

УДК 330.34:338.1

**ПРОГНОЗУВАННЯ СЕРЕДНЬОМАСШТАБНИХ ФЛУКТУАЦІЙ ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ**

О.В. Кубатко, к.е.н., доцент

*Сумський державний університет, Суми, Україна*

*Кубатко О.В. Прогнозування середньомасштабних флуктуацій еколого-економічного розвитку.*

У статті обґрунтовується необхідність дослідження сучасних економічних процесів методами нелінійної економічної теорії на основі принципів зростаючої віддачі від масштабу, нестабільності та багатоваріантності розвитку. У структурі нелінійної економічної теорії виділено теорію економічних флуктуацій, де останні розглядаються як коливання параметрів стану системи, що можуть бути створені як самою економічною системою, так і зовнішнім середовищем, у результаті яких відбуваються зміни стану системи і відхилення її параметрів від рівня гомеостазу. Розроблено авторську модель прогнозування середньомасштабних флуктуацій на основі еконофізичної моделі, побудованої у вигляді показникової функції. В роботі встановлено, що флуктуації на фондовому ринку величиною більше, ніж 30% в день очікуються із імовірністю 12%, а флуктуації більше, ніж 10% в день очікуються із імовірністю 23%. Флуктуації викидів шкідливих речовин, що перевищують 30% поріг минулого року очікуються із імовірністю 13%.

*Ключові слова:* економічні флуктуації, еколого-економічний розвиток, національна економіка, нелінійна економічна теорія, сталий розвиток

*Кубатко А.В. Прогнозирование среднemasштабных флуктуаций эколого-экономического развития.*

В статье обосновывается необходимость исследования современных экономических процессов методами нелинейной экономической теории на основе принципов возрастающей отдачи от масштаба, неопределенности и многовариантности развития. В структуре нелинейной экономической теории выделена теория экономических флуктуаций, где экономические флуктуации рассматриваются как колебания параметров состояния системы, которые могут быть созданы как самой экономической системой, так и внешней средой, в результате которых происходят изменения состояния системы и отклонения её параметров от уровня гомеостазу. Разработана авторская эконофизическая модель прогнозирования среднemasштабных флуктуаций, построенная на основании универсальной степенной функции, согласно которой, ежедневные флуктуации на фондовом рынке величиной более 30% ожидаются с вероятностью 12%, а флуктуации более 10% в день ожидаются с вероятностью 23%. Флуктуации выбросов вредных веществ, что превышают 30% порог прошлого года ожидаются с вероятностью 13%.

*Ключевые слова:* экономические флуктуации, эколого-экономическое развитие, национальная экономика, нелинейная экономическая теория, устойчивое развитие

*Kubatko O.V. Expectations of medium-scale fluctuations of ecological and economic development.*

The article reveals the necessity of studying the methods of nonlinear economic theory based on the principles of increasing returns to scale, uncertainty and multi-variant development. A theory of economic fluctuations is treated as the structural part of modern nonlinear economic theory. The economic fluctuations are seen as oscillations of the economic system parameters, which can be created both by economic system itself and external environment as well. Changes which occurred due to fluctuations are causing economic system deviations from the level of homeostasis. It is developed econophysic model predicting middle scale-fluctuations, according to which, the daily fluctuations on the stock market scaling more than 30% are expected with 12% probability, the fluctuations of more than 10% per day are expected with 23% probability. Also fluctuations of air emissions that exceed 30% level of previous year level are expected with 13% probability.

*Keywords:* economic fluctuations, economic and ecological development, national economy, non-linear economic theory, sustainable development

**Е**кономічні системи, як і будь-які відкриті стаціонарні системи, підкоряються законам розвитку, зокрема термодинамічним законам. Перший закон термодинаміки (закон збереження маси та енергії) щодо економічних процесів, зокрема використання ресурсів, означає баланс вхідних та вихідних ресурсів. Тобто щоб отримати певний обсяг матеріального виробництва, така сама або більша кількість ресурсів повинна бути використана. Необхідність використання більших обсягів ресурсів, ніж вихідний продукт, обумовлено в першу чергу недосконалістю будь-якого виробництва, в процесі якого з'являються негативні екстерналії у вигляді відходів та забруднення, а також втрачається енергія. Другий закон термодинаміки (закон ефективності) щодо економічних процесів означає використання мінімуму енергії (енергетичних ресурсів) для обробки виробничого матеріального потоку. Оскільки будь-який виробничий процес пов'язаний із трансформацією матеріальних ресурсів, то для позитивного виконання роботи обов'язково повинні бути використані енергетичні ресурси. Таким чином, перший та другий закони термодинаміки щодо економічних процесів задають мінімум вхідних ресурсів та мінімум використання енергетичних ресурсів у виробничому процесі. Досить тривалий час економічні системи аналізувалися окремо і за іншою методологією порівняно з реальними відкритими стаціонарними системами. Відкритою стаціонарною системою називається система, що здійснює речовинно-енергетично-інформаційний обмін із зовнішнім середовищем. Закритими системами відповідно до праці [1] є системи, для яких зовнішнє середовище не має значення або є важливим лише за окремими каналами. Звичайно, одна система може бути складовим елементом системи вищого рівня. Так, соціальна система знаходиться в межах фізичної системи, і тому розвиток першої повинен відбуватися на засадах екологічно сталого розвитку. Економічні системи одержали сприятливі передумови для реалізації природного відбору, і, виходячи з останнього, змінюється методологія їх дослідження, поступаючись місцем синергетичним підходам. Категоріальний апарат синергетики, її основні ідеї та методологічні

підходи поступово проникають у різні напрямки економіки. Останнім часом з'явилося багато наукових праць, в яких використовуються синергетична методологія і термінологія. Використання синергетичних підходів для аналізу економічних систем відкриває нову сферу економічних знань – економіку розвитку, предметом дослідження якої є закономірності зміни стану соціально-економічних систем під впливом зовнішніх та внутрішніх факторів [2].

