

МОДЕЛЮВАННЯ ФІНАНСОВИХ КРИЗ

MODELLING OF FINANCIAL CRISES

УДК 519.8

Горбачук В.М.

д.ф.-м.н., старший науковий співробітник,
старший науковий співробітник
відділу математичних методів
дослідження операцій
Інституту кібернетики
імені В.М. Глушкова
Національна академія наук України

Дунаєвський М.С.

магістр, аспірант
Інституту кібернетики
імені В.М. Глушкова
Національна академія наук України

Скорочод Д.А.

магістр,
молодший науковий співробітник
відділу математичних методів
дослідження операцій
Інституту кібернетики
імені В.М. Глушкова
Національна академія наук України

Гроші й рівні цін відіграють певну роль у поділі ризиків, тому гроші та кредит, визнаючи рівні цін активів, відіграють роль у запобіганні криз. Відомо, що обсяги грошей і наявних кредитів важливі для визначення цін активів. Ці обсяги були важливими під час формування фінансових бульбашок. Спекулятивний ажіотаж набирає обертів через збільшення цих обсягів.

Ключові слова: гроші, кредити, активи, ціни, фінансова бульбашка.

Деньги и уровни цен играют определенную роль в разделении рисков, поэтому деньги и кредит, определяя уровни цен активов, играют роль в предотвращении кризисов. Известно, что объемы денег и имеющихся кредитов важны для определения цен акти-

вов. Эти объемы были важными при формировании финансовых пузырей. Спекулятивный ажиотаж набирает обороты из-за возрастания этих объемов.

Ключевые слова: деньги, кредиты, активы, цены, финансовый пузырь.

Money and price levels play a certain role in risk sharing. Therefore, money and loans play its role for crises prevention, determining price levels of assets. It is known that amounts of money and loans available are important for the determination of asset prices. Those amounts were important during the formation of financial bubbles. A speculative rush gets speed due to the increase of these amounts.

Key words: money, loans, assets, prices, financial bubble.

Постановка проблеми. Незважаючи на очевидне емпіричне значення взаємозв'язку між монетарною політикою та бульбашкою цін активів, не було усталеної теорії подібних взаємозв'язків [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Один з авторів 22 червня 2018 р. відвідав публічну лекцію «Площа і вежа: ієрархії, інновації і революція» наукового співробітника Гуверівського інституту Стенфордського університету і Центру європейських досліджень Гарвардського університету Ніла Фергюсона (Niall Ferguson), присвячену стрімкому розвитку та суспільному впливу сучасних високотехнологічних мереж. Такі мережі породжують нову фінансову технологію – фінтех. Інший автор провів аналіз відомих публікацій Н. Фергюсона з фінансів. За книгою Н. Фергюсона [2] були зняті телевізійні документальні фільми для каналів Channel 4 (Великобританія) і PBS (США). Ці фільми у 2009 р. виграли Міжнародну премію Еммі (International Emmy Award).

Банківська криза і криза обмінного курсу переносяться на реальну економіку, породжуючи рецесію [3]. Такі кризи трапилися в Україні у 2014–2017 рр., але не дістали належного пояснення.

Постановка завдання. Мета статті полягає в розробці взаємозв'язку між бульбашками цін активів, фінансовими кризами та функціями Центрального банку (ЦБ) [4].

Виклад основного матеріалу дослідження.

Першу фінансову бульбашку винайшов Джон Лоу (John Law, 1671–1729 рр.), що був найвидатнішим скарбником Франції [2]. Він народився в Единбурзі

(Шотландія) у 1671 р. у сім'ї успішного ювеліра та успадкував замок Лаурістон. Дж. Лоу переїхав у Лондон в 1692 р., де вивчав математику, комерцію, політичну економію. Він швидко витрачав успадковане майно на різні авантюри й азартні ігри.

Через два роки Дж. Лоу вбив свого сусіда на дуелі, за що був засуджений до страти, але втік із в'язниці та переїхав в Амстердам, який на той час став світовою столицею фінансових інновацій. Дж. Лоу вивчав банківські операції, захопившись акціонерними компаніями, Амстердамським (Обмінним) банком, фондовою біржою, а також ідеєю грошей, які не залежать від вмісту дорогоцінних металів (золота чи срібла). Дж. Лоу вважав, що довіра є основою державного кредитування. Банкноти, яким довіряють, можуть працювати не гірше за монети: «Я знайшов секрет філософського каменю – отримання золота з паперу». Для експерименту Дж. Лоу найкраще підійшла Франція – абсолютна монархія, якій потрібно було фінансувати військові витрати й громадяни якої були схильні до ризиків. У схемі Дж. Лоу монарх ефективно делегує державне кредитування торговій компанії, яка може перепродавати позики жителям Франції шляхом заснування королівського банку, що сприяв комерційним, торговельним та валютним операціям.

Спираючись на голландський колоніальний досвід, Дж. Лоу запропонував взяти під контроль торгівлю Франції з Луїзіаною (малорозвиненою колонією від дельти р. Міссісіпі до Середнього Заходу на території понад десятка сучасних

штатів США). У 1717 р. нова «Компанія Заходу» («Compagnie d'Occident») отримала монополію на торгівлю з Луїзіаною на 25 років, а також контроль на внутрішні справи колонії. Капітал компанії становив безпрецедентну для Франції суму, а саме 100 млн. ліврів. Кожна акція компанії продавалася за ціною 500 ліврів усім французам незалежно від рангу, а також іноземцям. Дохідність цих акцій становила 4% річних.

