другий – реципієнтом (тим, хто сприймає вплив). Поняття суб'єкта (особливо індуктора) може бути узагальненим, зокрема таким суб'єктом можна вважати засіб масової інформації (ЗМІ), групову сторінку соціальної мережі (фани певного співака, медійної особи) тощо. Взаємодія може бути активною (індуктор цілеспрямовано впливає на реципієнта) або пасивною (наслідування реципієнтом певних установок, моделей поведінки індуктора). Перший варіант взаємодії характеризує так зване навіювання, другий – наслідування. Обидва варіанти у загальному вигляді є варіантами зараження (цілеспрямованого чи ненавмисного). Взаємодія у масі суб'єктів також є масовою. Суб'єкт впливає на і зазнає впливу від багатьох суб'єктів. Така взаємодія може характеризуватися ефектом синергії (підсилення чи послаблення, яке не є адитивним). Графічна модель такої взаємодії зображена на рисунках 1, 2.

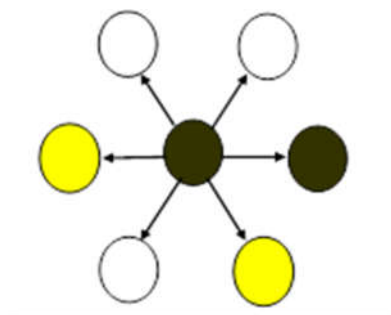


Рисунок 1. Схема впливу індуктора на контактуючих

Figure 1. Scheme of the inductor effect on the contacting

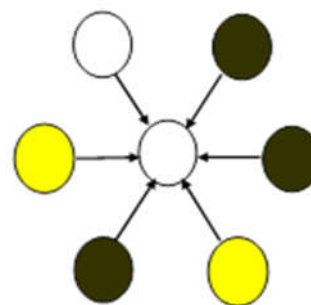


Рисунок 2. Схема впливу контактуючих на реципієнта

Figure 2. Scheme of contacting influence on the recipient

Наведена модель ілюструє схему зараження, де чорними кружками позначені заражені (вони ж заражають), білими – не заражені, але сприйнятливі до зараження, а жовтими – несприйнятливі (імунізовані). Тобто соціум розбивається на три групи (множини) за станом суб'єктів.

Введемо такі позначення:

$S(t)$ – кількість здорових, але схильних до паніки суб'єктів (сприйнятливих);

$I(t)$ – кількість заражених панікою, вони ж поширюють паніку (є індукторами);

$R(t)$ – число непанікуючих, що володіють імунітетом;

$$N = S(t) + I(t) + R(t);$$

N – загальна кількість суб'єктів, для наведеного прикладу – величина постійна;

$$kS(t) = \frac{S(t)}{N} \text{ – частка сприйнятливих;}$$

$$kI(t) = \frac{I(t)}{N} \text{ – частка панікуючих;}$$

$$kR(t) = \frac{R(t)}{N} \text{ – частка імунізованих;}$$

p – ймовірність зараження при одноразовому контакті індуктора з реципієнтом;

r – кількість контактів суб'єкта (кількість суб'єктів у його стандартній околиці спілкування, для наведеного прикладу – величина постійна), серед цих контактів можуть бути суб'єкти усіх трьох видів.

Ймовірність зараження суб'єкта у разі кількох одночасних впливів визначається такою моделлю [15]:

Позначимо подію зараження від i -го джерела в умовах відособлено стійкого впливу через A_i , $i = 1 \dots r$, а незараження – \bar{A}_i . Ймовірність зараження від i -го джерела – $p(A_i)$ або p_i . Ймовірність незараження $p(\bar{A}_i)$ дорівнює $1 - p_i$, відповідно. Позначимо через A подію, що полягає в зараженні реципієнта при одночасному впливі кількох заразників (індукторів). Очевидно, що вона дорівнює сумі подій: $A = A_1 + A_2 + \dots + A_r$, $p(A) = 1 - p(\bar{A}) = 1 - p(\bar{A}_1 \cdot \bar{A}_2 \cdot \dots \cdot \bar{A}_r)$, де $p(\bar{A}_1 \cdot \bar{A}_2 \cdot \dots \cdot \bar{A}_r)$ – ймовірність незараження від r джерел. Якщо впливи індукторів взаємно незалежні, то ймовірність $p_{\text{нзл}}$ зараження від r джерел дорівнює $p_{\text{нзл}} = 1 - \prod_{i=1}^r (1 - p_i)$. Ефект залежності, а це синергетичний ефект, будемо мати місце, якщо $p(\bar{A}_1 \cdot \bar{A}_2 \cdot \dots \cdot \bar{A}_r) \neq \prod_{i=1}^r (1 - p_i)$.

