

2. Янковский И. Генезис математических моделей банка / И. Янковский // Журнал Банкауски веснік. – 2008. – № 2. – С. 27-30
3. Іващенко Л. В. Моделювання процесу підкріплення банкоматів готівкою / Л. В. Іващенко // Математичне та комп'ютерне моделювання. – 2012. – Випуск 7. – С. 99-108.
4. Жлуктенко В. І. Стохастичні моделі в економіці : Монографія / В. І. Жлуктенко, А. В. Бегун. – К. :КНЕУ, 2005. – 352 с.

Вітлінський В.В., Маханець О.М., Маханець Л.Л.

УДК 519.86

ЕКОНОФІЗИЧНІ ПІДХОДИ ДО ВИЗНАЧЕННЯ ОБСЯГУ ІНВЕСТИЦІЙ

З УРАХУВАННЯМ СТУПЕНЯ ПОЛІТИЧНОГО РИЗИКУ

***Анотація.** У роботі проаналізовано можливість використання понять еконофізики для моделювання обсягів прямих іноземних інвестицій в економіку України з урахуванням ступеня політичного ризику та зовнішнього боргу. Доведено можливість використання законів ідеального газу для аналізу економічних систем, а саме, для оцінювання ступеня політичного ризику за сталого обсягу зовнішнього боргу. Побудовано ізокванти зовнішнього боргу, які дозволяють дослідити перехід економічної системи з одного стану в інший за сталого обсягу зовнішнього боргу.*

***Ключові слова.** Еконофізика, прями іноземні інвестиції, політичний ризик, закони ідеального газу, ізокванти зовнішнього боргу.*

***Аннотация.** В работе проанализирована возможность использования понятий эконофизики для моделирования объемов прямых иностранных инвестиций в экономику Украины с учетом степени политического риска и внешнего долга. Доказана возможность использования законов идеального газа для анализа экономических систем, а именно, для оценки степени политического риска. Построены изокванты внешнего долга, которые позволяют исследовать переход экономической системы из одного состояния в другое при постоянном объеме внешнего долга.*

***Ключевые слова.** Эконофизики, прямые иностранные инвестиции, политический риск, законы идеального газа, изокванты внешнего долга.*

***Summary.** The using of econophysics' concepts for modeling foreign direct investment in Ukraine, taking into account the degree of political risk and foreign debt is analyzed in the paper. It is shown that the degree of political risk and the amount of investments act as an indicator of stability in the country. The possibility of using the ideal gas law for the analysis of economic systems, especial for assessing the degree of political risk for the sustainable amount of debt is shown. Also it is shown that the economy as a system and the concept of an ideal gas have identical parameters. The econometric model depending foreign direct investment from political risk and foreign debt constructs in the paper. The isoquant of external debt, which allow to investigate the transition of the economic system from one state to another for a sustainable amount of debt and characterize the stability and resilience of the economy is built. The possibility of determining the required amount of foreign direct investment, which would provide the optimal amount of debt and the degree of political risk, using concepts econophysics is demonstrated in the paper. It is shown that using of ideal gas theory's concepts for the analysis and evaluation of the degree of political risk can help determine reasonable (acceptable) amounts of external debt and foreign direct investment for a certain level of country's political risk.*

***Keywords.** Econophysics, foreign direct investment, political risk, ideal gas laws, isoquant of external debt.*

Постановка проблеми. Українській економіці загрожує “раптова зупинка” (sudden stop) – швидке скорочення надходжень капіталу в країну виходячи з різкої зміни поточної кон'юнктури. На це вказують дослідження американського банку Goldman Sachs. Його аналітики оцінюють імовірність такого розвитку подій в 0.46, що більше, ніж навіть протягом кризи 2008-2009 років [1]. Приводом для подібного прогнозу служать зростання дефіциту бюджету та зовнішнього боргу, слабке зростання ВВП, падіння резервів Нацбанку і, як результат, відтік капіталу та зростання рівня політичного ризику. Саме тому, прогнозування обсягу інвестицій з урахуванням обсягу зовнішнього боргу і рівня політичного ризику є актуальною задачею сьогодення. Дане завдання можна вирішити за допомогою методів еконофізики, що дозволяють всебічно проаналізувати взаємодію вказаних факторів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Поняття та закони фізики використовуються відносно давно для аналізу економічних процесів. Бенуа Мандельброт у 1965 році виявив, що динаміка фінансових рядів (коливань цін на біржі) абсолютно однакова на коротких і тривалих інтервалах часу: за графіком такого ряду практично неможливо визначити, чи відображає він коливання цін протягом години, доби або місяця. Цю властивість Мандельброт назвав самоподібністю, а об'єкти, що володіють нею – фракталами. Процесів з такими властивостями є предметом дослідження у фізиці і розроблені там методи аналізу часто (але, на жаль, не завжди) допомагають помітити аномалії в поведінці фінансових рядів, що попереджають про різкі обвали або зростання цін. Французький математик Луї Башельє ще на самому початку ХХ століття у своїй „Теорії спекуляцій” намагався описати динаміку фінансових рядів за аналогією з броунівським рухом – хаотичним рухом молекул в рідині або газі.

