

УДК 338:338.27

Макарусь Василь Леонідович

*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

Макарусь Василий Леонидович

*Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»*

Vasyl Makarus

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

**ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ФІНАНСОВИХ
БУЛЬБАШОК НА ФІНАНСОВИХ РИНКАХ
ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ФИНАНСОВЫХ ПУЗЫРЕЙ НА ФИНАНСОВЫХ РЫНКАХ
ECONOMIC AND MATHEMATICAL MODELING OF FINANCIAL
BUBBLES IN FINANCIAL MARKETS**

Анотація. У даній статті досліджено поняття фінансової бульбашки, наведено можливі причини аномального росту цін на активи, а отже і утворення фінансової бульбашки. Об'єктом дослідження є ціноутворення на фінансовому ринку. Предметом дослідження є економіко-математичні моделі прогнозування фінансових бульбашок на фінансових ринку.

Фінансова бульбашка – умовна назва явища, за якого на певному ринку, чи в його сегменті вартість того чи іншого активу відчутно перевищує фундаментальну вартість. Фундаментальна вартість – оцінка доходів, які отримає власник даного активу у майбутньому.

Розглянуто можливі наслідки руйнування фінансової бульбашки, а також наведено назви відомих бульбашок, що уже зруйнувалися.

Прогнозування моменту краху фінансової бульбашки має важливе значення. Для інвесторів, які не схильні до ризику, прогноз дасть можливість вберегтись від значних можливих втрат, а якщо інвестор схильний до ризику, то очікування моменту краху дозволить побудувати інвестиційну стратегію, яка принесе максимальний прибуток.

*На основі проведеного аналізу та емпіричних досліджень було побудовано авторську модель розвитку фінансової бульбашки. Показано ефективність роботи моделі на прикладі бульбашок "доткомів" та в ціні на акції компанії *Qualcomm Incorporated*. Результати авторської моделі було порівняно з результатами моделі з логіперіодичними осциляціями Сорнетте для бульбашки доткомів. За авторською моделлю момент краху спрогнозовано за 6 днів раніше реального, а за моделлю Сорнетте за 12 днів після.*

Ключові слова: *фінансова бульбашка, крах фінансової бульбашки, бульбашка «Доткомів», прогнозування.*

Анотація. *В данной статье исследовано понятие финансового пузыря, приведены возможные причины аномального роста цен на активы, а следовательно, и образование финансового пузыря. Объектом исследования является ценообразование на финансовом рынке. Предметом исследования являются экономико-математические модели прогнозирования финансовых пузырей на финансовых рынках.*

Финансовый пузырь - условное название явления, при котором на определенном рынке или в его сегменте стоимость того или иного актива ощутимо превышает фундаментальную стоимость. Фундаментальная стоимость - оценка доходов, которые получит владелец данного актива в будущем.

Рассмотрены возможные последствия разрушения финансового пузыря, а также приведены названия известных пузырьков, уже разрушились.

Прогнозирование момента краха финансового пузыря имеет важное значение. Для инвесторов, которые не склонны к риску, прогноз позволит уберечься от значительных возможных потерь, а если инвестор склонен к риску, то ожидания момента краха позволит построить инвестиционную стратегию, которая принесет максимальную прибыль.

*На основе проведенного анализа и эмпирических исследований было построено авторскую модель развития финансового пузыря. Показана эффективность работы модели на примере пузыря "доткомов" и в цене на акции компании *Qualcomm Incorporated*. Результаты авторской модели было сравнению с результатами модели с логопериодическая осцилляциями Сорнетте для пузырьки доткомов. По авторской модели момент крушения спрогнозировано за 6 дней раньше реального, а по модели сорных за 12 дней после.*

Ключевые слова: *финансовый пузырь, крах финансового пузыря, пузырь «доткомов», прогнозирование.*

Summary. *This article explores the concept of a financial bubble, gives possible reasons for the abnormal growth in asset prices, and hence the formation of a financial bubble. The object of the study is pricing in the financial market. The subject of study is the economic and mathematical models for predicting financial bubbles in the financial market.*

The financial bubble is the conventional name of the phenomenon, in which in a certain market or in its segment the value of one or another asset significantly exceeds the fundamental value. Fundamental cost is an estimate of the income that the owner of the asset will receive in the future.