Подальший розвиток цієї моделі заснований на розподілі (диференціації) соціуму за різними ознаками: економічними, соціально-психологічними, рольовими, територіальними тощо. Враховується наявність індукторів, які мають на меті різні впливи, зокрема протилежні. Одних, у цьому випадку, називаємо заразниками, інших – лікарями. Суб'єктам приписуються рівні сприйняття σ та впливу φ . Ймовірність ρ зараження чи оздоровлення (тобто переходу з одного стану в інший, з однієї групи соціуму до іншої) приймається рівною добутку рівня сприйняття на рівень впливу, $\rho = \sigma \cdot \varphi$.

Модель динаміки соціуму стосовно сприйняття тих чи інших установок, переходу з одного стану в інший у різницевій формі має такий вигляд:

$$\begin{cases} S(t + \Delta t) - S(t) = -[p_s + p_i]S(t) \cdot \Delta t \\ I(t + \Delta t) - I(t) = [p_s \cdot S(t) - p_a \cdot I(t)] \cdot \Delta t, \\ R(t + \Delta t) - R(t) = [p_i \cdot S(t) + p_i \cdot I(t)] \cdot \Delta t \end{cases} \quad (1)$$

де p_s – узагальнена та усереднена ймовірність зараження суб'єкта в диференційованому соціумі, p_a – ймовірність лікування (і, одночасно, перехід із групи заражених до групи імунізованих); p_i – ймовірність імунізації сприйнятливого (перехід із групи сприйнятливих до групи імунізованих) суб'єкта.

Процес взаємодії суб'єктів, ймовірності заражень і лікувань, відповідні моделі динаміки детально розглянуто в роботі [15].

Описані підходи та наведені моделі можуть бути використані для моделювання динаміки й наслідків екологічної поведінки суб'єктів соціуму. Ці моделі мають

усереднений характер, можуть описувати зміни часток соціуму (тобто соціальних груп), які характеризують різне сприйняття й відношення до екологічних норм та вимог. Таке сприйняття залежить від домінуючих установок, поведінки певних лідерів, співвідношень між позитивною й негативною пропагандами. Динаміка соціальних груп корелює з наслідками їх екологічної поведінки. Яскравими прикладами можуть бути «бурштинова епопея», деградація сільськогосподарських угідь (широке розповсюдження монокультур, випалювання стерні та довкілля), неконтрольоване вирубування лісу, нагромадження побутових і промислових відходів.

Параметри моделей можуть бути оцінені методами анкетування, опитування, експертного оцінювання, за допомогою статистичних даних стосовно об'ємів, розмірів забруднення, деградації чи матеріальної шкоди. Ставлення українців до питань охорони довкілля (отримане за результатами соціологічного опитування) яскраво відображене у роботі Н. Андрусевич, голови правління Ресурсно-аналітичного центру «Суспільство і довкілля» [10].

Детальніше (посуб'єктне) відображення екологічної поведінки може бути досягнуте використанням імітаційних комп'ютерних моделей, які описані у роботах [15, 16]. Це так званий агентний підхід, коли кожного суб'єкта подають певним набором характеристик (рівнів сприйняття і впливу, поточного стану – належності до певної групи тощо), а також моделей-методів поведінки. Такі моделі поведінки, як правило, зображують скінченними ймовірнісними автоматами. Нагадаємо, що таким автоматом називають сукупність об'єктів: $\langle X, U, Y, u_0, P(w, x, u), \varphi(u) \rangle$, де X, U, Y – вхідний алфавіт, алфавіт станів і вихідний алфавіт автомата, алфавіти-множини є скінченними; $u_0 \in U$ – початковий стан; $P(w, x, u) (x \in X, u, w \in U)$ – ймовірнісна функція переходу, яка визначає правило переходу автомата з одного стану в інший; $\varphi(u) (u \in U, \varphi(u) \in Y)$ – функція виходу. $P(w, x, u)$ визначає ймовірність переходу зі стану u в стан w при вхідному сигналі x .

