

УДК 101.8

Самарський А. Ю., Національний університет біоресурсів і природокористування
України (Київ)

СВІТОГЛЯДНІ НАСЛІДКИ ПРИНЦИПУ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ В ДИНАМІЦІ СКЛАДНИХ СИСТЕМ

Розкривається онтологічний та світоглядний аспекти принципу невизначеності на основі дослідження науково-філософських ідей природознавців.

Ключові слова: невизначеність, нелінійність, складні системи, Пригожин.

Самарский А. Ю., Национальный университет биоресурсов и природопользования
Украины (Киев)

МИРОВОЗЗРЕНЧЕСКИЕ СЛЕДСТВИЯ ПРИНЦИПА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ В ДИНАМИКЕ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Раскрывается онтологический и мировоззренческий аспекты принципа неопределенности на основе исследования научно-философских естествоиспытателей.

Ключевые слова: неопределенность, нелинейность, сложные системы, Пригожин.

Samars'kiy A. Y., National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (Kiev)

WORLDVIEW CONSEQUENCES OF THE UNCERTAINTY PRINCIPLE IN DYNAMICS OF COMPLEX SYSTEMS

This article reveals the ontological and ideological aspect of the principle of uncertainty based on a study of scientific and philosophical ideas of scientists and naturalists.

Key words: uncertainty, nonlinearity, complex systems, Prigogine.

Принцип невизначеності в науці став дзеркалом еволюції методології дослідження фундаментальних основ світу. Він став одним з базових положень синергетики, парадигми нелінійного мислення, вчення про дисипативні структури, методології дослідження складних систем (у т. ч. такої системи, як суспільство). Оскільки доводиться, що принцип невизначеності є універсальною філософською категорією, то філософський аналіз невизначеності, підвалини якого закладено І. Пригожиним у вченні про дисипативні системи, є надзвичайно актуальним в нинішню добу кризових явищ в

суспільстві. Також подібний аналіз може стати корисним для науковців у сферах фундаментальної та прикладної науки.

Наука подолала складний шлях від детерміністичних засад класичної фізики І. Ньютона до нелінійних міждисциплінарних вчень ХХІ ст., вагомий внесок у появу яких зробив І. Пригожин. Підвалинами такого дослідження може слугувати природничонауковий матеріал наукових революцій першої половини ХХ ст., що розмежували класичний та некласичний періоди науки.

Світоглядні наслідки принципу невизначеності досліджували І. Пригожин та І. Стенгерс («Порядок з хаосу»), Е. Ласло («Століття

біфуркацій»), С. Манн («Теорія хаосу і стратегічне мислення»), В. Турчин («Про кібернетичну епістемологію»), О. Князева («Конструювання майбутнього»), Р. Баранцев («Синергетика в сучасному природознавстві»), Н. Белотелов («Природничонаукова культура і гуманітарна освіта»), В. Копцік («Екстремальні принципи інформаційно-синергетичної еволюції»), Г. Малинецький («Новий вигляд нелінійної динаміки»), В. Лук'янець («Сучасний науковий дискурс: Оновлення методологічної культури»), В. Лутай («Основне питання сучасної філософії синергетичний підхід»), які розглядають принцип невизначеності або в природничонауковому, або в гуманітарному аспектах. Невизначеність як фундаментальну філософську категорію, що має загальну сферу застосування, досліджено значно менше.

Метою статті є необхідність дослідження принципу невизначеності та його ролі і місця в понятті «система». У контексті даного дослідження зосередимося на онтологічному та світоглядному аспектах невизначеності.

В історії науки невизначеність поступово набувала значимості в різних формах. Але найрельєфніше принцип невизначеності оприявився у вченні про складні системи. У цьому його фундаментальність, адже сучасна наука базується на діяльності складних систем, присутніх на всіх рівнях організації матерії, починаючи від фізики мікро- та макрокосмосу та закінчуючи людським суспільством. Більш того, інших, нескладних систем, майже не існує. Прості системи використовуються в науці як спрощені моделі для розрахунків. Тобто невизначеність існує в самій основі складних систем і через цю категорію можна показати взаємозв'язок основних принципових положень даного вчення.

У загальному вигляді невизначеність – це категорія, що відображає відсутність впорядкованості. «Онтологічна невизначеність є відсутністю або розмитістю меж суцього. Гносеологічна невизначеність – неясність, прихованість, сумнівність» [9]. Невизначеність виникає як гносеологічна проблема, і цей термін довго використовувався для характеристики стану психіки. Так, доктор психологічних наук С. Максименко дає таке визначення: «Невизна-

ченість – це стан (процес), який виникає в ситуації об'єднання мінливості ознак двох або більше психічних явищ», «це психічний стан, обумовлений відчуттям, у якому відчувається власне Я» [4]. Проте, найкраще розуміння принципу невизначеності сприймається в контексті історико-наукової ретроспективи.

