

ЯК РЕАГУВАТИ НА НОВІТНІЙ ВИКЛИК НЕВИЗНАЧЕНОСТІ?

Тягло О.В.

доктор філософських наук, професор

Харківський національний університет внутрішніх справ

Харків, Україна

olexti@gmail.com

З'ясовано, що у полі науки працюють три поняття невизначеності: класичне, квантово-механічне і синергетичне. Сьогодні світ в цілому і низка його значних складових являють собою складні нестабільні відкриті системи, що надає певну підставу для застосування в осмисленні констатованої Антоніу Гутеррешем і Джозепом Боррелем ситуації глобальної невизначеності синергетичного поняття невизначеності. З огляду на це новітній виклик невизначеності не є неприродним сюрпризом, а наявну наразі «безладну багатополарність» слід ідентифікувати як довершений хаос. Світ, його складові і структура справді створюються різномірною масою більших чи менших спільнот, навіть вчинок однієї людини може викликати якийсь «резонанс» і більш-менш масштабну біфуркацію з гілками, що розбігаються експоненційно.

Ключові слова: невизначеність, ситуація глобальної невизначеності, складна нестабільна відкрита система, квантова механіка, синергетика.

Tiaglo O.V. How to reply to the up-to-date challenge of uncertainty?

It is found that three concepts of uncertainty currently work in the field of science: classical, quantum-mechanical, and synergetic. Today, the world as a whole and a row of its significant parts are complex unstable open systems, which provides some basis for using the synergistic concept of uncertainty to understand the situation of global uncertainty stated by Antonio Guterres and Joseph Borrell. In this connection, the up-to-date challenge of uncertainty is not an unnatural surprise, and the current "messy multipolarity" should be identified as perfect chaos. The world, its parts and structure are really creating by a heterogeneous mass of larger or smaller communities, even an action of one person might cause some kind of "resonance" and a more or less large-scale bifurcation with branches that diverge exponentially.

Key words: uncertainty, situation of global uncertainty, complex unstable open system, quantum mechanics, synergetics.

Вступ

21 січня 2022 року Генеральний секретар ООН Антоніу Гутерриш доповів Генеральній Асамблеї цієї поважної організації пріоритети своєї діяльності на рік, що розпочинався. Одна з перших фраз,

в якій він охарактеризував загальну ситуацію у світі, була такою: «Єдиною визначеністю є більше невизначеності» («The only certainty is more uncertainty») [1].

Минув майже рік, багато нового сталося у світі, зокрема розпочалася повномасштабна агресія РФ проти України. Та 10 жовтня 2022 року на загальній зустрічі послів Євросоюзу у Брюсселі високий представник ЄС із зовнішньої та безпекової політики Жозеп Боррель майже повторив характеристику ситуації Генеральним секретарем ООН: «Це світ радикальної невизначеності (radical uncertainty). Швидкість і розмах змін виняткові... Невизначеність перетворилась на правило» [2]. З огляду хоч би на наведені заяви знаних політиків глобальна невизначеність набула довершення¹. Цей висновок не викликає сумнівів і два роки потому.

Чи ситуація, що склалася, є природною? Чого можна очікувати далі? Як до усього цього ставитися? Свідомо і ефективно зреагувати на взаємопов'язані складові новітнього виклику глобальної невизначеності на основі зазвичай розпливчастих і консервативних уявлень повсякденності видається неможливим. Належній реакції на цей виклик, актуальний для усього людства і для кожного з нас, має передувати експлікація поняття невизначеності у полі сучасної науки.

Експлікація поняття невизначеності

У квантовій фізиці вже давно ustalivся *принцип невизначеності* (uncertainty principle) і загальне поняття *співвідношення невизначеностей*. Перше з такого роду співвідношень було сформульоване Вернером Гейзенбергом у 1927 році. Чверть століття потому в доповіді, присвяченій закону причинності у квантовому світі, цей видатний фізик-теоретик відзначив наступне.