#### Аналіз останніх досліджень і публікацій

На думку вітчизняного економіста Ю. Бажала: «Вся економічна теорія ХХ століття – це пошук форм і методів протистояння негативним стихійним процесам ринкових відносин і водночас пошук засобів акселерації позитивних сторін свободи інноваційної творчості» [3]. Для стимулювання розвитку національної економіки може бути вибрана як наздоганяюча стратегія, так і випереджальна стратегія. Саме випереджальна стратегія розвитку створює позитивні інноваційні й технологічні шоки для позитивних зрушень в економіці [4]. Проте для того, щоб ефективно підібрати інструментарій стимулювання позитивних зрушень, в першу чергу необхідно навчитися активно протидіяти негативним флуктуаціям в економічних системах. Початок будь-якої економічної кризи та перехід економічної системи у стадію рецесії найчастіше розпочинається із фондового та валютних ринків. Саме фондові та валютні ринки є індикаторами початку суттєвих економічних проблем в національному господарстві.

Питанням розвитку соціально-економічних та еколого-економічних систем присвячені праці багатьох вітчизняних вчених, зокрема, О. Балацького, Л. Мельника, Б. Данилишина, Є. Хлобистова, Б. Буркинського, О. Веклич, С. Харічкова та інших. Серед відомих зарубіжних учених, які досліджували проблематику соціально-економічного розвитку з точки зору теорії синергетики та сестейнової економіки, можна назвати Г. Дейлі, В.Б. Жанга, І. Пригожина, М. Реймерса, Г. Одума, Дж. Медоуза, Т. Панайоту, К. Гофмана та ін. Проблематика прогнозування кризових явищ на фондових та валютних ринках досліджувалася в працях О. Барановського, П. Бідюка, О. Гожого, М. Коновалюк, Е. Наймана, І. Роговської-Ішук, О. Сохацької, А. Фроста, Н. Шелудька, О. Шварца, А. Шкляра, та ін.

Проте прогнозування середньомасштабних флуктуацій проводилося в основному статистичними методами та методами фрактального аналізу, в той час як методологія еконофізики залишалася поза увагою.

*Метою статті є оцінки ефективності прогнозування середньомасштабних флуктуацій розвитку економічних систем для перехідних економік та країн, що розвиваються методами еконофізики.*

#### Виклад основного матеріалу дослідження

Зростання багатокладності розвитку економічних систем є причиною зміни методології економічних досліджень і на зміну традиційній економічній теорії приходить нелінійна економічна теорія. Для традиційної економічної теорії властивими є дослідження ринкових законів та їх наслідків на основі принципів постійної чи зменшуваної віддачі від масштабу, загальної рівноваги, структурної стабільності, гомогенності населення, кількісних методів, цін та статичної структури, в той час як більш складні економічні процеси повинні досліджуватися іншими підходами. Основою нелінійної економічної теорії відповідно до роботи [5] є зростаюча віддача від масштабу, нестабільність та багатоваріантність розвитку, рівновага та хаос, гетерогенність населення, знання, структурна складність та еволюційна структура. Саме у складі нелінійної економічної теорії почала розвиватися теорія економічних флуктуацій. Треба зазначити, що вплив флуктуацій на системні об'єкти вперше було застосовано у фізиці, а вже потім і в інших галузях науки. Наприклад, у макроскопічній фізиці [6] вважається, що флуктуації не відіграють значної ролі, а є лише невеликими поправками функціонування цілісності системи. Проте, у станах системи, близьких до точок біфуркації, флуктуації набувають більшої значущості, в подібних умовах цілісність системи та її параметрів порушена, і майбутній стаціонарний стан буде визначатися саме окремими флуктуаціями. Флуктуації – це коливання параметрів стану системи, які можуть бути створені як самою економічною системою, так і зовнішнім середовищем, в результаті яких відбуваються зміни стану системи і відхилення її параметрів від рівня гомеостазу [2].

Флуктуації – це не просто закономірні зміни, які можна передбачити із достатнім ступенем імовірності. Флуктуація стану системи є коливанням параметрів стану системи, які можуть бути створені як самою економічною системою, так і зовнішнім середовищем в результаті яких відбуваються зміни її стану і відхилення параметрів розвитку від рівня еколого-економічного гомеостазу (рівноваги середніх значень чи трендових значень досліджуваних величин). Поняття флуктуацій є більш загальним економічним поняттям, ніж, наприклад, поняття шоку чи циклу. Будь-який шок підпадає під визначення флуктуації, оскільки виводить систему з рівня її гомеостазу. Окрема флуктуація параметрів може розглядатися як шок, проте сума чи сукупність окремих флуктуацій може мати певні періодичність, динаміку розвитку, яка можуть мати явно виражений циклічний характер. Властивість циклічності флуктуацій не означає, що флуктуації і цикли це одне й те ж саме. Однією із найважливіших ознак циклу є наявність чітко виражених ознак спаду і зростання, які повторю-

ються з певною періодичністю, про що свідчать економічні дослідження короткострокових, середньострокових та довгострокових циклів. У той самий час флуктуаціям не обов'язково властивою є чітка циклічність параметрів розвитку. Наприклад, стадії спаду можуть значно відрізнятися за глибиною і в часі від стадії зростання, і навпаки. Циклічність розвитку здебільшого описується категоріями депресії та економічного зростання, в той час як флуктуаціям, крім зазначених вище категорій, властиві ознаки шоку, стохастичної волатильності, відсутності явних тенденцій розвитку. Циклами можна назвати лише ті флуктуації, які характеризуються явно вираженими тенденціями розвитку економічних систем, що описуються певними гармонійними коливаннями. Шок – це найчастіше зовнішній подразник, що виводить зі стану рівноваги економічні системи різного рівня, флуктуація є більш змістовним поняттям. Наприклад, тенденція зниження вартості ринкових цін акцій, що котируються на фондовому ринку є флуктуацією на ринку цінних паперів, у той самий час значні спади на фондовому ринку є шоком для усієї економічної системи. Флуктуації окремих економічних складових (наприклад, відхилення від нормального стану роботи значної кількості банківських установ) часто є шоком для національної економіки. У свою чергу, шоки різного рівня можуть виводити економічну систему зі стану рівноваги, сприяючи флуктуаціям окремих її складових.