Піонерами наукової форми свідомості були механіцисти XVI-XVII ст., а найкращого розвитку механіка набула в роботах І. Ньютона. Спроби опису складних систем є вже в класичній динаміці. І хоч тоді ще не існувало поняття складної системи в сучасному розумінні, законами ньютонівської динаміки користуються і зараз. Невизначеності відводилася роль тавра недосконалості людського пізнання. Навпаки, визначеність – це була божественна прерогатива, оскільки, на думку тодішніх науковців, Бог творив Всесвіт за чітко діючими законами і усвідомлюючи кожен свій крок.

Механістичний підхід поширився на всі сфери природознавства. Основний недолік такого підходу в тому, що він здатний об'єктивно описувати лише механічний рух тіла, абстрагуючи його до матеріальної точки. При цьому складності виникають вже при першій спробі піти далі – описати систему взаємодії тіл. Характерна особливість складних систем у класичній динаміці – те, що кожна частинка системи в будь-який момент часу має бути визначеною.

Отже, у класичній фізиці динамічна система має статичний характер. Найяскравіше це виражається в гамільтоновому описі динамічних систем, який до речі, і зараз є домінуючим у даному вченні. У XIX ст. другий закон Ньютона було узагальнено за допомогою нової функції – гамільтоніану, що виражає повну енергію системи. Вид цієї функції знаменує собою всі наші знання про систему. Рівняння, що задають часові зміни координат та імпульсів через похідні від гамільтоніану, називаються канонічними рівняннями. У них містяться загальні властивості всіх динамічних змін.

Одна з основних проблем динаміки полягає в тому, щоб вказати найбільш розумний вибір канонічних змінних, при якому опис динаміки стає особливо простим. Однак, очевидно, що канонічні рівняння консервативні: у такій сис-

темі нічого нового не може ні «трапитися», ні «відбутися». І. Пригожин зазначав, що «в гамільтоновій динаміці ми стикаємося з одним з тих драматичних моментів в історії науки, коли опис природи зводиться майже до статичної картини» [7, с. 121]. Протиріччя статичного описового апарату, який науковці намагалися застосувати до динамічної природи, проявилися в межах самої класичної динаміки. Яскравий приклад – задача трьох тіл: у системі, де взаємодіють більше, ніж два тіла, неможливо визначити положення та імпульси в будь-який момент часу для всіх елементів системи.

Причина криється в неправильному підході, що виражається в розумінні динамічної системи в класичній фізиці. І. Пригожин («Порядок з хаосу») довів, що прототипом динамічної системи в XIX ст. було прийнято вважати систему, що інтегрується. Але, такий підхід виключав взаємодію між частинами системи. З іншого боку, інтегрованість передбачає замкнену систему. Отже, вимоги щодо інтегрованості системи виявилися неправомірними. Вимоги інтегрованості виключали взаємодію між складовими системи, що в реальності неможливо. У кінці XIX ст. Г. Брунс та А. Пуанкаре довели, що більшість динамічних систем, починаючи зі знаменитої проблеми трьох тіл, не інтегруються. Ці факти вказували на хибність спроби досягти абсолютної визначеності в складних системах.

Інші спроби опису динамічних систем маємо в нелінійній термодинаміці. Але перед тим, як перейти до опису складних термодинамічних систем, необхідно висвітлити теорії, що їй передували.

Класична (а потім квантова) динаміка описувала системи через характер траєкторій. Але це не єдиний спосіб опису динамічних систем. А. Ейнштейн та Дж. Гібс розвивали теорію ансамблів [2], що використовувалася при дослідженні поведінки великої кількості частинок. Принципово нові можливості, які давала теорія ансамблів для пояснення механізму необоротності, сформулював І. Пригожин: «Необоротність й імовірність стають об'єктивними властивостями. Вони виражають ту обставину, що спостережуваний нами фізичний світ не може бути зведений до окремих траєкторій або окре-

мих хвильових функцій» [6, с. 253]. Цей підхід дав можливість сформулювати динамічну теорію незалежно від точного завдання початкових умов системи. Завдяки цьому стало можливим пояснити не тільки перехід від порядку до хаосу, як деградацію системи, а й перехід від хаосу до порядку як етап розвитку. Стан рівноважності в такому разі утворювався як взаємна компенсація обох процесів.