У 1718 р. уряд Франції надав привілеї та гарантії цій компанії, що підвищило привабливість її акцій. Компанія отримала виключне право на збір доходів з продажу тютюну, а незабаром придбала привілеї Сенегальської компанії. Головний банк країни (Banque Generale) став Королівським банком (Banque Royale) – фактично першим ЦБ Франції. Його банкноти могли обмінюватись на еку, а еку могли обмінюватись на срібло.

«Компанія Заходу» продовжувала зростати. У травні 1719 р. вона поглинула компанії «Східна Індія» та «Китай», що були структуровані як «Компанія Індії» («Compagnie des Indes»). У липні 1719 р. Дж. Лоу дістав управління за Королівським монетним двором на період 9 років. У серпні 1719 р. Дж. Лоу виборов право на отримання надходжень від непрямих податків, позбавивши такого права конкурентів. У вересні 1719 р. «Компанія Заходу» надала кредит короні на 1,2 млрд. ліврів для виплати всього королівського боргу. У жовтні 1719 р. Дж. Лоу взяв під контроль збір прямих податків. Він пишався створеною ним фінансовою системою.

Економіка Франції у 1716 р. перебувала в рецесії, а збільшення грошової маси завдяки банкнотам, введеним Дж. Лоу, справді надала необхідний стимул економічного пожвавлення. Водночас Дж. Лоу прагнув перетворити тяжкий державний борг, що вийшов з-під контролю, на актив великої приватної компанії, яка мала права збору податків та монопольної торгівлі. Її успішна реалізація поклала б край боргам французької монархії.

«Компанія Заходу» платила банкнотами високий дивіденд на свої акції. У 1719 р. інвестори, які хотіли придбати акції нових емісій, могли для цього взяти кредити в Королівському банку під заставу наявних акцій. Ціна акцій зростала: 1 серпня, 30 серпня, 4 вересня 1719 р. ціна акції першої серії становила 2 750, 4 100, 5 000 ліврів відповідно. Це заохотило Дж. Лоу випустити 100 тис. додаткових акцій за досягнутою ціною 28 вересня і 2 жовтня 1719 р. Ціна акції перевищила 9 000 ліврів восени 1719 р., досягши 10 025 ліврів 2 грудня 1719 р. Неофіційний ринок ф'ючерсів передбачав ціну акції 12 500 ліврів на березень 1720 р.

На відміну від багатьох інвесторів, досвідчений ірландський банкір та економіст Річард Кантілон (Richard Cantillon, XVII сторіччя – 1734 р.) відчув

фінансову бульбашку і розпродав свої акції компанії у серпні 1719 р.

У вересні 1720 р. ціна акції стала вдвічі більшою, ніж у 1718 р., причому зростання ціни прискорювалося. Збільшення банкнот в обігу (вдвічі протягом 1719–1720 рр.) спричинило інфляцію. На травень 1720 р. обсяг банкнот та акцій (які могли конвертуватися в банкноти) у володінні громадян, вимірюваний у ліврах, у 4 рази перевищував обсяг золотих і срібних монет, які раніше використовувалися.

Люди, очікуючи знецінення банкнот, почали конвертувати їх у стабільні золото й срібло. У грудні 1719 р. ціна акції знизилась до 7 930 ліврів. Тому було створено окреме бюро в Королівському банку, зобов'язане викуповувати акції за ціною не нижче 9 000 ліврів. «Компанія Заходу» отримала повний контроль над Королівським банком 22 лютого 1720 р.

Для підтримки банкнот влада визнавала їх законним засобом платежу. Було заборонено експорт золота, срібла та виробів з них. 27 лютого 1720 р. видано едикт, що забороняв громадянам зберігати в монетах понад 500 ліврів. Розпочались обшуки будинків.

3 лютого по травень 1720 р. грошова маса банкнот у володінні громадян зросла на 94%. Тим часом частка акцій «Компанії Заходу», якою володіли звичайні жителі, впала нижче третини від усієї кількості випущених акцій. Стало очевидно, що досить швидко акції будуть розпродані, стимулюючи подальше зростання банкнотної маси та інфляції.

21 травня 1720 р. Дж. Лоу добився від регента випуску дефляційного декрету, що офіційно знизив ціну акції компанії з 9 000 до 5 000 ліврів та зменшив удвічі кількість акцій в обігу. Від 16 до 31 травня 1720 р. ціна акції впала з 9 005 до 4 200 ліврів.

Розлючений натовп зібрався навколо банку, що не міг задовольнити потребу в банкнотах. Слідча комісія отримала докази того, що емісія банкнот не відповідала встановленим обмеженням. Наприкінці травня 1720 р. Дж. Лоу перебував під домашнім арештом.

Розпад бульбашки Дж. Лоу відкинув розвиток фінансової системи Франції на цілі покоління: у французів вкоренилась недовіра до паперових грошей та фондового ринку. Фіскальна криза французької монархії залишилась невирішеною за часи правління Луї XIV та його наступника Луї XVI. Без ефективного механізму перерозподілу зібрані податки просто витрачались. Влада безуспішно вдавалась до різних реформ. Врешті-решт, королівське банкрутство прискорило Велику французьку революцію 1789–1799 рр.