The possible consequences of the destruction of the financial bubble are considered, and the names of the known bubbles are given, which have already collapsed.

Forecasting the moment of collapse of a financial bubble is important. For investors who are not willing to take risks, the forecast will help to avoid significant potential losses, and if the investor is risk-taking, then waiting for the moment of collapse will help build an investment strategy that will bring maximum profit.

Based on the analysis and empirical research, the author developed a model for the development of a financial bubble. The model’s performance is shown by the example of dotcom bubbles and in the price of Qualcomm Incorporated shares. The results of the author's model were compared with the results of the model with logoperiodic Sornnett oscillations for dotcom bubbles. According to the author's model, the moment of the crash was predicted 6 days earlier than the real one, and according to the weed model 12 days after.

Key words: *financial bubble, collapse of financial bubble, Dot-com bubble, forecasting.*

Постановка проблеми. Сучасну економіку можна умовно поділити на два сектори: реальний і фінансовий. Створені у реальному секторі активи мають забезпечену вартість, натомість активи фінансового сектору створюються за допомогою спекулятивних механізмів, які часто розходяться із не співпадають з показниками реальної економіки. Умовно, таку модель економіки можна зобразити як перевернуту піраміду: знизу - невелика основа, яку складає реальний сектор, над яким розміщений величезний фінансовий сектор. Така будова економіки має дуже багато недоліків: значна частина фінансових коштів зосереджена у спекулятивних механізмах і не бере участь у розвитку реального сектору економіки, на ринку утворюються так звані «фінансові бульбашки» [1].

Фінансова бульбашка – умовна назва явища, за якого на певному ринку, чи в його сегменті вартість того чи іншого активу відчутно перевищує фундаментальну вартість. Фундаментальна вартість – оцінка доходів, які отримає власник даного активу у майбутньому.

Вважається, що руйнування фінансової бульбашки має негативні наслідки: неоптимальне та неефективне використання ресурсів, банкрутства інвестиційних компаній, а якщо торгівля велася за кредитні кошти, то можливе утворення «поганих боргів» - кредитів, виплати за якими затримуються, або їх повернення неможливе чи малоімовірне [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Значний внесок в дослідження фінансових зробили: Дідьє Сорнете, Олівер Бланшар, Йорг Брейтунг, Марк Уотсон, Жан Тіроль, Роберт Рубін, Юджин Фана, Боб Шиллер та інші. Вказані науковці приділяли значну увагу причинам утворення фінансових бульбашок та способам прогнозування моменту краху.

Постановка завдання. Дослідити сутність фінансової бульбашки та побудувати економіко-математичну модель фінансової бульбашки та обґрунтувати її використання для прогнозування моменту краху.

Виклад основного матеріалу. На сьогоднішній день теорія і практика накопичили значні обсяги знань і досвіду, щоб переглянути бачення «фінансових бульбашок». Збільшення ціни на фінансові активи може бути як адекватним, так і ірраціональним. Адекватне зростання відбувається тоді, коли за ним стоїть поліпшення ситуації в реальному секторі економіки: збільшення продуктивності праці, наукові відкриття, відмінні фінансові результати тощо. Якщо нічого подібного не спостерігається, а ціни ростуть, фінансовий бум перетворюється в «фінансову бульбашку». Причин тому може бути декілька: стадна поведінка інвесторів (ефект натовпу), відсутність регулювання ринку, фінансова лібералізація тощо. Однак чому переоцінка фінансових активів так

небезпечна для економіки? Фінансова бульбашка створює спотворення в інвестиціях і споживанні, що спочатку веде до економічного буму і розширенню ділової активності, а в подальшому - до рецесії та інфляції[3].