Саме завдяки теорії ансамблів стала можливою термодинаміка. І. Пригожин доводить, що при дослідженні теоретичної моделі динамічних систем з хаотичною поведінкою – «перетворення пекарня» [11, с. 19-23], система потребує введення внутрішнього часу. Цей час відрізняється від часу в механіці, бо залежить від глобальної топології системи і дає новий, «нелокальний» спосіб опису системи. Це у свою чергу дозволяє вводити ймовірність, як об'єктивну властивість, що відображає фундаментальну структуру динамічної системи. Система стає внутрішньо незворотною. Для того, щоб зробити наступний крок і перейти до термодинамічного опису, необхідно лише змінити функцію розподілу. Показавши це перетворення, І. Пригожин виявив можливість об'єднати динаміку і термодинаміку, де принцип невизначеності поведінки системи в майбутньому стає одним з головних.

Використовуючи принцип становлення, І. Пригожин довів, що «наука буття має перетворитися в науку становлення», де невизначеності відводиться місце важливого методологічного інструменту. У книзі «Кінець визначеності» [5] він по-новому ставить дилему Епікура – «Чи правлять нашим Всесвітом детерміністичні закони?», подібні до тих, за допомогою яких І. Ньютон намагався пізнати природу. І робить висновок, якщо нестійкість, а, отже, – невизначеність, лежить в основі матерії, то нові закони природи «оперують з можливостями подій, але не зводять ці події до передбачуваних наслідків» [5, с. 164].

Тому характерною особливістю є те, що в складних системах не можна обійтися без поняття ймовірності, без використання ймовірного підходу, покликаного «боротися» з невизначеністю при їх описі. Проте, ця боротьба не виключає невизначеність, а лише враховує її як

фундаментальну властивість. Відношенню «ймовірнісний підхід – невизначеність» більше підходить термін взаємодії. Нами використано поняття вірогідності тому, що в будь-якому, навіть найменшому, діапазоні початкових умов є багато можливостей розвитку.

Перехід до опису складних систем на рівні ансамблів дозволяє уникнути неповноти квантової теорії, що виражається у квантовому парадоксі. Квантовий парадокс виникає через те, що квантова теорія є симетричною в часі, тобто байдуже, куди рухається система, – у майбутнє чи в минуле. Необоротність, яку на фундаментальному рівні вводить І. Пригожин, дозволяє зробити поправку на «стрілу часу».

Натомість, І. Пригожин пропонує своє бачення ролі і місця універсального (негейзенберґівського) принципу невизначеності у квантовій механіці. Він показав, що «квантова теорія нестійких динамічних систем з не згасаючими взаємодіями призводить, як і у разі класичних систем, до опису, який одночасно є і статистичним, і реалістичним. У нашому новому формулюванні основною величиною слугуватиме не хвильова функція, що відповідає амплітуді ймовірності, а сама ймовірність» [10, с. 118]. Онтологічні підстави ймовірності входять у квантову механіку як фундаментальне поняття. «У цьому сенсі ми знаходимося напередодні тріумфу «ймовірнісної революції», яка продовжується ось вже декілька століть. Ймовірність – більше не стан нашого розуму, обумовлений нашим незнанням, а результат законів природи» [10, с. 118].

Отже, для опису динамічних систем на всіх рівнях розвитку потрібна невизначеність, тому необхідним є ймовірнісний підхід. Особливу роль він відіграє в термодинаміці. Власне, тут він був застосований уперше через необхідність міри ентропії. Поняття ентропії запропонував Р. Клаузіус для характеристики теплового стану системи в термодинаміці. У перекладі з грецької це слово означає «круговорот», «взаємний перехід». Адже саме з термодинаміки, яку він доповнив нелінійним апаратом і перетворив на нерівноважну, І. Пригожин бере основні положення нелінійної парадигми.

Невизначеність, як методологічний принцип у науці, бере свій початок у термодинаміці,

а потім, завдяки Дж. Гібсу, А. Ейнштейну та І. Пригожину, поширюється на методологічний апарат механістичної динаміки та динаміки квантового світу.

Поняття динамічності як зміни передбачає зміну в часі. Проте поняття часу в складних системах тривалий час було однобічне в тому сенсі, що ньютонівське тлумачення часу як атрибуту матерії, у якому тривають процеси, та кантівське тлумачення часу як апіорної форми чуттєвості, як у напрямку майбутнього, такі в напрямку минулого, було ідентичним. Сама система в часі не змінювалася, змінювалися лише її частини та характеристики, і ці зміни мали оборотний характер. Подібні системи не могли бути такими, що еволюціонують.