Флуктуації валютного курсу, що є шоком для національної економіки, можуть призводити до зміни структури імпорту та експорту, зміни платіжного балансу, зміни ВВП, динаміки та особливостей зайнятості та ін., тобто призводити до відхилень довгострокових параметрів національної економіки і створювати флуктуації різного рівня у середині національного господарства. Більше того, валютні коливання є економічним шоком для всієї економічної системи країни, що призводить до різного роду флуктуацій у параметрах економічних систем нижчого рівня (виробничих підприємств, збутових організацій, сервісних компаній тощо). У той самий час будь-які валютні коливання чи шоки, що розглядаються як окремі економічні процеси, є флуктуаціями валютних курсів зі своїми причинно-наслідковими зв'язками. Таким чином, економічний шок як раптова зміна умов господарювання призводить до флуктуацій параметрів економічних систем, що опиняються в полі дії шоківих процесів різного рівня.

Традиційно прогнозування флуктуацій валютних курсів та фондового ринку відбувається на основі статистичних методів, одним із яких є теорія випадкового блукання (random walk hypothesis). Основна ідея теорії полягає в тому, що ціна активу в майбутньому не залежить від попередніх значень і існує однакова імовірність як зростаючих так і спадних трендів розвитку. Теорія

випадкового блукання знайшла прихильників як в наукових колах, так і в практичній діяльності. Проте відповідно до роботи О. Пластуна [7] основними критичними моментами теорії випадкового блукання та побудованої на її основі гіпотези ефективного ринку є критика існування досконалої конкуренції на фінансових ринках; критика щодо однозначності постулату раціональної поведінки економічних агентів; неможливість прийняття рішень, що посприяли отриманню надприбутків, та критика постулату, що нова інформація швидко надходить на ринки та моментально відображається в ціні активів.

В роботі Шварца О.В. [8], аналізуються ефективність окремих методів управління валютним ризиком, зокрема, метод історичних симуляцій, що полягає в розрахунку всіх історичних змін цін за період заданої глибини, симулюванні вартості кожної поточної позиції за отриманими сценаріями, визначенні гіпотетичної зміни вартості портфеля за кожний день розрахункового періоду. До переваг методу історичних симуляцій належать придатність для асиметричних розподілів; відмінна застосовність для портфелів, що містять нелінійні інструменти (наприклад, опціони); простота і очевидність розрахунків; відсутність модельного ризику; облік всієї сукупності ризиків, які викликали зміни цін активів за аналізований період. Проте основними недоліками методу є можлива помилковість припущення про те, що минуле можна інтерполювати на майбутнє; можливість помилок у разі недостатньої глибини розрахункового періоду та зі збільшенням глибини розрахункового періоду зростає не лише точність оцінок, а й небезпека використання застарілих даних.

Модель Гауса прогнозує флуктуації різного масштабу ( $x$ ), що є нормально розподілені з експонентно спадною щільністю розподілу (формула 1):

$$\rho(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right). \quad (1)$$

Модель розподілу випадкової величини Гауса дійсно добре описує імовірність виникнення незначних флуктуацій в економіці, проте зазначена модель сильно недооцінює імовірність виникнення «великих» флуктуацій. Так, при прогнозуванні флуктуацій, що лежать у межах шести стандартних відхилень від середніх величин, модель нормального розподілу показує імовірність  $\approx 10^{-8}$ , проте в реальних економічних процесах [10] навіть більші флуктуації виникають один раз на декілька десятиліть.

Окремим методом прогнозування тенденцій на фондовій та валютній біржах є імітаційне моделювання, що дозволяє краще зрозуміти реальну систему, а отримані результати є більш достовірні в порівнянні із результатами отриманими за допомогою економіко-математичного моделювання. Імітаційне моделювання, на думку П. Бідюка, показує кращі



результати, ніж дельта-нормальний метод та метод історичного моделювання, оскільки гіпотетично враховує всі можливі зміни курсів валют на ринку. Проте серед недоліків імітаційного моделювання варто відмітити похибки у прогнозах внаслідок непередбачуваних різких змін курсу. Зазначений метод є найбільш технологічно складним з усіх описаних, а генератори випадкових величин працюють на детермінованих алгоритмах і не є незалежними, а число сценаріїв-нескінченним [8, 9].

Зазначені вище методи ґрунтуються на історичних даних та покликані спрогнозувати окремі сценарії розвитку економічних величин (визначити період, дату настання шокових явищ). В той самий час значної уваги заслуговують методи, що дозволяють сформувати імовірнісний закон розподілу економічного параметру, визначаючи межі знаходження економічного параметру в часі, а не орієнтуються на окрему позицію чи сценарій. На початку 60-х років ХХ ст. основоположник фрактальної теорії Бенуа Мандельброт довів, що великомасштабні флуктуації описуються таким законом розподілу випадкової величини (формула 2):

