

В.В. ХИЛЕНКО

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, Україна,
e-mail: vkhilenko@ukr.net.

**МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ КРИЗОВИХ СИТУАЦІЙ
І ОПТИМІЗАЦІЯ КЕРУВАННЯ РИНКОМ ПЕРЕМІЩЕННЯ КАПІТАЛУ
В УМОВАХ ГЛОБАЛІЗАЦІЇ СВІТОВОЇ ФІНАНСОВО-ЕКОНОМІЧНОЇ СИСТЕМИ**

Анотація. Стаття є продовженням циклу робіт з математичного моделювання динаміки світової фінансово-економічної системи (ФЕС) в умовах глобалізації й аналізу відповідних особливостей переміщення (руху) капіталу. Розглянуто особливості структуризації процесів переміщення капіталу в умовах сучасної глобалізованої ФЕС та їхнього впливу на ефективність інвестиційного портфеля та економіку країн-донорів і країн-реципієнтів. Встановлено взаємозв'язок динамічних процесів руху позикового капіталу та індикатора Баффета як характерну ознаку виникнення та розвитку криз. Визначено умови, за яких подальше вливання капіталу («заливання кризи грошима») втрачає ефективність.

Ключові слова: фінансово-економічна система в умовах глобалізації, переміщення капіталу, економічні цикли, математичне моделювання, оптимізація керувальних впливів регуляторів, захист ринку від кризових ситуацій.

Аналізу економічних циклів, питанням моделювання їхньої динаміки присвячено низку робіт видатних економістів як минулого століття, так і останніх десятиліть [1–4]. Однак, процеси глобалізації у світовій ФЕС, що відбуваються протягом останнього часу, зумовлюють потребу у побудові нових моделей — насамперед, моделей переміщення (руху) капіталу, що відображають особливості сучасної глобалізованої економіки. Ця стаття є продовженням циклу робіт автора з математичного моделювання динаміки світової фінансово-економічної системи (ФЕС) в умовах глобалізації і, зокрема, аналізу відповідних особливостей переміщення (руху) капіталу [5–8].

Метою аналізу і розрахунку моделей динаміки переміщення капіталу в умовах сучасної глобалізованої світової ФЕС є розроблення алгоритмів дій керувальних структур і регуляторних органів, спрямованих на продовження періодів безкризового (стійкого рівномірного) розвитку ФЕС і максимально можливе пом'якшення розвитку кризових ситуацій. Інтенсивність інтеграційних процесів, що відбуваються у ФЕС протягом останніх десятиліть (оцінити їх в чисельному вигляді можна за допомогою коефіцієнта глобалізації [5]), обумовлює актуальність розроблення вказаних алгоритмів і математично обґрунтованих, практично значимих рекомендацій для технократичного квазіоптимального керування світовою ФЕС.

Для сучасної світової глобалізованої економіки переміщення (рух) капіталу має більш складну структуру і динаміку, ніж описані в класичних роботах економістів минулого століття. Цей факт, імовірно вперше, був відображений введенням поняття «ефект вихлюпування» [9] і подальшим введенням понять «ефекту зворотного імпульсу» і «ефекту спінювання» [5].

Аналіз процесів глобалізації світової ФЕС надав змогу виявити структуризацію інвестиційних процесів, пов'язаних з переміщенням капіталу. Водночас зазначені ефекти розглядали як взаємопов'язані складові динаміки ФЕС [5–8]. Ця структуризація як інвестиційних процесів зокрема, так і загальних процесів транскордонного переміщення капіталу, є необхідною для більш точного прогнозування загальної динаміки у ФЕС і більш глибокого розуміння причин зародження і розвитку криз у сучасних умовах глобалізації світової економіки.

Високу значущість зазначених ефектів (у термінах технічних систем — «фаз» або «мод» процесу переміщення капіталу) для динаміки ФЕС, насамперед пов'язану з технічним прогресом суспільства, відображає їхній вплив на циклічність економічних процесів [10]. У роботах [10,11] висловлено природне припущення про те, що вплив переміщення капіталу (часто пов'язаний з розвитком технологій і переміщенням виробництв) на динаміку сучасної світової ФЕС є сильнішим порівняно з попередніми періодами її розвитку (починаючи приблизно з середини минулого століття і раніше), коли коефіцієнт глобалізації [5] можна оцінити істотно меншим ніж в останні десятиліття. Ця теза відповідає теоретичним положенням системного аналізу про те, що під час переходу від слабозв'язаної системи до системи з істотною кореляційною залежністю окремих фрагментів виникає потреба у модифікації математичних моделей і коригуванні вибору використовуваних методів і алгоритмів.

З огляду на введені поняття у сучасній світовій економіці, схильній до глобалізації, слід розділяти поняття «прямі іноземні інвестиції» та «ефект вихлюпування» як субпроцеси руху капіталу, що мають різне підґрунтя, а також розглядати їх не як одноразові самостійні події, а як основоположні початкові елементи в ланцюжку подальших економічних процесів (ефект «вихлюпування», «зворотнього імпульсу», «спінування»). Можна стверджувати, що ефект «вихлюпування» ініціює всю сукупність наступних елементів певного економічного циклу, який розглядають як єдине ціле.

Запропонований структурований підхід до вивчення руху капіталу як сукупності вказаних ефектів, які є взаємопов'язаними складовими економічного циклу переміщення капіталу у світовій ФЕС в умовах подальшої глобалізації (зокрема, прямих іноземних інвестицій, що розглядаються як окремий випадок), є необхідним для забезпечення адекватності створюваних математичних моделей і коректності прогнозування очікуваних змін ринку.

Водночас, як показує подальший аналіз, частота виникнення кризових ситуацій, так само як і глибина («сила») криз, залежать від сукупності численних факторів, при цьому деякі фактори однозначно пов'язані з переміщенням капіталу. Формування динамічних моделей ФЕС як єдиного об'єкта ускладнюється тим, що потрібно брати до уваги певну незалежність (розбіжність) за часом економічних циклів у різних галузях бізнесу і, відповідно, рознесення в часі етапів (фаз) глобалізаційного переміщення капіталу. Цей фактор необхідно враховувати для того, щоб формувати більш точні моделі і адекватно прогнозувати варіанти подальшої зміни основних загальних маркерів стану ринку. Розглянемо це на такому прикладі: фаза «вихлюпування» або «зворотного імпульсу» для галузі промисловості «А» може збігтися з фазою «спінування» бізнесу «В». У цьому випадку результативний ефект може сприяти розвитку кризових процесів, а керування часовим зсувом t_T надасть змогу оптимізувати керування ситуацією. Розрахунок значень керувальних впливів, які регулятори можуть чинити для коригування динаміки маркерів ринку, є задачею прикладної макроекономіки [5]. Для її розв'язання потрібно скористатися математичним апаратом системного аналізу. Розв'язання цієї задачі є складним через її багатокритерійність, параметричну невизначеність і неоднозначність побудови адекватних математичних моделей. Однак, використання відповідних алгоритмів спрощення [12, 13] надає змогу отримати необхідні рішення, які можуть бути застосовані та упроваджені регуляторами і керувальними структурами.