Визначальною особливістю підходу І. Пригожина до складних систем є те, що в центр логічних побудов він ставить час як формоутворювальний чинник. Завдяки введенню стріли часу система, що розвивається, у своєму розвитку проходить через численні точки біфуркації, докорінно, хаотично і необоротно змінюючи свої характеристики. Таким чином, відбувається еволюція складної системи. Особливістю нелінійного підходу до динаміки складних систем є те, що він має на меті дослідження якісних стрибків. Якісний стрибок у нелінійній динаміці – це вихід системи з лінійного режиму під час проходження через точки біфуркації. Невизначеність тут виникає при самому переходженні – після точки біфуркації система може знайти декілька рівноймовірних станів. При математичному описі цього процесу функція змінює свій характер поблизу точок-атракторів на фазовому просторі та після їх проходження починає розгалужуватися (цей випадок відомий як «біфуркаційна виделка»).

Еволюційні зміни – це неодмінно необоротні зміни з утворенням нових структур у просторі та часі. Цей процес має свої закономірності. Їх дослідження в ХХ ст. спричинило переворот у науковому мисленні. Вивчення динаміки складних систем у фазовому просторі засвідчило, що на них впливають не тільки дивні (хаотичні) аттрактори (точки, що «начебто «блукають» по конкретній фазовій траєкторії у фазовому просторі» [3, с. 8] та притягують стан хаосу), але й фрактальні аттрактори (що притя-

гують упорядкованість). Процес еволюції складної системи набуває характеру взаємодії протилежностей – хаосу і впорядкованості. Фрактал, як визначає І. Пригожин – це баланс між порядком і хаосом, тому наявність фрактальних структур свідчить про перебування системи в стані граничної рівноваги. Як зауважив Л. Волошинов, у «фрактальній формі – балансуванні на межі між космосом та хаосом» [1, с. 218], відбувається нелінійний розвиток систем. Подібні атрибути поведінки систем виявляються тільки в динаміці.

Хаотичні атрактори породжують «ефект метелика» – стан, у якому малі флуктуації здатні породжувати з часом великі турбулентності. У зв'язку з усвідомленням відкриття нелінійної поведінки систем і необхідності розгляду систем в русі, розвитку, поняття еволюції нерозривно пов'язується з динамікою складної системи. Відмінність від механістичної динаміки перш за все в тому, що рух тут розглядається не як переміщення, а як кількісна зміна, що дає якісні трансформації. Цей процес описується математичним апаратом нелінійної динаміки, але для наукової методології є важливим перш за все загальністю застосування в описі природних процесів. Так само існує багато спроб застосувати ці методи для опису суспільних процесів.

Особливо важливим це відкриття стало для розуміння всіх процесів у Всесвіті, починаючи від квантової фізики й завершуючи соціокосмосом. Поворот у науці, пов'язаний з усвідомленням нелінійності і невизначеності, що витікає з неї, відразу ж сприйняли багато учених.

Невизначеність криється в самому фундаменті – розвиток складних систем, не може бути передбачений. Навіть у найпростішому прикладі біфуркацій – «біфуркаційній виделці» – криється принцип невизначеності. Не відомо, який саме стан вибере система за межею стійкості. Біфуркації є джерелом порушення симетрії в системі. Як тільки система проходить точку біфуркації – вона стає дисипативною, що означає порушення однорідності часу і простору. Часовий опис таких систем може бути детерміністичним тільки від точки біфуркації до точки біфуркації, отже, лише в цих межах

можна говорити про визначеність у динаміці складних систем.

Безперечно, складна система не може бути лінійною. Необхідною умовою її існування є відкритість, яка виражається в притоку інформації, енергії, речовини ззовні. Це явище – дисипація – обумовлює невизначеність розвитку, наявність множинності шляхів, інваріантності динаміки.

Говорячи про динаміку складних систем, необхідно зауважити причини руху в складних системах. На відміну від класичної механіки, причини руху тут закладені зсередини і не вимагають зовнішніх дій. Слово «динамос» з грецької перекладається як «сила», тобто йдеться про рух тіл під впливом сил. Говорячи про динаміку складних систем, не можемо говорити про необхідність дії зовнішніх сил. Вони, безумовно, діють, але не мають вирішального значення. Причина руху криється в самому способі існування складних систем. Рух для складних систем – це зміна станів, реальність як динаміка. Тобто інакше, ніж у русі, вони не можуть існувати.

