

## ЕКОНОФІЗИКА ЯК СКЛАДОВА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ СТРУКТУР (огляд)

В роботі розглянуто необхідність створення інформаційних систем, які повинні базуватися на нових методологіях. Здійснено огляд концепцій представників еконофізики, визначено причини її ефективності як фундаменту при побудові нових інформаційних систем.

In this work the necessity of creation of the information systems, based on new methodologies, is shown. A review of conceptions of econophysics representatives has been carried out, the reasons of its efficiency have been determined as foundation in construction of novel information systems.

### Вступ

В сучасних умовах розвитку соціально-економічних систем інформаційні технології проникають, практично, в кожен з сфер людської діяльності. Вони дали можливість приватним особам, фірмам і співтовариствам, що займаються підприємницькою діяльністю, ефективніше і творчо розв'язувати економічні й соціальні проблеми.

Ось чому вивчення та систематизація інформаційних технологій, особливості їх використання в економічній сфері повинні бути в центрі уваги сучасних дослідників.

За характером використання інформаційні системи поділяють на:

1. *Інформаційно-пошукові системи* – програмні системи для зберігання, пошуку і видачі інформації, яка цікавить користувача.

До апаратно-програмних засобів реалізації даних систем можна віднести сховища і вітрини даних (data warehouse), які містять певну аналітичну інформацію та забезпечують її оперативне представлення в зручному для користувача виді. Типовими представниками програмних продуктів цієї категорії є SAP Business Warehouse (SAP), Informatica, 1С підприємство, MS Access, Oracle, IBM, Sybase, а також універсальні CASE-інструменти (ErWin).

2. *Інформаційно-аналітичні системи* – клас інформаційних систем, призначених для аналітичної обробки даних.

Засобами реалізації є інструменти оперативної аналітичної обробки (On-Line Analytical

Processing, OLAP) та системи підтримки прийняття рішень (Decision Support Systems, DSS).

OLAP-системи забезпечують вирішення багатьох аналітичних задач: аналіз ключових показників діяльності, маркетинговий та фінансово-економічний аналіз. До типових представників програмних продуктів цього класу відносять: Hyperion Essbase (Hyperion Solutions Corporation), Oracle OLAP (Oracle), MS Analysis Services (Microsoft), Business Objects (Business Objects), Cognos PowerPlay (Cognos), MicroStrategy.

Клас аналітичних систем DSS включає множини різних продуктів для представлення кінцевих рішень аналітиків. Характерними прикладами програмних продуктів даного класу є експертні аналітичні системи LanFinance, які дозволяють здійснити функції фінансового аналізу на основі спеціалізованих модулів, що реалізують певну методологію.

3. *Інформаційно-вирішувальні системи* – системи, що здійснюють переробку інформації за певним алгоритмом.

До них відносять засоби інтелектуального добування даних (data mining), які забезпечують пошук корисної інформації у великих масивах даних за допомогою методів математичного аналізу: фільтрації, дерева рішень, асоціативних правил, генетичних алгоритмів, нейронних мереж, статистичного аналізу.

Як правило, функції інтелектуального видобування даних вбудовуються в OLAP-системи. Типові представники фірм-розробників: Hyperion

Essbase (Hyperion Solutions Corporation), Oracle Data Mining (Oracle), SAS (SAS Institute).

Слід зазначити, що аналітичні інформаційні системи моделюють класичні розрахунки, спираючись на статистичні дані. Експертні системи базуються на знаннях експертів, тому не можуть вийти за рамки побудованих продукційних правил. Робота нейромережних технологій є ефективною, якщо навчальна вибірка складається з великої кількості записів. Новостворені підприємства, фірми чи інші об'єкти такою статистикою не володіють.

Усунення цих недоліків полягає у створенні нової методології, в якій необхідно замінити економічні розрахунки на математичні моделі міждисциплінарних досліджень, які в останні роки активно проводяться у світі. Вони дозволяють співставити методи аналізу, сформулювати єдиний понятійний апарат, порівняти конкретну науку з іншими сферами знань. Широке застосування на початку 1990-х років методів, апробованих у фізиці для вивчення економічних явищ, привело до формування нового наукового напрямку, який отримав назву «економічна фізика».