З'ясувалося, що неможливо одночасно описати місцеположення і швидкість атомної частинки з будь-якою заданою точністю. Ми в змозі або виміряти дуже точно місцеположення – тоді вплив вимірювального інструменту заважатиме (obscures) нашому знанню швидкості, або ж можемо виконати точне вимірювання швидкості, але відмовитися від знання положення. Добуток цих двох невизначеностей (the two uncertainties) ніколи не може бути меншим за постійну Планка [3, р. 39 - 40].

З цього і подібних міркувань (порівн., напр., [4, с. 91 - 92], [5, р. 135 - 136]) зрозуміло: невизначеності фізичних величини квантового об'єкта, оператори яких не комутують, наприклад просторової координати і швидкості або імпульсу, мають сенс *неточностей* їх експериментального чи теоретичного встановлення, що жодним чином не піддаються усуненню одночасно. Цим квантова механіка, квантова фізика загалом суттєво відрізняється од класичної фізики, котра не заперечує можливість одночасного абсолютно точного знаходження координати і швидкості, значень усієї сукупності фізичних величин досліджуваного об'єкта. Стан класичного об'єкта

¹ Боррель живив у характеристиці глобальної невизначеності влучну метафору – «perfect storm», тобто повний чи цілковитий шторм.

піддається точному вичерпному опису, він позбавлений будь-яких принципово неусувних невизначеностей.

Знання у певний момент часу точних значень усіх фізичних величин об'єкта разом зі знанням класичного закону буття дозволяє повно та точно описати як його минуле, так і майбутнє. Тож принципова *передбачуваність* поведінки досліджуваного об'єкта – ще одна суттєва ознака традиційної визначеності. Найширше обґрунтування цієї обставини належить П'єру Симону де Лапласу. На думку видатного вченого Нового часу, передбачуваність майбутнього має за обов'язкову передумову *об'єктивний необхідний* каузальний зв'язок послідовних станів Всесвіту, кожної з його складових: за самою природою теперішній стан цілком детермінований минулим і детермінує майбутній. Цей принцип *лапласівського детермінізму* у класичній фізиці, у ґрунтованому на ній світогляді загалом вважався універсальним і беззаперечним. Тож поняття невизначеності й прямо пов'язані з ним поняття випадковості та ймовірності якщо і не відкидались зовсім, то лише як суб'єктивні артефакти, засоби осмислення наслідків браку інформації чи недостатньо «широкого розуму» реальної людини. Натомість сучасна фізика, визнавши неможливість усунути співвідношення невизначеностей, заперечила всезагальність лапласівського детермінізму. Вона знайшла у Всесвіті суттєве місце для невизначеності, випадковості та ймовірності, які не залежать од знань і розуму реальної людини чи навіть *демона Лапласа*: це квантова реальність і, природно, все те, на що вона суттєво впливає [3, р. 41 - 42].

Таким чином, класичне фізичне, навіть ширше – наукове, поняття визначеності має у своєму змісті щонайменше такі суттєві ознаки: 1) в ідеалі, знання сукупності точних значень усіх властивостей, фізичних величин досліджуваного об'єкта, що відображає його об'єктивний стан; 2) знання закону його руху, буття загалом, що пов'язує минуле, теперішнє і майбутнє у необхідний спосіб; 3) абсолютну передбачуваність його майбутнього (як і можливість реконструкції минулого). Поняття невизначеності у квантовій механіці безумовно виключає одночасне встановлення точних значень фізичних величин, оператори яких не комутують, і відкидає абсолютну передбачуваність поведінки об'єкта. Невизначеність не визнається лише зрештою усувним наслідком браку знань чи недостатньо «широкого розуму» дослідника.

Суттєву модифікацію поняття невизначеності приносить розвиток фізики *складних нестабільних відкритих* систем, синергетики. Одним з фундаторів синергетики визнається бельгійський науковець Ілля Пригожин, досягнення якого були відзначені Нобелівською премією з хімії за 1977 рік. А у 1997 році побачила світ книга Пригожина «Кінець визначеності. Час, хаос і нові закони природи» [5]. Не занурюючись у глибини міркувань науковця, які загалом присвячені «розв'язанню загадки часу», резюмую лише те, що прямо пов'язане з темою невизначеності.

Перш за все, спільною вадою класичної і квантової фізики Пригожин стверджує детерміністський характер їх законів.

