

DOI: 10.15276/ETR.06.2020.1  
 DOI: 10.5281/zenodo.4564388  
 UDC: 330.34  
 JEL: D81, D84

## ГЛОБАЛЬНА ЕНТРОПІЯ ТА ПОВЕДІНКОВІ РЕАКЦІЇ ЕКОНОМІЧНИХ АГЕНТІВ В УМОВАХ ПАНДЕМІЇ COVID-19

### GLOBAL ENTROPY AND BEHAVIORAL RESPONSES OF ECONOMIC AGENTS IN THE CONTEXT OF THE COVID-19 PANDEMIC



Oleksandr Ye. Bavyko, DEcon, Professor  
 Odessa National Polytechnic University, Odessa, Ukraine  
 ORCID: 0000-0002-0087-2656  
 Email: o.ie.bavuko@opu.ua

Olena O. Bavyko  
 Odessa National Polytechnic University, Odessa, Ukraine  
 Email: lenabaviko1704@gmail.com

Received 23.12.2020

Загальний стан людства у 2020 р. можна охарактеризувати як глобальну ентропію, що сформувалась у результаті пандемії COVID-19. Унікальність ситуації, в якій ми знаходимось, полягає в однаково безпрецедентному масштабі невизначеності для всіх суб'єктів соціально-економічного розвитку на різних рівнях його організації щодо можливого перебігу подій. Уряди розвинених країн G7, кланово-олігархічні групи країн з перехідною економікою, транснаціональні корпорації, фірми та малі підприємці, домогосподарства на цей час однаково далекі від уявлення про те, чим і коли закінчиться пандемія.

Одна з основних причин такого стану речей полягає у релятивізмі людського знання. Ця причина має атнтропну природу. Вона виражається у суб'єктивно-ідеалістичному світосприйнятті, за якого людина визначає свою поведінку в межах сконструйованої у масовій свідомості картини світу, що являє собою визначену людською природою, структуровану інформацію про принципи та механізми організації і поведінки, певний спектр сенсів буття, сутність, цінність та джерела матеріальних і духовних благ. Соціалізація відкриває людині доступ до відповідної інформації, яка робить її частиною складної, відкритої системи під назвою суспільство. Егоцентризм і раціональність людської природи, максимізація користності та ресурсні обмеження обумовлюють сформовану у конкурентній боротьбі соціальну стратифікацію, що по суті виражається у різному ступені доступу до важливої інформації та можливості визначити її зміст для інших. Більш-менш усвідомленому вибору місця у соціальній та економічній ієрархії відповідає певний інформаційний набір, в межах якого відбувається життєве стратегування. Аналіз поточної ситуації надає підстави стверджувати,

*Бавіко О.С., Бавіко О.О. Глобальна ентропія та поведінкові реакції економічних агентів в умовах пандемії COVID-19. Науково-методична стаття.*

Шокове зростання глобальної ентропії викликане відсутністю достовірної інформації про фактори, які визначають перебіг пандемії COVID-19. Аналіз кореляційних зв'язків вказує на суттєве послаблення залежності між кількістю інфікованих та померлих й динамікою економічної активності, що почала відновлюватись у липні-серпні 2020 р. Спостерігається пряма залежність між рівнем інформаційної невизначеності та економічної активності агентів. Брак інформації про пандемію COVID-19 нівелюється формуванням інформаційного простору прогнозів та сценаріїв, що формують загальну картину контрольованості процесів. На різних етапах пандемії поведінкові реакції економічних агентів представлені: ігноруванням небезпеки пандемії; намаганням вберегти свою економічну систему від змін; використанням традиційних методів стабілізації; формуванням стратегічного підходу до організації економічної діяльності.

*Ключові слова:* пандемія COVID-19, ентропія, економічна активність, економічна поведінка, економічні агенти, економічна невизначеність

*Bavyko O.Ye., Bavyko O.O. Global entropy and behavioral responses of economic agents in the context of the COVID-19 pandemic. Scientific and methodical article.*

The shock increase in global entropy is caused by the lack of reliable information about the factors that determine the course of the COVID-19 pandemic. The analysis of correlations indicates a significant weakening of the relationship between the number of infected and deaths, as well as the dynamics of economic activity, which began to recover in July-August 2020. There is a direct relationship between the level of information uncertainty and the economic activity of agents. The lack of information about the COVID-19 pandemic is offset by the formation of an information space for forecasts and scenarios that formed the overall picture of process controllability. At different stages of the pandemic the behavioral reactions of economic agents are represented by: ignoring the danger of a pandemic; an attempt to protect your economic system from changes; using traditional stabilization methods; the formation of a strategic approach to the organization of economic activity.

*Keywords:* COVID-19 pandemic, entropy, economic activity, economic behavior, economic agents, economic uncertainty

що жоден з таких інформаційних наборів немає достовірного сценарію розвитку подій.

Релятивізм сформованої людством картини світу обумовлює її обмеженість по відношенню до природи та об'єктивної реальності. Суспільство функціонує та розвивається в межах створеного ним інформаційного простору. Його зміст визначається людськими уявленнями, що зведені у ранг законів та ефективних практик. Найвищий ступінь дестабілізуючого впливу пандемії COVID-19 обумовлюється тим, що специфіка факторів які визначають її динаміку (тривалість дії імунітету та ступінь мутагенності) не є частиною наявного знання, вони відсутні в інформаційному просторі суспільства. Відсутність достовірної інформації про характер загроз та можливостей для існуючої системи економічних відносин викликає зростання ентропії. Природною є реакція складних економічних систем, які намагаються впорядкувати зростаючий хаос непрогнозованості. Теоретико-прикладний зміст проблеми зростання ентропії в економічних системах втілюється у визначенні механізму її формування та засобів стабілізації. Визначення та систематизація поведінкових реакції економічних агентів в умовах пандемії COVID-19 формує сучасні методичні основи антикризового управління.

#### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Розвиток сучасної економічної науки відбувається в межах методичного простору постнекласичної науки та однієї з основних її складових – теорії самоорганізації складних систем. Механізми самоорганізації складних систем, що засновуються на їх спроможності до саморозвитку на основі ускладнення та енергетичного обміну із зовнішнім середовищем обґрунтовуються в роботах В. Василькової [1], І. Прігожина, І. Стенгерс [2], Ю. Яковця [3]. Аналіз та вирішення проблем соціально-економічного розвитку в межах методичного простору поняття «ентропія», що відображає механізм стабілізації виведених з рівноваги складних систем, розвиваються в дослідженнях І. Прангішвілі [4], В. Шаповалова [5], Г. Юріна [6] та інших вчених. Дослідження перебігу та наслідків пандемії COVID-19 знаходиться зараз на етапі емпіричних узагальнень та прогнозів, що формуються експертами ВООЗ [7-8], визнаними дослідницькими організаціями, як наприклад, McKinsey & Company [9], Bloomberg L.P. [10].