Інтерес фізиків до економічних проблем викликаний двома обставинами. По-перше, накопиченням великого масиву даних в економіці, особливо у фінансах, який міг би аналізуватися в різних аспектах. По-друге, існуванням фізичних понять і парадигм, такі як критичні явища, невпорядковані системи, системи з нелінійною динамікою, які дозволяють побудувати сферу економіки і фінансів з фізичної точки зору.

Метою роботи є огляд передових методологій екофізики, які можуть бути використані для створення нових інформаційних систем.

### **Математичне моделювання.**

Одним з напрямків екофізичних досліджень є математичне моделювання процесів розвитку і еволюції, яке може призвести до побудови економічних систем за принципами точних природничих наук. Особливість цього напрямку полягає в тому, що фізичні і економічні поняття не співставляються, а в економіці використовуються методи математичного моделювання, які описують фізичні процеси.

Даний вид досліджень використовує академік РАН В.П. Маслов в книзі «Квантова економіка» [1]. Він вважає, що закони фінансових ринків у певні періоди часу підпорядковуються або лінійній, або нелінійній арифметиці, при-

чому закони нелінійної арифметики на деяких етапах рухають фінансовим ринком більш інтенсивно, ніж закони лінійної арифметики. В певні періоди відбуваються «фазові переходи» від однієї арифметики до іншої. Найскладніші розрахунки зв'язані з перехідним періодом, коли одна частина суспільства живе за однією «арифметикою», а інша - за іншою...

Для автора лінійна арифметика є класичною теорією імовірності. При класичному розрахунку середнього математичного сподівання значення величини, отримується результат, який не відображає реального явища, оскільки моральні збитки від програшу можуть неспіврозмірно перевищувати задоволення від виграшу. Вводяться додаткові обмеження, на основі яких вибудовується «нелінійна арифметика», згідно з якою математичне сподівання обчислюється за іншими формулами, які суттєво відрізняються від класичних. Система нелінійних рівнянь для прибутків безпосередньо переходить в аксіому Гіббса для квантової статистики. Крім того, грошові купюри підпорядковуються квантовій статистиці Бозе-Ейнштейна.

За допомогою квантової теорії рідини (а саме, ефекту фонтанування) автор зміг пояснити відомі ефекти в економіці (дефолт, пробій курсу акцій), які не в змозі спрогнозувати сучасна економічна теорія.

У своїх працях автор багато уваги приділяє законам, що діють в економіці і фізиці. Але це швидше не співставлення явищ, а перевірка параметрів явища на відповідність критеріям математичної моделі. Прикладом може бути робота [2], в якій пов'язуються імовірнісні поняття ентропії, температури, вільної енергії, і гамільтоніану з системою ідентичних об'єктів, таким чином, що сучасні методи квантової статистики можуть застосовуватися в проблемах математичних фінансів.

### **Співставлення фізичних та економічних понять.**

Предметом вивчення цього напрямку екофізичних досліджень є властивості, закони, фундаментальні характеристики процесів в економіці та фізиці, які мають спільну основу.

Прикладом фундаментальної теоретичної роботи може бути книга авторів А.В. Мосейчук, В.А. Мосейчук «Вступ у реальну квантову економіку» [3]. В центрі вивчення – «Природа», під якою розуміється «гігантська самоорганізована система функціонально пов'язаних елементів

об'єктивної і суб'єктивної реальності, що утримуються вкупі силами, дія яких визначається детерміністичними та ймовірнісними законами. Кожен з елементів цієї системи, в тому числі й людина, повинен виконувати свою роль, підкоряючись загальним законам, які діють у системі». Центральним завданням є адекватне відображення природи у свідомості людей.

Як відзначали Г.Стенлі та ін.: «Вчені, що займаються статистичною фізикою, встановили, що фізичні системи, які складаються з великого числа взаємодіючих часток, підпорядковуються законам, незалежним від конкретних умов. Цей прогрес був досягнутий в основному завдяки розвитку теорії подібності (scaling theory). Оскільки економічні системи також складаються з великого числа взаємодіючих одиниць, ймовірно, що теорія подібності може бути застосована до економіки» [4]. Однак, закони подібності можуть проявлятися лише при стійких потоках інформації.

