

Київський національний університет імені Тарас Шевченка

Філософський факультет

Кафедра філософії та методології науки

**Системні науки, їх роль і значення в постнекласичному науковому
знанні**

**Systems science, its role and significance in post-nonclassical scientific
knowledge**

Кваліфікаційна робота за освітньо-науковою програмою «Філософія»

за спеціальністю 033 «Філософія»

на здобуття освітнього ступеня магістра філософії

Студент-виконавець:

Носко Володимир Володимирович

(підпис)

II курс, денна форма навчання, ОС – магістр

Науковий керівник:

Добронравова Ірина Серафимівна,

доктор філософських наук,

професор кафедри філософії та методології науки

(підпис)

Допущено до захисту:

на засіданні кафедри філософії та методології науки

протокол №____ від 12 травня 2023 р.

В.о. зав. кафедри філософії та методології науки

кандидат філософських наук, доцент

Сергій Петрущенко

Київ-2023

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1 ПОСТНЕКЛАСИЧНЕ ЗНАННЯ ТА СИСТЕМНІ НАУКИ.....	6
1.1 Взаємозв'язок методологічних концептів "системні дослідження" і "постнекласична наука"	6
1.2 Становлення системних наук і зміна типу наукової раціональності у другій половині ХХ століття.....	14
1.3 Висновки до першого розділу.....	24
2 ПРИНЦИПИ СИСТЕМНИХ НАУК ТА ЇХНЄ ЗНАЧЕННЯ ДЛЯ СУЧАСНОГО НАУКОВОГО ЗНАННЯ.....	26
2.1 Універсальність і цілісне сприйняття світу.....	26
2.2 Емерджентність і складне мислення	33
2.3 Процесивність і самоорганізований порядок.....	41
2.4 Висновки до другого розділу	50
3 СИСТЕМНІ ДОСЛІДЖЕННЯ В НАУКОВО-МЕТОДОЛОГІЧНОМУ КОНТЕКСТІ	53
3.1 Системні науки як парадигма	53
3.2 Системні науки як науково-дослідницька програма	58
3.3 Системні науки як тип наукової раціональності	62
3.4 Висновки до третього розділу.....	66
ВИСНОВОК.....	68
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	72

ВСТУП

Сучасний світ науки неможливо уявити без широкого застосування методології системних наук: вони стали основою для кібернетики, комп'ютерних наук, теорії штучного інтелекту та нелінійних фізичних моделей. В умовах постіндустріального суспільства, коли перед наукою стоять складні завдання дослідження складних соціально-економічних, біологічних і технологічних систем, системні науки відіграють ключову роль. Вони забезпечують інтегративне бачення світу, дають змогу розбиратися в складних зв'язках і взаємодіях між елементами досліджуваних систем, надають інструменти для дослідження еволюції та перетворень світу в усьому його різноманітті, призводячи навіть до виникнення нового типу мислення, яке спрямоване на переосмислення розрізненого наукового знання в єдність з метою створення нової моделі світу. Згідно з концепцією Норберта Вінера, ця модель бачить світ не просто як механічну систему, але як складний саморегулюючий організм, таким чином надаючи адекватну модель для його розуміння.

Тема цієї роботи, "Системні науки, їхня роль і значення в постнекласичному науковому знанні", є **актуальною** з огляду на необхідність поглиблення розвитку та імплементації системних наук як релевантного способу розкрити динамічний характер сучасного світу як системи, що постійно ускладнюється. Вивчення системних наук допомагає нам не тільки зрозуміти складні процеси та явища навколо нас, а й надає цінні інструменти для розв'язання реальних проблем у галузях, таких як економіка, соціологія, біологія, комп'ютерні науки і філософія. Едгар Морен, навіть вказує, що розкриття та розвиток системних наук є важливим фактором у формуванні нової наукової парадигми та, що буде ґрунтуватися на уважному концептуальному аналізі, детальному дослідженні та успішному використанні складності в наукових дослідженнях.