Особливістю процесів руху капіталу в умовах глобалізації є їхня строга етапність: загалом послідовний перехід від однієї моди до іншої (від одного «ефекту» до іншого) є чітко передбачуваним з деякою невизначеністю часу настання події. Ці процеси чинять більший вплив на сучасну світову ФЕС і їхні наслідки можуть виявитися не передбаченими з погляду економічних теорій, справедливих для динаміки ФЕС у період низьких значень коефіцієнта глобалізації. Для того, щоб побудувати адекватні моделі динаміки світової ФЕС з урахуванням ефектів глобалізаційного переміщення капіталу потрібно, щоб субмоделі, які входять до складу повної математичної моделі ФЕС і відповідають «ефекту», динаміку якого вони описують, враховували запізнювання (розбіжність за часом) «ефектів» у різних галузях промисловості і бізнесу.

Слід зазначити, що керувальні структури різних країн регулюють процеси переміщення капіталу [14, 15], проте це керування буде оптимізованим, якщо воно враховуватиме динаміку фаз процесів переміщення капіталу, що ґрунтуються на послідовності ефектів «вихлюпування», «зворотного імпульсу» і «спінювання».

У роботах [16, 17] зазначено, що інвестиційні процеси руху капіталу «впливають на економіку приймаючої сторони» і досліджено особливості цього впливу. Проте на увагу заслуговує і проблема аналізу зворотного впливу вихідних інвестицій на економіку країни-донора та, відповідно, значущість цих процесів для розвитку загальних кризових процесів у світовій ФЕС.

Аналіз динаміки процесів глобалізаційного переміщення капіталу свідчить про таке: шукаючи розв'язок задачі щодо визначення дій регуляторів провідних економік для захисту від розвитку криз в умовах глобалізованої світової економіки потрібно враховувати те, що переміщення капіталу (інвестиційні та не тільки) запускають послідовність (цикл) «ефектів», які впливають двонаправлено як на економіку країни-реципієнта, так і на економіку країни-донора, тим самим спричиняючи рухи ринку в цілому.

Якщо ринок інвестиційного руху капіталу, включаючи ефект «вихлюпування», було розглянуто в досить великій кількості робіт, то вплив ефекту «зворотного імпульсу» на створення «бульбашок» потребує додаткового вивчення і аналізу.

У роботах [18–20] зауважено, що інвестиції, здійснювані великою кількістю людей, а також управлінські фінансово-економічні рішення далеко не завжди є обґрунтованими. У [18] представлено теорію «розумових рахунків» (mental accounting), яка пояснює процес ухвалення індивідуумами фінансових рішень на основі ефективності окремих очікуваних результатів. Ці рішення не завжди є оптимальними порівняно з рішеннями, що є результатом застосування комплексного (системного) підходу. На макрорівні потрібно враховувати ефект від здійснення регуляторними органами низки розрахованих і синхронізованих дій, спрямованих на захист ринку від кризового розвитку та запобігання переходу ФЕС на небажані ділянки розвитку [7]. Запропонована Р. Талером стратегія «лібертаріанського патерналізму» має на меті підштовхнути людину до оптимального вибору, «продиктованого розумом, а не почуттями або миттєвими спокусами», тобто видимими результатами короткострокового ефекту. У роботах [5, 7, 8] наголошено на тому, що під час керування ФЕС в умовах сучасної глобалізованої економіки, з огляду на можливості, що з'явилися завдяки розвитку інформаційних технологій і засобів обчислювальної техніки, потрібно зробити акцент на технократичному шляху прийняття рішень, що ґрунтується на математичному моделюванні та чисельному визначенні значень керувальних параметрів. Ці «машинні» значення параметрів у контексті задачі оптимізації

керування ФЕС є аналогом «розумних рішень» економічних дій індивідуума в термінології Р. Талера. Очевидну необхідність застосування цього підходу до процедури прийняття рішень з керування ФЕС (де можливості індивідуума є недостатніми для оброблення інформації глобалізованої економіки) неважко углядіти в матеріалах, наведених у [21], у роботах таких видатних економістів, як У. Шарп [22], П. Кругман [23] тощо. З огляду на особливості ФЕС, з якими ми стикаємося сьогодні, коли коефіцієнт глобалізації світової економіки істотно зріс і рішення регуляторів провідних економік більшою мірою ніж раніше (навіть в інтервалі кількох десятиліть назад) впливають у підсумку на динаміку всієї світової ФЕС, математичне моделювання динаміки ФЕС окремих країн або регіонів слід виконувати з урахуванням розглянутих процесів глобалізаційного переміщення капіталу, забезпечуючи тим самим певну оптимальність керування, і, відповідно, захист від розвитку кризових ситуацій.

У результаті аналізу ефектів глобалізаційного переміщення капіталу потрібно отримати дані, які у зіставленні з наведеними далі іншими показниками стану ринку нададуть змогу звернути увагу інвесторів та те, що вони досягли «червоної лінії» ризикованості, яку визначає закладений алгоритм оцінювання ризиків. Це дасть можливість страхувати економіку від проявів «поведінкової економіки» [18], зосередженої на досягненні цілей у короткостроковій перспективі. Водночас слід зазначити, що метою визначення меж «червоної зони» є не глибоке втручання держави в керування ринком, а більш повне виконання державними регуляторними органами захисту вільного і справедливого ринку (тобто забезпечення рівності перед законом і своєчасного інформування його учасників). Відстеження глобальних процесів переміщення капіталу надає змогу за показниками (маркерами «спінювання») визначити для ФЕС в цілому той момент, коли регуляторним органам потрібно виставити обмежувальні бар'єри, забезпечуючи цим більший ступінь захищеності інвесторів і стабільне функціонування вільного ринку.

Вивчення процесів глобалізаційного переміщення капіталу надає змогу виявити симптоми майбутніх криз на етапі, коли їх ще не усвідомлюють учасники ринку, але вчасне вжиття державою превентивних (обмежувальних) заходів має вберегти ринок та забезпечити його стабільне функціонування в інтересах більшості його учасників. Втручання регуляторів у цьому випадку є обґрунтованим і аналогічним до втручання держави у процес узгодження операцій глобальних придбань, корпоративних злиттів тощо.