На сьогодні еконофізика є одним з перспективних напрямків розвитку економічної науки, оскільки як і інші міждисциплінарні дослідження, вона дозволяє зіставити нові методи аналізу і знайти можливо дієвіші методи моделювання і прогнозування економічних систем.

Можливість використання моделей запозичених із фізики у вивченні проблем економіки розглядається в багатьох працях учених, зокрема Романовського М.Ю., Мантєні Р.Н., Стенлі Ю.Г., Панченкова А.Н., Соловійова В.М. та інших [2-7].

Метою статті є визначення необхідного обсягу залучення прямих іноземних інвестицій, який би забезпечував оптимальний обсяг зовнішнього боргу та ступінь політичного ризику з використанням понять екофізики.

Виклад основного матеріалу дослідження. На даний час у екофізиці виділяють два напрямки. Головна увага першого сконцентрована на математичному моделюванні процесів розвитку та еволюції, що може привести до побудови економічних систем як систем точних наук. Другий напрямок розвитку екофізики – дослідження фізичних явищ в економічних системах.

Правомірність застосування законів, аналогічних фізичним, щодо економічних систем ще повністю не доведена, але разом з тим, порівнюючи економіку як систему і поняття ідеального газу, можна стверджувати, що для них ідентичні такі параметри:

- велика кількість однакових елементів (агентів тощо);
- кожен з елементів володіє певною енергією (засобами або коштами);
- загальна енергія – величина постійна (кількість грошей в економічній системі величина постійна на певний період часу) тощо.

Виходячи з цього, пропонуємо використовувати закони ідеального газу для визначення оптимального рівня політичного ризику в певних економічних ситуаціях.

Політичні рішення уряду країни на сучасному етапі розвитку ускладнюються соціально-економічними чинниками. Політичну загрозу, зокрема, несуть негаразди економічного характеру, “обвальні” соціальні процеси, надмірний акцент на націоналістичних, сепаратистських та інших політиках. Все це, може привести до зниження інвестиційної активності, оскільки успіх ділових операцій в іноземній країні визначається у першу чергу політичними чинниками. Для інвесторів, які приймають рішення щодо розміщення інвестицій в якій-небудь країні, перспектива політичної стабільності, що сприяє економічному зростанню, є досить важливою.

Питання політичного ризику на сьогодні стає особливо важливим в аналізі економічного потенціалу країни, її економічної безпеки та інвестиційної привабливості. Політичний ризик проявляється у формі несподіваної, обумовленої політичними міркуваннями і подіями зміни умов господарської діяльності, що створює несприятливий для підприємця фон, який може привести до підвищених витрат ресурсів і втрати прибутку.

У сучасних умовах оцінка ризику є теоретичною базою для прийняття рішень в політиці та економіці. Для подолання невизначеності, якою обтяжені рішення інвесторів за кордоном, проводиться аналіз політичного ризику країни, що визначає ймовірність того, що суверенна держава або незалежні кредитори в певній країні не будуть мати можливості або бажання виконати свої зобов'язання по відношенню до іноземних кредиторів або інвесторів.

Існує кілька методик кількісної оцінки політичного ризику. В основному це – експертні оцінки. До них належать: індекси, що обчислює Інститут Ханера (політичний ризик тут градується за шкалою від 0 до 25 умовних одиниць), експертна шкала на базі моделі Ханера (від 0 до 100 умовних одиниць), “Принц-модель” (від -125 до +125), індекси BERI (від 0 до 100) тощо.

Згідно даних методик, ступінь політичного ризику пов'язується з обсягом зовнішнього боргу, можливостями країни своєчасно його виплатити та обсягом зовнішніх (або прямих) інвестицій.