Спекулятивний ажіотаж набирає обертів через збільшення обсягів грошей і наявних кре-

дитів, а іноді він розпочинається завдяки такому збільшенню. Збільшення кредитів за фінансової лібералізації виявлялось важливим у багатьох випадках, де ціни активів зростали, а потім різко спадали. Відомий приклад такого явища, як різке підвищення цін акцій (цінних паперів, ЦП) та нерухомості в Японії наприкінці 1980-х рр. з наступним їх спадом у 1990 р. Фінансова лібералізація протягом 1980-х рр. і прагнення до зміцнення долара США наприкінці 1980-х рр. сприяли збільшенню кредитної маси. Протягом більшої частини 1980-х рр. ціни активів постійно зростали, сягнувши, зрештою, надзвичайно високого рівня. У 1985 р. індекс Nikkei 225 дорівнював близько 10 000, а 19 грудня 1989 р. сягнув рівня 38 916. Новий голова правління Банку Японії розпочав жорсткішу монетарну політику, долаючи інфляцію та звертаючи менше уваги на курс долара, що привело до різкого підвищення відсоткових ставок на початку 1990-х рр. [5]. У першому півріччі 1990 р. Nikkei 225 швидко спадав, а 1 жовтня 1990 р. впав до рівня 20 222, тобто бульбашка луснула. На початку 1990-х рр. в Японії спостерігалися фінансові скорочення й дефолти. Розпад бульбашки негативно вплинув на реальний сектор, темпи зростання якого у 1990-х рр. коливались навколо нуля. Такі темпи були нетиповими для післявоєнної економіки Японії.

Подібні події траплялися в Норвегії, Фінляндії, Швеції у 1980-х рр. [6].

У Норвегії відношення банківських позик до номінального валового внутрішнього продукту (ВВП) зросло від 40% у 1984 р. до 68% у 1988 р. за помітного збільшення цін активів, інвестицій, споживання. Спад цін на нафту сприяв розпаду фінансової бульбашки та спричинив найсерйознішу післявоєнну банківську кризу й рецесію Норвегії.

У Фінляндії інфляційний бюджет 1987 р. спричинив значне збільшення кредитної маси. Відношення банківських позик до номінального ВВП зросло від 55% у 1984 р. до 90% у 1990 р. Протягом 1987–1988 рр. ціни на житло зросли на 68%. Для угамування кредитного буму у 1989 р. ЦБ Фінляндії збільшив відсоткові ставки й резервні вимоги, але у 1990–1991 рр. ситуацію погіршив спад торгівлі з СРСР (ціни активів спадали, а банки шукали підтримки уряду). ВВП Фінляндії знизився на 7%.

У Швеції стійке збільшення кредитної маси наприкінці 1980-х рр. привело до буму ринку нерухомості. У другому півріччі 1990 р. внаслідок жорсткішої монетарної політики відсоткові ставки зросли, а у 1991 р. багато банків мали серйозні труднощі через попередні позики, засновані на інфляційних цінах активів. Це привело до втручання уряду Швеції та рецесії.

Яскравим прикладом новопосталої ринкової економіки, що зазнала подібної проблеми, є Мек-

сика. На початку 1990-х рр. після приватизації банків відбулась фінансова лібералізація, яка зняла резервні вимоги. Частка у ВВП банківських кредитів приватним нефінансовим установам зросла від 10% наприкінці 1980-х рр. до 40% у 1994 р. На початку 1990-х рр. фондовий ринок помітно зростає. Однак 23 березня 1994 р. пострілами впритул був убитий кандидат у президенти Мексики Колосіо-Муррієта (Colosio-Murrieta, 1950–1994 рр.), в кар'єрі якого є навчання в університеті Пенсильванії та дослідження в Міжнародному інституті прикладного системного аналізу (International Institute for Applied Systems Analysis, IIASA); з IIASA постійно успішно співпрацює Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України. Фінансова бульбашка луснула після цього замаху та початку збройного повстання місцевих мешканців проти латифундистів у провінції Чіапас (Chiapas) у 1994 р. Впали ціни акцій та інших активів, сталась банківська криза, обвалилась національна валюта, розпочалася важка рецесія.

Вищенаведені приклади вказують на взаємозв'язок між істотними підвищеннями цін активів (позитивними бульбашками) та грошово-кредитною політикою, а також на те, що розпад бульбашки може вести до серйозних проблем, адже спад цін активів веде до тисків на банківський сектор. Банки, що є держателями нерухомості та ЦП, ціна яких спадає (чи позик власникам цих активів), часто потрапляють під серйозний тиск зменшення активів за фіксованих зобов'язань. Тоді банки змушені відкликати позики, позбавляючись відповідних активів, що посилює проблему спаду цін активів, тобто проблему негативної бульбашки. Негативні бульбашки, де ціни активів занадто спадають, можуть шкодити банківській системі, яка може ускладнювати проблеми реальної економіки. Грошово-кредитна політика може як сприяти позитивним ціновим бульбашкам, так і запобігати надмірно негативним ціновим бульбашкам. У наведених прикладах Норвегії, Фінляндії, Швеції, Мексики ціни активів швидко відновились, а зовнішні ефекти для реальної економіки виявились нетривалими. Водночас в Японії ціни активів довго (до 2005 р.) не відновлювались, а реальна економіка виявляла меншу робастність.

Відома теорія взаємозв'язку між збільшенням кредитної маси та позитивними бульбашками, заснована на проблемі агентства ("agency problem") [7]. Багато інвесторів у нерухомість і фондовий ринок отримують свої інвестиційні кошти із зовнішніх джерел. Якщо кінцеві надавачі коштів не здатні спостерігати характеристики конкретної інвестиції, то виникає класична проблема зсуву ризику ("risk-shifting"). Зсув ризику збільшує віддачу на інвестицію в ризикові активи та спонукає інвесторів збільшувати ціни вище фундаментальних рівнів. Таким чином, вирішальною детермінан-

тою цін активів є обсяг наданих кредитів. Процес фінансової лібералізації, збільшуючи кредитну масу та створюючи невизначеність щодо майбутньої динаміки такого збільшення, за проблеми агентства може вести до бульбашки цін активів.