На сьогоднішній день історії відомо багато прикладів фінансових бульбашок, зокрема Тюльпаноманію, Компанія Південних морів, бульбашка в цінах на японські активи у 1980-1990 рр., бульбашка «Доткомів», бульбашки на ринках нерухомості Великобританії, США, Іспанії, бульбашки в цінах на Bitcoin та інші.

Однією з найпопулярніших моделей передбачення фінансових бульбашок є модель, запропонована швейцарським професором Дідьє Сорнете. На його думку, перед крахом ціни на актив збільшується за степеневим законом, який доповнюється логоперіодичними коливаннями. В разі виявлення підозрілих показників росту, Дідьє Сорнете рекомендує проаналізувати ринкові дані на наявність коливальних степеневих закономірностей. Для аналізу використовується параметрична крива. Знайшовши її параметри, можна спрогнозувати можливу дату краху фінансової бульбашки.

У монографії Сорнете розглядає три моделі: «класичну» степеневу модель, степеневу модель, з лінійними логоперіодичними коливання та степеневу модель з нелінійні логоперіодичні коливання. Сорнете є автором останніх двох моделей.

Класична степенева модель має вигляд (1):

$$p(t) = A + \frac{B}{(t_c - t)^\beta}, \quad (1)$$

де $p(t)$ - показник ціни даного активу на момент часу t , t_c - орієнтований час краху, β - показник швидкості степеневого росту, A - фундаментальна ціна на актив, B - множник росту, який визначає ступінь розтягнення степеневого закону відносно осі цін.

Ця модель описує основні тенденції поведінки ціни. На думку Сорнетте, на значення t_c у моделі значно впливають останні показники ціни, які близькі до критичної точки. Таким чином, інтервал прогнозу є дуже короткими, адже інформація про критичний час зосереджена в останніх моментах спостереження. Також на передбачення сильно впливає наявність «шумів» у даних. Тому, на основі емпіричних досліджень Сорнетте припустив, що «класичну» модель необхідно модернізувати, додавши до неї логоперіодичні осциляції.

В результаті Сорнетте отримав модель (2) наступного вигляду:

$$p(t) = A + B(t_c - t)^{m_2} [1 + C \cos(\omega \log((t_c - t)) + \varphi)] \quad (2)$$

де $[1 + C \cos(\omega \log((t_c - t)) + \varphi)]$ - логоперіодичні осциляції, за допомогою яких простіше визначити ринкових тенденцій, навіть за наявності «шумів». Оскільки, інформація про критичний час знаходилася в логоперіодичних осциляціях, збільшився інтервал прогнозування. Використання логоперіодичних осциляцій дозволило збільшити період використання моделі до 2 років [4].

Розглянемо приклади використання степеневі моделі з врахуванням лінійних логоперіодичних коливань (2).

Розглянемо «бульбашку доткомів». Візьмемо значення середньої ціни закриття акцій NASDAQ Composite (IXIC) за період з 14.01.1999 по 11.02.2000. Крахом будемо вважати значення ціни 27.03.2000. Промодельювавши дані ціни, було отримано наступні коефіцієнти моделі: $A = 2859.95$; $B = 1329.27$; $C = 162.25$; $\beta = 1.06$; $t_c = 381.6$; $\omega = 2.32$; $\varphi = 1.78$. Максимальне значення ціни спостерігається в 291 день моделювання, або 15.03.2000, тобто за 12 днів до реального краху. Результат відобразимо на графіку:

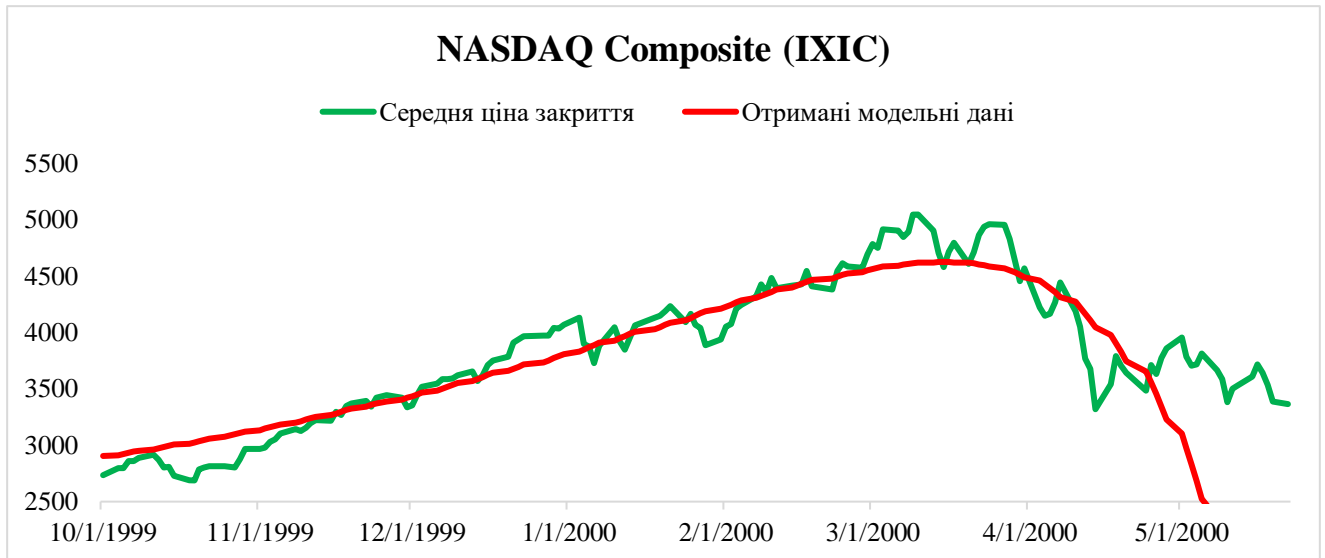


Рис.1. Побудова моделі ціни за акцію NASDAQ Composite

Джерело: складено автором на основі даних з сайту <https://uk.investing.com/>

Розглянемо іншу модель прогнозування фінансових бульбашок. У своїй роботі «Econometric Tests for Speculative Bubbles» професор Йорг Брейтунг наводить наступну модель фінансової бульбашки Бланшарда – Уотсона (3):

$$P(t) = P_f(t) + B(t), \quad (3)$$

де $P(t)$ – ціна активу в момент часу t , $P_f(t)$ – фундаментальна ціна активу в момент часу t , $B(t)$ – бульбашкова складова ціни активу у момент часу t . Вкладаючи гроші у певний актив, інвестор планує отримувати прибуток. Норму прибутку R можна знайти за формулою (4):

$$1 + R = \frac{(M[P(t + 1)] + M[D(t + 1)])}{P(t)} \quad (4)$$

де $M[P(t + 1)]$ – математичне сподівання значення ціни активу в період $(t + 1)$, $M[D(t + 1)]$ – математичне сподівання величини дивідендів, у період $(t + 1)$. Тепер у нас є всі необхідні величини, для знаходження фундаментальної ціни активу. Вважається, що період володіння активом необмежений, тому фундаментальну вартість активу знаходимо за формулою (5):

$$P_f(t) = \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^n \frac{M[D(t+i)]}{(1+R)^i} \quad (5)$$

Бульбашкова складову, як певний випадковий процес [5]. Проте, шляхом емпіричних досліджень було виявлено, що рух ціни у бульбашці можна описати функцією виду x^x на інтервалі $x \in (0; 1)$. Отже, побудуємо остаточну модель. Почавши моделювання з певного періоду, ми не можемо точно визначити розмір бульбашки в поточний період часу, а тому теж позначимо це значення константу a . Тепер запишемо розвиток бульбашкової складової (6):

$$B(t) = a + b \cdot (1 - c \cdot t)^{(1-c \cdot t)} \quad (6)$$

де b та c – шукані коефіцієнти.