У межах аналізу динаміки глобалізаційних ефектів переміщення капіталу і вивчення можливості появи кризових процесів на особливу увагу заслуговує ситуація, коли інвестиції (як ті, що є результатом добровільних цілеспрямованих рішень інвестора, так і інвестиції, що стали результатом ефекту «вихлюпування») спрямовуються на «паперові активи», не підкріплені матеріальним ресурсом, що призводить до спекулятивного зростання їхньої вартості.

Розглянемо можливість зародження кризових процесів, скориставшись такою структурною схемою глобалізаційних ефектів переміщення капіталу. Регулятор (наприклад, у США) намагається «залити кризу грошима». Це створює підґрунтя для «вихлюпування» (ефект «вихлюпування») певної частки «вертолітних грошей» [24] за межі США у вигляді інвестицій, тим самим запускаючи послідовність таких подій:

- створюються умови для «ефекту спінювання» в економіках-реципієнтах;
- виникає ефект «зворотного імпульсу»;
- створюються умови для «ефекту спінювання» в економіках-донорах;
- відбувається початок розвитку кризових процесів.

Наслідком ефекту «зворотного імпульсу» (як одного з факторів, які істотно підсилюють процеси руху ринку в перехідних економіках та потребують додаткового дослідження, що виходить за межі цієї статті) може бути падіння курсів локальних валют. Цей фактор потрібно брати до уваги інвесторам країн-донорів під час розрахунку норми прибутку. Водночас додатковим фактором, який слід врахувати в моделі, є можливі податкові ризики, пов'язані з транскордонним переміщенням капіталу [25].

Аналіз схем глобалізаційних ефектів переміщення капіталу дає підстави вважати, що певне регулювання переміщення капіталу на різних фазах, з розумінням моди (фази), на якій перебуває конкретний процес у цей момент часу (для чого і має значення встановлена структуризація переміщення капіталу), з відстеженням ситуації за основними напрямками промисловості і бізнесу надасть змогу коригувати динаміку ринку. Водночас визначається алгоритм дій регулятора, потрібний для того, щоб оптимізувати відповідь на такі запитання:

— чи призводять транскордонні інвестиції (в цій ситуації — як наслідки глобалізаційних ефектів переміщення капіталу, насамперед, ефекту «вихлюпування», який зі свого боку є наслідком дій регуляторів провідних економік, вчинених для пом'якшення кризових ситуацій) до «вирівнювання» світової економіки і чи є вони фактором стабільного функціонування спільного ринку та світової ФЕС;

— чи забезпечують транскордонні інвестиції, що ґрунтуються на державному вливанні фінансів країни-донора в її власну економіку, позитивний ефект (поштовх у розвитку) для внутрішньої економіки країни-донора.

Зрозуміло, що, регулюючи переміщення капіталу на всіх стадіях і відстежуючи процес зародження «бульбашок» (зокрема за моделями, розглянутими нижче), можна добитися відносно стабільного функціонування ФЕС, не допустивши переходу основних показників (маркерів) на інтервали стагнації або кризи (інтервал A_2B або BF у роботі [6]).

Слід зазначити, що термінологічні відмінності понять «інвестиції» і «ефект вихлюпування» є відображенням різної природи та різної мотивації цих процесів. Якщо, з погляду глобалізаційних процесів переміщення капіталу, розглядати інвестиції як цілеспрямований «вільний» рух капіталу, то «вихлюпування» буде результатом «видавлювання» грошей. Іншими словами, тут наявна «вимушена складова». Ефект «вихлюпування» у цьому контексті можна визначити як вимушену інвестицію, зумовлену потребою кудись переспрямувати гроші, «непотрібні» у цьому напрямку бізнесу, тобто змусити працювати той фінансовий ресурс, який у цьому бізнесі вже не має раціонального та економічно обґрунтованого застосування.

Моделювання сукупності глобалізаційних економічних ефектів переміщення капіталу є необхідним не тільки для прогнозування глобальних економічних процесів у світовій ФЕС, але і для розв'язання конкретної прикладної задачі, розв'язок якої є важливим для інвесторів. Цією задачею є пошук шляху підвищення оптимальності розподілу фінансових ресурсів. Ухвалення інвестиційних рішень з урахуванням фаз, на яких перебувають процеси переміщення капіталу, для різних галузей промисловості і бізнесу і, відповідно, адекватне прогнозування подальших рухів ринку, забезпечить більшу безпеку інвесторам і надасть змогу досягти розрахованої прибутковості інвестицій.

Початок появи ефектів «вихлюпування» надає змогу визначити важливий момент: коли подальші державні вливання капіталу на підтримку національної економіки (спроби «залити кризу грошима») вже не є ефективними, не забезпечують очікуваного результату і «вихлюпуються» за межі США.

Відмінність процесів «інвестицій» і «вихлюпування» та їхньої трансформації можна розглянути на прикладі динаміки фінансових потоків високотехнологічної компанії, зокрема, мобільного оператора. Первинна інвестиція у створення компанії-оператора мобільного зв'язку надходить у країну з економікою, що розвивається. Зазвичай така компанія займає вільну нішу на ринку і створює певний новий сервіс, на який є попит населення. Розвиток сервісу, розширення клієнтської бази забезпечують надходження фінансових ресурсів, більшу частку яких, виходячи з економічних міркувань, доцільно спрямувати на подальший розвиток компанії-оператора, розширюючи і вдосконалюючи її технічний стан. Це вливання фінансових ресурсів є додатковою «вторинною» інвестицією і має технічно й економічно обґрунтовану нішу вкладення. Ситуація змінюється на наступному етапі — коли мережа покриття вже побудована і клієнтська база загалом сформована. На цьому етапі компанія-оператор не має можливості здійснити технічно та економічно обґрунтоване вкладення отриманого прибутку і починається процес виведення капіталу. Залежно від дій власника компанії-оператора подальші рухи капіталу можна буде віднести або до другого кроку циклу глобалізаційних ефектів (етап «зворотного імпульсу»), якщо капітал повертається інвесторам, або використати вивільнений капітал (у цій ситуації це буде саме капітал «вихлюпування») як інвестиційний для нового циклу. Найбільшу небезпеку становить третій шлях руху капіталу: якщо вивільнений капітал спрямовується на підвищення вартості акцій компанії-оператора і до того ж будуть «заходити» зовнішні інвестори, також піднімаючи вартість акцій компанії-оператора без одночасного істотного процесу матеріального обґрунтування (поліпшення). Ці процеси можуть виявитися початком зародження «бульбашок» і закладають підґрунтя для подальшої фінансово-економічної кризи на основі ефекту «спінювання». Математична модель (оптимальним її варіантом є система диференціальних рівнянь) попередить про початок негативних процесів «спінювання» і операцій здійснення інвестицій з у край високим ризиком. Це, у свою чергу, є підставою для подальшого застосування (коригування, оновлення) результатів досліджень щодо диверсифікації інвестиційних портфелів (зокрема, результатів робіт У. Шарпа [22], Г. Марковіца [26] та ін.) і дасть можливість зменшити ризики для інвесторів і оптимізувати розподіл активів.