Наступний етап наукового осмислення проблем, що виникли в наслідок пандемії COVID-19 передбачає формування концептуального бачення та визначення механізмів розвитку економіки в умовах пандемії COVID-19.

*Мета дослідження.* В межах методичного простору системного підходу, теорії самоорганізації та ентропії складних систем, визначити фактори, що обумовлюють шокове зростання ентропії в економіці, узагальнити інформацію щодо перебігу пандемії та прогнозів щодо її подолання, систематизувати поведінкові

реакції економічних агентів в умовах пандемії COVID-19.

#### Виклад основного матеріалу дослідження

Не дивлячись на те, що методологічно системний підхід в сучасній економічній науці є основним, більшість досліджень використовують обмежений обсяг його гносеологічного змісту. Увага дослідників здебільшого зосереджена на аналізі та пошукові функціональних, причинно-наслідкових зв'язків між елементами окремих систем з метою оптимізації їх управління. При цьому частіше за все не враховуються загальні системні закономірності та природна енергетична єдність систем.

Системний аналіз розвитку економічних процесів в межах методичного простору поняття «ентропія», що відображає зростання невизначеності, непередбачуваності, безладу, хаосу та дезорганізації, дозволяє розширити когнітивні підвалини розуміння їх архітектоники на основі врахування принципу самоорганізації, законів термодинаміки, збереження енергії та фундаментального для сучасної науки рівняння  $E=mc^2$ , що відображає еквівалентність енергії та маси. Відповідна дослідницька позиція базується на універсальності законів та принципів розвитку складних, матеріальних, відкритих систем, до яких відноситься й економічна сфера суспільства.

Маючи системний характер, всі складові елементи економічної сфери (домогосподарства, підприємства та їх об'єднання, галузі, сектори, регіональні та національні економічні системи), підпорядковуються принципу самоорганізації, за якого їм властива тенденція до трансформації у більш складні та впорядковані системи. Відповідне зменшення ентропії втілюється у додаткові можливості для зростання економічної ефективності.

Аналіз законів термодинаміки вказує на те, що зменшення ентропії у відкритих системах вбачається можливим лише за рахунок її збільшення у зовнішньому середовищі, тобто в інших пов'язаних системах. Динаміка ентропії ( $\Delta S$ ) у відкритих системах може бути відображена як:

$$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2, \quad (1)$$

За відповідних умов,  $\Delta S_1$  – зміна ентропії системи за рахунок обміну енергією із зовнішнім середовищем, що має відповідати умові –  $\Delta S_1 < 0$ . Зазначена умова втілюється в отримання від зовнішнього середовища (пов'язаних систем) необхідної для впорядкування енергії (антиентропії). Виконання цієї умови є необхідним, оскільки  $\Delta S_2$  – зміна ентропії, що відбувається за рахунок внутрішніх змін системи, у відповідності до другого закону термодинаміки  $\Delta S_2$  завжди спрямована на збільшення ентропії та відповідає умові  $\Delta S_2 \geq 0$ . Зазначимо, що  $S = 0$  відображає стан повного порядку та визначеності.

Однією з головних системних закономірностей є закон збереження енергії. Під обміном енергією, відносно економічних систем, традиційно розуміється обмін/отримання ресурсів, товарів або інформації. Дія закону передбачає, що збільшення впорядкованості в одних системах завжди має наслідком зростання хаосу та формування стану біфуркації у зовнішніх, пов'язаних системах. Так, безконтрольно беручи з природи ресурси для впорядкування економічних систем виробництва-споживання людство збільшує хаос в екосистемах, що має всім відомі негативні наслідки. Але, необхідно розуміти, що екосистеми є частиною глобальної природної системи, будову якої ми навряд чи зможемо колиш зрозуміти достеменно. Таким чином, максимізуючи впорядкованість економічної системи, під якою ми розуміємо традиційну ефективність, економічні агенти наражають людство на небезпеку адекватного зворотного впливу пов'язаних систем, які також підпорядковуються принципу самоорганізації. Питання «Чиї намагання до впорядкованості будуть більш успішними?» звичайно риторичне. Ситуація з пандемією COVID-19 ще один раз це підтвердила.

Повертаючись до кола повсякденних проблем зазначимо, що за сучасних умов постіндустріальної, або як її ще називають інформаційної економіки, саме наявність або відсутність адекватної інформації щодо стану та перспектив розвитку системи є вагомим чинником зростання ентропії. Тобто стан, який ми зараз спостерігаємо відповідає  $-\Delta S_1 > 0$ . Природною поведінковою реакцією агентів економічних систем, що спрямовується на їх впорядкування, є намагання отримати інформацію, якої не вистачає.

Наявну інформацію щодо розвитку пандемії COVID-19, що за своїми руйнівними наслідками у сфері економіки порівнюється з Великою депресією кінця 1930-х рр. вбачається можливим представити переліком наступних фактів та узагальнень.

Головною причиною пандемії є розповсюдження невідомого раніше коронавірусу SARS-CoV-2, який викликає швидкий розвиток дихальної недостатності та важке запалення легенів. Перший спалах коронавірусу зафіксовано наприкінці 2019 р. у м. Ухань КНР. Відсутність протоколів лікування та необхідних протівірусних препаратів, широке коло можливих шляхів передачі вірусу обумовили його швидке розповсюдження. У зв'язку зі швидким поширенням у різних країнах Всесвітня організація охорони здоров'я 11 березня 2020 р. об'явила спалах COVID-19 пандемією [7].

Факти тяжкого перебігу хвороби та високого рівня смертності людей, які були уражені вірусом, спричинили дестабілізуючий вплив на всі сфери життєдіяльності міжнародного співтовариства.

За інформацією Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) станом на 15.11.2020 р. зафіксовано 53,767 млн випадків зараження коронавірусом. Кількість зареєстрованих смертей

склала 1,309 млн осіб. Глобальний рівень летальності від загальної кількості випадків зараження вірусом складає 2,6%. Регіони в яких реєструється найбільша кількість захворювань та смертей від COVID-19 відповідно: Америка – 43% та 52% (рівень летальності – 2,9%); Європа – 28% та 26% (середній рівень летальності 2,3%); Південно-Східна Азія – 19% та 12% (середній рівень летальності 1,5%).

