

УДК 330.46; 519.86

КВАНТОВА ЕКОНОФІЗИКА – ПРОБЛЕМИ ТА НОВІ КОНЦЕПЦІЇ

В. Сапцін¹, В. Соловйов², Л.Шокотько²

¹Кременчуцький національний університет ім. М.Остроградського

39614, м. Кременчук, вул. Першотравнева, 20

²Черкаський національний університет ім. Б.Хмельницького

18031, м. Черкаси, бул. Шевченка, 81

Дана стаття присвячена екофізичному аналізу концептуальних основ та математичного апарата класичної фізики, теорії відносності, нерелятивістської і релятивістської квантової механіки. Обговорюються історичні і методологічні аспекти та сучасний стан проблеми соціально-економічного моделювання.

Ключові слова: екофізика, квантова механіка, принцип невизначеності, квантова екофізика.

Спроби створити адекватну модель кризових явищ у соціально-економічних системах, які, як показує історичний досвід, мають майже перманентний характер, робилися, робляться і будуть робитися завжди. По суті це надзадача, рішення якої недосяжно в принципі. Однак локальні в часі і в тих чи інших соціально-економіко-логістичних координатах рішення, з деяким шансом на успіх, можливі, і саме вони повинні бути предметом розгляду реальною і продуктивною економічною наукою.

Екофізика - молодий міждисциплінарний науковий напрям, що оформився і отримав свою назву в кінці 90-х років минулого століття [1]. Вже через кілька років, у середині першого десятиліття XXI століття, в його рамках сформувалася квантова екофізика, що істотно використовує не тільки математичний апарат квантової механіки, а й її принципово нові і фундаментальні світоглядні ідеї [2-7], в тому числі і з урахуванням релятивістських аспектів [8,9].

Класична фізика виходить з гіпотези, що існують і в принципі можуть бути точно виміряні миттєві значення всіх фізичних величин, що характеризують стан системи.

Нерелятивістська квантова механіка не відкидає існування миттєвих значень класичних фізичних величин, однак не всі з них можуть бути виміряні одночасно (співвідношення невизначеностей Гейзенберга).

Релятивістська квантова механіка відкидає в принципі існування миттєвих значень будь-яких фізичних величин, а, отже, поняття стану системи стає строго не визначеним.

Метою даної роботи є екофізичний аналіз концептуальних основ класичної фізики, теорії відносності, нерелятивістської і релятивістської квантової механіки з урахуванням історичних і методологічних аспектів та сучасного критичного стану проблеми соціально-економічного моделювання.

Новий напрям у науці формується тільки тоді, коли для цього з'являються умови і виникає необхідність у концентрації зусиль наукового співтовариства на цьому напрямку, і квантова екофізика в цьому сенсі не є винятком.

XX-е століття - століття тріумфу нової теоретичної фізики - теорії відносності та квантової механіки, які не тільки пояснили нові явища, що спостерігаються в макро- і мікросвіті, а й істотно змінили усталені за століття філософські концепції, засновані на так званому здоровому глузді і уявленнях класичної фізики

Хоча нові концепції і затверджувалися, перш за все, технологічно, як інструмент, у фізиці, однак, на наш погляд, на сьогодні не в повній мірі усвідомлена можливість і плідність їх застосування для опису соціально-економічних систем.

Одна з найважливіших задач, яку слід віднести до компетенції квантової екофізики, полягає у тому, щоб простежити, який вплив здійснили (або можуть здійснити) ці концепції на постановку задач математичного моделювання соціально-економічних процесів та інтерпретацію результатів.

Інструментальний підхід до фізики як до засобу передбачення результатів певним чином підготовлених експериментів прекрасно працює у самій фізиці, однак перенесення її понять і математичного апарату на системи іншої природи вимагає обов'язкового і глибокого аналізу її початкових концепцій.