Добре відомо, що у двадцятому столітті закон Ньютона поступився квантовій механіці й спеціальній теорії відносності. Однак базові ознаки закону Ньютона – детермінізм і часова симетрія – збереглися. Правда, квантова механіка більше не працює з траєкторіями, натомість використовує хвильові функції, але важливо зауважити, що базове рівняння квантової механіки, рівняння Шредингера, знов-таки детерміністське і оборотне у часі (time reversible). Через такі рівняння закони природи ведуть до визначеності (lead to certitude). Знову за заданих вихідних умов усе детерміноване [5, р. 11-12].

Даний закид спрямований, серед іншого, на основи квантової механіки, сформульовані у середині двадцятих років минулого століття. При цьому бельгійський теоретик цілком визнає неможливість одночасного точного і вичерпного знаходження значень усіх фізичних величин квантового об'єкта, що впливає зі співвідношень невизначеностей Гейзенберга. Навіть за умови збереження детерміністського закону буття він вказує на підсилення заперечення «класичної детерміністської ортодоксії» і, відповідно, на обґрунтування *статистичного, ймовірнісного* характеру квантово-механічного опису. Справді, з огляду на недосяжність абсолютно точного і повного опису квантового об'єкта та властиву нестабільному об'єкту «чутливості до початкових умов» його ймовірні майбутні траєкторії не просто відрізняються, а розбігаються експоненційно: виникає *детерміністський хаос* [5, р. 30 - 31, 36 - 37, 202]. Однак усе це є хоч і актуальним, але недостатнім, воно потребує суттєвого доповнення.

Цікаво поміркувати, що сталось би з демоном Лапласа у світі детерміністського хаосу. Він не в змозі передбачати майбутнє, якщо не знає вихідних умов з безкінечною точністю. Тільки у такій ситуації він може продовжити використовувати опис через траєкторії. Проте існує ще сильніша нестабільність, яка веде до руйнування траєкторій навіть за умови *будь-якої точності вихідного опису*. Ця форма нестабільності має принципове значення, оскільки виявляється і в класичній механіці, і квантовій [5, р. 38].

Тож, за Пригожиним, існує не один, а два витoki обмеження традиційного поняття визначеності і, відповідно, повнішого розуміння у природничих науках понять невизначеності, випадковості, ймовірності. Фізична природа другого з цих витоків зрештою пов'язана з явищем *резонансу Пуанкаре* за умови *тривалих стійких взаємодій* у складних системах.

Ми побачили, аби одержати наші статистичні формулювання потрібні дві умови, які йдуть далі умов класичної і квантової механіки: існування резонансів Пуанкаре, що призводять до нових процесів дифузійного типу, які можуть бути інкорпоровані у статистичний опис, та тривалі стійкі взаємодії, описувані делокалізованими функціями розподілу. Ці умови ведуть до більш загального визначення хаосу [5, р. 155 - 156].

Таким чином, модифіковане з огляду на синергетику поняття невизначеності містить у собі заперечення усіх трьох ознак, які входять до змісту традиційного поняття визначеності, в тому числі

й визнання універсальності «детерміністських законів»². Тож у сучасній фізичній науці, у природознавстві в цілому більше або менше утвердились кілька понять невизначеності: назву їх квантово-механічним (невизначеність₂) і синергетичним (невизначеність₃); звичайно, не можна забувати і найстаріше поняття у дусі Лапласа, пов'язане з браком знань про досліджуваний об'єкт чи з «недостатньо широким» розумом дослідника (невизначеність₁). Важливо, що синергетичне розуміння невизначеності надає найвагоміші підстави для ствердження випадковості, ймовірності іманентними ознаками реальності – не тільки квантової, а й частини тієї, яка зазвичай вважалась доменом класичної науки. Якщо наслідком невизначеності₂ є детерміністський хаос, то невизначеність₃ здатна породити інший, так би мовити, *довершений хаос*.