Професор Г.А.Бордовський [5] вважає, що гроші володіють всіма властивостями фізичних частинок, а саме:

- існують в одиничних станах і складають множини;
- неперервно рухаються і взаємодіють один з одним;
- володіють певною енергією і міняють її при взаємодії;
- можуть переходити одні в одних по певних законах;
- складають поле, в якому розповсюджуються (поле фінансового обігу);
- володіють своєю грошовою масою, яка пов'язана з їх енергією;
- мають свої джерела, які випускають і поглинають грошові частинки.

Побудовою динамічних моделей для відносно простих ринкових економічних систем займається А.В.Кондратенко [6]. В якості дослідження розглядаються системи, які складаються з економічної підсистеми або просто економіки, з певним числом покупців і продавців, і її зовнішнього середовища з певними взаємодіями між суб'єктами економіки і між економікою і зовнішнім середовищем. В роботі автора припускається, що побудувати динамічну модель можна по аналогії з методом побудови теоретичних моделей фізичних систем, які складаються із системи взаємодіючих між собою матеріальних точок, що знаходяться в області дії зовнішніх сил або зовнішнього сере-

довища. Крім того, автор припускає, що рівняння руху, які отримані для фізичних систем – прототипів в координатному або фізичному просторі – є достатньо хорошим наближенням для рівнянь руху модельованих економічних систем в деякому ціновому просторі.

Незважаючи на різницю у властивостях координатного і цінового простору та властивостях економічної і фізичної системи, прийнятною стартовою позицією у вивченні динаміки економічних систем є рівняння руху для фізичного прототипу, тобто вид рівнянь обох систем у своїх просторах буде однаковий, хоча зміст параметрів і потенціалів у них буде зовсім різний. У фізиці допускається, коли одні і ті ж рівняння описують зовсім різні системи. Так, наприклад, рівняння гармонічного осцилятора описує рух як простого маятника, так і рух електромагнітної хвилі. Іншими словами, формальна схожість рівнянь не означає тотожності самих систем, які вони описують.

У фізиці накопичений величезний досвід розрахунку фізичних систем різної міри складності з різними взаємодіями між членами системи і системи із зовнішнім середовищем. Можна спробувати знайти спосіб використовувати ці досягнення для вирішення економічних проблем. В разі успіху відкрилася б можливість за допомогою комп'ютерних розрахунків фізичних моделей досліджувати чисельний вплив різних як внутрішніх, так і зовнішніх чинників на поведінку кожного суб'єкта економіки і на результати діяльності всієї системи в цілому. Теоретична економіка отримала б в свої руки щонайпотужніший інструмент для дослідження, порівняний за своїми можливостями з тим, що дало свого часу фізиці відкриття рівнянь руху відносно простих фізичних систем.

Логіка досліджень така. На першому етапі при побудові фізичної моделі і виводі з перших принципів рівнянь руху для неї ми спочатку робимо всі наближення і допущення, які робляться при виведенні рівнянь руху у курсі теоретичної фізики Ландау і Ліфшица [7,8], потім отримуємо рівняння, які за формою схожі на фізичні рівняння і які розглядаються нами як стартове або початкове наближення для фізичної моделі економічної системи. На другому етапі проводяться масовані розрахунки моделей, результати яких порівнюються з експериментальними даними, іншими словами, з даними емпіричної економіки. При цьому знаходяться оптимальні значення параметрів і потенціалів моделі та оцінюються гра-