Безумовно, не можна обмежити право на здійснення біржових операцій, навіть тих, що мають явно спекулятивний характер. Завжди знайдуться інвестори, яких не зупинить максимальна ризикованість операцій, але інформування про показники, що «зайшли» в зону підвищеного ризику, допоможе «обережним інвесторам» прийняти правильне рішення, а своєчасне розуміння наявної ринкової ситуації забезпечить можливість регуляторним органам вжити заходів, щоб за несприятливого розвитку подій на ринку заблокувати поширення колапсу.

Оцінювання швидкості зміни основних показників (маркерів) стану ринку (змінних моделі) надає змогу визначити допустимий час затримки реагування регулятора. Відповідну оцінку можна отримати шляхом обчислення власних чисел матриці моделі. Згідно з відомими формалізованими процедурами системного аналізу [12] можна визначити границю стійкості системи, тобто той момент, коли «спінювання» в ланцюжку ефектів переміщення капіталу зумовить небажану динаміку ФЕС.

Показником, який попереджає про можливість накопичення «бульбашок» і формування сукупності вкладень з надзвичайно високим ризиком, є суттєве зростання обсягу інвестицій, насамперед, тих, що ґрунтуються на залученні позикового капіталу. Різке зростання інвестицій, що передують кризі, відображають, наприклад, дані, наведені в роботі [27] для інтервалу 2007–2008 рр.

Якщо водночас відбувається зростання біржової вартості акцій, то частина (як мінімум) позикового капіталу буде фінансовою основою цього процесу. Різке збільшення обсягу «паперових активів», що мають таку основу, яке не супроводжується зростанням матеріальної бази (зокрема інтелектуальної: у формі патентів тощо), спричиняє формування фінансової «бульбашки». При цьому індикатор Баффета, більш детально розглянутий нижче, в окремих випадках сам собою не надає свідчень «гарантовано кризової ситуації». Необхідною умовою розвитку цієї ситуації є поєднання високого значення індикатора Баффета і значної частки позикового капіталу в інвестиційних процесах, яка зумовила різке («вибухове») зростання вартості активів. Можна стверджувати, що одночасне зростання обсягу інвестицій (насамперед, на основі позикового капіталу) та значення індикатора Баффета є певним показником наявності ситуації, що передуює кризі. Синхронізація за часом цих двох показників вказує на вкрай високу ймовірність настання кризи.

З міркувань запобігання кризовим ситуаціям моніторинг обох зазначених показників вказує шлях для досягнення мети, що стоїть перед регуляторними органами — «збити» негативну динаміку ФЕС, не допустивши одночасної зростальної динаміки обох показників. За допомогою допустимих важелів впливу необхідно призупинити зростання хоча б однієї змінної. Адекватні й адаптивні математичні моделі ФЕС, побудовані з урахуванням глобалізаційного переміщення капіталу й індикатора Баффета, нададуть змогу розрахувати границю «небезпечних інвестицій» і, відповідно, момент втручання регуляторних органів, обмежуючи діяльність «компаній-зомбі» [28]. При цьому вибір обмежень і методи їхньої реалізації та контролю, насамперед, через банківську систему, залишається на розсуд кожного конкретного регулятора [14, 15].

Аналіз процесів переміщення капіталу в умовах глобалізації свідчить про те, що для розвинених економік, зокрема для потужної, але «структурно-перекошеної економіки США» [6, 28], дії регулятора з боротьби з кризою шляхом «залиття кризи грошима» [24] потрібно виконувати з урахуванням динаміки (тобто, здійснюючи постійний моніторинг у режимі реального часу) ефектів глобалізаційного переміщення капіталу, оскільки у разі перетину деякої межі обсягів вливання фінансів починають проявлятися ефекти «вихлюпування». Відповідно, очікуваний ефект від подальших фінансових вливань не буде досягнутий, ефекти «вихлюпування» отримають подальше поширення, а ефекти «зворотного імпульсу» транскордонного переміщення капіталу, так само як і використання «надлишкового» капіталу в ризикових внутрішніх інвестиційних проектах, можуть призвести до небажаних ефектів «спінювання» економіки-донора. Для перехідних економік (економік-реципієнтів) закономірності послідовності глобалізаційних ефектів переміщення капіталу зумовлять коливання курсів національних валют. Це може істотно вплинути на норму прогнозованого інвестиційного прибутку. Щоб отримати чисельні оцінки та створити модель переміщення капіталу, доцільно застосувати індикатор Баффета і розглянуті динамічні моделі [5, 7–9].

Структуризацію ефектів глобалізаційного переміщення капіталу можна розглядати як розвиток досліджень Ч. Кіндлбергера (Kindlberger Ch.) з урахуванням умов світової економіки в умовах глобалізації (тобто з високим коефіцієнтом глобалізації), коли послідовне виникнення ефекту «вихлюпування» і ефекту «зворотного імпульсу» відображає роль провідної економіки окремої країни (або регіону) як «кредитора останньої інстанції» [29].

Таблиця 1. Дані про інвестиційні надходження між Китаєм і США

Рік	З Китаю до США, дол. США	Зі США до Китаю, дол. США
2007	580.000.000	29.710.000.000
2008	1.110.000.000	53.930.000.000
2009	1.620.000.000	54.070.000.000
2010	3.300.000.000	59.000.000.000
2017	31.310.000.000	107.560.000.000
2018	33.540.000.000	109.330.000.000
2019	37.690.000.000	116.200.000.000

Таблиця 2. Дані про інвестиційні надходження між США і Європейським Союзом

Рік	Зі США до Європейського Союзу, дол. США	З Європейського Союзу до США, дол. США
2007	1.525.250.000.000	1.420.000.000.000
2008	1.626.350.000.000	1.480.000.000.000
2009	1.773.750.000.000	1.500.000.000.000
2010	1.834.560.000.000	1.660.000.000.000
2017	3.331.280.000.000	2.570.000.000.000
2018	3.177.280.000.000	2.790.000.000.000
2019	3.299.100.000.000	2.870.000.000.000

У випадку глобалізованої економіки складно побудувати повну математичну модель ФЕС у вигляді, що надає змогу використовувати апарат системного аналізу. Для того, щоб ця модель була адекватною, потрібно врахувати послідовність ефектів руху капіталу [5]. Для подальшого аналізу сформуємо спрощену субмодель переміщення капіталу для трьох найбільших економік: США, ЄС і Китаю. Для прикладу складемо таблиці, що містять інформацію про вхідні та вихідні інвестиції між зазначеними економіками за 2007–2010 і 2017–2019 рр. [30].