Не тільки детерміністський, а і довершений хаос не є повним безладом: він описується певними законами, що оперують *функціями розподілу ймовірностей*. І загалом, пов'язані з нестабільністю на мікроскопічному чи макроскопічному рівні, нові закони природи мають справу з можливістю подій, однак не зводять ці події до тих, які піддаються однозначній дедукції, точному передбаченню, наголосив Пригожин. На цьому шляху, на його думку, вдається уникнути альтернативних образів «детерміністського світу і довільного світу чистої випадковості», зберегти виважений ідеал наукового пізнання та певного контролю доступного людині світу [5, р. 189] (див. також [5, р. 37, 87, 91 - 92, 136]).

Стосовно реакції на виклик глобальної невизначеності

Для Пригожин неодноразово наголошував, що значення його ідей і результатів далеко не обмежується фізикою чи хімією, природничими науками загалом: «Тут ми йдемо проти однієї з базових традицій західної думки – віри у визначеність (the belief in certainty)» [5, р. 4] (див. також [5, р. 7, 54 - 55, 70 - 72]). Погоджуючись з цим узагальненням, одержую низку експлікованих понять та висновків, залучення яких дозволяє сподіватися на краще розуміння новітньої ситуації у світі, представленої Антоніу Гутерришем чи Жозепом Боррелем.

Насамперед врахую, що, за свідченням Борреля, того світу, якій існував зовсім нещодавно, більше немає. А точніше, вже не існує світу, в якому США дбають про «нашу», тобто європейську, безпеку, а Китай і Росія «забезпечують основу нашого процвітання». А що ж є?

Є конкуренція між США і Китаєм, і це найважливіша «структуруюча сила» («structuring force»). Світ структурується навколо цієї конкуренції – подобається це комусь чи ні...

Цей світ не суто біполярний. Є багато гравців, кожен зі своїми інтересами і цінностями. Подивіться на Туреччину, Індію, Бразилію, Південну Африку, Мексику, Індонезію. Вони лишаються посередині. Вони держави-гойдалки (swing states), що виступають на тому чи

² Важливо, що синергетика обмежує область визначення «детерміністських законів» і «детерміністських траєкторій», а не відкидає їх повністю. Більше того, не виключається, що, залежно од варіювання умов завдяки найменшій випадковій *флуктуації*, усталена траєкторія складної нестабільної системи через *біфуркацію* переходить у якесь з дуже різних ймовірних продовжень, інколи – у щось цілком раніше небачене, у новий відносно сталий «порядок з хаосу» і т. д. [5, р. 40 - 41, 67 -71].

іншому боці відповідно до своїх інтересів, а не лише теоретичних цінностей. Та ці нації... є гравцями і полюсами. Це і створює безладну багатополярність (messy multipolarity) [2].

Тож наразі світ не просто вийшов зі «старого» стану: низка держав, потуга яких у військовому чи політичному, економічному плані значно зросла, прагне змін зовсім різного роду. Тому багатоскладова світова система внутрішньо суперечлива і позбавлена стабільності. Зрозуміло також, що стан США напередодні виборів 2024 року навряд чи можна назвати точно визначеним, в значній мірі це стосується і вказаних «держав-гойдалок» та навіть деяких членів ЄС. Крім того, система міжнародного права сильно порушена. Зокрема, за сваволею чергового «царя/генсека/президента» Росія у повномасштабній агресії проти України ігнорує навіть визнані у світі закони і звичаї війни. Тож виглядає припустимим узагальнення: закон буття сучасного світу не можна визнати детерміністським, він передбачає не точну «траєкторію», а функцію розподілу ймовірностей, не виключаючи і малоймовірні, однак не неможливі сценарії. Усе це допускає подальшого критичного обговорення, але, здається, загалом ясно, що описаний Гутерришем і Боррелем стан невизначеності глобальної ситуації *не є неприродним сюрпризом*. Він суттєво схоплюється поняттям невизначеності³, а «безладна багатополярність» піддається ідентифікації як довершений хаос, хоча і не абсолютний безлад.