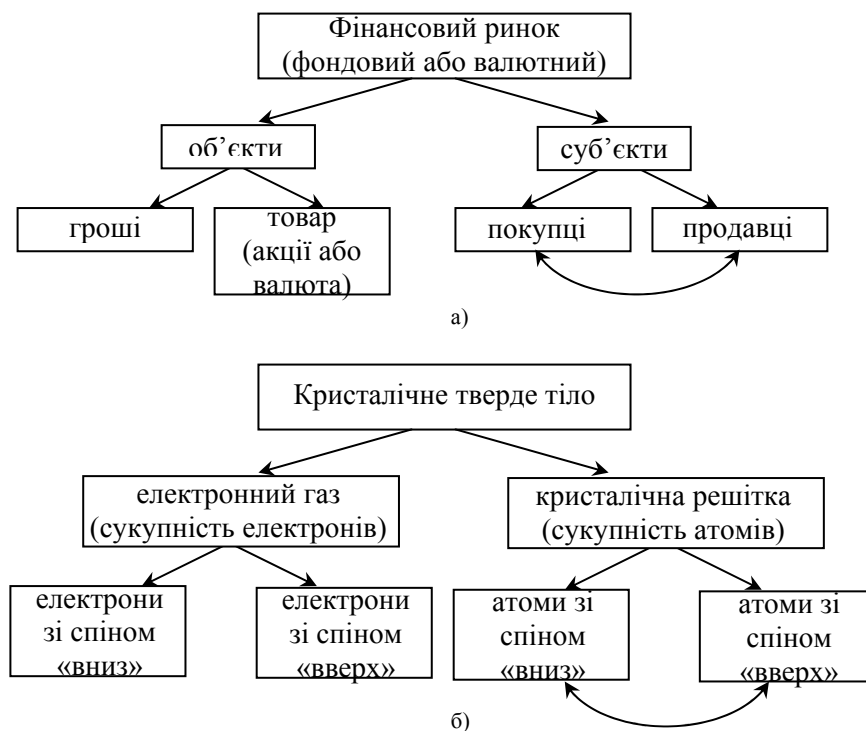


Рис. 1. Ізоморфні структури динамічних мереж: а – фінансовий ринок (економічний об'єкт); б – кристалічне тверде тіло (фізичний об'єкт)

ниці застосовності даного початкового наближення. На третьому етапі з врахуванням результатів розрахунку і експериментальних даних оцінюються зроблені припущення і знаходяться точніші і адекватніші принципи оптимізації і відповідні їм рівняння руху.

В статтях Є.В.Шипіцина, В.В.Попкова, Д.Б.Берга [9,10], автори успішно застосували теоретичні методи фізики твердого тіла в аналізі динаміки фінансових ринків. Кристалічне тверде тіло (типовий фізичний об'єкт) має точно таку ж структуру своєї динамічної мережі, як і фінансовий ринок (типовий економічний об'єкт) (рис.1). Аналогічні і механізми функціонування двох мереж: електрони рухаються по кристалічному твердому тілу шляхом перескакування з одного атому на інший, а гроші і товари переміщуються по фінансовому ринку за рахунок переходів від одного покупця чи продавця до іншого.

Отже, динамічні мережі фінансового ринку і кристалічного твердого тіла ізоморфні один до одного.

Кристалічна решітка твердого тіла представляє собою статичну мережу, а додавання до неї електронного газу «збуджує» цю мережу і перетворює з статичної в динамічну.

Основними фундаментальними теоретичними моделями фізики твердого тіла є  $t$ - $J$ - $A$  модель. В рамках цієї моделі можливі тільки три різних електронних стани атома:

$$|0\rangle, |\downarrow\rangle, |\uparrow\rangle, \quad (1)$$

що означають відповідно відсутність на ньому електронів і наявність одного електрона зі спіном «вниз» або «вверх».

Виходячи з ізоморфізму динамічних мереж фінансового ринку і кристалічного твердого тіла, електрони зі спіном «вниз» або «вверх» можна співставити відповідно з грошима і товаром (під якими розуміють акції і валюту), а атоми зі спінами «вниз» і «вверх» - з покупцями і продавцями. З врахуванням проведеного вище співставлення фізичних понять з економічними, дане твердження означає, що покупець – це суб'єкт фінансового ринку, в якого є гроші, а продавець – той, у кого є товар.

Відмітимо, що перший з перерахованих елементів в (1) – атом без електронів (тобто суб'єкт фінансового ринку без грошей і товару) – можна вважати статичним елементом динамічної мережі (або пасивним учасником ринку), а останні два – атоми з електроном зі спіном «вниз» або «вверх» – вважати динамічними елементами мережі (або активними учасниками ринку). Збільшення кіль-

кості електронів у розглядуваному кристалічному твердому тілі (прибуття на фінансовий ринок грошей і товару) приводить до «активізації» пасивних учасників, тобто до зменшення числа статичних елементів динамічної мережі.

Модель  $t$ - $J$ - $A$  характеризується трьома основними фізичними параметрами, кожному з яких можна дати економічну інтерпретацію:

1. Обмінна енергія  $J$  – є характеристикою процесу обміну електронами зі спіном «вниз» і «вверх» між двома атомами; чим більша величина  $J$ , тим легше і швидше відбувається обмін. На економічній мові параметр  $J$  можна інтерпретувати, як ступінь легкості і швидкості купівлі-продажу товару, тобто як ліквідність.