Постнекласична наукова раціональність, яка визнає складність, непередбачуваність і взаємопов'язаність процесів у світі, шукає методи і підходи, здатні впоратися з цією складністю. Системні науки пропонують такі методи і підходи, ґрунтуючись на ідеї про принципову взаємопов'язаність і цілісність явищ, загалом маючи, поза всякими сумнівами, величезне значення для сучасного наукового знання. Однак при цьому в питанні їхнього розуміння і базової, - насамперед, науково-методологічної, концептуалізації, - системні науки можуть залишатися не цілком зрозумілими - їхнє дійсне значення і роль у постнекласичному науковому знанні, зв'язок з іншими науково-методологічними концептами та навіть цілісне визначення досі є скрутними, необхідністю виправлення чого й пояснюється **актуальність** обраної нами тематики.

У цій роботі ми детально розглянемо, що таке системні науки, їхні основні принципи та підходи, їхню роль і значення у сучасній науці. Ми також розглянемо їхнє застосування в різних галузях знання та їхній внесок у формування нового бачення світу і нового підходу до науки і намагатимемося розв'язати питання "темних плям" у розумінні розглядуваного концепту.

Виходячи із сказаного вище, **метою** роботи є пояснення значення та ролі системних наук у системі постнекласичного наукового знання.

Для реалізації даної мети тут вирішуються такі **завдання**:

1. Розглянути можливість взаємозв'язку науково-методологічних концептів «системні дослідження» і «постнекласична наука», для чого розкрити їхні дефініції, вказати основні характеристики.
2. Вивчити історичну перспективу розглядуваних науково-методологічних концепцій, розглянути їх у динаміці та в проектній перспективі, на підставі чого судити про характер можливого зв'язку.
3. Виокремити на підставі наявних знань про системні науки їхні базові теоретико-методологічні принципи, показати їхню аргументацію,

методологічні та світоглядні наслідки, ґрунтуючись на чому вже припускати можливе значення концепту для сучасної науки.

4. Порівняти системні науки з низкою науково-методологічних концепцій задля розуміння їхньої конкретної ролі та сутності в системі постнекласичного наукового знання, зокрема - розглянути, чи релевантні уявлення про системні науки як про парадигму.

Їх виконання передбачає таку **методологію** роботи: аналітично-синтетичний підхід до дослідження в прагненні об'єктивно окреслити розглядувану тематику через високу увагу до всіх її складових і пов'язане з цим вживання міждисциплінарних зв'язків з використанням при дослідженні філософських, методологічних та кібернетичних напрацювань, метод раціональної реконструкції з урахуванням еволюції складових розглядуваної теми, чому підпорядкована **структура** роботи.

Об'єктом дослідження є науково-методологічна система постнекласичного наукового знання

Предметом дослідження є системні науки як складова науково-методологічного знання

1. Постнекласичне знання та системні науки

1.1 Взаємозв'язок методологічних концептів "системні дослідження" і "постнекласична наука"

Як зауважує у своїй програмній праці "Загальна теорія систем" Людвіг фон Берталанфі, у середині ХХ століття в науці почали виникати практично одночасно паралельні напрями досліджень, які характеризуються тягою до інтердисциплінарності, універсальних моделей, увагою до взаємозв'язків і складних форм організації. Він називав цей період у науці середини ХХ століття виходом досліджень за межі сліпих зон "нормальної науки"[21, 24 с.]. Він відносив ці дослідження до предметного поля загальної теорії систем або, принаймні, до галузей, що перетинаються з ним, вважаючи, що вони являють собою симптом вивчення Всесвіту, що зароджується, за допомогою системного підходу і, загалом, нового наукового підходу.

Ці паралельні напрямки досліджень, які фон Берталанфі називав спеціальними застосуваннями загальної теорії систем, справили значний вплив на розвиток науки і філософії, давши поштовх для розвитку нових підходів до природознавства, у межах якого загальна теорія систем запропонувала новий підхід до розуміння світу, ґрунтований на ідеї, що системи - це невід'ємна частина реальності, і що їх можна вивчити й зрозуміти через їхні взаємозв'язки, структури та функції. Ба більше, на його думку, у цей період закладали підвалини для певної науки "всезагальності" [21, с. 37], що має, на погляд послідовників методології загальної теорії систем, перспективи перетворитися на метатеорію, здатну окреслити дійсне значення теорій, розвинутих в окремих дисциплінах, у їхньому взаємозв'язку, забезпечуючи нові способи цілісного вивчення явищ і не обмежуючись пошуком структурних схожостей у старих способах розгляду речей[14, с. 57]. Інакше кажучи, у середині ХХ століття сталося щось таке, що в рамках системних

досліджень може розцінюватися як переломний момент у науці, наслідком якого і стала їхня поява.