Множину суб'єктів зручно зображувати клітинним автоматом, двомірною структурою (прямокутником, розділеним на рядки та стовпчики-клітини), де кожна клітина – скінченний ймовірнісний автомат. Сусідні клітини утворюють коло спілкування певної клітини (околицю), причому поняття околиці може варіюватися, задаватися складнішими умовами, які відображають реальні кола спілкування суб'єктів. Зауважимо, що поняття суб'єкта також може бути узагальненим. Наприклад, у якості суб'єкта можна розглядати певну територіальну громаду, кластер осіб з однаковою поведінкою, сім'ю тощо.

Поділ двомірної структури на елементи може мати нерегулярний характер. Скажімо, це можуть бути суб'єкти, асоційовані з певними географічними зонами, регіонами, приміськими природними зонами, розмежованими сільськогосподарськими угіддями й прилеглими територіями.

На рисунку 3 зображено динаміку охоплення соціуму певними настроями за механізмами лавиноподібних процесів, отриману використанням імітаційної моделі. Зеленим позначені сприйнятливі, червоним – інфіковані, жовтим – імунізовані.

Подібний розвиток може характеризувати як негативні, так і позитивні екологічні процеси. Використання імітаційної моделі у вигляді клітинного автомата дозволяє відпрацьовувати різні варіанти управлінського впливу на соціум з метою досягнення екологічної рівноваги.

Управління соціо-еколого-економічними системами тісно пов'язане зі змінами в ментальності суб'єктів, складовими якої є рівні сприйняття та впливу, тобто комунікативні властивості. Зміна цих рівнів може відбуватися еволюційно, під впливом оточуючого середовища, певних подій, впливу індукторів-лідерів, але часто відбувається

стрибоподібно (під тими ж впливами). Механізми таких змін часто носять системний, структурний характер. Рівні впливу чи сприйняття можуть диференціюватися (таких рівнів може бути кілька, найпростіший приклад – рівні сприйняття до «своїх» і до «чужих»). Моделі таких змін найдоцільніше подавати автоматами, ітераційними схемами, які носять дискретний та ймовірнісний характер. Перехід зі стану в стан відбувається під впливом певних подій. Детальніше проблематику моделювання динаміки комунікативних властивостей суб'єктів соціуму розглянуто у відповідній роботі [17].

Управління такою динамікою становить одне із найголовніших завдань формування шаблонів, стереотипів позитивної еколого-економічної поведінки суб'єктів. Імплементация таких моделей у загальні імітаційні моделі соціо-еколого-економічних процесів має забезпечити генерування та порівняння варіантів управління, вибір перспективних варіантів.