Наведені в табл. 1–3 дані відображають постійний інтенсивний розвиток процесів глобалізації світової ФЕС, причому загальна тенденція не змінюється навіть у періоди останніх кризових ситуацій. Аналіз відхилення тренду інвестиційних процесів Китай – ЄС у 2018–2019 рр. можна виконати за умови отримання даних 2021 р.

Поглиблена структуризація наведених статистичних даних (зокрема виділення в них частки «чистого» інвестиційного капіталу, капіталу, пов'язаного з ефектом «вихлюпування», капіталу, пов'язаного з ефектом «зворотного імпульсу», часток позикового та власного інвестиційного капіталу) надасть змогу більш точно прогнозувати динаміку світової ФЕС, забезпечити високий ступінь захищеності інвесторів та широкі можливості для оптимізації інвестиційного портфеля.

Без обмеження загальності міркувань, як модельний приклад оцінимо цифру «внутрішніх» інвестицій в економіці США, яка становить інтерес для

Таблиця 3. Дані про інвестиційні надходження між Китаєм і Європейським Союзом

Рік	З Китаю до Європейського Союзу,євро	З Європейського Союзу до Китаю,євро
2007	1.000.000.000	Дані не знайдено
2008	700.000.000	Дані не знайдено
2009	2.000.000.000	Дані не знайдено
2010	2.100.000.000	2.100.000.000
2017	37.200.000.000	222.000.000.000
2018	29.100.000.000	245.000.000.000
2019	17.300.000.000	249.600.000.000

Таблиця 4. Перехресне переміщення капіталу за 2017 р.

Перехресне переміщення капіталу для США	Внутрішні інвестиції США	Інвестиції США-ЄС	Інвестиції США-Китай
Перехресне переміщення капіталу для Європейського Союзу	Інвестиції ЄС-США	Внутрішні інвестиції ЄС	Інвестиції ЄС-Китай
Перехресне переміщення капіталу для Китаю	Інвестиції Китай-ЄС	Інвестиції ЄС-Китай	Внутрішні інвестиції Китаю

подальшого аналізу й оцінювання небезпеки розвитку криз. Позначивши її a_{11} (для подальшого використання як елемента створюваних матриць), запишемо

$$a_{11} = Z_1 - Z_2 - Z_3, \quad (1)$$

де Z_1 — значення вартості фондового ринку за вибраний рік, Z_2 — реальна вартість активів (див. індикатор Баффета), Z_3 — сума значень перехресного переміщення капіталу за всіма країнами, з якими взаємодіє економіка вибраної країни. Зокрема, на прикладі США за 2017 р., за умови врахування взаємодії тільки трьох розглядуваних економік (США, ЄС, Китай), відповідно до табл. 1–3 запишемо

$$Z_3 = (107.56 - 31.31) + (333.128 - 2570.00). \quad (2)$$

Використовуючи табл. 1–3 інвестиційних надходжень і обчислюючи за формулою (1) значення a_{11} , можна скласти узагальнену таблицю (далі — таблицю перехресного переміщення капіталу) для розглядуваних економік з повним урахуванням зв'язків економічної взаємодії. Обмежившись розглядом трьох зазначених економік, складемо спрощену таблицю перехресного переміщення капіталу (ППК) за 2017 р. (табл. 4).

Використання табл. 4 надає змогу скласти диференціальні рівняння, що описують динаміку переміщення капіталу, наприклад, для США у конкретному році. У загальному вигляді ці рівняння можна записати так:

$$\begin{aligned} \dot{X}_1 &= a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3, \\ \dot{X}_2 &= a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3, \\ \dot{X}_3 &= a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + a_{33}x_3, \end{aligned} \quad (3)$$

де x_1 — змінна, що описує динаміку переміщення капіталу для економіки США, x_2 — змінна, що описує транскордонне переміщення інвестиційного капіталу США–ЄС, x_3 — змінна, що описує транскордонне переміщення капіталу США–Китай; при цьому перший індекс коефіцієнта a_{ij} у загальному випадку ідентифікує країну, для якої складають диференціальне рівняння, а другий індекс визначає її країну-партнера.

Склавши рівняння переміщення капіталу для інших країн, можна побудувати узагальнену матрицю

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{nn} \end{pmatrix}, \quad (4)$$

яку надалі будемо називати узагальненою матрицею переміщення капіталу, де елементи a_{ij} формуються аналогічно до коефіцієнтів рівняння (3), а n — це кількість країн, дані щодо яких беруть до уваги. Матриця A , що враховує показники для переважної кількості країн, тобто узагальнена матриця переміщення капіталу світової економіки, надасть змогу шляхом обчислення її власних чисел [31, 32] аналізувати динаміку швидкостей переміщення капіталу (та інші динамічні характеристики) у різних регіонах і країнах. Завдяки цьому інвестори матимуть ширші можливості для прийняття обґрунтовано зважених рішень.

Інформацією, що становить інтерес для оцінювання стану економіки і безпеки виникнення кризових ситуацій в умовах наявних процесів руху капіталу, є оцінка частки позикового капіталу в обсязі «внутрішнього» інвестиційного капіталу США. Отримати ці узагальнені числові значення можна на основі даних банківської системи.

Шляхом обчислення коефіцієнта

$$\chi = \frac{F_c}{\Delta_B}, \quad (5)$$

де F_c є величиною позикового капіталу в інвестиціях, а Δ_B є чисельною оцінкою індикатора Баффета, тобто

$$\Delta_B = V_F - V_{GDP}, \quad (6)$$

де V_F — загальна вартість фондового ринку, а V_{GDP} — величина ВВП, можна визначити, яка частка позикового капіталу була спрямована на «спінування», тобто фактичне формування «бульбашки».

Чисельна оцінка ефекту «вихлюпування» та ефекту «зворотного імпульсу» надає змогу оцінити, який обсяг фінансів додався «з повітря», яка частина капіталу пішла за межі економіки-донора і яка частина була спрямована в інвестиції вкрай високого ризику, тобто пішла на збільшення фінансової «бульбашки». За цими оцінками можна встановити «вибухонебезпечність» економіки і момент, у який регулятор має починати вжиття заходів. Зокрема, якщо

$$\chi \approx 1, \quad (7)$$

то ймовірність кризи є надзвичайно великою і втручання регулятора є необхідним.