У розрізі країн, найбільшого розповсюдження пандемія COVID-19 набула у США – 19,8% та 18,5% (2,3%); Індія – 16,4% та 9,9% (1,5%); Бразилія – 10,8% та 12,6% (2,8%). Серед європейських країн найбільша кількість заражень та смертей припадає на Францію – 3,6% та 3,4% (2,3%); Велику Британію – 2,5% та 4% (3,9%); Італію – 2,1% та 3,4% (3,9%). Україна за кількістю заражень займає 17 місце у світовому рейтингу (535,8 тис осіб), летальність складає 1,8%. За неповні шість місяців літа та осені 2020 р., зростаючи у геометричній прогресії, кількість випадків зараження збільшилась у 9,5 разів, кількість смертей у 3,7 рази [8].

До основних узагальнень, що були сформовані експертами ВООЗ та співробітниками відомих дослідницьких організацій на основі спостережень за динамікою пандемії COVID-19 необхідно віднести наступні.

По-перше, розповсюдження коронавірусу прискорюється, випадки зараження зареєстровані у 220 країнах. Перша половина листопада 2020 р. характеризується зменшенням темпів розповсюдження коронавірусу у Європі (-10%) та Південно-Східній Азії (-4%). Одночасно зростає темп розповсюдження в Америці (+41%), Східному Середземномор'ї (+11%), Африці (+22%), Західній частині Тихого океану (+22%) [8]. Географічна динаміка пандемії COVID-19 вказує на те, що основними факторами, які прискорюють розповсюдження коронавірусу є велика щільність та мобільність населення.

По-друге, глобальний показник летальності з квітня до середини листопада 2020 р. знизився з 8,2% до 2,6%. Спостерігається зближення значень за регіонами. Так, зниження рівня смертності з квітня до середини листопада 2020 р. склало: у країнах ЄС та Великобританії – з приблизно 13% до 2,3%, в інших країнах Європи – з приблизно 5% до 2%, у країнах Латинської Америки – з приблизно 14% до 3%, у США та Канаді – з приблизно 10% до 2,9% [9]. Диференціація показників рівня смертності на першому етапі пандемії пояснюється відсутністю стандартизованих методик тестування, різними підходами до статистичного обліку, специфікою політичних систем та їх відношенням до розповсюдження відповідної інформації. Одночасно, експерти McKinsey & Company вказують на те, що рівень смертності продовжить зменшуватись на фоні збільшення обсягів тестування, формування ефективних протоколів лікування та розповсюдження коронавірусу серед населення, що не відноситься до груп ризику.



По-третє, до груп з найбільшим ризиком віднесено людей похилого віку та людей з хронічними захворюваннями серцево-судинної системи, легень, печінки або нирок, хворих на цукровий діабет. За різними експертними оцінками смертність інфікованих COVID-19 може коливатись у віці до 50-ти років від 0,1% у Європі [9], 0,2% в Україні [11], 0,3% у Китаї [12], до 0,5 у США [9]. У віці старше 60-ти років від 2,2% у Європі [9], 4,3% в Україні [11] 6,4% у Китаї [12], до 16,4% у США [9]. У віці старше 80-ти років від 6,7% у Європі [9], 13,4% у Китаї [11], 14,5% в Україні [12], 16,4 у США [9].

По-четверте, не дивлячись на отриманий за 9 місяців пандемії COVID-19 досвід у лікуванні хворих, рівень смертності серед госпіталізованих залишається у межах 25% у Європі та 30% у США [9]. Відповідна динаміка вказує на відсутність дієвих протоколів лікування, що можуть бути засновані на вже існуючих лікарських препаратах.

По-п'яте, більшість людей, які не відносяться до груп ризику переносять інфікування COVID-19 без видимих симптомів. За відповідних умов більшість випадків інфікування залишається невизначеними, що унеможливує використання запобіжних заходів щодо подальшого розповсюдження коронавірусу. Розповсюдження коронавірусу скоріше залежить не від погодних умов, а від поведінки людей, що скупчуються у закритих приміщеннях у холодну пору року.

По-шосте, залишаються невизначеними головні фактори, які визначають динаміку пандемії COVID-19, а саме: чи свідчить наявність антитіл про імунітет та від чого залежить його сила і довготривалість, а також на скільки сильною є мутагенність коронавірусу. Випадки повторного інфікування коронавірусом зафіксовані у багатьох країнах. Це свідчить про відсутність повного імунітету після перенесеного захворювання [13]. Дослідники роблять припущення, які не отримали ще належного підтвердження, про можливість формування часткового імунітету на основі попередньої вакцинації від інших вірусів, наприклад БЦЖ [14].

По-сьоме, безпрецедентний ступінь дестабілізуючого впливу пандемії COVID-19 спонукав провідні країни світу до об'єднання у процесі розробки дієвої вакцини, що визнається єдиним можливим шляхом найскорішого подолання пандемії. За підрахунками експертів McKinsey & Company на поточний момент розробляється 278 варіантів вакцин, більше 55 з яких знаходяться на стадії клінічних досліджень. Сумарний обсяг фінансування дослідницької діяльності склав більше 17 млрд дол. США. Загальний темп досліджень перевищує аналогі у 4 рази, що є підставою для обережного оптимізму.

Прогнози щодо динаміки пандемії COVID-19 базуються на припущеннях про можливість формування імунітету завдяки використанню вакцин. За оцінками спеціалістів ВООЗ та McKinsey & Company позитивний сценарій

боротьби з пандемією формується за умов досягнення 58% імунної популяції [8-9]. Оптимістичний сценарій передбачає, що за умов ефективності розроблених вакцин, необхідний рівень імунної популяції, який дозволить подолати пандемію COVID-19 в її основних осередках, може бути досягнутий у четвертому кварталі 2021 р.

Особливість пандемії COVID-19 у череді загроз для світової та національних економік полягає у швидкості розповсюдження коронавірусу та обмеженому часовому горизонті для організації ефективної протидії. Враховуючи здебільшого інформаційно-віртуальний характер факторів які визначають динаміку активності на фондових і товарних біржах, що відіграють роль центрів сучасної ділової активності, глобальна невизначеність щодо наслідків пандемії COVID-19 спричинила відповідного рівня економічну кризу. Жорсткі обмеження господарської та соціальної активності, що були запроваджені у більшості країн світу, обумовили найбільше у новітній історії зменшення попиту і виробництва товарів.

Поведінкові реакції економічних агентів формувались в залежності від змісту інформації, що відображала перебіг пандемії COVID-19. Основний імператив споживчої поведінки в умовах економічної кризи, що передбачає обмеження витрат предметами першої необхідності запустив ланцюгову реакцію, яка призвела до зменшення обсягів реалізації та виробництва більшої частини непродовольчих товарів, формування дефіциту на харчові продукти довготривалого зберігання та побутові товари.