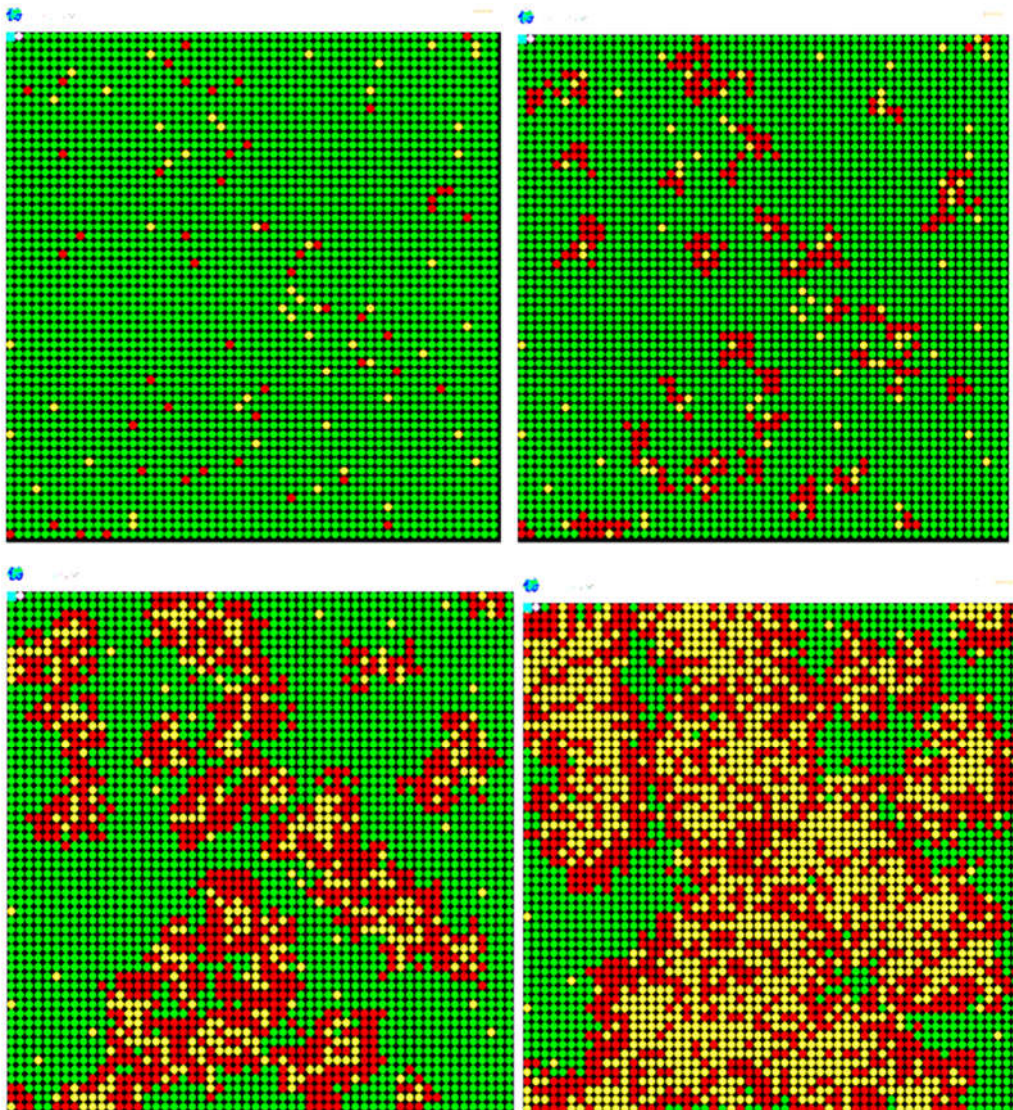


Рисунок 3. Динаміка розвитку лавиноподібних процесів у імітаційній моделі

Figure 3. Dynamics of the drastic processes development in the simulation model

Висновки. Управління еколого-економічними процесами можна зробити ефективнішим у разі використання моделей динаміки масових процесів, моделей поведінки суб'єктів еколого-економічних відношень. Розвиток таких процесів багато в чому залежить від інформаційного впливу на суб'єктів за механізмами зараження, навіювання та наслідування різної направленості. Визначення за допомогою запропонованих моделей наслідків дієвості негативних установок і, одночасно, позитивних, дозволить ефективно протидіяти першим і впроваджувати другі.

Завданням подальших розвідок є розроблення методів ідентифікації, оцінювання параметрів моделей поведінки суб'єктів еколого-економічних відношень та наслідків такої поведінки.

Conclusions. Management of ecological-economic processes can be more effective in the case of using models of mass processes dynamics, models of behaviour of an individual of ecological-economic relations. The development of such processes depends to a large extent on the informational influence on the individual by the mechanisms of infection, suggestion and imitation of different directions. Determination of the consequences of the effectiveness of negative attitudes and, at the same time, positive ones, by the proposed models effectively counteracts the former and introduces the latter ones.

The task of further investigations is to develop methods of identification, evaluation of behaviour models parameters for individuals of ecological-economic relations and the consequences of such behaviour.