Подальший розвиток світу залежатиме од варіювання головної сьогодні «структуруючої сили» – конкуренції США і Китаю – і якоїсь випадкової, але значущої військової, політичної, економічної тощо флуктуації. Це спричинить біфуркацію, після якою *можливе* більш-менш тривале усталення світової системи з лідерством або США і, загалом, оновленого Заходу, або Китаю, частини Сходу і Півдня. З огляду на ці, правда, лише найімовірніші сценарії Джозеп Боррель і закликав ЄС, кожного його члена, дійсних європейців загалом активно діяти відповідно до новітніх реалій «повного шторму». Слід усіма цивілізованими засобами, наполегливо долаючи вже позбавлені користі, а то й шкідливі табу і стереотипи минулого, доводити, що «демократія, свобода, політична свобода – не те, що можна обміняти на економічне процвітання чи соціальну згуртованість, ці речі повинні йти разом» [2].

Отже, за умови нестабільності глобальна ситуація не визначена наперед об'єктивно. Світ, його складові і структура дійсно творяться більшими чи меншими спільнотами з суттєво різними цінностями й інтересами, навіть вчинок однієї людини може викликати якийсь «резонанс» і більш-менш масштабну біфуркацію з вкрай розбіжними гілками-сценаріями (див. також [6]). Розподіл ймовірностей цих сценаріїв піддається науковому, підтримуваному ключовими поняттями і висновками синергетики, обчисленню та частковому управлінню.

Основні висновки

Наразі у фізиці, у полі науки загалом функціонують принаймні три поняття невизначеності: невизначеність₁ – найстаріше поняття, що охоплює наслідок браку знань про досліджуваний об'єкт чи «недостатньо широкого» розуму дослідника; невизначеність₂ – поняття, вироблене з огляду на

співвідношення невизначеностей у квантовій фізиці; невизначеність₃ – новітнє поняття синергетики, яке, зокрема, знімає у собі невизначеність₂.

Сьогодні світ в цілому і низка його значних складових являють собою складні нестабільні відкриті системи. Це надає певну підставу для застосування в осмисленні констатованої Гутерришем і Боррелем ситуації глобальної невизначеності поняття невизначеності₃, а також пов'язаних з ним понять випадковості, ймовірності. Виникає ґрунтовне розуміння, що новітній виклик невизначеності не є неприродним сюрпризом, а наявну наразі «безладну багатополярність» слід ідентифікувати як довершений хаос. Світ, його складові і структура дійсно творяться різномірною масою більших чи менших спільнот, навіть вчинок однієї людини може викликати якийсь «резонанс» і більш-менш масштабну біфуркацію з гілками, що розбігаються вкрай сильно.

Відзначна Боррелем «безладна багатополярність» світу не є повним безладом. Вона піддається виваженому науковому пізнанню, обчисленню відповідних функцій розподілу ймовірностей, а з огляду на це – частковому управлінню.

Література

1. Guterresh A. Secretary-General's Remarks to the General Assembly on his Priorities for 2022 // United Nations. Secretary-General Website. 21 January 2022. URL: <https://www.un.org/sg/en/content/sg/speeches/2022-01-21/remarks-general-assembly-his-priorities-for-2022>
2. Borrell J. EU Ambassadors Annual Conference 2022: Opening Speech by High Representative Josep Borrell // European Union Website. 10 October 2022. URL: https://www.eeas.europa.eu/eeas/eu-ambassadors-annual-conference-2022-opening-speech-high-representative-josep-borrell_en
3. Heisenberg W. Atomic Physics and Causal Law // Werner Heisenberg. The Physicist's Conception of Nature. London : Hutchinson & Co Ltd., 1958. P. 32 - 42.
4. Вакарчук, І.О. Квантова механіка: підручник. 4-е вид., доп. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2012.
5. Prigogine I. The End of Certainty. Time, Chaos, and New Laws of Nature. New York e.a. : The Free Press, 1997.
6. Тягло, О.В., Воропай, Т.С. Як бути людиною у сучасному світі? Пам'яті Мирослава Володимировича Поповича // Творчість Г. С. Сковороди як метатекст української культури. Пам'яті Мирослава Володимировича Поповича. Матеріали XXVI Харківських міжнародних Сковородинівських читань (28 – 29 вересня 2018 року). Харків : Майдан, 2018. С. 303 - 309. URL: https://www.researchgate.net/publication/332911121_Taglo_O_Voropaj_T_Ak_buti_ludinou_u_sucasno_mu_sviti_Pam'ati_Miroslava_Volodimirovica_Popovica