Отже, отримуємо модель фінансової бульбашки (7):

$$P(t) = \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^n \frac{M[D(t+i)]}{(1+R)^i} + a + b \cdot (1 - c \cdot t)^{(1-c \cdot t)} \quad (7)$$

Розглянемо «бульбашку доткомів». Візьмемо значення середньої ціни закриття акцій NASDAQ Composite (IXIC) за період з 18.10.1999 по 9.02.2000. Крахом будемо вважати значення ціни 27.03.2000. Оскільки об'єкт, що розглядається – індекс, який залежить від цін на 3000 компаній, визначити значення дивідендів неможливо. Будемо вважати, що фундаментальна ціна відобразиться як частина константи a . В результаті знаходимо коефіцієнти моделі: $a = 8275.94$; $b = -5647.34$; $c = 0.0058$. Максимальне значення ціни спостерігається на 108 день моделювання, або 21.03.2000.

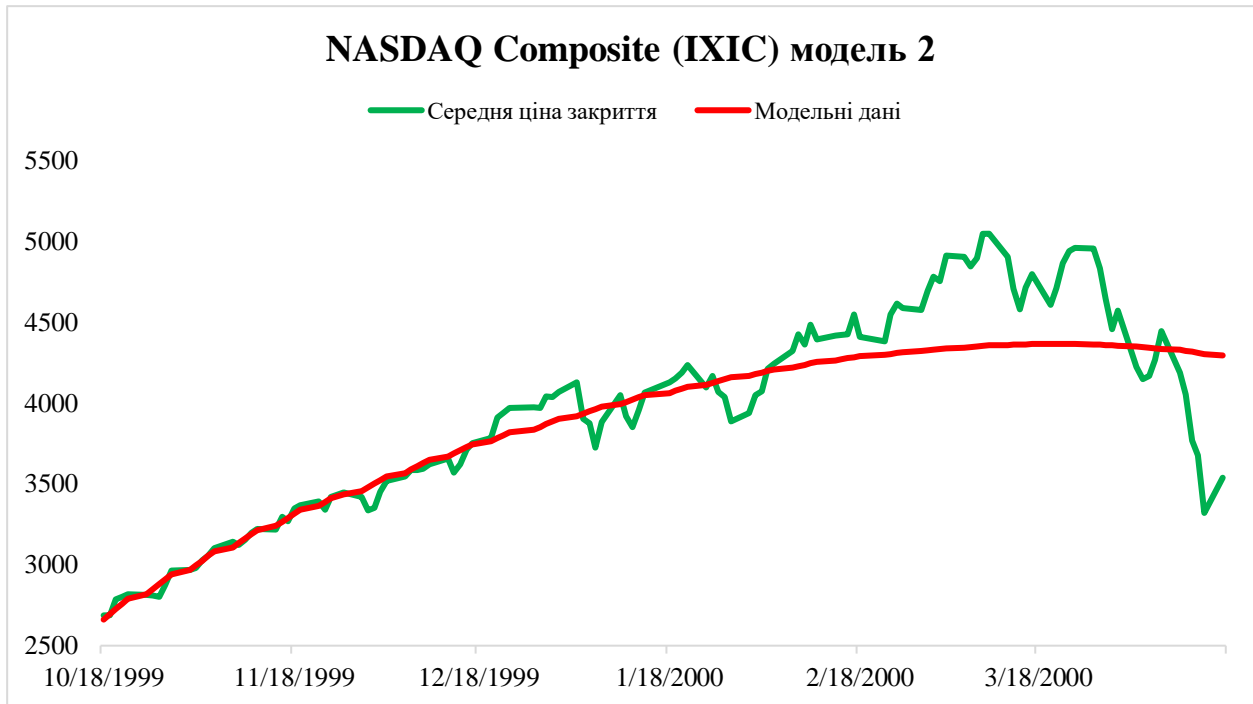


Рис. 2. Побудова моделі 2 ціни за акцію NASDAQ Composite