$$p(x) = Ax^{-a}. \quad (2)$$

Для заданого закону розподілу було знайдено емпіричне значення коефіцієнта  $\alpha \approx 2,7$ . Екофізики Стенлі та інші, досліджуючи економічні процеси з точки зору наявності універсальних законів в економіці, виявили, що щільність розподілу флуктуацій фондових цін описується законами і силою появи землетрусів, від незначних флуктуацій до надзвичайних подій економічного характеру (наприклад, падіння ринку). Значні економічні флуктуації найчастіше трапляються на фондових біржах, коли час від часу трапляються коливання, в результаті яких інвестори за один день можуть втратити свої активи у розмірі 20-50 % [11]. Згідно із законом Гуттенберга-Ріхтера імовірність появи значних землетрусів описується лінійною залежністю, такою, як і ймовірність виникнення незначних землетрусів. Таким чином, надзвичайно рідкісні події можуть мати такий самий закон розподілу, як і звичайні повсякденні події. За аналогією до фізичних законів [11] свідчить про необхідність розуміння виникнення незначних економічних флуктуацій, які допоможуть описати процеси виникнення великомасштабних флуктуацій. Зокрема, вченими було виявлено, що зростання та спад комплексних систем описуються одним універсальним законом розподілу. Універсальний закон показує свою дієвість у функціонуванні різного роду систем: від бізнес-фірм до популяції птахів. Обернена U-подібна форма розподілу випадкових величин розвитку систем властива не лише для цілісних систем, але і для їх складових. Фізичні закони [12], застосовані в теорії життєвого циклу організацій, працюють так само, як і у фізиці чи біології. Зокрема, при досягненні

певного рівня розвитку організації намагаються трансформуватися в декілька складових, і темпи зростання окремих відділень після розподілу є незалежними величинами.

Що стосується прогнозування ймовірностей виникнення великомасштабних флуктуацій, то в моделі Бенуа Мандельброта сильно недооцінюється імовірність їх виникнення. Дійсно, у цій моделі імовірність, того що флуктуація буде перевищувати певне задане значення  $x_0$  оцінюється за формулою 3:

$$P\{a < X < b\} = \int_a^b f(x) dx. \quad (3)$$

Використовуючи емпіричне значення коефіцієнта  $\alpha \approx 2,7$ , для прогнозування великомасштабних флуктуацій за Бенуа Мандельбротом, одержимо таку залежність (формула 4):

$$P\{a < X < b\} = \int_a^b f(x) dx. \quad (4)$$

Якщо взяти до уваги, що економічні системи щодня можуть коливатися в межах до 1 %, великомасштабними флуктуаціями є ті, в яких денні коливання перевищують 30 %. Таким чином, великомасштабні флуктуації за моделлю Бенуа Мандельброта повинні виникати кожні 333 дні (1/0,003). Проте для більшості країн подібні флуктуації трапляються набагато рідше за всіма економічними показниками: від коливання валютних курсів до зміни економічної кон'юнктури. Вченими-екофізиками [11] було емпіричним шляхом знайдено параметри розподілу випадкових величин великомасштабних флуктуацій для фондових ринків окремих країн на основі показникових функцій (формула 5):

$$p(x) = Ax^{-4}. \quad (5)$$

Формула 5 показує, що флуктуації, які перевищують пороговий рівень, зменшуються за кубічним законом розподілу. Для великомасштабних флуктуацій із денними коливаннями понад 30 % імовірність виникнення становить один раз на 74 роки.

$$P(x > x_0) \sim \frac{1}{x_0^3} = \frac{1}{30^3} = 0.000037.$$

Знову ж таки імовірність виникнення великомасштабних флуктуацій один раз на 74 роки, можливо, є економічно обґрунтованою для економічно розвинених країн, проте ці результати є сильно недооціненими для перехідних економік та країн, що розвиваються.

За аналогією до великомасштабних флуктуацій та використовуючи підходи формальної логіки середньомасштабними будуть флуктуації з денними коливаннями 15% і більше. Одним із можливих варіантів побудови моделі прогнозування середньомасштабних флуктуацій національної економіки є використання фондового індексу ПФТС (першої фондової торгової системи). Перевагою використання індексу ПФТС є те, що останній розраховується кожен робочий день

фондової біржі. На основі бази даних [13] для цілей дослідження зібрані дані за індексом ПФТС за період понад 10 років, починаючи з 2002 року. Таким чином, сформовано масив даних близько 3000 спостережень, що є достатнім для побудови моделі прогнозування середньомасштабних флуктуацій. Так, починаючи з вересня 2002 року до вересня 2013 року, денні коливання індексу більше ніж 15% траплялися два рази (6 вересня 2004 та 16 вересня 2008 року). Таким чином, маємо дві середньомасштабні флуктуації за 11 років.

Грунтуючись на тому, що існуючі емпіричні моделі побудовані на основі показникових функцій (2-5) не є достовірними для прогнозування середньомасштабних флуктуацій національної економіки, необхідно емпіричним шляхом розрахувати нові показникові функції для вітчизняної економічної системи (формули 6, 7):

$$P(x > x_0) \sim \frac{1}{15^\beta} = \frac{2}{11} = 0,182. \quad (6)$$

Розв'язуючи показникові рівняння (6) щодо параметра  $\beta$ , знаходимо, що  $\beta = 0,63$ . Таким чином, функція розподілу прогнозування

середньомасштабних флуктуацій для вітчизняного фондового ринку запишеться у вигляді:

$$\begin{aligned} \rho(x) &= x - 1,63, \\ P(x > x_0) &\sim x - 0,63. \end{aligned} \quad (7)$$

Таким чином, щоденні флуктуації на фондовому ринку величиною більше, ніж 30% очікуються щороку із імовірністю  $P(x > 30) \sim 30 - 0,63 = 12\%$ . Аналогічно флуктуації більше ніж 10% в день очікуються щороку із імовірністю 23%, а щоденні флуктуації величиною від 20% до 30% очікуються щороку із імовірністю 3%. Економіфізичні методи прогнозування флуктуацій не дають відповідні на питання коли саме трапляться значні зміни економічного показника, а показують імовірність настанні окремих подій.