Отже, аналіз власних чисел матриці ППК надає змогу прогнозувати швидкість переміщення капіталу. Тому, виконуючи це оцінювання в режимі реального часу, можна порівнювати прогнозні результати розрахунку моделі і

фактичні показники та в такий спосіб фіксувати їхні розбіжності. Виявивши розбіжності, можна відкоригувати модель і керувальні впливи та розв'язати задачу оптимізації керування ФЕС. Розглянемо це питання більш детально.

Застосування математичного апарату системного аналізу до сформованих моделей надає змогу отримати чисельну оцінку змін параметрів або навіть структури моделі, необхідних для коригування динаміки вибраних змінних. Зокрема, обчисливши власні числа матриці (4), можна оцінити швидкість зміни вибраних змінних і скласти короткостроковий прогноз очікуваних інвестиційних рухів. Водночас зміна елементів матриці, яку можна забезпечити за рахунок вжиття урядами країн та їхніми регуляторними органами певних заходів економічного характеру та додавання вільних членів у рівняння (3), теж має певну економічну інтерпретацію і надасть змогу внести коригування у зміни вибраних змінних. Звісно, на розрахунки з використанням розглянутих моделей можуть впливати випадкові фактори, проте і в цьому випадку математичний формалізм методів системного аналізу забезпечує алгоритм підвищення стійкості системи. Отже, своєчасне отримання статистичних даних у режимі реального часу створює «запас у часі» для адекватного реагування регуляторних органів та керувальних структур.

Як приклад необґрунтованого, не підтвердженого матеріальними ресурсами «спінювання» можна згадати «вибухове» зростання акцій компанії Palm Pilot [18]. При цьому прикладом, що демонструє завершальну фазу ефекту «спінювання», є крах компанії Bear Stearns, який передував початку кризи 2008 р. [33]. Небезпека швидкого розвитку кризи (поширення на різні напрямки промисловості та бізнесу) підвищується, якщо позиковий капітал використовується як інвестиційний. У цьому випадку математично розраховану «червону лінію», що є межею «діапазону стабільності», тобто межею загрози початку кризової ситуації, потрібно відкоригувати, і регуляторні органи зможуть через банківську систему ввести необхідні обмеження або заохочувальні заходи.

Оцінку обсягу додаткових інвестицій, спричинених інформаційними повідомленнями про позитивні очікування щодо зростання, наведено, зокрема, у роботі [28]. Для економіки США цей показник становив 7 %. У разі некоректної оцінки ринкової ситуації (у тому числі завищеної), що стосується матеріальних активів і вартості фінансових паперів, чималий фінансовий потік додаткових інвестицій «іде» на істотне збільшення фінансових «бульбашок», створюючи підґрунтя для майбутньої кризи. Водночас на підставі досліджень «поведінкової економіки» [18] можна стверджувати, що зазначений числовий показник, який характеризує зміну динаміки у послідовності глобалізаційних ефектів переміщення капіталу за певних умов (наприклад, у результаті цілеспрямованих інформаційних кампаній), може зрости додатково і цим зумовити стрибкоподібні переходи у динаміці ФЕС в цілому, які складно прогнозувати.

Аналіз переходу позикового капіталу в інвестиції, зокрема, стрибкоподібного переходу накопичуваного позикового капіталу в інвестиції, розглянуто в роботах видатних економістів, починаючи з початку минулого століття (до прикладу, у працях М. Кондратьєва [34] і А. Шпітгофа [35]).

Своєчасні дослідження інвестиційних процесів [22, 36] надали змогу отримати важливі результати з урахуванням особливостей як національного, так і транскордонного оподаткування [25]. Подальше вивчення особливостей переміщення капіталу, виявлення та дослідження природи ефектів глобалізованого переміщення капіталу (ГПК) і математичне моделювання їхньої динаміки в умовах сучасної глобалізованої економіки, яка де-факто існує на

сьогодні, є необхідним для оптимізації стратегії інвесторів і визначення оптимального співвідношення власного і позикового капіталу на нинішньому етапі. До того ж, нині є технічні можливості для здійснення безперервного моніторингу чисельних показників, що характеризують динаміку економічних процесів. Отже, в сукупності це надає змогу забезпечити своєчасне реагування регуляторних органів заради захисту ринку й інтересів інвесторів.

Статистичні дані про глобалізаційні ефекти переміщення капіталу, які мають бути закладені у повні математичні моделі ФЕС [5], забезпечать можливість не тільки формувати адекватні прогнози, але й контролювати (в поєднанні з іншими необхідними показниками стану ринку, зокрема з індикатором Баффета [27]) рівень небезпеки зародження і «вибуху» бульбашок. Використання моделей ФЕС, побудованих у вигляді систем диференціальних рівнянь, надасть змогу шляхом розрахунку динаміки змінних оцінювати економічну обґрунтованість рухів ринку, прогнозуючи очікувані зміни. Однак, водночас потрібно взяти до уваги наведений вище приклад про збій в оцінці фінансового стану Bear Stearns, який підштовхнув початок кризи [33]. Він свідчить про те, що в умовах моделювання системи ФЕС, яка перебуває у стані «спінювання», коли вже від самого початку сформовано «бульбашку», вартість якої визначається не вартістю реальних матеріальних активів, а віртуальними домовленостями й оцінками, окремі процеси банкрутств можуть виявитися не короткочасною «зоною турбулентності» в окремих сегментах ринку, безпечних для системи в цілому, а початком лавиноподібних кризових фінансово-економічних процесів, які порушують нормальне функціонування ринку, переводячи його динаміку на інтервали A_2B або BF [6].

Не обмежуючи свободу ринку інвестицій, регулятор може принаймні інформувати потенційних інвесторів про надзвичайно високу ризикованість відповідних операцій, послаблюючи тиск ефекту «спінювання» на стабільну динаміку ФЕС.