Основним фактором згортання соціально-економічної активності було рішення урядів країн, в яких швидкими темпами зростала кількість випадків інфікування та смертей від ускладнень викликаних COVID-19 про локдаун. Відповідний комплекс заходів передбачав: обмеження повсякденного і довготривалого переміщення громадян, закриття освітніх та культурних установ, обмеження господарської діяльності підприємств та організацій, закриття кордонів та припинення транспортного сполучення у середині і за межами країн.

На першому етапі пандемії зупинка виробництв пов'язаних з автомобілебудуванням та електротехнікою у Китаї призвела до розірвання міжнародних виробничих ланцюгів, скорочення виробництва, вимушених відпусток великої кількості робітників. Наприклад, автомобільні компанії Peugeot-Citroen, Renault у лютому 2020 р. призупинили роботу на своїх заводах у Китаї [15]. У той же час були призупинені виробництва на заводах, що виробляють продукцію таких брендів як Samsung, Apple, Johnson & Johnson та ін. Відповідна тенденція поширилась на всі регіони. Світові лідери у виробництві автомобілів Volkswagen, BMW, Toyota, Honda також скоротили скоротити

обсяги виробництва. Це сталося з одного боку, у зв'язку з бажанням захистити своїх співробітників від поширення коронавірусу, що призвело до закриття заводів та автосалонів, а так само за вказаного вище розірвання ланцюгів поставок частин і комплектуючих. З іншого боку, виробництво було призупинено у зв'язку зі зменшенням попиту. Ринок нових автомобілів у січні-квітні 2020 р. у Європейських країнах скоротився у порівнянні до відповідного періоду 2019 р. на 30-50%.

Закриття кордонів спричинило зменшення обсягів транспортних перевезень. У першу чергу, це стосувалось авіації. Під час локдауну у лютому – червні 2020 р. у країнах ЄС було скасовано 90% авіарейсів, обсяг пасажирських перевезень автотранспортом зменшився у різних сегментах на 60-90%, обсяги перевезень громадським транспортом скоротились на 50%. Авіаційні компанії оцінюють обсяг необхідної підтримки для відновлення галузі у розмірі 200 млрд дол. США. Скорочення обсягів морських вантажоперевезень призвело до зменшення ділової активності 11 з 12 найбільших морських ліній, які були змушені відмовитись від оренди великої кількості суден. Основні скорочення припали на датську компанію Maersk та швейцарську компанію MSC [16].

Станом на середину листопада транспортна галузь перебуває на адаптаційному до нових умов діяльності етапі, який характеризується поступовим відновленням обсягів перевезень.

Скорочення виробництва товарів, перевезень та подорожей, закриття підприємств та переміщення великої частини комунікацій в онлайн середовище спричинили зменшення обсягів споживання енергії. За оцінкою Міжнародної енергетичної агенції, попит на енергію у 2020 р. скоротиться на 6%, що є найбільшим падінням за останні 70 років. Скорочення споживання енергії призвело до зменшення цін на енергоносії. Середня ціна за один барель нафти Brent у квітні 2020 р. складала 27,5 дол. США, що у 2,6 рази нижче, ніж у квітні 2019 р. [17].

Узагальнення фондової динаміки вказує на те, що за перші три місяці найбільшої невизначеності у 2020 р. відбулося значне падіння вартості акцій компаній у всіх сферах економічної діяльності: авіаційних (до -45%), нафто-газових видобувних та переробних (до -40%), автомобільних (до -38%), банківських установ (до -35%), медичних (до -35%), страхових – особливо у медичній сфері (до -35%), хімічної промисловості (до -30%), сільськогосподарських (до -30%), виробників електроніки (до -30%), компаній з торгівлі нерухомістю (до -30%), транспортних (до -30%), бізнес-послуги (до -30%), військово-промислових компаній (до -25%), електроенергетичних компаній (до -25%), виробників харчових продуктів (до -25%), засобів масової інформації (до -20%), компаній роздрібною торгівлі (до -18%), телекомунікаційних компаній (до -18%),

фармацевтичних (до -15%), логістичних (до -15%), ІТ компаній (до -12%) [9].

Намагання агентів економічної системи зменшити ентропію супроводжувалось інвестиціями у дослідження коронавірусу та визначення засобів боротьби з пандемією. Відносна стабілізація ситуації з розповсюдженням коронавірусу наприкінці літа та початку осені, обнадійлива динаміка досліджень з виробництва вакцин, відмова урядів провідних країн від обмежень соціально-економічної активності, надали підстави для формування оптимістичних прогнозів щодо можливості подолання пандемії та початку відновлення економіки у четвертому кварталі 2020 р.

Сприятливий інформаційний простір сформував умови для відновлення ділової активності, що доволі швидко відобразилося на зворотному зростанні вартості акцій протягом другого та третього кварталів 2020 р. Відновлення та зростання вартості акцій компаній у порівнянні з початком року відзначається у наступних сферах: ІТ компанії (до 55%), автомобільні (до 50%), виробники електроніки (до 45%), компанії роздрібною торгівлі (до 45%), засоби масової інформації (до 40%), медичні (до 38%), бізнес-послуги (до 35%), хімічні компанії (до 35%), сільськогосподарські (до 35%), виробники харчових продуктів (до 30%), фармацевтичні (до 28%) [9].

Відновлення ціни акцій компаній у другому та третьому кварталах 2020 р. не досягло рівня початку року, оскільки зростання було меншим ніж падіння першого кварталу у наступних сферах економічної діяльності: авіаційні перевезення (до 23%), транспортні (до 23%), військово-промислові компанії (до 22%), електроенергетичні (до 21%), страхова діяльність (до 20%), видобування та переробка нафти і газу (до 17%), банківські установи (до 12%), телекомунікаційні компанії (до 8%) [9].

Вплив інформаційної невизначеності на розвиток сучасної економіки особливо посилюється в результаті віртуалізації вартостей, яка відбувається в межах біржової гри, що залежить від змісту економічної інформації, відповідних прогнозів та стратегій гравців ринку [18]. Зростання невизначеності збільшує ентропію, руйнує стратегічні плани економічних агентів, що будуються на основі прогнозування.

Одним з аналітичних інструментів у дослідженні цієї проблеми є індекс невизначеності економічної політики, який розробили американські дослідники С. Бейкер, Н. Блум, С. Девіс (Baker, Bloom, Davis, 2016) [19]. Щоденна версія цього індексу відображає частоту газетних статей з одним або декількома термінами про «економіку», «політику» і «невизначеність» приблизно в 2000 газетах США. Індекс нормалізовано до 100 на основі аналізу періоду з 1985 по 2010 рр., тому значення вище 100 відображають невизначеність вище середнього. За нашими розрахунками, середнє значення індексу

виросло зі 109,6 в січні 2020 р. до майже 554 у квітні 2020 р., що є історично найвищим показником.