Крім фондового індексу, закон розподілу середньомасштабних флуктуацій національної економіки можна оцінити на основі даних коливань валютних курсів. Відповідно до даних НБУ в Україні з 1996 року було декілька періодів (рис.1) значних флуктуацій валютних курсів гривня-долар США.

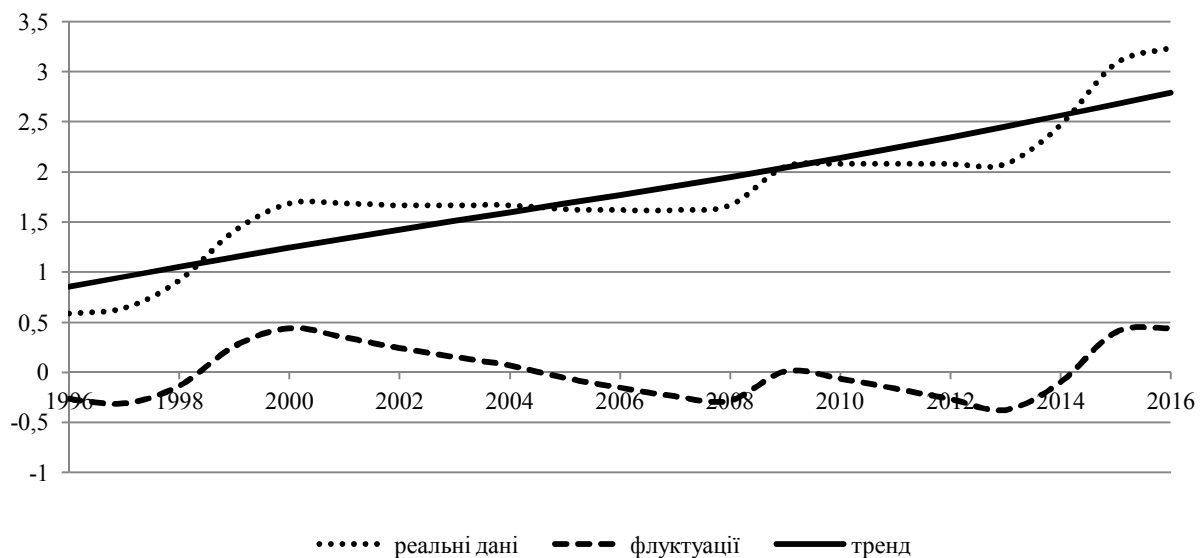


Рис. 1. Динаміка офіційного курсу гривні до долара США  
Джерело: Складено автором за матеріалами [14]

Що стосується валютного ринку, то він є більш регульованим, ніж фондова біржа, з точки зору державного адміністрування. Виходячи з пріоритету стабільності національної валюти, визначеного Національним банком України, коливання денних курсів у 30 % і більше майже неможливі, у той час як зростання інфляційних навантажень (кумулятивним підсумком) у національній економіці щодо до провідних економік світу свідчать про те, що девальвація гривні є звичним ринковим явищем.

Проаналізуємо кількість значних валютних флуктуацій щодо попереднього року на основі статистичної бази НБУ. Так, за період із 1996 по

2015 рік спостерігалось чотири випадки середньорічної девальвації національної валюти більше ніж 30% і менше 70% в порівняно із попереднім роком, а саме: 1998, 1999, 2009 та 2014 роками. Вважаємо, що подібного роду флуктуації необхідно відносити до середньомасштабних, оскільки подія трапилася не миттєво, а за досить тривалий період. Показникові функції для прогнозування середньомасштабних флуктуацій :

$$P(x > x_0) \sim \frac{1}{30^\beta} = \frac{4}{20} = 0,2. \quad (8)$$

Розв'язуючи показникові рівняння (8) щодо параметра  $\beta$ , знаходимо, що  $\beta = 0,47$ , а функція

розподілу прогнозування середньомасштабних флуктуацій для вітчизняного валютного ринку запишеться у вигляді:

$$\begin{aligned} \rho(x) &= x-1,47, \\ P(x>x_0) &\sim x_0-0,47. \end{aligned} \quad (9)$$

Аналогічно до прогнозування флуктуацій на фондовому ринку, флуктуації на валютному ринку величиною більше, ніж 30% очікуються із імовірністю 20%, флуктуації більше ніж 10% очікуються із імовірністю 34%. Таким чином, національний валютний ринок є досить волатильним та мало прогнозованим. У праці [10] доводиться, що імовірність настання середньомасштабних флуктуацій описується законом розподілу  $P(x>x_0)\sim x_0-1$ . Таким чином, порівнюючи результати даних [10] із вітчизняними результатами настання середньомасштабних флуктуацій (моделі 7, 9), можна зробити висновок, що середньомасштабні флуктуації у національній економіці трапляються в 1,5-2 рази частіше, ніж це відбувається в розвинених країнах світу.

Варто зазначити, якщо показники степені  $\alpha$  в функції  $\rho(x)=x-\alpha$  більше 2, то функція має чітко визначене значення середньої величини, а якщо відповідне значення  $\alpha$  більше 3, то функція розподілу має обмежену варіацію. У випадку прогнозування середньомасштабних флуктуацій на фондовому та валютному ринках України степеневі показники менше двох (1,63 та 1,47 відповідно), таким чином закон розподілу відповідної випадкової величини не має визначеного значення математичного очікування (середньої величини), а відсутність визначеної варіації говорить про те, що будь-які негативні великомасштабні флуктуації (більше 60%) можуть трапитися щороку із позитивною імовірністю.

Середньомасштабні флуктуації можуть трапитися не лише на валютних та фінансових ринках, проте є звичним явищем для будь-яких еколого-економічних систем. Розглянемо кількість значних флуктуацій викидів NOx щодо попереднього року за період із 1980 по 2014 рр. (рис. 2).