Як зауважує Ервін Ласло[47], для цього було безліч причин абсолютно різного характеру. Факторами, що сприяють розвитку загальної теорії систем і системних наук загалом, він називає явища як суто наукового характеру, так і ті, що назрівають у суспільстві та предметах наукового вивчення. Усередині науки, - зауважує він, - існує тенденція максимізувати обсяг теорій відповідно до їхньої точності. Водночас зовнішній тиск на науку заохочує подолання традиційних кордонів і створення міждисциплінарних теорій, застосовних до проблем максимально широкого характеру. Досліджувані ефекти явищ та їхні взаємозв'язки можуть бути складними та перетинати різні сфери дослідження, їх може бути складно ізолювати під час глибинного розгляду - і, внаслідок цього, аналітичний метод науки може обмежити наше розуміння взаємозв'язків між явищами, роблячи багато хто з них непізнаваним та невідомим - ізолюваний аналіз виявляється просто непридатним для роботи з ними, і тому прогрес у науці ознаменував собою інтеграцію слабо пов'язаних концепцій та гіпотез у загальні теорії та єдину смислову матрицю. Понад те, необхідність цього була настільки великою, що Ласло навіть стверджував, що ситуація в науці склалася в такий спосіб, що "...дисциплінарне розмежування корисне, тільки якщо воно поєднується з трансдисциплінарною інтеграцією"[47, с. 12]. Тобто ситуація склалася таким чином, що чинники, які сприяли еволюції системних наук, пронизували всю науку і суспільства, включно як з внутрішніми тенденціями до збалансування фрагментації, так і з зовнішніми спонуканнями до подолання обмежень фрагментованого знання.

Результатом цього став період виходу за межі "нормальної науки", схарактеризований Кліром як перехід знання з традиційної форми в нову системну[44, с. 123]. У його рамках дослідники якнайповніше зіштовхнулися з потребою в нових методологічних інструментах для дослідження складних і взаємопов'язаних явищ, тим дедалі сильніше підтверджуючи, що класична

наукова методологія, яка характеризується поділом дисциплін і аналізом на частини, виявляється недостатньою для повного розуміння світу в усій його складності. Натомість було запропоновано кілька нових наукових програм, які претендували водночас і на специфічне використання, і на застосування себе як джерел оновлення загальнонаукової методології.

Досить цікавою в такому контексті є позиція Людвіга фон Берталанфі, який претендував у рамках своєї загальної теорії систем на їхнє об'єднання і, як уже зазначалося, створення метатеорії того, що нині називається системними науками. Він зауважував, що близькі у своїх цілях, методології та принципах до його проекту такі наукові галузі, як:

- Кібернетика - наука, що вивчає цілеспрямовану і самоконтрольовану поведінку, заснована на принципах зворотного зв'язку і оборотних ланцюгів причинності.
- Теорія інформації - наука, що досліджує поняття інформації в контексті від'ємної ентропії та принципів передачі інформації.
- Теорія ігор - наука, що розвиває аналіз конкуренції між протидіючими силами, які прагнуть до досягнення максимальної ефективності, з використанням математичних методів.
- Теорія рішень - напрям вивчення раціональних виборів суб'єктів у спірних ситуаціях.
- Реляційна математика - напрям математичного аналізу, що включає в себе теорію мереж і теорію графів як способи створення загального апарату формалізації взаємодії.
- Факторний аналіз - напрям вивчення та розвитку процедури оцінювання чинників у багатозмінних явищах різних галузей з використанням математичних методів.

У цих наукових галузях, зауважував він, існують пересічні цілі, методології та принципи, які відповідають науковому проекту самого дослідника [20]. Передумовами їхнього розвитку він називає серйозне

просування в природничо-наукових дисциплінах на початку ХХ століття, що сприяло їхньому зближенню, починаючи від дослідження фізики частинок і закінчуючи біоматематикою та молекулярною біологією [21, с. 12], а прямими методологічними наслідками - комп'ютеризацію та симуляцію як спосіб моделювання [21, с. 20].