Графічна синхронізація динамічних характеристик пандемії COVID-19 та індексу невизначеності з маркерами економічної

активності надає змогу визначити логіку поведінкових реакцій економічних агентів у процесі розвитку сучасного кризового стану, що характеризується шоким зростанням ентропії, див. рис. 1.

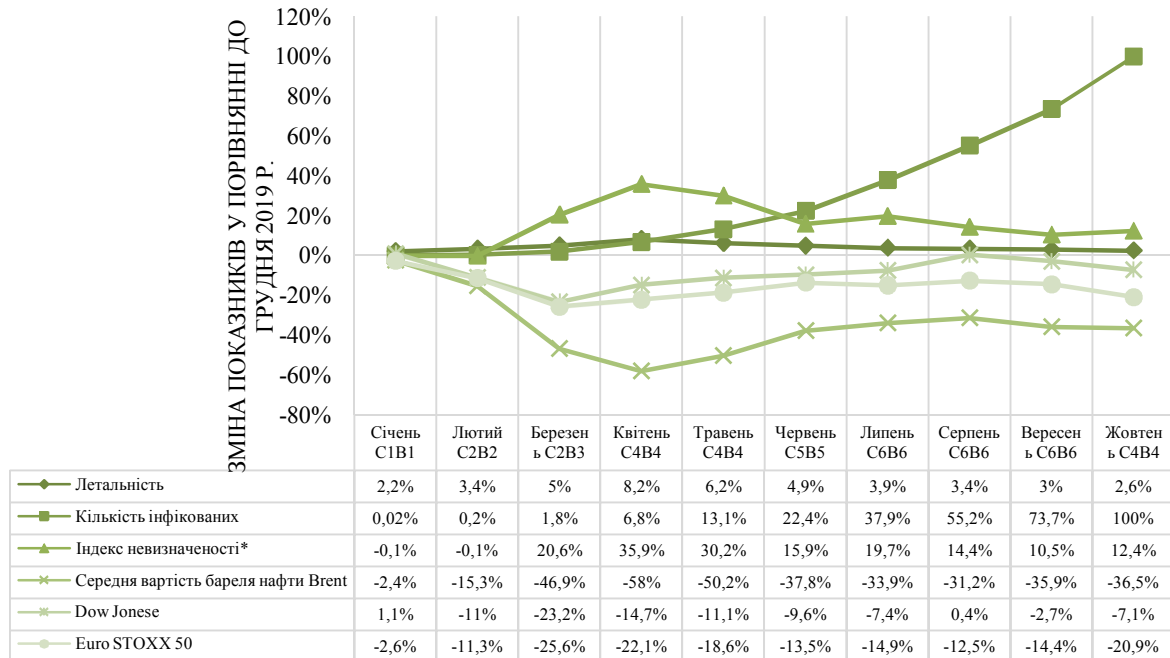


Рисунок 1. Кореляція динамічних характеристик пандемії COVID-19 та індексу невизначеності з маркерами економічної активності у 2020 р.

Примітка: з метою досягнення співмірності графіків, значення зміни індексу невизначеності зменшено у 10 разів

Джерело: складено авторами за матеріалами [17; 20-23].

На фоні більше ніж чотирикратного збільшення індексу невизначеності, найвищого рівня летальності та інфікування, вартість нафти у березні-квітні 2020 р. знизилась на 58%, індекси Dow Jonese та Euro STOXX 50 зменшились відповідно на 23,2% та 25,6%.

Аналіз розвитку економічної активності в умовах перших місяців пандемії COVID-19 дає підстави стверджувати, що після початкового інформаційного шоку та обвалу відбувається інформаційно-організаційна адаптація, яка виявляється у включенні факторів впливу обумовлених пандемією до структури діяльності економічних агентів на рівні прогнозів та сценаріїв, див. рис. 1. З фактору зовнішнього впливу пандемія перетворюється на структурну умову економічної діяльності. За відповідних умов спостерігається суттєве послаблення залежності між кількістю інфікованих та померлих з одного боку й динамікою економіки з іншого. Спостерігається негативна кореляція між відновленням активності економічних агентів та індексом невизначеності економічної політики, який поступово зменшується.

Наочним результатом пандемії COVID-19 є дестабілізація економіки, що супроводжується

зниженням економічної активності, знеціненням акцій та енергетичних ресурсів, хаосом в управлінні. Головним важелем відповідного дестабілізуючого впливу виступає невизначеність змісту факторів, що визначають динаміку та характер впливу пандемії COVID-19 на економіку. Відсутність необхідної для прогнозування інформації провокує дифузію ентропії, що розповсюджується світовою економікою від міжнародних центрів біржової торгівлі.

Цьому періоду передують поведінкова захисна реакція економічних агентів, що виражається в ігноруванні важливості проблеми, як такої, що має локальний характер ( $B_1$ ). Відповідна поведінка економічних агентів спостерігалась протягом січня 2020 р. Наступний етап розвитку подій характеризується продовженням дії захисних механізмів, що воліють зберегти економічні системи у недоторканому стані ( $B_2$ ). Тільки в умовах шоким зростання кількості інфікованих та померлих економічні агенти усвідомлюють небезпеку й те, що відсутня необхідна інформація для прийняття ефективних рішень ( $B_3$ ). Управлінська інерція обумовлює намагання вирішити проблему традиційними, адміністративними заходами, що на різних

організаційних рівнях передбачають: карантинні обмеження та фінансову підтримку бізнес-структур з боку держави, зупинку виробничих процесів підприємствами, обмеження витрат домашніми господарствами ( $B_4$ ). Високий ступінь небезпеки обумовлює консолідацію зусиль та ресурсів у напрямі накопичення та систематизації інформації про ключові фактори, необхідної для формування сценаріїв різних варіантів розвитку подій ( $B_5$ ). На основі акумульованої інформації формується оновлений інформаційний простір в межах якого визначається стратегічне бачення управлінських завдань, ефективних технік та засобів ( $B_6$ ). В залежності від результатів діяльності оновленої системи вона або виходить на траєкторію сталого розвитку, або, у разі недостатньої ефективності, знову потрапляє у

кризовий стан, який вимагає подальшої інформаційної та організаційної трансформації.

Аналіз інформації рис. 1 надає підстави припустити, що зменшення економічної активності на фоні 10%-го збільшення темпів інфікування та зростання індексу невизначеності, свідчить про можливий початок другої хвилі кризи викликаної пандемією COVID-19, а загальна ситуація повертається до стану  $C_4B_4$ .