До позитивних бульбашок, що приводили до згаданих фінансових криз, веде певна послідовність подій.

Спочатку має місце певна фінансова лібералізація, яка веде до помітного збільшення кредитної маси. Банки значно збільшують обсяг позик. Деякі позики фінансують нові інвестиції. Багато цих інвестицій використовуються для купівлі таких активів, як акції та нерухомість. Оскільки пропозиція подібних активів є фіксованою, то їх ціни зростають вище їхніх фундаментальних рівнів. Постають проблеми короткого продажу ("short selling") – продажу «ведмедами» цінних паперів, яких вони не мають (які позичають у брокерів), сподіваючись на зниження цін і проведення оберненої операції. Такий продаж є ризикованим. На практиці такий продаж не дає цінам знижуватись до рівня, передбаченого стандартною теорією. Процес зростання цін триває доти, коли стається певна реальна подія, яка означає малі віддачі на активи в майбутньому, та (або) ЦБ змушений обмежити кредитну масу, запобігаючи інфляції та «перегріву» ("overheating") економіки. Наслідком цих подій є різкий спад цін акцій та нерухомості. Виникає банківська криза, бо активи в цінах позитивної бульбашки виступали кредитною заставою. Також можлива криза обмінного курсу, коли інвестори виводять свої кошти з країни, а ЦБ країни захищає банківську систему, незважаючи на обмінний курс.

Хоча подібні бульбашки й кризи часто пов'язують з особливостями конкретної країни, в наведених прикладах Японії, Норвегії, Фінляндії, Швеції, Мексики відбувалась вищезазначена послідовність подій. Тому таку послідовність можна вважати загальним явищем, яке охоплює появу бульбашки, реакцію банківської системи, розпад бульбашки.

У стандартних моделях ціноутворення активів вважається, що люди інвестують свої власні гроші. Відповідний рівень цін називають фундаментальним. Говорять, що настає бульбашка, коли ціна активу зростає вище фундаментального рівня [8]. При цьому люди, які приймають інвестиційні рішення, беруть позики через дефолт і звертають увагу лише на вищу частину розподілу віддачі на ризиковий актив [7; 9]. Тоді виникає проблема зсуву ризику, а ціна ризикового активу зростає вище фундаментального рівня, створюючи бульбашку.

Дослідимо раціональну поведінку людей, які приймають інвестиційні рішення, розраховуючи на взяті позики. В разі дефолту вони розраховують на обмежену відповідальність. Оскільки позикодавці

не можуть спостерігати за ризикованістю інвестованих проектів, то виникає проблема агентства. Щодо нерухомості, то ця проблема очевидна. Стосовно ЦП існують крайні межі, які не дають змогу людям безпосередньо брати позики для інвестування в конкретний ЦП. У багатьох країнах інвестиційні рішення на ринку визначають не фізичні, а юридичні особи, тобто інституційні інвестори (менеджери). Для інституційного менеджера теж існує проблема агентства з борговими контрактами. Крім того, структура стимулювання подібна до боргового контракту: якщо активи, в які інвестують менеджери, є успішними, то менеджери залучають більше коштів у майбутньому, тому дістають вищі платежі; якщо ж активи не є успішними, то менеджери сплачують штрафи та ризикують стати звільненими. Ця структура визначає функції, аналогічні до функцій обмеженої відповідальності [8].

На кожну одиницю безризикового активу, інвестовану в період часу $t = 1$, в період $t = 2$ очікується виграш 1,5; це означає дисконт $r = 50\%$. Припустимо, такий актив має змінну пропозицію. На одиницю ризикового активу А, куплену за ціною (price) P у період часу $t = 1$, у період $t = 2$ очікується винагорода (reward) R , яка рівна 6 з ймовірністю 0,25 та 1 з ймовірністю 0,75; загальна очікувана (expected) винагорода від активу А рівна $ER = 6 \times 0,25 + 1 \times 0,75 = 1,5 + 0,75 = 2,25$. Припустимо, ризиковий актив має фіксовану пропозицію, рівну 1.

Нехай у період часу $t = 1$ кожний з двох інвесторів має статки (wealth), рівні 1, і безпосередньо їх інвестує. Якщо кожний інвестор нейтральний до ризику, то граничні віддачі на обидва вищезазначені активи мають бути однаковими:

$$\frac{2.25}{P} = \frac{1.5}{1};$$

$$P_F = \frac{2.25}{1.5} = 1.5 = 1 \times (1 + r). \quad (1)$$

Очікуваний виграш 1,5 на одиницю інвестицій у безризиковий актив за ціною 1 є таким самим, як на $\frac{1}{1.5}$ одиниць інвестицій у ризиковий актив за ціною P_F . Отже, фундаментальна (fundamental) ціна ризикового активу – це майбутня вартість виграшу за цього дисконту чи цієї альтернативної вартості. Будь-яку вищу ціну цього активу називають бульбашковою.

Нехай тепер у період часу $t = 1$ кожний інвестор не має власних статків, але може брати позики під кредитну (lending) ставку $r_l = \frac{1}{3} = 0,333$ для купівлі активів. Обсяг позик не перевищує 1: якщо інвестор бере позику обсягом 1, то віддає суму 1,33, якщо здатний віддати цю суму; якщо ж інвестор не здатний віддати цю суму (оголошує дефолт), то позикодавець має право претендувати на будь-що, що є в інвестора.