2. Ширина  $W$  зони розкиду енергій – є характеристикою безпорядку в кристалічній ґратці. Зауважимо, що електронний енергетичний рівень атома еквівалентний сумарній енергії атома в двох його станах -  $|\downarrow\rangle$  і  $|\uparrow\rangle$ , а величина  $W$  дорівнює різниці між максимальним (найвищим) і мінімальним (найнижчим) електронними енергетичними рівнями атомів розглядуваного твердого тіла. Якщо тепер фізичному поняттю «енергія» співставити економічну категорію «вартість», то електронний енергетичний рівень атома можна інтерпретувати як сумарну вартість грошей і товару, яка може мати різне значення тільки за рахунок різної вартості товару, тобто в результаті коливань його ціни. Тоді параметр  $W$  фактично представлятиме собою різницю між максимальною і мінімальною ціною товару, в результаті чого даний параметр можна інтерпретувати як ступінь зміни ринкової ціни товару, тобто як волатильність.

3. Електронна концентрація  $n$  (що змінюється в межах від 0 до 1) – представляє собою відношення числа електронів у твердому тілі ( $N_e$ )

до числа атомів у ньому ( $N$ ): 
$$n = \frac{N_e}{N}.$$

З економічної точки зору параметру  $n$  можна дати подвійне взаємодоповнює тлумачення. З одного боку, величина  $n$  – це відношення сукупної кількості ресурсів фінансового ринку (тобто сумарного числа грошей і товару, які обертаються на ньому) до числа всіх учасників цього ринку (як активних, так в пасивних), що дозволяє інтерпретувати її як концентрацію ресурсів. З іншого боку, на економічній мові параметр  $n$  можна назвати концентрацією

активних учасників ринку (що є відношенням числа активних учасників ринку до повного числа учасників ринку), або коефіцієнтом динамічності сітки фінансового ринку (що показує, яка частина елементів динамічної сітки втягнута у взаємодію один з одним).

### **Фрактальний аналіз як інструмент оцінки складних економічних систем.**

Одним з напрямків еконофізики є фрактальний аналіз структури фінансового ринку, який розглядає ринкові системи як нелінійні та динамічні. Фрактали присутні всюди в нашому світі і грають істотну роль, у тому числі і в структурі фінансових ринків, які локально випадкові, але глобально детерміновані. Вченими розглядаються методи фрактального аналізу ринків акцій, облігацій і валют, методи розрізнення незалежного процесу, нелінійного стохастичного процесу і нелінійного детермінованого процесу, досліджується вплив цих відмінностей на призначені для користувача інвестиційні стратегії і способи моделювання. Такі стратегії і способи моделювання тісно пов'язані з типом активів і інвестиційним горизонтом користувача.

Аналіз показує, що загальний об'єм ринку має тенденцію до безкінечного росту: сумарний об'єм малих ринкових ніш може перевищувати сумарний об'єм великих ніш. Знаючи розташування «незайнятого» простору на ринку, можна «розташувати» там нових агентів з відповідним набором послуг і оборотом. При цьому буде отримана нова, густіша конфігурація ринкової структури. Така процедура може продовжуватися нескінченно. Практичний інтерес представляє здобуття густих, оптимальних за заповненням конфігурацій, розмір ніш яких варіюється у допустимих межах. Сукупність однорідних агентів, що діють на ринку, описується розподілом числових значень їх характеристик.

Відмінною особливістю фрактальних розподілів є нескінченна дисперсія. Саме такою є статистика біржових крахів і багатьох інших подій в економіці.

Слід зазначити, що фрактальний аналіз здійснюється не лише для фінансового ринку, а й для інших економічних систем, наприклад, ринку туризму. В основу аналізу покладено моделювання фінансових та економічних процесів у фракталах згідно із змодельованою внутрішньою структурою туристичного ринку.