У класичній фізиці передбачається, що основні фізичні величини можна розглядати як величини, що приймають неперервний ряд значень і існують незалежно від процедур вимірювання. При цьому:

- існують миттєві значення фізичних величин, що характеризують стан системи;

- в принципі існують процедури вимірювань, що дозволяють виміряти миттєві значення цих фізичних величин;
- вплив процедури вимірювання на значення вимірюваної фізичної величини може бути як завгодно малим.

В основі нерелятивістської квантової механіки лежать експериментально встановлені факти, які свідчать про те, що:

- а) має місце принцип невизначеності, зокрема немає точного поняття траєкторії частинки;
- б) фізичні величини можуть приймати не будь-які значення, зокрема спектр їх дозволених значень може бути і дискретним;
- в) так само як і в класичній фізиці передбачається, що фізичні величини можуть мати миттєві значення, але не всякий набір величин (наприклад, імпульс і координата частинки) може бути вимірний одночасно;
- г) має місце певний вплив процедури вимірювання на результат вимірювання, при цьому стан системи після вимірювання виявляється певною мірою невизначеним;
- д) будь-яка система є принципово відкритою, оскільки хвильова функція, за допомогою якої в квантовій механіці характеризують стан системи (її існування постулюється), є формально визначеною і неперервною на усьому просторі.

На жаль, на відміну від класичної, навіть нерелятивістська квантова механіка позбавлена наочності і не підтверджується «здоровим» глуздом, і її досить глибоке вивчення і розуміння – поки що доля фізиків-теоретиків і фахівців деяких прикладних напрямків. Тому ми вважаємо за необхідне навести тут одну з її можливих аксіоматик, що включає шість постулатів.

Не торкаючись математичних аспектів і опускаючи їх деталі, але підкреслюючи концептуальні моменти, ці постулати можна сформулювати наступним чином:

Замість класичного поняття «фізична величина L » вводиться нове фундаментальне поняття «оператор фізичної величини \hat{L} ».

Можливі (дозволені) значення фізичної величини L є наслідок (результат) рішення математичної задачі на власні значення λ для оператора фізичної величини \hat{L} :

$$\hat{L}\varphi = \lambda\varphi$$

Для характеристики стану системи вводиться нове поняття - нормована хвильова функція ψ :

$$\int \psi^* \psi d\tau = \int |\psi|^2 d\tau = 1$$

Класичному значенню фізичної величини L в стані з нормованою хвильовою функцією ψ відповідає нова величина - середнє значення фізичної величини $\langle L \rangle$, що визначається співвідношенням:

$$\langle L \rangle = \int \psi^* \hat{L} \psi d\tau$$

Еволюція системи в часі характеризується еволюцією її нормованої хвильової функції, яка визначається з розв'язку рівняння Шредінгера:

$$i \cdot \hbar \frac{\partial \psi}{\partial t} = \hat{H} \psi$$

У системі тотожних частинок усі частинки нерозрізнені.

Наведені вище шість постулатів квантової (нерелятивістської) механіки, в певному сенсі аналогічні законам класичної механіки Ньютона, і є тією базою, на якій будується весь її теоретичний апарат і практичні застосування. Так, використовуючи елементарні викладки, можна показати, що з постулатів 1) -4) випливає фундаментальне співвідношення невизначеностей для координат і швидкостей (або імпульсів):

$$\Delta x \cdot \Delta v \geq \frac{\hbar}{2m}; \quad \left(\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{\hbar}{2} \right), \quad (1)$$

де Δx і Δv (Δp) – середньоквадратичні похибки вимірювання координати x та швидкості $v = \dot{x}$ (імпульсу $p = m\dot{x}$) частинки з масою m .