Коли інвестор бере позику обсягом 1 та інвестує її в безризиковий актив, то дістає граничну віддачу:

$$r - r_f = 0,5 - 0,33 = 0,17. \quad (2)$$

Коли ж інвестор бере позику обсягом 1 та інвестує в ризиковий актив X, то купує обсяг $\frac{1}{P_F} = \frac{1}{1,5}$

цього активу за фундаментальною ціною. За винагорода $R=6$ інвестор віддає позикодавцю суму 1,33, залишаючи решту собі, а за винагорода $R=1$ інвестор не здатний віддати позикодавцю потрібну суму, тому позикодавець забирає цю винагорода, залишаючи інвестора без виграшу. Очікувана гранична віддача інвестору на ризиковий актив дорівнює:

$$0,25 \left(\frac{1}{P_F} \times 6 - 1,33 \right) + 0,75 \times 0 = \quad (3)$$

$$= 0,25 (4 - 1,33) = 0,25 \times 2,67 = 0,67 > 0,17.$$

Таким чином, для інвестора ризиковий актив вигідніший, ніж безризиковий. Водночас для позикодавця безризиковий актив вигідніший, ніж ризиковий: за інвестиції в безризиковий актив позикодавець дістає 1,33, а за інвестиції в ризиковий актив позикодавець дістає:

$$0,25 \times \frac{4}{3} + 0,75 \times \frac{1}{1,5} = \frac{1 + 0,75 \times 2}{3} = \frac{2,5}{3} = \frac{5}{6} = 0,83.$$

В обох випадках сумарний виграш інвестора та позикодавця дорівнює P_F :

$$0,17 + 1,33 = 1,5 = 0,67 + 0,83.$$

Ризик дефолту дає змогу зсунути виграш обсягом $0,67 - 0,17 = 0,5$ від позикодавця до позичальника (інвестора). Оскільки позикодавець не спостерігає за ризикованістю проектів позичальника, то не може запобігати інвестуванню в ризиковий актив [10; 11] (один з авторів роботи [11] є Нобелівським лауреатом 2001 р.).

За рівноважної ціни P_X ризикового активу X виграші (2) і (3) однакові:

$$\frac{1,5}{P_X} - \frac{1}{4} \times \frac{4}{3} = 0,25 \left(\frac{1}{P_X} \times 6 - 1,33 \right) + 0,75 \times 0 = \quad (4)$$

$$= r - r_f = 0,5 - 0,33 = 0,17 = \frac{0,5}{3};$$

$$\frac{3 \times 1,5}{P_X} - 1 = 0,5;$$

$$P_X = 3 > 1,5 = P_F.$$

Отже, рівноважна ціна за проблеми агентства виявляється бульбашковою.

Згідно зі стандартною теорією корпоративних фінансів фірми, які здійснюють інвестиції за рахунок боргу, не звертають увагу на величину чистої поточної вартості; згідно з теорією ціноутворення активів за проблеми агентства такі фірми купують ризикові активи за бульбашковими цінами.

Замість активу X розглянемо актив Y, що має ту саму очікувану винагорода чи той самий спред, що зберігає середнє (mean-preserving spread): в період $t=2$ очікується винагорода R, що дорівнює 9 з ймовірністю 0,25 і дорівнює 0 з ймовірністю 0,75; загальна очікувана винагорода від активу Y рівна $ER = 9 \times 0,25 + 0 \times 0,75 = 2,25$. Ціна активу Y визначається співвідношенням (4):

$$\frac{9}{4P_Y} - \frac{1}{4} \times \frac{4}{3} = 0,25 \left(\frac{1}{P_Y} \times 9 - 1,33 \right) + 0,75 \times 0 =$$

$$= r - r_f = 0,5 - 0,33 = 0,17 = \frac{0,5}{3};$$

$$\frac{3 \times 9}{4P_Y} = 1 + 0,5 = \frac{3}{2};$$

$$P_Y = \frac{3 \times 9 \times 2}{4 \times 3} = 4,5 > 3 = P_X > 1,5 = P_F.$$

Величина зсуву ризику залежить від ризикованості активу: чим більший ризик, тим більший потенціал зсуву ризику, тим вища ціна активу.

Важливо підкреслити, що акції високотехнологічних компаній були найкращими під час бумів фондового ринку як у 1920-х рр., так і у 1990-х рр. У 1920-х рр. найкращими були акції радіокомпаній та комунальних підприємств [12], а у 1990-х рр. – акції телекомунікаційних компаній, засобів масової інформації, галузей відпочинку і новітніх технологій. Саме ці акції мали найбільш невизначені виграші.

Одним з важливим питань є те, чому банки готові надавати позики інвесторам, які можуть зазнати дефолту. Коли інвестор бере позику для купівлі активу X (його пропозиція дорівнює 1) за рівноважною ціною $P_X = 3$, то купує обсяг $\frac{1}{P_X} = \frac{1}{3}$