Глобалізація світової економіки створила умови для синхронізації основних тенденцій розвитку національних господарств. Економіка України протягом пандемії COVID-19 пройшла подібні до економік розвинених країн етапи, що характеризуються визначеним станом (condition) та відповідними поведінковими реакціями економічних агентів (behavior), див. рис. 2.

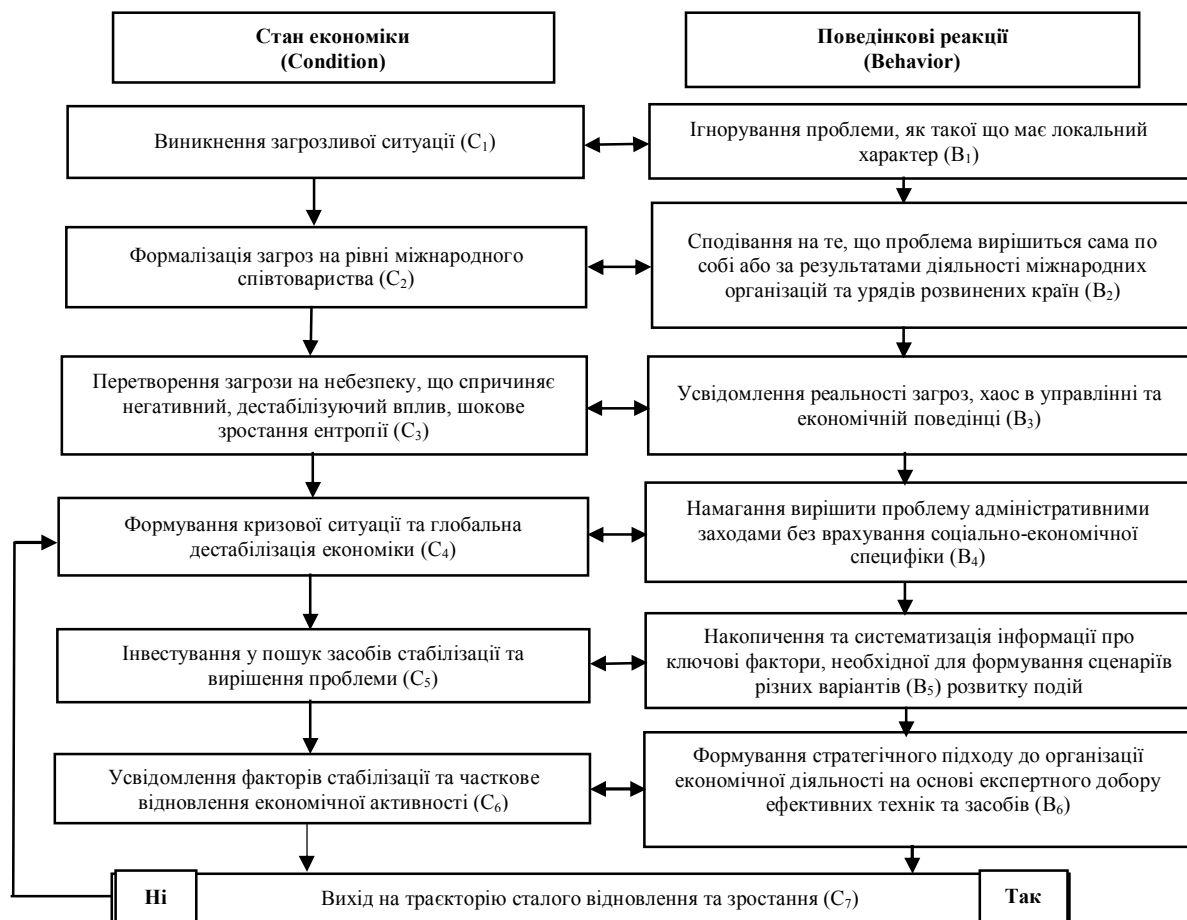


Рисунок 2. Етапи розвитку кризового стану економіки в умовах пандемії COVID-19 та поведінкові реакції економічних агентів

Джерело: власна розробка авторів

Динаміка показників економічної активності в Україні є подібною до загальносвітових трендів. Шоковому зростанню ентропії відповідає різке зменшення економічної активності. Фізичний обсяг роздрібної торгівлі квітня 2020 р. у порівнянні з 2019 р. склав 85,1%, обсяг промислового виробництва – 91,3%, пасажиропотік – 60,4%, сільськогосподарське виробництво у червні 2020 р. – 81,3% [24].

Оновлення інформаційного простору економічних систем і зменшення невизначеності, обумовлює стабілізацію економічної динаміки та її часткове відновлення. Вже у жовтні 2020 р. фізичний обсяг роздрібної торгівлі перевищив минулорічний показник на 15%, обсяг промислового виробництва відновився до 95%, сільськогосподарське виробництво до 85,8% [24].



## Висновки

Поведінкові реакції економічних агентів та економічна динаміка в цілому за умов пандемії COVID-19 визначаються закономірностями самоорганізації та впорядкування складних систем. Шокове зростання ентропії викликане відсутністю достовірної інформації щодо факторів, які визначають перебіг пандемії COVID-19 та її глобальними негативними наслідками. Природна поведінкова реакція економічних агентів, що прагнуть до відновлення стабільності та прогнозованості спрямовується на інформаційно-організаційну адаптацію, яка втілюється у включенні факторів впливу обумовлених пандемією до структури економічної діяльності.

Найважливішими характеристиками пандемії є постійне зростання темпів її розповсюдження. Відсутність дієвих протоколів лікування на основі існуючих ліків. Загальне зменшення летальності з 8,2% до 2,6%. Невизначеність щодо можливості формування довготривалого імунітету та ступеню мутагенності коронавірусу. Оптимістичний прогноз базується на припущенні про високу ефективність вакцини, що дозволить подолати пандемію COVID-19 в її основних осередках у четвертому кварталі 2021 р.

Аналіз кореляційних зв'язків вказує на суттєве послаблення залежності між кількістю інфікованих та померлих з одного боку, й динамікою економіки з іншого. Одночасно спостерігається пряма залежність між рівнем

інформаційної невизначеності та економічної активності агентів.

Поведінкові реакції економічних агентів формуються з логікою стабілізаційної трансформації. На різних етапах пандемії вони представлені: ігноруванням проблеми, як такої, що має локальний характер; намаганням вберегти свою економічну систему від змін; усвідомлення загроз та хаотичність поведінки; використання традиційних методів стабілізації; накопичення та систематизація інформації про ключові фактори, необхідної для формування сценаріїв різних варіантів розвитку подій; формування стратегічного підходу до організації економічної діяльності.