Список використаної літератури

1. Danich V. N. Modelling of avalanche-like socioeconomic processes. ТЕКА. Commission of motorization and power industry in agriculture. Lublin University of Technology, Volodymyr Dal East-Ukrainian National University of Lugansk. Volume XA. Lublin: VNU named after V. Dahl Publ, 2010. P. 78–90.
2. Danich V., Yakimova L. Modeling of pension systems evolution. ТЕКА. Commission of motorization and power industry in agriculture. Lublin University of Technology, Volodymyr Dal East-Ukrainian National University of Lugansk. Volume XD. Lublin: VNU named after V. Dahl Publ, 2010. P. 91–100.
3. Grygorkiv V. S., Grygorkiv M. V. Modeling the Dynamics of Ecological-Economic Systems Based on Economic Structuring a Society. Part I. Journal of Automation and Information Sciences. Volume 47. Issue 4. 2015. P. 18–27. <https://doi.org/10.1615/JAutomatInfScien.v47.i4.20>
4. Grygorkiv V. S., Grygorkiv M. V. Modeling the Dynamics of Ecological-Economic Systems Based on Economic Structuring a Society. Part II. Journal of Automation and Information Sciences. Volume 47. Issue 6. 2015. P. 33–40. <https://doi.org/10.1615/JAutomatInfScien.v47.i6.30>
5. Schlüter M., Müller B., and Frank K. The potential of models and modeling for social-ecological systems research: the reference frame ModSES. Ecology and Society. 2019. № 24 (1): 31. URL: <https://doi.org/10.5751/ES-10716-240131>
6. Scott Heckbert, Tim Baynes and Andrew Reeson Agent-based modeling in ecological economics. Ann. New York Academy of Sciences. 2010. 1185. P. 39–53. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2009.05286.x>
7. Takuro Uehara, Mateo Cordier, Bertrand Hamaide Fully Dynamic Input-Output/System Dynamics Modeling for Ecological-Economic System Analysis. Sustainability 2018. № 10. P. 1765. doi:10.3390/su10061765. URL: <https://www.mdpi.com/journal/sustainability>. <https://doi.org/10.3390/su10061765>
8. Акопов А. С. Компьютерное моделирование: учебник и практикум для СПО. Москва: Юрайт, 2019. 389 с.
9. Акопов А. С., Бекларян Л. А. Агентная модель поведения толпы при чрезвычайных ситуаціях. Автоматика и телемеханіка. 2015. Выпуск 10. С. 131–143. <https://doi.org/10.1134/S0005117915100094>
10. Андрусевич Н. Екологічна свідомість в Україні та в ЄС: топ-5 подібностей та відмінностей. Європейська правда. Міжнародна безпека та євроінтеграція України. Суспільство і довкілля. URL: <https://www.eurointegration.com.ua/articles/2018/09/24/7087297/>.
11. Бекларян А. Л., Акопов А. С. Моделирование поведения толпы на основе интеллектуальной динамики взаимодействующих агентов. Бизнес-информатика. 2015. № 1 (31). С. 69–77.
12. Григорів М. В. Динамічні моделі двосекторної екологічної економіки з лінійними функціями поведінки її суб'єктів. Актуальні проблеми економіки. Науковий економічний журнал. № 12 (174). 2015. С. 390–397.