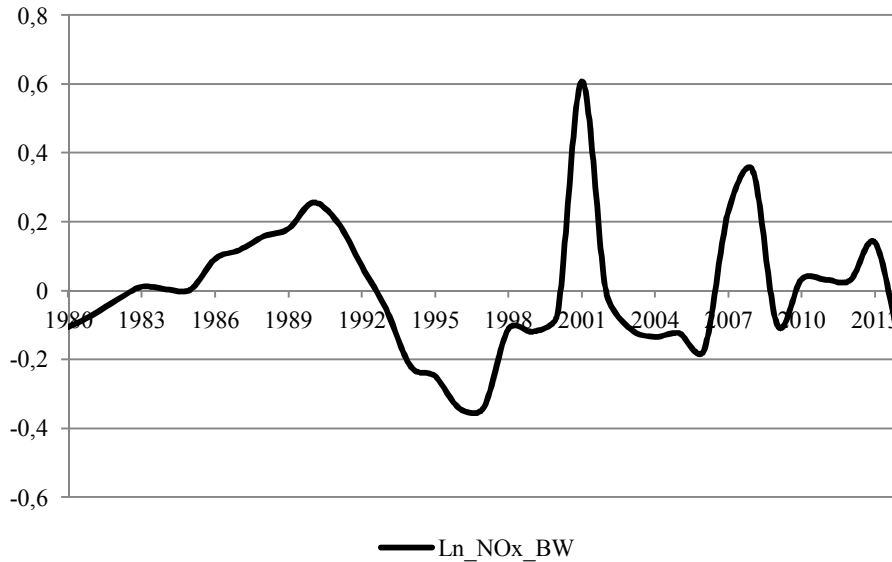


Рис. 2. Флуктуації викидів оксидів азоту в Україні за період 1980-2014 рр. на основі смугового фільтру Баттерворта

Джерело: Власна розробка автора

Так, за період із 1980 по 2014 рік спостерігалося сім випадків середньорічної зміни викидів більше, ніж 15% в порівнянні із попереднім роком, а саме: 1992-1994, 1998, 2007, 2009 та 2014 роках. Рівень стійкості еколого-економічних систем є більшим, ніж у валютно-фінансовій системі і тому подібного роду флуктуації будемо відносити до середньомасштабних. Показникові функції для прогнозування середньомасштабних флуктуацій запишуться у вигляді:

$$P(x>x_0)\sim \frac{1}{15^\beta} = \frac{7}{35} = 0,2. \quad (10)$$

Розв'язуючи показникові рівняння (8) щодо параметра  $\beta$ , знаходимо, що  $\beta=0,59$ , а функція

розподілу прогнозування середньомасштабних флуктуацій для вітчизняного валютного ринку запишеться у вигляді:

$$\begin{aligned} \rho(x) &= x-1,59, \\ P(x>x_0) &\sim x_0-0,59. \end{aligned} \quad (11)$$

Аналогічно до прогнозування флуктуацій на фондовому ринку, екологічні флуктуації більші ніж 15% очікуються із імовірністю 20%, щорічні флуктуації більше, ніж 30% очікуються із імовірністю 13%.

Незважаючи на кращі методи прогнозування середньо- і великомасштабних флуктуацій методами економічної фізики, останні не мають ґрунтового економічного та теоретичного обґрунтування.

На нашу думку, регулювання та згладжування середньострокових флуктуацій має надзвичайно важливе значення з точки зору розвитку національної економіки. Еколого-економічні системи є відкритими стаціонарними системами із довгостроковою пам'яттю [16]. Наявність довгострокової пам'яті в системі можна використовувати для протидії негативним флуктуаціям шляхом попередження та раціонального вирішення наслідків негативних середньо- та великомасштабних флуктуацій кожного виду. У разі виникнення негативної флуктуації соціально-економічна система повинна включити адаптаційні механізми згладжування негативних наслідків і «вбудувати» у свою діяльність захисні механізми попередження та/або зменшення наслідків впливу негативних подій.

Таким чином, будь-які негативні флуктуації економічного, фінансового, кліматичного, ресурсного походження залишають помітний слід у розвитку соціально-економічних систем. Раціональна протидія як самій негативній флуктуації, так і наслідкам її реалізації обґрунтовується необхідністю застрахуватися від подібних небажаних подій у майбутньому та максимально зменшити майбутні економічні збитки шляхом включення «довгої» пам'яті економічної системи та відповідних захисних та адаптаційних механізмів. Наприклад, у валютних флуктуаціях 1998, 2008 років не було чіткої стратегії з боку регулятора і в певні моменти валютні коливання визначалися здебільшого спекулятивним попитом, а не макроекономічними показниками. Подібної тенденції поведінки з боку економічних агентів необхідно очікувати і за настання наступних середньомасштабних флуктуацій на валютних ринках національної економіки. Більш правильним та економічно обґрунтованим, на нашу думку, була б одночасна девальвація національної валюти до її ринкового стану із боку регулятора, щоб не допустити значних як фінансових так і економічних потрясінь. У протилежному разі складається ситуація формування недовіри вкладників до банківських та фінансових установ, що спричиняє низьку кредитну діяльність банків і відповідно низьку інвестиційну діяльність із боку підприємств реального сектору економіки.

### **Висновки**

Сучасні економічні процеси почали досліджуватися методами нелінійної економічної теорії на основі принципів зростаючої віддачі від масштабу, нестабільності та багатоваріантності розвитку, рівноваги та хаосу, структурної складності та еволюційної структури. У складі нелінійної економічної теорії почала розвиватися

теорія економічних флуктуацій, де економічні флуктуації розглядаються як коливання параметрів стану системи, які можуть бути створені як самою економічною системою так і зовнішнім середовищем.