Джерело: складено автором на основі даних з сайту <https://uk.investing.com/>

Розглянемо іншу фінансову бульбашку, яка утворилася на ціни на акції Qualcomm Incorporated (QCOM). На основі історичних даних (Рис.3) був зроблений прогноз доходу дивідендів на 10 років за (5).

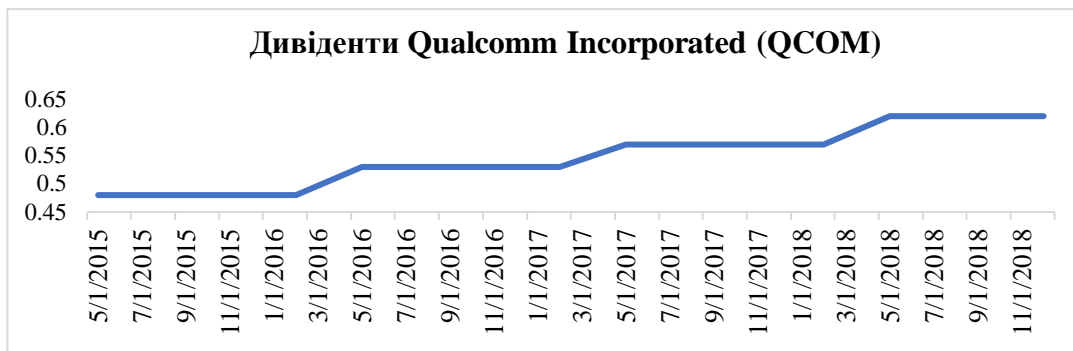


Рис. 3. Дивіденди Qualcomm Incorporated (QCOM)

Джерело: складено автором на основі даних з сайту <https://uk.investing.com/>

В результаті розрахована фундаментальна вартість за даними сайту investing.com дохідність акцій у досліджуваний період становила 3.79%. Розрахований дисконтований дохід від дивідендів за 10 років становить 15.4\$ США. Віднімемо фундаментальну вартість та змоделюємо

бульбашкову складову за (5) за період з 27.06.2016 по 27.09.2016, отримуємо коефіцієнти: $a = 91.26.72$; $b = -57.5104$; $c = 0.00619$. Крах по моделі 4.11.2016 (реальний крах – 27.10.2016).