Із співвідношення (1) випливають, в свою чергу, п'ять важливих з концептуальної точки зору висновків:

ні координата частинки, ні її швидкість, не можуть мати точних значень, оскільки при $\Delta x = 0$ невизначеність швидкості Δv , а, отже, і сама швидкість стають нескінченними, При $\Delta v = 0$ частинка виявляється повністю делокалізованою, тобто може бути наявною в будь-якій точці фізичного простору; не існує поняття миттєвої швидкості як ньютонівської границі:

$$v(t) = \dot{x}(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{x(t) - x(t - \Delta t)}{\Delta t}; \quad (2)$$

швидкість і координата частинки, що визначають її стан в класичній механіці в момент часу t , можуть бути визначені лише приблизно та при скінченному, досить великому Δt ; неперервної класичної траєкторії частинки в дійсності не існує - це наближене поняття, що має сенс тільки при достатньо великих проміжках Δt між сусідніми вимірами положення частинки; прогноз поведінки частинки, причому свідомо наближений, що визначається парою класичних фазових змінних $(x(t), v(t))$, можливий тільки при врахуванні її історії, тобто післядії, оскільки:

$$v(t) \approx \frac{x(t) - x(t - \Delta t)}{\Delta t} = \frac{1}{\Delta t} x(t) - \frac{1}{\Delta t} x(t - \Delta t) \quad (3)$$

та залежить як від $x(t)$, так і від $x(t - \Delta t)$.

У релятивістській квантовій механіці новим є фундаментальне твердження про те, що всяка процедура вимірювання займає принципово скінченний час Δt , тому миттєвих значень фізичних величин не існує. При цьому невизначеність вимірювання значень будь-якої динамічної фізичної величини збільшується зі зменшенням часу вимірювання і скінченна при будь-якому скінченному Δt , а саме значення може бути віднесене тільки до цього проміжку часу в цілому [8,9].

Так, релятивістський квантовий принцип невизначеності для імпульсу виражається співвідношенням:

$$\Delta p \cdot \Delta t \sim \hbar / c, \quad (4)$$

де c - швидкість світла. З (4) випливає, що точне значення імпульсу частинки може бути отримане тільки при часі вимірювання, що дорівнює нескінченності, а це означає, що точно може бути визначений тільки імпульс вільної частки, що знаходиться в такому (вільному) стані нескінченний час.

З викладеного вище випливає, що фактично, і по суті давно, у квантовій фізиці прийняті нові парадигми математичного моделювання. Первинним і фундаментальним поняттям стає поняття оператора фізичної величини (оператор - математичний образ процедури, дії), опис динаміки системи набуває необхідно дискретний і наближений характер, передбачення майбутнього виявляється в принципі неможливим без урахування післядії, тобто пам'яті.

Можливість введення економічних аналогів фізичних величин для опису соціально-економічних процесів з використанням квантового принципу невизначеності продемонстрована в наших роботах [6,7].

Грунтуючись на квантовомеханічних еконофізичних аналогіях, а також маючи на увазі загальні принципи системного аналізу, ми пропонуємо наступні, логічно пов'язані між собою, концепції, на яких має ґрунтуватися моделювання складних систем, до яких належать і реальні соціально-економічні системи:

Первинність процедури вимірювання по відношенню до її результату;

Необхідна скінченна тривалість будь-якої процедури вимірювання, включаючи і комп'ютерний прогноз (як специфічну процедуру непрямого вимірювання), і її принципово неусувний вплив на стан і майбутню поведінку системи;

Наближений і вторинний характер поняття «миттєві значення змінних стану» і, як необхідний наслідок, і поняття «стан системи»;

Принцип невизначеності змінних стану системи і його фундаментальний зв'язок з тривалістю процедури вимірювання;

Дискретність часу і простору, а також будь-яких інших величин, пов'язаних з динамікою системи, при її формалізованому описі;

Післядія (пам'ять) як фундаментальна властивість будь-якої динамічної системи, без урахування якої опис динаміки системи стає неможливим;

Відмова від нескінченності як концептуального поняття, що приводить до логічно нерозв'язних парадоксів поведінки складних систем;

Принцип незворотності часу, на якому заснована ментальна здатність людини робити будь-які логічні побудови;

Відкритість, ієрархічність і емерджентність як базові системні принципи адекватного відображення функціонування реальних складних систем.