Враховуючи недостатність наявної про COVID-19 інформації, зовнішня взаємодія економічних систем відповідає  $\Delta S1 > 0$ . Припускаємо, що її брак нівелюється швидким формуванням інформаційного простору прогнозів та сценаріїв, які створюють загальну картину контрольованості процесів. Відповідний стан можна характеризувати як нову економічну реальність, що розвивається в оновленій системі координат, однією з яких є пандемія COVID-19.

Аналіз динамічних характеристик досліджуваних процесів надає підстави припустити, що зменшення економічної активності на фоні 10%-го збільшення темпів інфікування та зростання індексу невизначеності наприкінці жовтня 2020 р. свідчать про можливий початок другої хвилі кризи викликані пандемією COVID-19.

## Abstract

Behavioral responses of economic agents and economic dynamics in general, in a pandemic COVID-19 are determined by the laws of self-organization and ordering of complex systems. The shock increase in entropy is caused by the lack of reliable information on the factors that determine the course of the COVID-19 pandemic and its global negative consequences. The natural behavioral responses of economic agents seeking to restore stability and predictability is aimed at information and organizational adaptation, which is embodied in the inclusion of factors influencing the pandemic in the structure of economic activity.

The most important characteristics of a pandemic are the constant growth of its spread. Lack of effective treatment protocols based on existing drugs. The overall reduction in mortality from 8.2% to 2.6%. Uncertainty about the possibility of long-term immunity and the degree of mutagenicity of the coronavirus. The optimistic forecast is based on the assumption of high efficacy of the vaccine, which will overcome the COVID-19 pandemic in its main foci in the fourth quarter of 2021.

Correlation analysis indicates a significant weakening of the relationship between the number of infected and dead on the one hand and the dynamics of the economy on the other. At the same time, there is a direct relationship between the level of information uncertainty and economic activity of agents.

Behavioral responses of economic agents are formed with the logic of stabilization transformation. At different stages of a pandemic, they are represented by: ignoring the problem as having a local character; efforts to protect their economic system from change; awareness of threats and chaotic behavior; use of traditional stabilization methods; accumulation and systematization of information on key factors necessary for the formation of scenarios of different scenarios; formation of a strategic approach to the organization of economic activity.

In view of the inadequacy of available information about COVID-19, the external interaction of economic systems corresponds to  $\Delta S1 > 0$ . We assume that its lack is offset by the rapid formation of information space forecasts and scenarios that create a general picture of controlled processes. The corresponding situation can be characterized as a new economic reality that is developing in an updated coordinate system, one of which is the COVID-19 pandemic.

Analysis of the dynamic characteristics of the studied processes suggests that the decrease in economic activity against the background of a 10% increase in infection and the growth of the uncertainty index at the end



of October 2020, indicate the possible beginning of the second wave of crisis caused by the COVID-19 pandemic.

### Список літератури:

1. Василькова В.В. Порядок и хаос в развитии социальных систем: Синергетика и теория социальной самоорганизации / В.В. Василькова. – СПб.: Лань, 1999. – 385 с.
2. Пригожин И.Р. Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой / И. Пригожин. – М.: Прогресс, 1986. – 438 с.
3. Яковец Ю.В. Циклы. Кризисы. Прогнозы / Ю.В. Яковец. – М.: Наука, 1999. – 459 с.
4. Прангишвили И.В. Энтропийные и другие системные закономерности: Вопросы управления сложными системами / И.В. Прангишвили. – М.: Наука, 2003. – 428 с.
5. Шаповалов В.И. Энтропийный мир / В.И. Шаповалов. – Волгоград: Перемена, 1995. – 91 с.
6. Юрин Г.Г. Энергетическая теория экономики, жизни общества и человека / Г.Г. Юрин. – М.: Наука, 2001. – 220 с.
7. Пандемия коронавирусного заболевания (COVID-19). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.euro.who.int/ru/health-topics/health-emergencies/coronavirus-covid-19/novel-coronavirus-2019-ncov>.
8. Weekly epidemiological update – 17 November 2020. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.who.int/publications/m/item/weekly-epidemiological-update---17-november-2020>.
9. COVID-19: Briefing materials. Global health and crisis response. 30.10.2020. McKinsey & Company. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <file:///C:/Users/admin/Downloads/COVID-19-Facts-and-Insights-Oct-30.pdf>.
10. India Exceeds 1 Million Cases; Fauci Gives Warning: Virus Update. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2020-07-17/manila-may-return-to-lockdown-fauci-has-warning-virus-updat>
11. Моніторинг ситуації із кількістю підозр та підтвердженими випадками захворювання на COVID-19 в Україні. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nszu.gov.ua/covid/dashboard>
12. Verity R. Estimates of the severity of coronavirus disease 2019: a model-based analysis / R. Verity, L. Okell, I. Dorigatti, P. Winskill, C. Whittaker, et al. // *The Lancet*, 2020. – Vol 20. – pp. 669-677. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.thelancet.com/action/showPdf?pii=S1473-3099%2820%2930243-7>.
13. Tillett R. Genomic evidence for reinfection with SARS-CoV-2: a case study / R. Tillett, Sevinsky, P. Hartley, H. Kerwin, N. Crawford // *The Lancet*, Published online October 12, 2020. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.thelancet.com/pdfs/journals/laninf/PIIS1473-3099\(20\)30764-7.pdf](https://www.thelancet.com/pdfs/journals/laninf/PIIS1473-3099(20)30764-7.pdf).
14. Escobar L., Molina-Cruz A, Barillas-Mury C. BCG vaccine protection from severe coronavirus disease 2019 (COVID-19) / L. Escobar, A. Molina-Cruz, C. Barillas-Mury // *PNAS*, 2020. – №117(30). – pp. 17720-17726. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.pnas.org/content/117/30/17720?fbclid=IwAR3UuJ348nI8I5zw3ObbL4W5CpldzF8EWYCwj1G1F9\\_FGuAVMр6VHXbXU8](https://www.pnas.org/content/117/30/17720?fbclid=IwAR3UuJ348nI8I5zw3ObbL4W5CpldzF8EWYCwj1G1F9_FGuAVMр6VHXbXU8).
15. PSA to repatriate staff from China's Wuhan area. January 25, 2020. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://europe.autonews.com/automakers/psa-repatriate-staff-chinas-wuhan-area>.
16. Future of Transport: Update on the economic impacts of COVID-19. European Commission (2020). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/202005\\_future\\_of\\_transport\\_covid\\_sfp\\_brief.pdf](https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/202005_future_of_transport_covid_sfp_brief.pdf).
17. Світові ціни на нафту. Мінфін. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://index.minfin.com.ua/ua/markets/oil/2020-04/>.
18. Бавико О.Є. Віртуальні механізми координації діяльності суб'єктів регіонального економічного простору / О.Є. Бавико // *Інноваційна економіка*, 2013. – №3 (41). – С. 166-171.
19. Scott B., Bloom N., Davis SJ. Measuring Economic Policy Uncertainty / B. Scott, N. Bloom, SJ. Davis // *Quarterly Journal of Economics*, 2016. – Vol 131. Issue 4. – pp. 1593-1636.
20. WHO Coronavirus Disease (COVID-19) Dashboard. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://covid19.who.int/>.
21. Economic Policy Uncertainty Index. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.policyuncertainty.com/>.
22. Индекс Доу-Джонса (Dow Jones). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://index.minfin.com.ua/ua/markets/stock/dji/>.
23. Индекс Euro STOXX 50. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://index.minfin.com.ua/ua/markets/stock/estx/>.
24. Державна служба статистики України. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ukrstat.gov.ua/>.