13. Григорків М. В., Григорків В. С. Моделі еколого-економічної динаміки двосекторної економіки з основним і допоміжним виробництвом. *Актуальні проблеми економіки*. 2017. № 6. С. 214–221. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ape_2017_6_24.
14. Данич В. Н. Модели и реальная динамика лавинообразных социально-экономических процессов. *Економічна кібернетика. Міжнародний науковий журнал*. 2008. № 1–2 (49–50). С. 54–59.
15. Данич В. Н. Моделирование быстрых социально-экономических процессов: монография. Луганск: ВНУ им. В. Даля, 2004. 304 с.
16. Данич В. Н., Волга А. В. Многофункциональная клеточная модель социальных паник. *Модели управления в рыночной экономике: сб. науч. тр. Донецк: ДонНУ, 2003. Кн. 1. Спец. Выпуск. С. 94–102.*
17. Даніч В. М. Моделювання динаміки комунікативних властивостей суб'єктів соціуму. *Актуальні проблеми прогнозування розвитку соціально-економічних систем: монографія / за ред. О. І. Черняка, П. В. Захарченка. Мелітополь: Видавничий будинок Мелітопольської міської друкарні, 2019. С. 297–308.*
18. Даніч В. М. Моделювання динаміки менталітету суб'єкта масових комунікацій. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Економічна». Випуск 96. 2019. С. 15–23.*
19. Дзядикевич Ю. В. та ін. *Економіка довкілля і природних ресурсів: монографія. Тернопіль: Астон, 2016. 392 с.*
20. Загвойська Л. Д. Моделювання еколого-економічних систем: досягнення і проблеми. *Вісник Львівського університету. Серія економічна. 2014. Випуск 51. С. 130–135.*
21. *Екологія*. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Екологія>.
22. *Моніторинг еколого-економічних систем. Тексти лекцій для студентів галузі знань 05 – Соціальні та поведінкові науки, спеціальності 051 – Економіка, освітньої програми. Економіка довкілля та природних ресурсів денної форми навчання / укладачі Дерій Ж. В., Зосименко Т. І. Чернігів: ЧНТУ, 2018. 102 с.*
23. Немець К., Немець Л. Концепція соціально-географічної системи як методологічний конструкт суспільної географії. *Часопис соціально-економічної географії*. 2015. Випуск 18 (1). С. 24–32.
24. Немец Л. Н. Устойчивое развитие: социально-географические аспекты (на примере Украины): монография. Х.: Факт, 2003. 383 с.
25. Лисниченко В. В., Лисниченко Н. Б. *Основы педагогической экологии. Северодвинск: ОАО «Северодвинская городская типография», 2015. 95 с. URL: https://narfu.ru/university/library/books/2062.pdf.*
26. Паламарчук О. М. *Психологія розвитку екологічно орієнтованої підприємницької діяльності: автореф. дис. ... д-ра психол. наук : 19.00.01 / Нац. акад. пед. наук України, Ін-т психології ім. Г. С. Костюка. Київ, 2015. 44 с.*
27. Рамазанов С. К. Комплексно-індексний підхід у системі соціально-економічного та екологічного моніторингу та розвитку регіону. *Управління проектами та розвиток виробництва*. 2016. № 3. С. 64–73. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Uprv_2016_3_8.
28. Рамазанов С. К. *Ин струменты эколого-экономического управления предприятием: монография. Донецк: ООО «Юго-Восток, Лтд», 2008. 351 с.*
29. Рамазанов С. К. Проблема прогнозирования эколого-экономических процессов на основе стохастической мультипликативно-аддитивной модели нелинейной динамики. *Актуальні проблеми прогнозування поведінки складних соціально-економічних систем: монографія / за ред. О. І. Черняка, П. В. Захарченка. Бердянськ: Видавець Ткачук О. В., 2016. С. 209–223.*
30. Рамазанов С. К. Проблема сталого розвитку й інтегральна модель еколого-економічного управління в умовах глобальних криз. *Економіка розвитку*. 2016. № 2. С. 63–72. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/escro_2016_2_12.
31. Самофатова В. А. *Методологія управління сталим розвитком агропродовольчої сфери регіону: дис. ... доктора економ. наук: 08.00.05 / Одеська національна академія харчових технологій. 2018. URL: https://www.onaft.edu.ua/download/dissertation/thesis/disser_Samofatov.pdf.*
32. Ситаров В. А., Пустовойтов В. В. *Социальная экология: учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений. Москва: Академия, 2000. 280 с.*
33. *Соціоекологія*. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Соціоекологія>.
34. *Соціо-еколого-економічна оцінка території*. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Соціо-еколого-економічна_оцінка_території.
35. Тарасенко Д. Л. Моделювання еколого-економічних процесів для забезпечення ефективної соціальної політики у сталому регіональному зростанні. *Економіка природокористування та охорони навколишнього середовища. Том 29 (68). № 5. 2018. С. 129–133*