Причина руху закладена, інакше кажучи, у внутрішній неоднорідності. Методи класичної фізики, як зауважував І. Пригожин, застосовувалися до однорідних систем, звідси впливали вимоги до інтегрованості: «З часів монад Лейбніца і понині (досить згадати стаціонарні стани електронів у моделі Бора) інтегровані системи слугували чудовою моделлю динамічних систем, і фізики намагалися розширити їх властивості, тобто властивості дуже спеціального класу гамільтонових рівнянь, на всі процеси, що протікають у природі» [7, с. 123]. Донедавна системи, що інтегруються, були єдиним ретельно вивченим класом динамічних систем. Проте, наразі знаємо, що подібне уявлення про внутрішню однорідність динамічних систем, не відповідає дійсності.

На основі викладеного матеріалу можемо зробити ряд висновків. Так, принцип невизначеності в динамічних системах дозволяє заявити про світоглядні висновки, адже в сучасній науці поняття динамічної системи застосовується до будь-яких груп взаємодіючих елементів: від квантів до людських індивідів. І. Пригожин закликав не лякатися невизначено-

сті, що породжує нестабільність, адже «визнання нестабільності – не капітуляція, навпаки – запрошення до нових експериментальних і теоретичних досліджень, що враховують специфічний характер цього світу. Слід лише розпрощатися з уявленням, ніби цей світ – наш покірний слуга». [8, с. 51].

З іншого боку, визнання невизначеності містить необхідність нової методології, яка б була заснована на відповідному світогляді. До цього невизначеність була лише в квантовій механіці і у вузькій галузі динаміки. Відкриття І. Пригожиним невизначеності як атрибуту дисипативних структур, дозволяє узагальнити цей принцип на весь світ. Всі системи (механічні, хімічні, біологічні, суспільні, технічні) підпорядковуються принципу невизначеності, саме тому цей принцип стає одним з головних принципів сучасної науки. Взаємодія стабільності та нестійкості дозволяє поєднувати принципи сталості та зміни в розумінні процесу розвитку.

І. Пригожин оприявнив онтологічні підвалини принципу невизначеності як об'єктивної властивості Всесвіту. Таким чином, було подолано антиномічність розуміння невизначеності і впорядкованості, виявлено їх внутрішній взаємозв'язок та можливість взаємопереходу. Слідуючи критичним настановам «філософії життя» А. Бергсона, зокрема положенню про внесення невизначеності в сталу матерію, завдяки чому вона стає активною, І. Пригожин встановив, що невизначеність є джерелом упорядкованості. Ця теза стає ключем до розуміння багатьох природних та суспільних процесів, лінійне розуміння яких викривляло їх сутність. Використання нелінійної наукової методології дозволяє долати песимістичний погляд на невизначеність, переосмислити екзистенційну невизначеність соціуму, а тому – по-новому усвідомити процес суспільного розвитку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Волошинов, А. Об эстетике фракталов и фрактальности искусства / А. Волошинов // Синергетическая парадигма. Нелинейное мышление в науке и искусстве. – М. : Прогресс-Традиция, 2002. – С. 213–246.
2. Гиббс, Дж. Термодинамика. Статистическая механика / Дж. Гиббс. – М. : Наука, 1982. – 463 с.
3. Добронравова, И. Причинность и целесообразность в синергетических образах мира / И. Добронравова // Практична філософія. – 2003. – № 1. – С. 6–10.
4. Максименко, С. Теория неопределенности [Электронный ресурс] / С. Максименко. – Режим доступа : http://professor-maksymenko.narod.ru/Tvory/Statya_Teoria_neopredosti.htm.
5. Пригожин, И. Конец определенности. Время, хаос и новые законы природы / И. Пригожин. – Ижевск : НИЦ РХД, 2000. – 207 с.
6. Пригожин, И. Время, хаос, квант / И. Пригожин, И. Стенгерс. – М. : Прогресс, 1994. – 259 с.
7. Пригожин, И. Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой / И. Пригожин, И. Стенгерс. – М. : Прогресс, 1986. – 432 с.
8. Пригожин, И. Философия нестабильности / И. Пригожин // Вопросы философии. – 1991. – № 6. – С. 46–52.
9. Фабер, В. О. Проблема неопределенности в структуре философского знания (Онтологический, гносеологический, антропологический аспекты) : дис. .. канд. филос. наук : 09.00.01 / В. О. Фабер. – Саратов, 2004. – 155 с.
10. Человек перед лицом неопределенности / [ред. И. Пригожин]. – Москва; Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2003. – 304 с.
11. Чулаевский, В. Преобразование пекаря / В. Чулаевский // Квант. – 1989. – № 4. – С. 19–23.

Надійшла до редколегії 01.03.2012.

Прийнята до друку 06.03.2012.