У свою чергу, активність і масштабність залучення іноземних інвестицій залежить від низки чинників, що відображають політичну стабільність у суспільстві, рівень досконалості законодавства, правову гарантію одержання доходу, а також збільшення капіталу, стан економіки, соціально-економічну стабільність суспільства, ступінь розвитку виробничої і соціальної інфраструктури тощо. Тому, країни, які обрали ринкову модель розвитку, в тому числі і Україна, намагаються лібералізувати свої інвестиційні режими та застосувати інші необхідні заходи для залучення більших потоків прямих іноземних інвестицій, в тому числі зменшити ступінь політичного ризику

Оскільки вказані показники (зовнішній борг, прямі іноземні інвестиції та політичний ризик) є одними з основних критеріїв оцінки рейтингу держави на світовому ринку, було б доцільно оцінювати їх комплексно, з урахуванням їх взаємозв'язку. Використовуючи кількісну оцінку (рейтинг) політичного ризику, обсяги зовнішнього боргу та прямих інвестицій можна знайти зв'язок обсягу прямих зовнішніх інвестицій із зовнішнім боргом країни та рівнем політичного ризику. Статистичні дані для розрахунку параметрів моделі подані в таблиці 1.

Згідно даних, які подані в таблиці 1, побудована економетрична модель залежності обсягу прямих іноземних інвестицій від політичного ризику та обсягу зовнішнього боргу. Дана модель має наступний вигляд:

$$I = 3152.24 - 179.15R_p + 0.377D,$$

де R_p – ступінь політичного ризику, D – обсяг зовнішнього боргу, I – обсяг прямих іноземних інвестицій.

Таблиця 1. Статистичні дані, що використовуються для побудови моделі

Рік	Ступінь політичного ризику України згідно [8]	Обсяг зовнішнього боргу України, млн. дол. США [9]	Обсяг прямих іноземних інвестицій, млн.дол. США [10]
1996	38	8217	896,9
1997	32	8839	1438,2
1998	35	9555	2063,6
1999	32	13951	2810,7
2000	30	12190	3281,8
2001	33	12725	3875
2002	31	21645	4555,3
2003	32	23811	5471,8
2004	29	30647	6794,4
2005	37	39619	9047
2006	45	54512	16890
2007	50	79955	21607,3
2008	45	101659	29542,7
2009	31	103396	35616,4
2010	42	117346	40053
2011	41	126236	44806
2012	44	135065	50333,9

Множинний коефіцієнт детермінації $\bar{R}^2 = 0,985$ вказує на те, що 98,5% коливань обсягу зовнішніх інвестицій залежать від коливань обсягу зовнішнього боргу та рівня політичного ризику. Значення коефіцієнта кореляції $\bar{R} = 0,992$ свідчить, що між обсягом зовнішніх інвестицій, зовнішнього боргу й рівнем політичного ризику існує тісний лінійний зв'язок. Нульова гіпотеза $H_0: R^2 = 0$ у даному випадку не береться до уваги, оскільки $F^* = 460,47 > F_{0,05;2;14} = 3,74$, що власне означає, що коефіцієнт детермінації є значущим. Гіпотеза $H_0: \beta = 0$ відхиляється на основі t – критерію, оскільки $|t_{b_1}^*| = 25,1$, $|t_{b_2}^*| = 1,6 > t_{0,05;14} = 1,35$. Отже, параметри моделі також значимі. Коефіцієнти кореляції вказують на середню кореляцію між рівнем політичного ризику, обсягами зовнішнього боргу та прямих іноземних інвестицій.

Виходячи з цього, можна стверджувати, що модель адекватна та її можна використовувати для подальшого аналізу.

Графічно дана залежність подана на рис. 1.

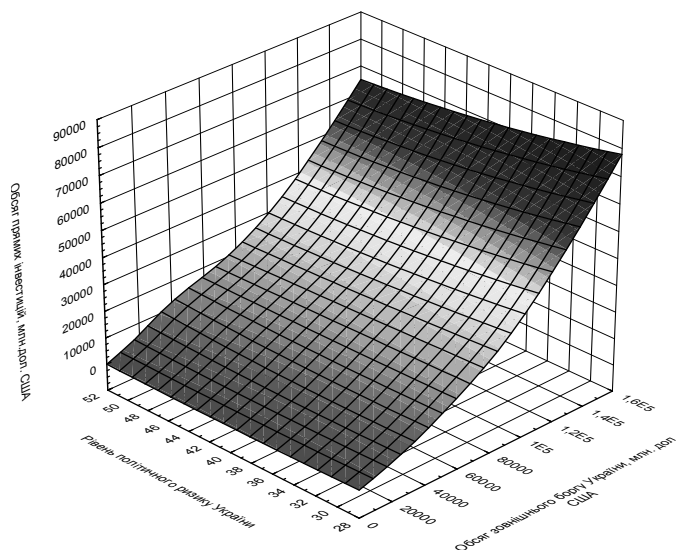


Рис. 1. Залежність обсягу зовнішніх інвестицій від політичного ризику та обсягу зовнішнього боргу

З рис. 1 видно, що зі збільшенням рівня політичного ризику на 1 надходження прямих іноземних інвестицій зменшується в середньому на 179,15 млн. дол. США.