цього активу; якщо позикодавці мають кошти обсягом 10 для 10 позичальників (кожний з яких бере позику обсягом 1), то 3 позичальники повністю викуповують актив X, а 7 позичальників купують безризиковий актив. Тоді 30% позичальників інвестують в ризиковий актив, а 70% – в безризиковий; очікуваний виграш банку (позикодавців і вкладників) на одиницю позики дорівнює сумі двох доданків:

$$0,3 \left[0,25 \times 1,33 + 0,75 \times \frac{1}{3} \times 1 \right] + 0,7 \times 1,33 =$$

$$= 0,3 \left[\frac{1}{4} \times \frac{4}{3} + \frac{3}{4} \times \frac{1}{3} \right] + 0,7 \times \frac{4}{3} =$$

$$= 0,3 \left[\frac{1}{3} + \frac{1}{4} \right] + \frac{2,8}{3} = \frac{0,3(4+3) + 2,8 \times 4}{12} =$$

$$= \frac{2,1 + 11,2}{12} = \frac{13,3}{12} = 1,11.$$

Перший доданок – це виграш банку від 30% інвесторів в актив X (з ймовірністю 0,25 винагорода рівна 6, а інвестор віддає належну суму 1,33;

з ймовірністю 0,75 винагорода рівна 1, інвестор не здатний віддати належну суму 1,33, а банк забирає обсяг $\frac{1}{3}$ активу X , який дав винагороду 1).

Другий доданок – це виграш банку від 70% інвесторів у безризиковий актив, кожний з яких віддає належну суму 1,33.

В конкурентному банківському секторі зазначений виграш банку йде вкладникам, на яких падає тягар проблеми агентства під час сегментації фінансових ринків, адже вкладники й банки не мають доступу до активів, в які інвестують позичальники на взяті кредити; якщо б вкладники й банки мали такий доступ, то інвестували б у безризиковий актив, а не в депозити.

У вищенаведених прикладах агрегований обсяг B наявних у банках кредитів, який визначає ЦБ (встановлюючи резервні вимоги та визначаючи обсяг активів як резервне покриття), і відсоткова ставка r_i вважались екзогенними, але вони є взаємозалежними.

Віддача на безризиковий актив визначається граничною продуктивністю капіталу в економіці країни. Ця продуктивність залежить від обсягу x споживчого продукту, який інвестується в період $t=1$ і дає обсяг $f(x)$ продукції в період $t=2$ за цієї виробничої технології. Якщо ризиковий актив має фіксовану пропозицію 1 і ціну P , то в період $t=1$ має місце бюджетне обмеження $x=B-P$. Якщо $f(x)=3\sqrt{x}$, то в конкурентному банківському секторі (на конкурентному ринку позик, де кожний інвестор здатний брати в кожному банку позику, що не більше B) дотримується таке рівняння:

$$r_i = f'(x) = \frac{1.5}{\sqrt{x}} = \frac{1.5}{\sqrt{B-P}}. \quad (5)$$

Число банків нормуємо до 1 (або 100%); число інвесторів теж нормуємо до 1. При ставці, нижчій рівня (5), попит на взяття банківських позик для інвестування в безризиковий актив був би нескінченним. При ставці, вищій рівня (5), попит на взяття таких позик був би нульовим; останнє суперечить властивості $f'(x)=\infty$. Інвестору байдуже, купувати ризиковий актив X за ціною P чи ні, якщо його виграш від такої інвестиції нульовий [9]:

$$0 = 0.25 \left(\frac{1}{P} \times 6 - r_i \right) + 0.75 \times 0 = \frac{6}{4P} - \frac{1}{4} \times \frac{1.5}{\sqrt{B-P}}; \quad (6)$$

$$6\sqrt{B-P} = 1.5P, \quad P = 4\sqrt{B-P}, \quad P^2 = 16(B-P);$$

$$P^2 + 16P - 16B = 0;$$

$$P(B) = \frac{-16 \pm \sqrt{16^2 + 4 \times 1 \times 16B}}{2} = \frac{-16 \pm 4\sqrt{16 + 4B}}{2} = -8 \pm 4\sqrt{4+B}. \quad (7)$$

Через $P > 0$ маємо $P = -8 + 4\sqrt{4+B}$. Тоді при $B=5$ маємо:

$$P = -8 + 4\sqrt{4+B} = -8 + 4\sqrt{4+5} = -8 + 4 \times 3 = 4;$$

$$r_i = \frac{1.5}{\sqrt{B-P}} = \frac{1.5}{\sqrt{5-4}} = 1.5.$$

ЦБ управляє рівнем відсоткових ставок відповідно до залежності (5) та рівнем цін активів відповідно до залежності (7). На відміну від стандартної лінійної залежності (1), залежність (7) є нелінійною, причому:

$$\begin{aligned} P - P_F &= -8 + 4\sqrt{4+B} - \frac{1}{1+r} > -8 + 4\sqrt{4+B} - \frac{1}{1+r_i} = \\ &= -8 + 4\sqrt{4+B} - \frac{\sqrt{B-P}}{\sqrt{B-P} + 1.5} = \\ &= \frac{4(-2 + \sqrt{4+B})(\sqrt{B-P} + 1.5) - \sqrt{B-P}}{\sqrt{B-P} + 1.5}. \end{aligned}$$

Можна очікувати, що за досить загальних умов має місце фундаментальна нерівність $P > P_F$, адже за проблеми агентства зміни B можуть вести до порівняно великих змін P .