**References:**

1. Vasytkova V.V. (1999). Order and chaos in the development of social systems: Synergetics and the theory of social self-organization. SPb: Lan [in Russian].
2. Pryhozhyn Y.R. (1986). Order Out of Chaos: A New Dialogue between Man and Nature. Moskva Prohress [in Russian].
3. Yakovets Yu.V. (1999). Cycles. Crises. Forecasts. Moskva: Nauka [in Russian].
4. Pranhysvlyly Y.V. (2003). Entropy and other systematic patterns: Issues of managing complex systems. Moskva: Nauka [in Russian].
5. Shapovalov V.Y. (1995). Entropic world. Volhohrad Peremena [in Russian].
6. Yuryn H.H. (2001). Energy theory of economics, society and human life. Moskva: Nauka [in Russian].
7. Coronavirus disease (COVID-19) pandemic. Retrieved from <https://www.euro.who.int/ru/health-topics/health-emergencies/coronavirus-covid-19/novel-coronavirus-2019-ncov> [in Russian].
8. Weekly epidemiological update – 17 November 2020. Retrieved from <https://www.who.int/publications/m/item/weekly-epidemiological-update---17-november-2020>.
9. COVID-19: Briefing materials. Global health and crisis response. 30.10.2002. McKinsey & Company. Retrieved from file:///C:/Users/admin/Downloads/COVID-19-Facts-and-Insights-Oct-30.pdf.
10. India Exceeds 1 Million Cases; Fauci Gives Warning: Virus Update. Retrieved from <https://www.bloomberg.com/news/articles/2020-07-17/manila-may-return-to-lockdown-fauci-has-warning-virus-updat>.
11. Monitoring the situation with the number of suspicions and confirmed cases of COVID-19 in Ukraine. Retrieved from <https://nszu.gov.ua/covid/dashboard> [in Ukrainian].
12. Verity R., Okell L., Dorigatti I., Winskill P., Whittaker C., et al. (2020). Estimates of the severity of coronavirus disease 2019: a model-based analysis. *The Lancet*, Vol 20, 669-677. Retrieved from <https://www.thelancet.com/action/showPdf?pii=S1473-3099%2820%2930243-7>.
13. Tillett R. Sevinsky J., Hartley P., Kerwin H., Crawford N. et al. (2020). Genomic evidence for reinfection with SARS-CoV-2: a case study. *The Lancet*, Published online October 12. Retrieved from [https://www.thelancet.com/pdfs/journals/laninf/PIIS1473-3099\(20\)30764-7.pdf](https://www.thelancet.com/pdfs/journals/laninf/PIIS1473-3099(20)30764-7.pdf).
14. Escobar L., Molina-Cruz A, Barillas-Mury C. (2020). BCG vaccine protection from severe coronavirus disease 2019 (COVID-19). *PNAS*, №117(30), 17720-17726. Retrieved from [https://www.pnas.org/content/117/30/17720?fbclid=IwAR3UuJ348nI8I5zw3ObbL4W5CpldzF8EWYCwj1G1F9\\_FGuAVMp6VHXbXU8](https://www.pnas.org/content/117/30/17720?fbclid=IwAR3UuJ348nI8I5zw3ObbL4W5CpldzF8EWYCwj1G1F9_FGuAVMp6VHXbXU8).
15. PSA to repatriate staff from China's Wuhan area. January 25, 2020. Retrieved from <https://europe.autonews.com/automakers/psa-repatriate-staff-chinas-wuhan-area>.
16. Future of Transport: Update on the economic impacts of COVID-19. European Commission (2020). Retrieved from [https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/202005\\_future\\_of\\_transport\\_covid\\_sfp\\_brief.pdf](https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/202005_future_of_transport_covid_sfp_brief.pdf).
17. World oil prices. Minfin. Retrieved from <https://index.minfin.com.ua/ua/markets/oil/2020-04/>.
18. Bavyko O.Ye. (2013). Virtual mechanisms for coordinating the activities of the subjects of the regional economic space. *Innovatsiina Ekonomika*, №3 (41), 166-171. [in Ukrainian].
19. Scott B., Bloom N., Davis SJ. (2016). Measuring Economic Policy Uncertainty. *Quarterly Journal of Economics*, Vol 131, Issue 4.
20. WHO Coronavirus Disease (COVID-19) Dashboard. Retrieved from <https://covid19.who.int/>.
21. Economic Policy Uncertainty Index. Retrieved from <http://www.policyuncertainty.com/>.
22. Dow Jones Index. Retrieved from <https://index.minfin.com.ua/ua/markets/stock/dji/>.
23. Index Euro STOXX 50. Retrieved from <https://index.minfin.com.ua/ua/markets/stock/estx/>.
24. State Statistics Service of Ukraine. Retrieved from <http://www.ukrstat.gov.ua/>.

**Посилання на статтю:**

Бавико О.Є. Глобальна ентропія та поведінкові реакції економічних агентів в умовах пандемії COVID-19 / О. Є. Бавико, О. О. Бавико // *Економіка: реалії часу*. Науковий журнал. – 2020. – № 6 (52). – С. 5-14. – Режим доступу до журн.: <https://economics.opu.ua/files/archive/2020/No6/5.pdf>. DOI: 10.15276/ETR.06.2020.1. DOI: 10.5281/zenodo.4564388.

**Reference a Journal Article:**

Bavyko O.Ye. *Global entropy and behavioral responses of economic agents in the context of the COVID-19 pandemic* / O. Ye. Bavyko, O. O. Bavyko // *Economics: time realities. Scientific journal*. – 2020. – № 6 (52). – P. 5-14. – Retrieved from <https://economics.opu.ua/files/archive/2020/No6/5.pdf>. DOI: 10.15276/ETR.06.2020.1. DOI: 10.5281/zenodo.4564388.