Якщо значення індикатора Баффета збільшується без урахування глобалізаційних ефектів переміщення капіталу, це не завжди означає загрозу настання загальної кризи. Навпаки, це може дати інвесторам можливість добитися суттєвих позитивних результатів за умови своєчасного коригування їхньої інвестиційної політики. Розглянемо цю ситуацію на такому прикладі. Нехай обмежена група інвесторів вкладає свій особистий капітал (свої заощадження) в деяку компанію, забезпечуючи вибухове зростання біржової вартості її акцій. Це зростання акцій не підкріплене матеріальним (ліквідним) ресурсом. Індикатор Баффета виріс, але зміна показників позикових інвестицій, що використовують позиковий капітал, є назначною. Ці зміни на ринку, навіть за умови високого значення індикатора Баффета, не загрожують глобальною кризою системі в цілому. У разі подальшого вибуху «бульбашки» втрат зазнає переважно тільки зазначена обмежена група інвесторів. Якщо до процесу придбання акцій, що демонструють вибухове зростання, долучиться частина вільних гравців ринку, які будуть використовувати позиковий капітал, то вибух «бульбашки» призведе до певних коливань ринку. Рівень цих коливань (потрясінь) ринку залежатиме від кількості вільних гравців ринку, які беруть участь у процесі інвестування, та обсягу залученого позикового капіталу. Результатом розгляду цих рухів ринку є алгоритм дій регулятора, потрібних для блокування розвитку кризи. Своєчасно відстежуючи ситуацію, регулятор має обєжити вливання позикового капіталу у фінансові папери, що створюють «бульбашку». Завдяки сучасним інформаційним технологіям, оперативності моніторингу і використанню відповідних сховищ даних регулятори можуть практично миттєво реагувати у разі виявлення початкових процесів кризового розвитку ФЕС. Застосування адекватних

математичних моделей для розглянутих процесів глобалізованого переміщення капіталу надає змогу визначити конкретні значення керувальних параметрів, що є розв'язком задачі прикладної макроекономіки. Звісно, для того, щоб дії регулятора із захисту інвесторів та стабільності ринку були ефективними, потрібно здійснювати постійний моніторинг та реагувати в режимі реального часу.

На підставі аналізу запропонованого підходу можна дійти таких висновків:

1. Особливістю сучасної глобалізованої економіки є комплексна, «етапна» динаміка переміщення капіталу. Процеси глобалізаційного переміщення капіталу характеризуються досить чіткою структуризацією, а саме поділом на такі етапи:

— процес інвестицій, що відрізняється в умовах глобалізації наявністю окремої складової — ефекту «вихлюпування» як виду інвестиційного процесу, в першу чергу пов'язаного з транскордонними переміщеннями капіталу;

— ефект «зворотного імпульсу»;

— ефект «спіювання».

Першопричиною інвестицій, що здійснюються відповідно до ефекту «вихлюпування», є реалізація стратегії «залити кризу грошима», спрямована на боротьбу із кризою. Ці інвестиції є характерними для розвинених економік (зокрема економіки США), які мають достатню потужність для увімкнення «друкарського верстата» без миттєвих катастрофічних наслідків.

Використання математичних моделей динаміки ФЕС і моніторинг у режимі реального часу показників ринку надають змогу прогнозувати динаміку руху капіталу і за рахунок регуляторних дій захищати ринок від виникнення кризових ситуацій. Наприклад, можна буде забезпечити керування характеристиками етапів «спіювання» у такому ланцюжку: спроба «залити кризу грошима» (ввімкнення «друкарського верстата») — інвестиційні процеси — «вихлюпування» — «спіювання» — «зворотний імпульс» — «спіювання» — тощо.

2. Увімкнення друкарського верстата як метод, який використовується регулятором з метою захисту від кризи і підтримки економіки, збільшуючи обсяг оборотних коштів, створює умови «вихлюпування» капіталу за межі країни-донора. Поява ефекту «вихлюпування» є для керувальних структур та регуляторних органів точкою біфуркації: подальше збільшення фінансової бази вже не забезпечує бажаного ефекту. Іншими словами, момент появи ефектів «вихлюпування» є ознакою того, що слід припинити «залити кризу грошима».

3. Аналіз глобалізаційних ефектів переміщення капіталу свідчить про те, що ефекти «вихлюпування» і «зворотного імпульсу» можуть створювати підґрунтя для формування «бульбашок», підштовхуючи спекулятивне зростання вартості акцій.

Регулятор, здійснюючи моніторинг переміщення капіталу з урахуванням зазначеної структурованості цього процесу, може прогнозувати «спіювання» тоді, коли цей процес ще не є очевидним для більшості учасників ринку і відповідне обмеження спекулятивних операцій при цьому дає можливість добитися відносно стабільної динаміки ФЕС, тобто запобігти виходу динаміки за допустимі межі «діапазону стабільності». Інструментом регуляторів, який надає змогу коригувати динаміку ефектів «вихлюпування», «зворотного імпульсу» і «спіювання», є банківська система.

За допомогою динамічних моделей ФЕС, зокрема наведених у цій статті спрощених моделей переміщення капіталу та матриць ППК, можна розрахувати числові значення показників параметрів керування. Дотримуючись математичного формалізму, тобто додаючи вільні члени в рівняння або визначаючи значення, на які повинні змінитися елементи матриць (інвестиційні показники), можна домогтися того, щоб швидкості зміни змінних (параметрів, «маркерів» ринку), які оцінюються за допомогою власних чисел матриць моделі, увійшли в необхідний діапазон.