Таке серйозне і вагоме явище в науці, поза всякими сумнівами, повинне мати величезний вплив як усередині неї, так і за її межами, якщо і не перетворюючись на магістральний напрямок думки, то, принаймні, виступаючи провідником нової наукової революції. При цьому, однак, на 2023-й рік ми все ще не можемо судити про системні науки як про подібний проєкт. Їхні цілі повною мірою все ще не виконані, а їхнє становище у світовій думці досить далеке від домінантного формату, щоб вважати припущення про нього надмірністю. Однак, поза всякими сумнівами, всі зазначені "наріжними" для системних досліджень авторами явища справді мали місце, а дисципліни, що входять до "системної матриці", і справді мають особливе значення для сучасної науки. Відповідно, найімовірніше, ми маємо справу з явищем у процесі його активного становлення, що відбувається в контексті інших інтелектуальних процесів.

Одним із таких можливих процесів є передбачуване В'ячеславом Стєпіним становлення постнекласичної науки, особливе значення якої підтримують низка вітчизняних [33, 7, 8, 32] учених.

У своїх працях Стєпін займається дослідженням різних типів наукової раціональності в контексті розкритих ним класичної, некласичної та постнекласичної методології. Він розглядає ці типи як еволюцію наукового мислення і підходів до пізнання, що поступово змінюють один одного, при цьому не перекреслюючи, а доповнюючи напрацювання попередньої думки [12, с. 25]. Американський дослідник Рокмор позначив його підхід як вдалу модель сучасного природознавства, ґрунтовану на "спробі впритул підійти до специфічних проблем філософії науки" [66, с. 249]. Таким чином,

він описував кілька типів наукової раціональності та пов'язаних з ними наукових форм, що нашаровуються один на одного. Спробуємо стисло їх описати, щоб далі сконцентруватися на тому, що нас найбільше цікавить, - постнекласичному типі наукової раціональності.

Історично першою, що виникає на підставі перших спроб європейського суспільства концептуалізувати раціональне мислення на підставі раннього його застосування та первинного, - донаукового, - пізнавального досвіду, є класична наукова раціональність. У рамках класичної методології наукової раціональності основним акцентом є пошук об'єктивної істинності та прагнення до досягнення суворої дедуктивної логіки. У класичній науці, як зазначає Стюпін, переважає емпірична орієнтація, що ґрунтується на досвіді та спостереженнях, але не на їхньому критичному осмисленні. У праці "Теоретичне знання" Стюпін пише: "Класичний тип наукової раціональності, зосереджуючи увагу на об'єкті, прагне при теоретичному поясненні та описі елімінувати все, що відноситься до суб'єкта, засобів і операцій його діяльності. Така елімінація розглядається як необхідна умова отримання об'єктивно-істинного знання про світ. Цілі та цінності науки, що визначають стратегії дослідження і способи фрагментації світу, на цьому етапі, як і на всіх інших, детерміновані домінантними в культурі світоглядними установками і ціннісними орієнтаціями. Але класична наука не осмислює ці детермінації"[11, с. 632]. Легко помітити, що такий тип наукової раціональності придатний до використання в розгляді простих ізольованих об'єктів і явищ у вузьких закритих умовах. Це стиль мислення класичної механіки та ремісничого пізнання. Але він руйнується при спробі побудови загальних структур знання, ізолюючи природничо-наукові дисципліни одна від одної та від суб'єкта, що робить його досить обмеженим і призводить до безлічі парадоксів при дослідженні складних явищ. Він, як зауважує Ірина Серафимівна Добронравова, вводить у ситуацію "уявної суперечності" між суб'єктом та об'єктом[5, с. 25], що призводить до його обмеження і часткового відторгнення в ситуації досліджень, де це стає принципово неможливим, як-

от є у квантово-хвильовій теорії, поява якої призвела до швидкого формування неklasичної наукової раціональності, що має на меті доповнити попереднє мислення й розв'язати парадокси, що виникають у його контексті.