References

1. Danich V. N. Modelling of avalanche-like socioeconomic processes. TEKA. Commission of motorization and power industry in agriculture. Lublin University of Technology, Volodymyr Dal East-Ukrainian National University of Lugansk. Volume XA. Lublin: VNU named after V. Dahl Publ, 2010. P. 78–90.
2. Danich V., Yakimova L. Modeling of pension systems evolution. TEKA. Commission of motorization and power industry in agriculture. Lublin University of Technology, Volodymyr Dal East-Ukrainian National University of Lugansk. Volume XD. Lublin: VNU named after V. Dahl Publ, 2010. P. 91–100.
3. Grygorkiv V. S., Grygorkiv M. V. Modeling the Dynamics of Ecological-Economic Systems Based on Economic Structuring a Society. Part I. Journal of Automation and Information Sciences. Volume 47. Issue 4. 2015. P. 18–27. <https://doi.org/10.1615/JAutomatInfScien.v47.i4.20>
4. Grygorkiv V. S., Grygorkiv M. V. Modeling the Dynamics of Ecological-Economic Systems Based on Economic Structuring a Society. Part II. Journal of Automation and Information Sciences. Volume 47. Issue 6. 2015. P. 33–40. <https://doi.org/10.1615/JAutomatInfScien.v47.i6.30>
5. Schlüter M., Müller B., and Frank K. The potential of models and modeling for social-ecological systems research: the reference frame ModSES. Ecology and Society. 2019. № 24 (1): 31. URL: <https://doi.org/10.5751/ES-10716-240131>. <https://doi.org/10.5751/ES-10716-240131>
6. Scott Heckbert, Tim Baynes and Andrew Reeson Agent-based modeling in ecological economics. Ann. New York Academy of Sciences. 2010. 1185. P. 39–53. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2009.05286.x>
7. Takuro Uehara, Mateo Cordier, Bertrand Hamaide Fully Dynamic Input-Output/System Dynamics Modeling for Ecological-Economic System Analysis. Sustainability 2018. № 10. P. 1765. doi:10.3390/su10061765. URL: <https://www.mdpi.com/journal/sustainability>. <https://doi.org/10.3390/su10061765>
8. Akopov A. S. ed. Komp'yuternoye modelirovaniye: uchebnik i praktikum dlya SPO. Computer modeling: textbook and workshop for secondary vocational education. 2019. 389 p. [In Russian].
9. Akopov A. S., Beklaryan L. A. Agentnaya model' povedeniya tolpy pri chrezvychnykh situatsiyakh. Agent model of crowd behavior in emergency situations. Automation and Telemechanics. 2015. No. 10. P. 131–143. [In Russian]. <https://doi.org/10.1134/S0005117915100094>
10. Andrusyevych N. Ekolohichna svidomist' v Ukraini ta v YES: top-5 diysnostey ta vidminnostey. European truth. Ukraine's international security and European integration. Society and the environment, 2018. URL: <https://www.eurointegration.com.ua/articles/2018/09/24/7087297/>. [In Russian].
11. Beklaryan A. L., Akopov A. S. Modelirovaniye povedeniya tolpy na osnove intellektual'noy dinamiki vzaimodeystvuyushchikh agentov. Modeling crowd behavior based on the intellectual dynamics of interacting agents. Business-Informatics. 2015. No. 1 (31). P. 69–77. [In Russian].
12. Hryhorkiv M. V. Dynamichni modeli dvosekturnoyi ekolohichnoyi ekonomiky z liniynymy funktsiyamy povedinky yiyi sub'yektiv. Actual problems of the economy. Scientific Economic Journal. 2015. No. 12 (174). P. 390–397. [In Ukrainian].
13. Hryhorkiv M. V., Hryhorkiv V. S. Modeli ekoloho-ekonomichnoyi dynamiky dvosekturnoyi ekonomiky z osnovnym i dopomizhnym vyrobnytstvom [Models of ecological and economic dynamics of a two-sector economy with main and auxiliary production. Actual problems of the economy. 2017. No. 6. P. 214–221. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ape_2017_6_24. [In Ukrainian].
14. Danich V. N. Modeli i real'naya dinamika lavinoobraznykh sotsial'no-ekonomicheskikh protsessov. Models and real dynamics of avalanche-like socio-economic processes. Economic cybernetics. International scientific journal. 2008. No. 1–2 (49–50). P. 54–59. [In Russian].
15. Danich V. N. Modelirovaniye bystrykh sotsial'no-ekonomicheskikh protsessov: monografiya. Modeling Fast Socio-Economic Processes: Monograph. Lugansk: VNU named after V. Dahl Publ., 2004, 304 p. [In Russian]
16. Danich V. N., Volga A. V. Mnogofunktsional'naya kletchnaya model' sotsial'nykh panic. Multifunctional cell model of social panic. Management models in a market economy. Collection of scientific papers. 2003. No. 1. Special issue. P. 94–102. [In Russian].
17. Danich V. N. Modelyuvannya dynamiky komunikatyvnykh vlastyvostrykh sub'yektiv sotsiumu. Modeling of dynamics of communicative properties of subjects of society. Actual problems of forecasting the development of socio-economic systems: monograph / edited by O. I. Chernyaka, P. V. Zakharchenko. Melitopol: Publishing House of Melitopol City Printing House, 2019. P. 297–308. [In Ukrainian].
18. Danich V. M. Modelyuvannya dynamiky mentalitetu sub'yekta masovykh komunikatsiy. Modeling of dynamics of mentality of the subject of mass communications. Bulletin of the V. N. Karazin. 2019. No. 96. P. 15–23. [In Ukrainian].
19. Dzadikevich Yu. V. ed. Ekonomika dovkillya i pryrodnykh resursiv: monografiya. Economics of the environment and natural resources: a monograph. Ternopil: Aston Publ., 2016, 392 p. [In Ukrainian].
20. Zahvoys'ka L. D. Modelyuvannya ekoloho-ekonomichnykh system: dosyahnennya i problem. Modeling of ecological and economic systems: achievements and problems. Bulletin of the University of Lviv. The series is economical. 2014. No. 51. P. 130–135.