4. Стрімке зростання обсягів інвестиції, що ґрунтуються на позиковому капіталі, з одночасним збільшенням індикатора Баффета свідчить про те, що загроза виникнення фінансово-економічної кризи є максимально високою. У цьому випадку регулятор має припинити висхідну динаміку принаймні одного зазначеного показника. Тут втручання регуляторних органів є виправданим, оскільки їхні дії з адекватного керування (введення обмежувальних заходів на ринку) забезпечать захист ринку в ситуації, коли виникнення окремих «бульбашок» може призвести до загальної кризи ФЕС.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Тинберген Я. О методе статистического исследования делового цикла. Ответ Дж.М. Кейнсу. (Комментарий Дж.М. Кейнса). *Вопросы экономики*. 2007. № 4. С. 46–59.
2. Frisch R. *Statistical Confluence Analysis by Means of Complete Regression Systems*. Oslo: Universitets Okonomiske Institutt, 1934. 192 p.
3. Schumpeter J.A. *Business cycles*. N.Y.; London: McGraw-Hill Book Co., 1939. 385 p.
4. Korotayev A., Tsirel S. A spectral analysis of world GDP dynamics: Kondratieff waves, Kuznets swings, Juglar and Kitchin cycles in global economic development, and the 2008–2009 economic crisis. *Structure and Dynamics*. 2010. Vol. 4, N 1. P. 3–57.
5. Хиленко В.В. Математическое моделирование эффекта «выплескивания» и оптимизация управления банковской и экономической системами в условиях глобализации. *Кибернетика и системный анализ*. 2018. Т. 54, № 3. С. 38–50.
6. Хиленко В.В. Моделирование управляющих воздействий банковской системы на функционирование экономики. I. Динамика и корректировка кризисных ситуаций. *Кибернетика и системный анализ*. 2020. Т. 56, № 1. С. 26–34.
7. Хиленко В.В. Моделирование управляющих воздействий банковской системы на функционирование экономики. Динамика и корректировка кризисных ситуаций. II. *Кибернетика и системный анализ*. 2020. Т. 56, № 5. С. 38–47.
8. Хиленко В.В. Моделирование управляющих воздействий банковской системы на функционирование экономики. III. Расчет и декомпозиция моделей со ступенчатым пограничным слоем. *Кибернетика та системний аналіз*. 2021. Т. 57, № 3. С. 67–75.
9. Ковжаров С. Новости рынков. 2014. URL: <https://smart-lab.ru/blog/news/181607.php>.
10. Smihula D. Waves of technological innovations and the end of the information revolution. *J. Economics and International Finance*. 2010. Vol. 2, N 4. P. 58–67.
11. Nelson R., Romer P. Science, economic growth and public policy. *Challenge*. 1996. Vol. 39, Iss. 1. P. 9–21. <https://doi.org/10.1080/05775132.1996.11471873>.
12. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. Москва: Наука, 1981. 488 с.
13. Долгий Ю., Сурков П. Математические модели динамических систем с запаздыванием. Екатеринбург: Изд. Уральского университета, 2012. 122 с.
14. Калашников Д.Б. Китай в международном движении капитала. *Мировое и национальное хозяйство*. 2020, № 4(53). URL: <https://mirec.mgimo.ru/2020/2020-04/china-int-capital>.
15. Sprotyv.info. Индия вводит жесткие ограничения на инвестиции из Китая: названа причина. 20.04.2020. URL: <https://sprotyv.info/news/indiya-vvodit-zhestkie-ogranicheniya-na-investicii-iz-kitaya-nazvana-prichina>.
16. Ливенцев Н., Костюнина Г. Международное движение капитала: (инвестиционная политика зарубежных стран). Москва: Экономистъ, 2004. 367 с.
17. Пичков О.Б. США в мировых инвестиционных процессах. *Вестник Академии*. 2011. № 4. С. 9–12.
18. Талер Р. Поведінкова економіка: як емоції впливають на економічні рішення. Київ: Наш Формат, 2018. 464 с.
19. Веблен Т. Теория праздного класса: экономическое исследование институций. Москва: Прогресс, 1984. 366 с.
20. Саймон Г. Управленческое поведение: исследование процессов принятия решений в административной организации. New York: Macmillan, 1947.

21. Foreign Policy and the Global Economic Crisis: Hearing Before the Committee on Foreign Relation U.S. Senate, March 25, 2009. 38 p.
22. Alexander G.J., Sharpe W.F. Fundamentals of Investments. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, 1989.
23. Fujita M., Krugman P., Venables A.J. The Spatial Economy: Cities, Regions and International Trade. The M.I.T. Press, 2001. 367 p.
24. Блинов С. США и Россия. Три экономических кризиса. Сходства и различия. URL: <https://finance.rambler.ru/other/43437732-ssha-i-rossiya-tri-ekonomicheskikh-krizisa-shodstva-i-razlichiya/>.
25. Tobin J. Liquidity preference as behaviour towards risk. *The Review of Economic Studies*. 1958. Vol. 25, Iss. 2. P. 65–86. <https://doi.org/10.2307/2296205>.
26. Markowitz H. Portfolio selection: efficient diversification of investments. *The Journal of Finance*. 1952. Vol. 7, N 1. P. 77–91.
27. Buffet Indicator. URL: <https://www.currentmarketvaluation.com/models/buffett-indicator.php>.
28. Зингалес Л., Раджан Р. Спасение капитализма от капиталистов: Скрытые силы финансовых рынков – создание богатства и расширение возможностей. Москва: ИКСИ; 2004. 492 с.
29. Kindleberger Ch.P., Aliber R. Manias, Panics, and Crashes: A History of Financial Crises. Hoboken: Wiley, 2005. 355 p.
30. Direct investment position of the United States in Europe from 2000 to 2020. URL: <https://www.statista.com/statistics/188579/united-states-direct-investments-in-europe-since-2000/>.
31. Хиленко В.В., Степанов А.В., Котуляк И., Райис М. Оптимизация выбора элементов математического обеспечения в системах управления с существенно разнородными процессами. *Кибернетика та системний аналіз*. 2021, Том. 57, № 2. С. 17–22.
32. Грищенко А.З., Хиленко В.В. Определение числа быстрых и медленных движений при декомпозиции линейных динамических моделей произвольно большой размерности. *Кибернетика и системный анализ*. 1991. Т. 27, № 6. С. 3–9.
33. Оверченко М. Стало известно, кто спровоцировал крах Bear Stearns в 2008 году. URL: <https://www.vedomosti.ru/finance/articles/2016/03/29/635573-izvestno-sprovotsiroval-krah-bear-stearns>.
34. Тимофеева Е.М. Финансовый рынок: из настоящего в прошлое и в будущее. *Современная экономика: проблемы и решения*. 2012. № 4 (28). URL: <https://meps.econ.vsu.ru/meps/article/view/636>.
35. Блауг М. 100 великих экономистов до Кейнса СПб.: Экономикс, 2008. 352 с.
36. Modigliani F., Miller M. The cost of capital, corporation finance and the theory of investment. *The American Economic Review*. 1958. Vol. 48, N 3. P. 261–297.

V.V. Khilenko

MATHEMATICAL MODELING OF THE DYNAMICS OF CRISIS SITUATIONS AND OPTIMIZATION OF CAPITAL RELOCATION MARKET MANAGEMENT IN THE CONTEXT OF GLOBALIZATION OF THE WORLD FINANCIAL AND ECONOMIC SYSTEM

Abstract. The article continues a series of studies in the analysis of the features of capital relocation (movement) and mathematical modeling of the dynamics of the world financial-economic system (FES) in the context of globalization. The features of the structuring of capital transfer processes in the context of a modern globalized FES and their impact on the efficiency of the investment portfolio and the economy of donor and recipient countries are considered. The relationship between the dynamic processes of the movement of borrowed capital and the Buffett indicator is established as a characteristic feature of the emergence and development of crises. The conditions have been determined when further capital injection — “flooding the crisis with money” ceases to be effective.

Keywords: financial-economic system in the conditions of globalization, capital movement, economic cycles, mathematical modeling, optimization of control influences of regulators, protection of the market from crisis situations.

Надійшла до редакції 14.12.2020