У статті [11] розглядається методологія аплікації методів фрактального росту кристалів у не-

чіткому потенціальному полі атрактивності для прогнозування соціально-економічних процесів. Автором запропоновані методика побудови нечіткого потенціального поля привабливості та методика модифікації та інтеграції класичних методів фрактального росту: дифузно обмеженої агрегації та «випадкового дощу» з теорією молекулярної динаміки. Наведено детальний опис та обґрунтування даних модифікованих моделей. Для моделі дифузно-обмеженої агрегації (ДОА) показано, що врахування елементів апарату молекулярної динаміки, сили в'язкого тертя й обмежень в моделі ДОА дозволяє адекватно описувати рух акреційованої частинки в нечіткому потенціальному полі. Для моделі фрактального росту «випадковий дощ» показано, що методика врахування декількох центрів кластеризації та визначення ймовірності агрегації частинки дозволяють адекватно описувати рух акреційованої частинки в нечіткому потенціальному полі.

Також автор здійснює апробацію методології при прогнозуванні геометричної структури населених пунктів.

Стаття [12] присвячена методу сегментації для прогнозування соціально-економічних процесів згідно із запропонованими методологіями з метою визначення якісного та кількісного складу й обсягу послуг, що надаються сегменту, в залежності від побажань туристів та рекреантів. Інтегрування за об'ємом дозволяє визначити середню кількість рекреантів і відповідно передбачити грошові потоки моделюваної системи.

#### **Моделювання поведінки людей.**

Французький фізик Жан-Філіпп Бушо [13] припускає, що глобальних економічних криз можна в майбутньому уникнути, якщо використовувати фізичні підходи до моделювання економічних процесів, змінивши при цьому систему мислення економістів і їх підготовку. Бушо стверджує, що в описі поведінки людських мас повинні існувати деякі статистичні закономірності, подібно до законів ідеального газу, що виникають з хаотичного руху окремо взятих молекул. Для нього головна відмінність між моделюванням фізичних і економічних процесів полягає в різному підході цих двох наук до використання наукових концепцій, рівнянь і емпіричних даних, на яких це моделювання базується.

Одна з найбільш вдалих моделей в екофізиці була розроблена економістом Т.Лаксом і фізиком М.Марчезі [14]. У ній представлено три групи учасників фондового ринку: реалісти, що купують акції при падінні їх котирувань нижче рівня, визначеного довгостроковими чинниками; песимісти, що продають акції при підвищенні котирувань для фіксації прибутку; оптимісти, що купують акції при їх зростанні. Дана модель базується на уявленнях статистичної фізики про взаємодію часток під впливом внутрішніх чинників системи. У моделі встановлюється ймовірність переходів учасників ринку з однієї групи в дві інші, причому функції переходів визначаються прибутками від використання фундаментальних або технічних стратегій. Динаміка котирувань залежить від співвідношень попиту трьох груп учасників. Згідно з даною моделлю, стабільний стан ринку настає після значних коливань, коли скорочується число прибічників технічного аналізу – песимістів та оптимістів і зростають ряди прибічників фундаментального підходу – реалістів.

Дана робота цікава тим, що задається питання моделювання поведінки людей у кризовій ситуації, адже паніка натовпу суттєво впливає на діяльність фінансових ринків у період кризи.

Проте головна проблема всіх відомих екофізичних моделей полягає в тому, що об'єм грошей приймається фіксованим. Для екофізиків постулат про постійність енергії означає, що при операції змінюється кількість грошей у розпорядженні кожного з її учасників, але не в економічній системі в цілому. Але насправді і в національній, і в світовій економіці має місце процес мультиплікації грошей в результаті кредитних операцій.

#### **Визначення інформації та енергії економічної системи.**

Економічна теорія безпосередньо стикається з поняттям «інформації» принаймні в трьох випадках: по-перше, при вивченні вартості; по-друге, при аналізі поняття ринкової ефективності; по-третє, в теорії асиметричної інформації.

У традиційній економічній теорії вартість вимірює результат процесу виробництва, а процес виробництва є взаємодією енергії і інформації. Перша в ході цього процесу витрачається, переходить у новий стан, друга – використовується.

Можна висловити припущення про енергетичний характер грошей, адже вони, з одного боку, є множиною зв'язків між товаровиробниками та

споживачами, а з іншого боку, - ресурсом, що забезпечує перерозподіл інших видів ресурсів (матеріальних, трудових). Гроші володіють властивістю мимоволі розширюватися і здатні перерозподіляти енергію в економіці, зокрема через фінансову систему і фінансовий ринок. Гроші як структура підлаштовуються під товарну масу в результаті процесу інфляції-дефляції. Вони колапсують при погашенні банківських кредитів, а також у ході фінансових криз, коли мають місце неповернення кредитів і банкрутства.