Як вказано вище, ступінь політичного ризику та обсяг залучених інвестицій виступають індикатором стабільності країни. Зростання ступеня політичного ризику призводить до впливу коштів з країни та, навіть, дефлоту. Тому постає питання про визначення необхідного обсягу залучення іноземних інвестицій або максимально допустимого обсягу зовнішнього боргу, який забезпечить бажаний ступінь політичного ризику. Дане питання можна вирішити за допомогою поняття ідеального газу.

Ідеальний газ – математична модель газу, в якій передбачається, що потенційною енергією взаємодії молекул можна знехтувати в порівнянні з їх кінетичною енергією. Між молекулами не діють сили тяжіння

або відштовхування, зіткнення часток між собою і зі стінками посудини абсолютно пружні, а час взаємодії між молекулами дуже малий в порівнянні з часом між зіткненнями.

Стан ідеального газу характеризують три величини: p – тиск, V – об'єм, T – температура. В будь-якому газі діють газові закони, що визначають кількісні залежності між двома параметрами газу при незмінному значенні третього. Ідеальному газу притаманні ізопроцеси – термодинамічні процеси, при яких кількість речовини і ще одна з фізичних величин – параметрів стану газу: тиск, об'єм або температура – залишаються незмінними. Так, незмінному тиску відповідає ізобарний процес, об'єму – ізохорний, температурі – ізотермічний, ентропії – ізентропійний (наприклад, оборотний адіабатний процес).

Згідно із законом Гей-Люссака (одного із законів теорії ідеального газу) залежність об'єму V ідеального газу від температури T при постійному тиску p описується формулою:

$$V/T = \text{const} \quad \text{ПРИ} \quad p = \text{const}.$$

Перевіримо можливість використання понять теорії ідеального газу для оцінювання ступеня політичного ризику. Припустимо, що політичні рішення – це тиск – p , який здійснюється на господарську діяльність та економічну ситуацію в країні в цілому. За об'єм V приймемо обсяг зовнішнього боргу. Вважатимемо, що обсяг зовнішніх інвестицій характеризує температуру T , яка панує в економічному середовищі, оскільки обсяг залучених інвестицій вказує на стан стабільності в країні. Тоді відношення обсягу зовнішнього боргу до обсягу зовнішніх інвестицій має становити сталі значення за незмінного ступеня політичного ризику:

$$D/I = \text{const} \quad \text{ПРИ} \quad R_p = \text{const}.$$

Розрахунки подані у таблиці 2.

Дані таблиці 2 свідчать, що при сталому ступені політичного ризику відношення обсягу зовнішнього боргу до обсягу прямих іноземних інвестицій становить майже однакове значення (заштриховані значення).

Отже, зроблені вище припущення про можливість використання понять ідеального газу для аналізу політичного ризику можна вважати прийнятними.

Таблиця 2. Розрахунок показників ізобаричного процесу

Рік	Ступінь політичного ризику України згідно [8]	Відношення обсягу зовнішнього боргу України, млн. дол. США до обсягу прямих іноземних інвестицій, млн.дол. США
1996	38	9,161556472
1997	36	6,14587679
1998	35	4,630257802
1999	32	4,963532216
2000	30	3,714425011
2001	33	3,283870968
2002	32	4,751608017
2003	32	4,751584488
2004	29	4,510626398
2005	37	4,379241738
2006	45	3,227471877
2007	50	3,700369782
2008	45	3,441086969
2009	31	2,903044665
2010	42	2,929768057
2011	41	2,817390528
2012	44	2,683380386

Тоді, якщо зафіксувати обсяг зовнішнього боргу, можна побудувати ізокванти зовнішнього боргу (аналогічні ізохорам в ідеальному газі). Наприклад, якщо припустити, що зовнішній борг становитиме 135000 млн. дол. США, то залежність рівня політичного ризику від обсягу прямих іноземних інвестицій при всіх інших рівних умовах становитиме

$$R_p = 301.69 - 0.0055I.$$

Фіксуючи обсяг зовнішнього боргу на різних рівнях, які є раціональними для держави, можна отримати набір ізоквант. Ці ізокванти, зокрема, характеризують стабільність та стійкість економіки, адже чим нижчий рівень напруги в суспільстві (низький тиск), тим більший обсяг іноземних інвестицій (рис. 2).