На практиці ЦБ має обмежену спроможність управляти обсягом B , тоді значення B є випадковим. Крім того, можливі зміни у стратегічних перевагах, у внутрішньому чи зовнішньому середовищі ЦБ створюють ще більшу невизначеність стосовно B . Ця невизначеність особливо велика в країнах, де відбувається фінансова лібералізація. Для вивчення впливу цієї невизначеності додаємо в модель період часу $t=0$: у час між періодами 0 та 1 існує невизначеність стосовно рівня B , у період $t=1$ – фінансова невизначеність. Ця невизначеність спричинює невизначеність щодо цін активів у період $t=1$. Оскільки поведінка інвесторів, які беруть банківські позики у період 0, не залежить від такої цінової невизначеності, то залишаються проблеми агентства і зсуву ризику, адже ціна ризикового активу в період 0 відбиває таку цінову невизначеність і може перевищувати його ціну в період 1. Нехай значення B дорівнює 5 або 7 з ймовірністю 0,5. Через співвідношення (7) маємо:

$$P(B=5) = -8 + 4\sqrt{4+B} = -8 + 4\sqrt{4+5} = 4;$$

$$P(B=7) = -8 + 4\sqrt{4+B} = -8 + 4\sqrt{4+7} = 5.27 > 4 = P(B=5);$$

а через співвідношення (5):

$$r_i(B=5) = \frac{1.5}{\sqrt{B-P}} = \frac{1.5}{\sqrt{5-4}} = 1.5;$$

$$r_i(B=7) = \frac{1.5}{\sqrt{B-P}} = \frac{1.5}{\sqrt{7-5.27}} = 1.14.$$

Аналогічно до співвідношення (6) маємо рівняння ціноутворення ризикового активу (з вищою ймовірною ціною) в період 0:

$$0 = 0.5 \left(\frac{1}{P_0} \times 5.27 - r_{i0} \right) + 0.5 \times 0 = \frac{5.27}{2P_0} - \frac{1.5}{2\sqrt{B_0 - P_0}};$$

$$P_0 = \frac{5.27}{1.5} \sqrt{B_0 - P_0} = \frac{-8 + 4\sqrt{11}}{1.5} \sqrt{B_0 - P_0} = 3.51 \sqrt{B_0 - P_0};$$

$$(P_0)^2 + 12.33P_0 - 12.33B_0 = 0;$$

звідки для середнього значення $B_0 = \frac{5+7}{2} = 6$ впливає, що:

$$P_0(B_0 = 6) = \frac{-12.33 + \sqrt{12.33^2 + 4 \times 12.33 \times 6}}{2} =$$

$$= 4.42 \in (P(B = 5), P(B = 7));$$

$$r_{10}(B_0 = 6) = \frac{1.5}{\sqrt{B_0 - P_0}} = \frac{1.5}{\sqrt{6 - 4.42}} = 1.19.$$

За того ж середнього $B_0 = \frac{4+8}{2} = 6$ для значень 4 або 8 з ймовірністю 0,5 має місце більша фінансова невизначеність. Через співвідношення (7) маємо:

$$P(B = 4) = -8 + 4\sqrt{4+B} = -8 + 4\sqrt{4+4} = 3.31;$$

$$P(B = 8) = -8 + 4\sqrt{4+B} = -8 + 4\sqrt{4+8} =$$

$$= 5.86 > 3.31 = P(B = 4);$$

а через співвідношення (5):

$$r_1(B = 4) = \frac{1.5}{\sqrt{B - P}} = \frac{1.5}{\sqrt{4 - 3.31}} = 1.81;$$

$$r_1(B = 7) = \frac{1.5}{\sqrt{B - P}} = \frac{1.5}{\sqrt{8 - 5.86}} = 1.03.$$

Аналогічно до співвідношення (6) маємо рівняння ціноутворення ризикового активу (з вищою ймовірною ціною) в період 0:

$$0 = 0.5 \left(\frac{1}{P_0} \times 5.86 - r_{10} \right) + 0.5 \times 0 = \frac{5.86}{2P_0} - \frac{1.5}{2\sqrt{B_0 - P_0}};$$

$$P_0 = \frac{5.86}{1.5} \sqrt{B_0 - P_0} = \frac{-8 + 4\sqrt{12}}{1.5} \sqrt{B_0 - P_0} = 3.90 \sqrt{B_0 - P_0};$$

$$(P_0)^2 + 15.24P_0 - 15.24B_0 = 0;$$

звідки для середнього значення $B_0 = \frac{4+8}{2} = 6$ впливає, що:

$$P_0(B_0 = 6) = \frac{-15.24 + \sqrt{15.24^2 + 4 \times 15.24 \times 6}}{2} =$$

$$= 4.61 \in (P(B = 4), P(B = 8));$$

$$r_{10}(B_0 = 6) = \frac{1.5}{\sqrt{B_0 - P_0}} = \frac{1.5}{\sqrt{6 - 4.61}} = 1.27.$$

Зсув фінансового ризику відбувається подібно до зсуву реального ризику. Очікувана винагорода від ризикового активу X або Y в період 2 становить 2,25, оскільки в період 1 його ціна становить від 4,42 до 4,61 (ринкова ціна може значно перевищувати фундаментальний рівень). Можливість збільшення кредитної маси протягом тривалого часу

породжує суттєву невизначеність щодо величини бульбашки та моменту її розпаду, а особливо під час фінансової лібералізації економіки.

Вищенаведені приклади показують, що для визначення ціни ризикового активу в період 0 важливі очікування стосовно агрегованої кредитної маси B у період 1. Коли ця маса зростає, то ціни активів підвищуються, що дає змогу уникати дефолту; коли ж ця маса спадає, то ціни активів знижуються, що створює дефолт. Таким чином, важлива динаміка агрегованої кредитної маси. Очікування стосовно цієї динаміки впливають на рішення інвесторів про те, скільки брати позик і за скільки купувати ризиковий актив. Якщо величина B менша очікуваної чи нижча максимальних прогнозованих рівнів, то інвестори можуть стати неспроможними обслуговувати свої борги, що означає дефолт, який може статися за постійного зростання величини B [7]. Якщо величина B близька до максимальних прогнозованих рівнів, але нижча за них, то дефолт відбувається майже напевне.