Приведене трактування грошей збігається з уявленням квантової механіки про хвильову функцію електрона. У квантовому стані електрон поводить себе як хвиля і відповідно вид енергії з певною імовірністю знаходиться в якій-небудь частині так званого хвильового пакету, тобто структури, що створена енергією. Хвильовий пакет може збільшуватися за рахунок розростання його структури, але при зустрічі з перешкодою в квантовому світі він здатний колапсувати, або «схлопуватись». У цьому випадку «нарощена» електроном структура самоліквідується, а початкова енергія залишається.

Другий випадок енерго-інформаційної взаємодії, що вивчається в економічній науці, пов'язаний із поступанням інформації на ринки і її впливом на коливання об'ємів попиту і пропозиції, а відповідно цін і валютних курсів. Тут потік даних визначає поведінка економічних суб'єктів. Їх дії приводять до ринкових коливань, які можна інтерпретувати як флуктуації потенціальної енергії.

Можливість інформаційної дії на стан фізичної системи відзначав, наприклад, Б. Кадомцев [15].

У теорії асиметричної інформації аналізуються наслідки нерівномірного розподілу відомостей про перебіг економічних процесів між їх учасниками. Причому виявляється, що виробники та споживачі товарів і послуг мають різну інформацію про їх якість. З цього слідує, що ціна не є об'єктивним показником, а ринок не є ефективним механізмом порівняння витрат і результатів на основі конкуренції.

Наведені приклади енерго-інформаційної взаємодії дозволяють проаналізувати специфіку трактування поняття «інформації», у тому числі в економічній науці.

У квантовій фізиці, що вивчає мікросвіт, поняття «інформації» використовується для характеристики взаємодії мікрочасток.

В природничих науках розроблено два підходи до трактування інформації. Перший з них полягає у визначенні кількості інформації на основі розрахунку частоти результатів конкретної події. У даному випадку інформація дорівнює логарифму з основою два імовірності здійснення події.

Другий підхід пов'язує інформацію з поняттям «ентропії». Остання характеризує процес теплообміну: передачу тепла від більш нагрітих тіл до менш нагрітих. Зростання ентропії означає наближення системи до теплової рівноваги. Ентропія визначається як імовірнісний стан системи, тобто здатність перебувати в якому-небудь з ймовірних станів. Тому формула розрахунку ентропії схожа з формулою визначення кількості інформації.

Зростання ентропії наближає систему до рівноважного стану, при якому вона характеризується однорідністю, а всі напрями її розвитку вважаються рівноімовірними. З точки зору статистичної фізики рівноважний стан означає відсутність порядку в системі. І навпаки, нерівноважним станом є її впорядкований рух.

Для економіста рівновага означає такий стан системи, при якому її інформаційна насиченість мінімальна, а напрями розвитку не визначені.

Вже багато років учені обговорюють можливість використання поняття «ентропія» в економіці. Л. Вініарські ще в 1900 р. пропонував розглядати золото, тобто гроші, як соціобіологічну енергію [16]. Г. Девіс в роботі 1941 р. намагався ввести поняття «Економічна ентропія» [17].

Поняття «інформації» та «ентропії» розглядають Edward Jimenez, Douglas Moysa у статті «Економіка: від теорії ігор та інформаційної теорії до квантової механіки» [18]. Автори продемонстрували можливість застосування принципів квантової механіки, використовуючи інформаційну теорію та теорію ігор.

Використання принципів квантової механіки в теорії ігор та інформаційній теорії може відбуватися згідно таких причин:

- 1) формулювання ентропії (міри хаотичності інформації), використовуючи матрицю густини квантової механіки;
- 2) бездоганної аналогії між кореляційною рівновагою, що міститься всередині області теорії ігор і заплутаності, яка існує усередині області квантової інформації;

3) розгляд загальної теорії прийняття рішень, як наслідок квантових ймовірностей, оскільки основи теорії ігор є частково зосередженими в теорії ймовірності;

Автори показали, що існує відношення між кількістю інформації і енергією системи.

$$\Delta I_m = -\frac{4\Delta S^2}{2\pi\sigma^2}, \quad (2)$$

що виражається через варіацію інформації  $\Delta I_m$  та варіацію дії  $\Delta S$ . Згідно з (2) варіація інформації приводить до варіації дії. При зменшенні середньої інформації генерується маса, оскільки дуже мале зменшення інформації виробляє величезні кількості енергії.