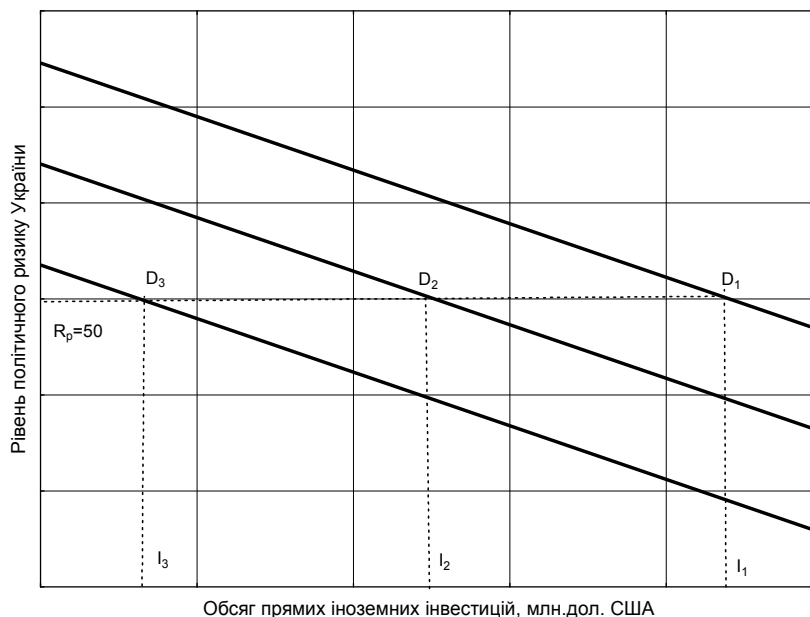


Рис. 2. Набір ізоквант зовнішнього боргу

За допомогою даних ізоквант можна дослідити перехід економічної системи з одного стану в інший за сталості обсягу зовнішнього боргу. При цьому змінюються параметри стану системи, зокрема ступінь політичного ризику або обсяг прямих іноземних інвестицій.

Висновки та пропозиції. Отже, використовуючи припущення щодо можливості використання понять теорії ідеального газу до аналізу та оцінювання ступеня політичного ризику, можна визначити раціональні (допустимі) обсяги зовнішнього боргу та прямих іноземних інвестицій за певного рівня політичного ризику для країни. Аналогічно, використовуючи ізопроцеси, можна визначити раціональний ступінь політичного ризику за вказаних обсягів зовнішнього боргу або зовнішнього інвестування.

Джерела та література:

1. Україне грозит «внезапная остановка» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://economics.lb.ua/state/2013/07/24/215100_ukraine_grozit_vnezapnaya.html?utm_source=ua&utm_medium=link&utm_campaign=mainp
2. Романовский М. Ю. Введение в экономфизику. Статистические и динамические модели / М. Ю. Романовский, Ю. М. Романовский. – М.-Ижевск : Институт компьютерных исследований, НИЦ «Регулятивная и хаотическая динамика», 2007. – 280 с.
3. Мантенья Р. Н. Введение в экономфизику. Корреляции и сложность в финансах / Р. Н. Мантенья, Г. Ю. Стенли. – М. : Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 192 с.
4. Панченков А. Н. Экономфизика / А. Н. Панченков. – Н. Новгород : ООО «Типография Поволжье», 2007. – 528 с.
5. Конторов Д. С. Основы физической экономики. (Физические аналогии и модели в экономике.) / Д. С. Конторов, Н. В. Михайлов, Ю. С. Саврасов. – М. : Радио и связь, 1999. – 184 с.
6. Экономфизика. Современная физика в поисках экономической теории / Под ред. В. В. Харитонов и А. А. Ежова. – М. : МИФИ, 2007. – 624 с.
7. Синергетичні та економічні методи дослідження динамічних та структурних характеристик економічних систем. Монографія. / В. Д. Дербенцев, О. А. Сердюк, В. М. Соловйов, О. Д. Шарапов – Черкаси : Брама-Україна, 2010. – 287 с.
8. Country Data Report for UKRAINE, 1996-2011 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : www.govindicators.org.
9. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.bank.gov.ua/files/1-Macroeconomic_indicators.xls
10. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.mfa.gov.ua/data/upload/publication/uk/ua/12751/231.htm>