1. Mantegna R. N. An Introduction to Econophysics / R. N. Mantegna, H. E. Stanley. - Cambridge: Cambridge University Press, 2000. - 144 p.

2. B. E. Vaquie: Quantum Finance / Baaquie B. E. - Cambridge: Cambridge University Press, 2004. -

3. Маслов В. П. Квантовая экономика / В. П. Маслов. - М.: Наука, 2006. – 72 с.
4. Hidalgo E. Guevara. Quantum Econophysics [Электронный ресурс] / E. Guevara Hidalgo // arXiv:physics/0609245v2 [physics.soc-ph] 30 Apr 2007.
5. Соловьев В.Н. Квантовая эконофизика – физическое обоснование системных концепций в моделировании социально-экономических процессов / В. Н. Соловьев, В. М. Сапцин // Анализ, моделирование, управление, развитие экономических систем: Труды II Международной Школы-симпозиума АМУР-2008 Севастополь, 12-18 сент. 2008 г. / под ред. О. Л. Королева, А. В. Сигала. – Симферополь, 2008. - С. 94.
6. Soloviev V.N. Heisenberg Uncertainty Principle and Financial Markets / V.N. Soloviev, V. M. Sapsin, L. N. Shokotko // The 9-th International conference “Information technologies and management 2011”. April 14-15, 2011. - Riga, Latvia: Information Systems Management Institute, 2011. - P. 135-136.
7. Соловьев В. Н. Принцип неопределенности Гейзенберга и экономические аналоги основных физических величин / В. Н. Соловьев, В. М. Сапцин // Культура народов Причерноморья. - 2011. - № 205. - С. 208-213
8. Сапцин В. М. Релятивистская квантовая эконофизика. Новые парадигмы моделирования сложных систем: Монография / В. М. Сапцин, В. Н. Соловьев. - Черкассы: Брама-Украина, 2009. – 64 с.
9. Sapsin V. Relativistic quantum econophysics – new paradigms in complex systems modelling [Электронный ресурс] / V. Sapsin, V. Soloviev // arXiv:0907.1142v1 [physics.soc-ph] 7 Jul 2009.

QUANTUM ECONOPHYSICS – PROBLEMS AND NEW CONCEPTIONS

V.M.Sapsin¹, V.N.Soloviev², L.N.Shokotko²

¹*Cherkassy National University named after Bogdan Khmelnytskyi*

Shevchenko blvd., 81, UA-18031, Cherkassy, Ukraine

²*Kremenchug National University named after Mikhail Ostrogradskiy*

Pervomaiskaya st., 20, UA-39614, Kremenchug, Ukraine

This article is devoted to the econophysical analysis of conceptual fundamentals and mathematical apparatus of the classical physics, relativity theory, non-relativistic and relativistic quantum mechanics. The historical and methodological aspects and modern state of the problem of the socio-economic modeling are considered.

Key words: econophysics, quantum mechanics, indeterminacy principle, quantum econophysics.

КВАНТОВАЯ ЭКОНОФИЗИКА – ПРОБЛЕМЫ И НОВЫЕ КОНЦЕПЦИИ

В.М.Сапцин¹, В.Н.Соловьев², Л.Н.Шокотко²

¹*Кременчугский национальный университет им. М. Остроградского*

39614, г. Кременчуг, ул. Первомайская, 20

²*Черкасский национальный университет им. Б. Хмельницкого*

18031, г. Черкассы, бул. Шевченка, 81

Данная статья посвящена эконофизическому анализу концептуальных основ и математического аппарата классической физики, теории относительности, нерелятивистской и релятивистской квантовой механики. Обсуждаются исторические и методологические аспекты и современное состояние проблемы социально-экономического моделирования.

Ключевые слова: эконофизика, квантовая механика, принцип неопределенности, квантовая эконофизика.