Отримані результати автори пропонують використовувати в квантовій теорії ігор для досягнення рівноваги Неша (максимізації корисності).

### Висновки

В статті наведено огляд концепцій представників економічної фізики, здійснено співставлення фундаментальних понять економіки і фізики, виявлено причини ефективності екофізики, а також описано види моделей, що використовуються при аналізі економічних систем.

Наведені методології відкривають широкі перспективи для наукових досліджень, які можуть стати фундаментом передових інформаційних систем.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Маслов В.П. Квантовая экономика: Монография – М.: Наука, 2005. – 68 с.
2. Maslov V.P. Econophysics and Quantum Statistics, Mathematical Notes. – 2002. – Vol. 72, No. 6. – P. 811–818.
3. Мосейчук А.В., Мосейчук В.А. Введение в реальную квантовую экономику. – М.: Научно-техническое общество имени академика С.И. Вавилова, 2006.
4. Stanley M., Amaral L., Buldyrev S. et al. Self-organized Complexity in Economics and Finance // <http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.022582899>. P. 2562
5. Бордовский Г.А. Физические основы естествознания. Учебное пособие для студентов вузов. 2-е изд. – М.: Дрофа, 2004.
6. Кондратенко А.В. Физическое моделирование экономических систем. Классические и квантовые экономики. Российская экономика на новых

путях: Сборник статей/Под редакцией Э.И. Гойзмана и Р.Н. Евстигнеева. – М.: Институт Бизнеса и Экономики, 2005. – 150 с.

7. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Т.І. Механика. – М.: Физматлит, 2002.
8. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Т.ІІІ. Квантовая механика. Нерелятивистская теория. – М.: Физматлит, 2002.
9. Шипицын Е.В., Попков В.В. Двойственность и золотое сечение в физике твердого тела. // Вестник Международного института А. Богданова. – 2000. – № 4. – С. 6-27.
10. Попов В.В., Берг Д.Б. Экофизика и эволюционная экономика – перспективное направление исследований, Международный институт А.Богданова // <http://www.ephes.ru/vved/issl.php>
11. Вуклюк Я.І. Методологія прогнозування соціально-економічних процесів методами фрактального росту кристалів у нечіткому потенціальному полі // Вісник ТДТУ. – 2008. – №2. – С. 153-162.
12. Вуклюк Я.І. Метод сегментації соціально-економічних об'єктів у процесі фрактального росту в нечіткому потенціальному полі // Науковий вісник Національного Львівського університету. – 2008. – №18. – С. 271-284.
13. Jean-Philippe Bouchaud. [Economics needs a scientific revolution](#) // Nature. – 2008. – V. 455. – P. 1181.
14. Lux T., Marchesi M. Scaling and Criticality in a Stochastic Multiagent Model of a Financial Market. // Nature. – 1999. – Vol. 397. – P. 498.
15. Кадомцев Б. Б. Динамика и информация. М.: // Успехи физических наук. – 1999. – С. 345.
16. Winiarski L. Essai sur la mécanique sociale: l'entropie sociale et ses mensurations // Revue Philosophique. – 1900. – Vol. 49. – P. 265.
17. Davis H. The Theory of Econometrics. – Bloomington: Indiana University Press, 1941.
18. Edward Jimenez, Douglas Moya. Econophysics: from Game Theory and Information Theory to Quantum Mechanics // Physica A. – 2005. – Vol. 348. – P. 505–543.

Ya. Vuklyuk, N. Ivanushchak **Econophysics as a component of socio-economic structure automation information (overview).**

Я.І. Вуклюк, Н.М. Иванушак **Экофизика как составляющая информационных систем автоматизации социально-экономических структур (обзор)**

В работе рассмотрена необходимость создания информационных систем, которые должны базироваться на новых методологиях. Осуществлен обзор концепций представителей эконофизики, определены причины ее эффективности как фундамента при построении новых информационных систем.