21. Ekolohiya. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Екологія>.
22. Deriy Zh. V., Zosimenko T. I. comp. Monitorynh ekoloho-ekonomichnykh system. Teksty lektsiy dlya studentiv haluzi znan' 05 – Sotsial'ni ta povedinkovi nauky, spetsial'nosti 051 – Ekonomika, osvith'nyi prohramy – Ekonomika dovkillya ta pryrodnykh resursiv dennoyi formy navchannya. Chernihiv: National Technical University Publ., 2018. 102 p. [In Ukrainian].
23. Nyemets' K., Nyemets' L. Kontsepsiya sotsial'no-heohrafichnoyi systemy yak metodolohichnyy konstrukt suspil'noyi heohrafiyi. [The concept of socio-geographical system as a methodological construct of social geography. Journal of Socio-Economic Geography. 2015. No. 18 (1). P. 24–32. [In Ukrainian].
24. Nyemets' L. N. Ustoychivoye razvitiye: sotsial'no-geograficheskiye aspekty (na primere Ukrainy). Sustainable development: socio-geographical aspects (for example, Ukraine). Kharkov: Fact Publ., 2003. 383 p. [In Russian].
25. Lisnichenko V. V., Lisnichenko N. B. Osnovy pedagogicheskoy ekologii. Fundamentals of pedagogical ecology. Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov. Institute of Shipbuilding and Marine Arctic Engineering. Severodvinsk, Severodvinsk City Printing House, 2015. 95 p. URL: <https://narfu.ru/university/library/books/2062.pdf>. [In Russian].
26. Palamarchuk O. M. Psykholohiya rozvytku ekolohichno oriyentovanoi pidpryyemnyts'koyi diyal'nosti: avtoref. dysertatsiyi doktora psykhol. nauk: 19.00.01 / Nat. Acad. ped. of Sciences of Ukraine. Kiev, 2015. 44 p. [In Ukrainian].
27. Ramazanov S. K. Kompleksno-indeksnyy pidkhid u systemi sotsial'no-ekonomichnoho ta ekolohichnoho monitorynhu ta rozvytku rehionu. Complex-index approach in the system of socio-economic and environmental monitoring and development of the region. Project management and production development. 2016. No. 3. P. 64–73. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Uprv_2016_3_8. [In Ukrainian].
28. Ramazanov S. K. Instrumenty ekologo-ekonomicheskogo upravleniya predpriyatiyem: monografiya. Tools of environmental and economic enterprise management: monograph. Donetsk: Yugo-Vostok Ltd Publ., 2008. 351 p. [In Russian].
29. Ramazanov S. K. Problema prognozirovaniya ekologo-ekonomicheskikh protsessov na osnove stokhasticheskoy mul'tiplikativno-additivnoy modeli nelineynoy dinamiki. The problem of forecasting environmental and economic processes based on a stochastic multiplicatively additive model of nonlinear dynamics. Actual problems and forecasting the behavior of folding social-economic systems: monograph. Berdyansk: Publisher Tkachuk O. V., 2016. P. 209–223. [In Russian].
30. Ramazanov S. K. Problema staloho rozvytku y intehral'na model' ekoloho-ekonomichnoho upravlinnya v umovakh hlobal'nykh kryz. [Sustainable development problem and integrated model of ecological and economic management in the face of global crises. Economics of development. 2016. No. 2. P. 63–72. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ecro_2016_2_12. [In Ukrainian].
31. Samofatova V. A. Metodolohiya upravlinnya stalym rozvytkom ahroprodovol'choyi sfery rehionu. Doktorat dissertatsion / Odessa National Academy of Food Technologies. 2018. URL: https://www.onaft.edu.ua/download/dissertation/thesis/disser_Samofatov.pdf. [In Ukrainian].
32. Sitarov V. A., Pustovoitov V. V., Sotsial'naya ekologiya: ucheb. posobiye dlya stud. vyssh. ped. ucheb. zavedeniy. Moscow: Publishing Center "Academy", 2000. 280 p. [In Russian].
33. Sotsioekolohiya. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Соціоекологія>.
34. Sotsio-ekoloho-ekonomichna otsinka terytoriyi. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Соціо-еколого-економічна_оцінка_території.
35. Tarasenko D. L. Modelyuvannya ekoloho-ekonomichnykh protsesiv dlya zabezpechennya efektyvnoyi sotsial'noyi polityky u stalomu rehional'nomu zrostanni. Economics of environmental management and protection of the environment. 2018. No. 29 (68). 5. P. 129–133. [In Ukrainian].