В роботі проведено огляд методів прогнозування флуктуацій на фондовій та валютній біржах, зокрема метод історичних симуляцій, імітаційне моделювання, теорія випадкового блукання, дельта-нормальний метод та проаналізовано переваги та недоліки окремих методів. В роботі доведено, що існуючі емпіричні моделі побудовані на основі показникових функцій для розвинених економік не є достовірними для прогнозування середньомасштабних флуктуацій національної економіки. В статті зазначено необхідність використання методів еконофізики для дослідження тенденцій розвитку економічних явищ. На основі підходів формальної логіки щодо визначення середньомасштабних флуктуацій та використовуючи економічні бази даних індексу ПФТС (за 14 років) і бази НБУ по валютним курсам (за 20 років), шляхом економіко-математичного моделювання, автором виведено еконофізичну модель прогнозування середньомасштабних флуктуацій розвитку національної економіки. Відповідно до якої авторської еконофізичної моделі щоденні флуктуації на фондовому ринку величиною більше, ніж 30% очікуються щороку із імовірністю 12%, флуктуації більше ніж 10% в день очікуються щороку із імовірністю 23%. В той самий час флуктуації на валютному ринку величиною більше, ніж 30% очікуються із щороку імовірністю 20%, а щоденні флуктуації більше ніж 10% очікуються із імовірністю 34%.

Розроблені авторські показникові функції прогнозування середньомасштабних флуктуацій не мають визначеного значення математичного очікування, а відсутність визначеної варіації говорить про те, що будь-які негативні великомасштабні флуктуації (більше 60%) можуть трапитися щодня із позитивною імовірністю. Еконофізичні методи прогнозування флуктуацій не дають відповідні на питання коли саме трапитися значні зміни економічного показника, а показують імовірність настання окремих подій. Перспективи подальших досліджень полягають теоретичному обґрунтуванні практичного використання методів еконофізики в дослідженні економічних процесів та розробці заходів щодо зменшення негативного впливу різного роду флуктуацій шляхом включення «довгострокової» пам'яті економічної системи, відповідних захисних та адаптаційних механізмів.



### Abstract

The article reveals the necessity of studying the methods of nonlinear economic theory based on the principles of increasing returns to scale, uncertainty and multi-variant development. A theory of economic fluctuations is treated as the structural part of modern nonlinear economic theory. The economic fluctuations are seen as oscillations of the economic system parameters, which can be created both by economic system itself and external environment as well. Changes which occurred due to fluctuations are causing economic system deviations from the level of homeostasis.

It is showed that the existing empirical models, which are based on Gaussian and Mandelbrot models for developed economies are not reliable to predict medium-scale fluctuations of the national economy. This paper analyses different methods of fluctuations forecasting. It is discussed advantages and disadvantages of such methods as historical simulations, simulation, random walk theory, delta-normal method. It is underlined the need for econophysics methods development in economics and environmental studies. It is developed econophysics model predicting middle scale-fluctuations, according to which, the daily fluctuations on the stock market scaling more than 30% are expected with 12% probability, the fluctuations of more than 10% per day are expected with 23% probability.

Also fluctuations of air emissions that exceed 30% level of previous year level are expected with 13% probability. At the same time, the fluctuations on the currency market of more than 30% are expected with 20% probability, and fluctuations of more than 10% expected with a 34% probability.

The article states that the models of the normal distribution are less accurate in predicting large-scale fluctuations in comprising with econophysics empirical models.

*JEL Classification: O11, P48.*

### Список літератури:

1. Luhmann, Niklas (1995). *Social Systems*. Stanford: Stanford University Press, P. 6-7.
2. Кубатко А.В. Влияние флуктуаций на развитие социально-экономических систем / Л.Г. Мельник, А.В. Кубатко // *Механізм регулювання економіки*. – 2012. – № 4. – С. 66-73
3. Бажал Ю.М. Інноваційна теорія економічного розвитку: М. Туган-Барановський, Й. Шумпетер і проблеми перехідної економіки України / Ю. М. Бажал // *Наукові записки НАУКМА*. – 2000. – Т.18. – Економічні науки. С. 3-7.
4. Седляр М.О. Модернізаційний вибір: наздоганяти чи випереджати / М.О. Седляр // *Економіка розвитку*. – 2015. – № 1. – С. 24-28.
5. Wei-Bin Zhang (2002). *Theory of Complex Systems and Economic Dynamics*. *Nonlinear Dynamics, Psychology and Life Sciences* – Vol.6, No. 2. (Web of Science and SCOPUS indexed)
6. Пригожин И.Р. От существующего к возникающему: Время и сложность в физических науках (монография) / И. Пригожин. – 2006. – 296 с.
7. Пластун О.Л. Прогнозування фінансових ринків: сучасні концепції та нові підходи: монографія / О.Л. Пластун. – Суми: ДВНЗ «УАБС НБУ», 2014. – 397 с.
8. Шварц О.В. Методика VALUE-AT-RISK як метод управління валютним ризиком в банку / О.В. Шварц // *Вісник соціально-економічних досліджень*. – 2012. – № 1. – С. 384-389.
9. Бідюк П.І. Порівняння методів оцінювання валютних ризиків / П.І. Бідюк, О.М. Трофимчук, Л.Д. Черниш // *Екологічна безпека та природокористування*. – 2014. – Вип. 15. – С. 130-146.
10. Magoc T., & Kreinovich, V. Empirical formulas for economic fluctuations: towards a new justification. In *Proceedings of the 28th North American fuzzy information processing society annual conference NAFIPS'09*, Cincinnati, Ohio, 14-17 June 2009.
11. Stanley H.E., Amaral L.A.N., Gopikrishnan P., Plerou V. (2000). Scale invariance and universality of economic fluctuations. *Physica A*. Vol. 283 pp 31-41 (Web of Science indexed).
12. Stanley H.E., Amaral L.A.N., Gopikrishnan P., Plerou V., Salinger M.A. (2002). Application of computational statistical physics to scale invariance and universality in economic phenomena. *Computer Physics Communications* Vol. 146, pp.84-92 (Web of Science indexed).
13. Индекс ПФТС: архив значений, экспорт в Excel, построение графиков. – [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://investfunds.ua/markets/indicators/indeks>.
14. Офіційний курс гривні щодо іноземних валют (середній за період). – [Електронний ресурс]. Режим доступу: [www.bank.gov.ua/files/Exchange\\_r.xls](http://www.bank.gov.ua/files/Exchange_r.xls).
15. Гаврилов А.В. Нечеткая логика и нечеткие множества. Донецький національний технічний університет. 2012. – 14 с. – [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://masters.donntu.edu.ua/2012/fknt/chepizhko/library/lect3.pdf>.
16. Kubatko O.V. Duality of Fluctuations in Economic Systems Development / O. V. Kubatko // *Mechanism of economic regulation*. – 2013. – № 2. – Pp. 18-23.