Висновки з проведеного дослідження. Фінансова система є досить крихкою та вразливою, потребуючи належного регулювання та суспільного нагляду.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Allen F., Gale D. Understanding financial crises. New York, NY: Oxford University Press, 2007. 303 p.
2. Ferguson N. The ascent on money: a financial history of the world. The Penguin Press, 2008. 432 p.
3. Горбачук В. Фінансові методи. Київ: Альтерпрес, 2002. 175 с.
4. Горбачук В. Фінансові рішення. Київ: Альтерпрес, 2003. 175 с.
5. Tschoegl A. Modeling the behavior of Japanese stock indices. Japanese capital markets: new developments in regulations and institutions / S. Takagi (ed.). Oxford: Blackwell, 1993. P. 371–400.
6. Heiskanen R. The banking crisis in the Nordic countries. Kansallis economic review. 1993. № 2. P. 13–19.
7. Allen F., Gale D. Bubbles and crises. Economic journal. 2000. № 110. P. 236–255.
8. Allen F., Gorton G. Churning bubbles. Review of economic studies. 1993. № 60. P. 813–836.
9. Allen F., Gale D. Asset price bubbles and monetary policy. Global governance and financial crises / M. Desai, Y. Said (eds.). New York; London: Routledge, 2004. P. 19–42.
10. Jensen M., Meckling W. Theory of the firm: managerial behavior, agency cost and ownership structure. Journal of financial economics. 1976. № 3. P. 305–360.
11. Stiglitz J., Weiss A. Credit rationing in markets with imperfect information. American economic review. 1981. № 71. P. 393–410.
12. White E. Crashes and panics: the lessons from history. Homewood, IL: Dow Jones Irwin, 1990.

REFERENCES:

1. Allen F., Gale D. Understanding financial crises. New York, NY: Oxford University Press, 2007. 303 p.
2. Ferguson N. The ascent on money: a financial history of the world. The Penguin Press, 2008. 432 p.
3. Horbachuk V. (2002) Finansovi metody. [Financial methods]. Kyiv: Alterpres, 2002 (in Ukrainian).
4. Horbachuk V. (2003) Finansovi rishennia. [Financial solutions]. Kyiv: Alterpres, 2003 (in Ukrainian).
5. Tschoegl A. Modeling the behaviour of Japanese stock indices / Japanese capital markets: new developments in regulations and institutions. S. Takagi (ed.). Oxford: Blackwell, 1993. P. 371–400.
6. Heiskanen R. The banking crisis in the Nordic countries // Kansallis economic review. 1993. № 2. P. 13–19.
7. Allen F., Gale D. Bubbles and crises // Economic journal. 2000. № 110. P. 236–255.
8. Allen F., Gorton G. Churning bubbles // Review of economic studies. 1993. № 60. P. 813–836.
9. Allen F., Gale D. Asset price bubbles and monetary policy / Global governance and financial crises. M. Desai, Y. Said (eds.). New York; London: Routledge, 2004. P. 19–42.
10. Jensen M., Meckling W. Theory of the firm: managerial behavior, agency cost and ownership structure // Journal of financial economics. 1976. № 3. P. 305–360.
11. Stiglitz J., Weiss A. Credit rationing in markets with imperfect information // American economic review. 1981. № 71. P. 393–410.
12. White E. Crashes and panics: the lessons from history. Homewood, IL: Dow Jones Irwin, 1990.

Gorbachuk V.M.

Doctor of Physics and Mathematics
Senior Research Associate,
V.M. Glushkov Institute of Cybernetics,
National Academy of Sciences of Ukraine

Dunaievs'kyi M.S.

MSc (Finance), Postgraduate Student
V.M. Glushkov Institute of Cybernetics,
National Academy of Sciences of Ukraine

Skorokhod D.A.

MA (Mathematics), Junior Research Associate
V.M. Glushkov Institute of Cybernetics,
National Academy of Sciences of Ukraine

MODELLING OF FINANCIAL CRISES

Money and price levels play a certain role in risk sharing. Therefore, money and loans play its role for crises prevention, determining price levels of assets. It is known that amounts of money and loans available are important for the determination of asset prices. Those amounts were important during the formation of financial bubbles. A speculative rush gets speed due to the increase of these amounts.

Despite the obvious empirical importance of a relationship between monetary policy and bubble of asset prices, an established theory of such relationships is not a topic of textbooks. The banking crisis and foreign exchange crisis have an impact on the real economy generating a recession. Such crises happened in Ukraine in 2014–2017 but did not get a due explanation.

The goal of this article is to develop a relationship between asset price bubbles, financial crises, and central bank functions. The growth of loans during financial liberalization appeared to be crucial in many cases where asset prices have increased and then have sharply decreased. The well-known example of such a phenomenon is a sharp increase in stock prices and real estate in Japan in the late 1980s with their subsequent fall in the 1990s. The financial liberalization during the 1980s and the attempt to strengthen the U.S. dollar in the late 1980s facilitated to the growth of loans.

The historical cases of France, Japan, Norway, Finland, Sweden, and Mexico indicate to the relationship between significant increases of asset prices (positive bubbles) and monetary policy, as well as to the collapse of bubble may lead to serious economic problems: a fall in asset prices leads to pressure on the banking sector. The banks, being the holders of real estates and stocks with falling prices (or loans to the owners of those assets), often are subject to a serious pressure of asset shrinkage under fixed liabilities.