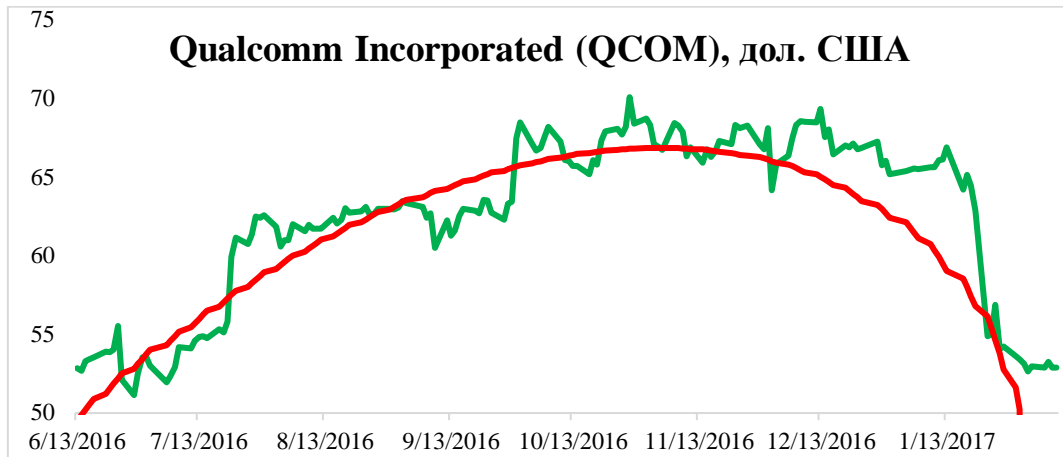


Рис. 4. Побудова моделі 2 ціни за акцію Qualcomm Incorporated (QCOM)
Джерело: складено автором на основі даних з сайту <https://uk.investing.com/>

Висновки. Отже, в статі запропоновано метод екстраполяції бульбашкової складової ціни на акцію. Зроблено моделювання бульбашки «доткомів» та бульбашки в ціні на акції Qualcomm Incorporated. Модель прогнозує крах в межах тижня від реального значення.

Література

1. Тхор С. О. Спекулятивні бульбашки та їх вплив на розвиток кризових явищ [Електронний ресурс] / С. О. Тхор // Сєвєродонецьк: Східноукраїнський національний університет ім. В.Даля,. – 2011. – Режим доступу: <http://dspace.nbu.gov.ua/bitstream/handle/123456789/24144/23-Tkhor.pdf?sequence=1>.
2. Григорьева Н. Д. Финансовые пузыри: причины и последствия [Електронний ресурс] / Наталья Дмитриевна Григорьева // Санкт-Петербургский государственный инженерно-экономический

- университет. – 2007. – Режим доступа до ресурсу: <http://stud.reflexivity.ru/bubbles.doc>.
3. Тихонов Ю. О. Финансовые пузыри и денежно-кредитная политика / Ю. О. Тихонов, О. О. Братухина, О. Є. Пудовкина // Современная экономика: проблемы и решения. – 2014.
 4. Уренцов О. В. Проверка возможности предсказания кризисов на финансовом рынке с помощью метода Д. Сорнетте [Электронный ресурс] / О. В. Уренцов // Труды ИСА РАН. – 2008. – Режим доступа: <http://www.isa.ru/proceedings/images/documents/2009-40/174-191.pdf>.
 5. Breitung J. Econometric Tests for Speculative Bubbles [Электронный ресурс] / Jörg Breitung – Режим доступа: <https://www.bje.uni-bonn.de/download-the-latest-issue-1/volume-iii-1-july-2014/breitung>.
 6. Investing.com UK. Financial News, Shares, Quotes & Charts [Электронный ресурс] / Investing.com UK – Режим доступа: <https://uk.investing.com/>

References

1. Tkhor S.O. Special cases and their influence on the development of crisis figures / S.O Tkhor. – Severodonetsk: Eastern Ukrainian National University. V. Dala, 2011 URL: <http://dspace.nbu.gov.ua/bitstream/handle/123456789/24144/23-Tkhor.pdf?sequence=1>
2. Ghryghorj'eva N.D. Financial Bubbles: Causes and Consequences / N.D. Ghryghorj'eva, St. Petersburg State Engineering and Economics University, 2007 URL: <http://stud.reflexivity.ru/bubbles.doc>
3. Tykhonov J. O. Financial bubbles and monetary policy / J. O. Tykhonov, O. O. Bratukhina, Pudovkyna O. J. // Modern economy: problems and solutions, 2014.

4. Urencov O. V. Checking the ability to predict crisis in the financial market with the help of D. Sörnett's method / O. V. Urencov, 2008 URL: <http://www.isa.ru/proceedings/images/documents/2009-40/174-191.pdf>
5. Breitung J. Econometric Tests for Speculative Bubbles URL: <https://www.bje.uni-bonn.de/download-the-latest-issue-1/volume-iii-1-july-2014/breitung>
6. Investing.com UK. Financial News, Shares, Quotes & Charts / Investing.com UK URL: <https://uk.investing.com/>