## References:

1. Luhmann, Niklas (1995). Social Systems. Stanford: Stanford University Press. Pp. 6-7 [in English].
2. Kubatko, O., & Melnik, L.G. (2012). Vliyaniye fluktuatsiy na razvitiye sotsialno-ekonomicheskikh system [Influence of fluctuations on development of social and economic systems]. Mekhanizm reguluyuvannya yekonomiki – Mechanism of economic regulation, 4, 66-73 [in Russian].
3. Bazhal, Yu.M. (2000). Innovatsiyna teoriya ekonomichnoho rozvytku: M. Tugan-Baranovskyy, Y. Shumpeter i problemy perekhidnoyi ekonomiky Ukrayiny [Innovating theory of economic development: M. Tugan-Baranovsky, J. Shumpeter and problems of transition economy in Ukraine]. Naukovi zapysky NAUKMA – Scientific letters of NAUKMA, 18, 3-7 [in Ukrainian].
4. Sedlyar, M.O. (2015). Modernizatsiynnyy vybir: nazdohanyaty chy vyperedzhaty [Modernization choice: to catch-up or go forward]. Ekonomika rozvytku – Sedlyar economy development, 1, 24-28 [in Ukrainian].
5. Wei-Bin Zhang (2002). Theory of Complex Systems and Economic Dynamics. Nonlinear Dynamics, Psychology and Life Sciences, 6, 2 [in English].
6. Prigozhin, I.R. (2006). Ot sushchestvuyushchego k voznikayushchemu: Vremya i slozhnost v fizicheskikh naukakh [From the existing to the emerging: Time and complexity in the physical sciences] [in Russian].
7. Plastun, O.L. (2014). Prohnozuvannya finansovykh rynkiv: suchasni kontseptsii ta novi pidkhody [Plastun Predicting financial markets: current concepts and new approaches]. – Sumy: DVNZ "UABS NBU" [in Ukrainian].
8. Shvarts, O.V. (2012). Metodyka VALUE-AT-RISK yak metod upravlinnya valyutnym ryzykom v banku [Value-at-risk methodology as way to manage projects risks in bank]. Visnyk sotsialno-ekonomichnykh doslidzhen – Journal of Social and Economic Research, 1, 384-389 [in Ukrainian].
9. Bidyuk, P.I. (2014). Porivnyannya metodiv otsynuyuvannya valyutnykh ryzykiv [Comparison of methods for assessing currency risks]. Ekolohichna bezpeka ta pryrodokorystuvannya – Ecological security and resource-using, 15, 130-146 [in Ukrainian].
10. Magoc, T., & Kreinovich, V. (2009). Empirical formulas for economic fluctuations: towards a new justification. In Proceedings of the 28th North American fuzzy information processing society annual conference NAFIPS'09, Cincinnati, Ohio, 14-17 June 2009 [in English].
11. Stanley, H.E., Amaral, L.A.N., Gopikrishnan, P., & Plerou, V. (2000). Scale invariance and universality of economic fluctuations. Physica A. Vol. 283, 31-41 (Web of Science indexed) [in English].
12. Stanley, H.E., Amaral, L.A.N., Gopikrishnan, P., Plerou, V., & Salinger, M.A. (2002). Application of computational statistical physics to scale invariance and universality in economic phenomena. Computer Physics Communications Vol. 146, pp.84-92 (Web of Science indexed) [in English].
13. Indeks PFTS: arkhiv znacheniy, eksport v Excel, postroyeniye grafikov – PFTS index: archive of values, export to Excel, plotting (2015). Retrieved from <http://investfunds.ua/markets/indicators/indeks> [in Russian].
14. Ofitsiynny kurs hryvni shchodo inozemnykh valyut (seredniy za period) [The official rate of hryvnia against foreign currencies (period average)]. (2015). Retrieved from [www.bank.gov.ua/files/Exchange\\_r.xls](http://www.bank.gov.ua/files/Exchange_r.xls) [in Ukrainian].
15. Gavrilov, A.V. (2012). Nechetkaya logika i nechetkiye mnozhestva [Fuzzy logic and fuzzy sets]. Donetskyy natsionalnyy tekhnichnyy universitet. Retrieved from: <http://masters.donntu.edu.ua/2012/fknt/chepizhko/library/lect3.pdf> [in Russian].
16. Kubatko, O.V. (2013). Duality of Fluctuations in Economic Systems Development. Mechanism of economic regulation. Vol. 2, 18-23 [in English].

Надано до редакційної колегії 17.04.2017

Кубатко Олександр Васильович / Oleksandr V. Kubatko  
[okubatko@econ.sumdu.ua](mailto:okubatko@econ.sumdu.ua)

**Посилання на статтю / Reference a Journal Article:**

Прогнозування середньомасштабних флуктуацій еколого-економічного розвитку [Електронний ресурс] / О. В. Кубатко // Економіка: реалії часу. Науковий журнал. – 2017. – № 2 (30). – С. 47-55. – Режим доступу до журн.: <http://economics.opu.ua/files/archive/2017/No2/47.pdf>