Так, у контексті неklasичної раціональності акцент зміщується від суворой дедуктивної логіки до врахування контекстуальних чинників, дослідження складних і взаємопов'язаних систем та прийняття невизначеності. Також така раціональність характеризується відмовою від суворого детермінізму, що сприймається як редукціонізм, з огляду на сприйняття нелінійності як складової реальності, відходом від абсолютизму нескінченного суб'єкта в бік плюралізму різноманітних центрів самодіяльності [6] та прийняттям принципової релятивності в пізнавальній діяльності. Безумовно, така трансформація не була випадковою, зауважував Стєпін. Розвиток фізики в ХІХ столітті виявив недостатність ідеалу єдино можливої істинної теорії. Було виявлено, що в альтернативних теоретичних описах однієї й тієї самої царини досвіду можуть існувати спільні елементи істинного знання. Наприклад, закони феноменологічної термодинаміки, що ґрунтуються на концепції теплороду, не були відкинуті під час побудови молекулярно-кінетичної теорії теплоти, а були включені в нову теорію зі зміною інтерпретації. Те ж саме сталося із законами електродинаміки Ампера-Вебера, які були переформульовані Максвеллом у термінах польових уявлень і включені в його створену теорію електромагнітного поля. Усі ці ідеї ХІХ століття ще не призвели до повного перегляду домінантного статусу класичної раціональності, але були першим кроком у переході від класичних пізнавальних ідеалів і норм до неklasичних. Потім наприкінці ХІХ і в першій половині ХХ століття відбулася революційна ланцюгова реакція змін у різних галузях знання. Математика зіткнулася з парадоксами теорії множин і була розроблена нова конструктивна математика. У фізиці було відкрито подільність атома, розроблено релятивістську і квантову теорії. У космології виникла концепція нестационарного Всесвіту. У хімії розвинулася квантова хімія, а в біології стала важливою генетика. Виникли міждисциплінарні

дослідження, такі як кібернетика і теорія систем[9, с. 33]. У результаті цих змін відбувся перехід від класичної до неklasичної системи пізнавальних ідей і норм. Цей час був охарактеризований великими змінами і прогресом у різних наукових галузях, а ці зміни являли собою революційний зсув у розумінні та розвитку науки. І вже тут легко помічається особливе значення досліджень, що належать до предметного поля системних наук.

Ще більш ясно це стає в постнеklasичному типі наукової раціональності. Постнеklasична методологія являє собою новий підхід до пізнання, який уже повною мірою враховує складність, невизначеність і взаємозв'язки в наукових дослідженнях. Цей підхід передбачає інтердисциплінарність, врахування контекстуальних чинників, визнання множинних перспектив і суб'єктивності. Варто зауважити, що ці риси вже були притаманні неklasичній науці, особливо неklasичній біології, у рамках якої фон Берталанфі, наприклад, бачив основи майбутньої системної науки[21]. І, крім того, між нею і постнеklasикою немає настільки чіткого вододілу, яким став квантовий для класики і неklasики. Однак Стьопін усе ж помічає критичні відмінності між раціональністю неklasичною і постнеklasичною. Розвиток неklasичної науки, - писав він, - призвів до розширення предметного поля системних об'єктів, які вивчаються[9, с. 51]. І рівень рефлексії над науковим пізнанням, представлений у ній, був достатнім і необхідним для дослідження складних і саморегульованих систем у різних галузях фундаментальної та прикладної науки. Однак, при цьому, становлення постнеklasичної раціональності вимагало нового поглиблення рефлексії над науковим пізнанням. Уже не об'єкти в певних взаємозв'язках мали стати її предметом, але самі взаємозв'язки. А суб'єкт мав стати не просто плюральним, а й принципово контекстуальним і контекстуально відтворюваним. Інакше кажучи, розмежування між неklasичною і постнеklasичною наукою лежить практично суто в методологічній площині, адже вони мають практично ідентичне предметне поле і схожі світоглядні настанови. Це дало змогу здійснити досить виражений якісний стрибок у науковому знанні. І, що

важливо для нашого дослідження, така ситуація відповідає гіпотезам про розвиток наукового знання в системних науках.

Загальна теорія систем, пов'язані з нею і близькі до неї дослідницькі програми та їхній акцент на трансдисциплінарності, універсальних моделях і аналізі складних організаційних форм справили значний вплив на розвиток сучасної науки і філософії. А період їхнього формування як "виходу за межі сліпих зон "нормальної науки"" став потужним стимулом для розвитку знання в цілому, спрямовуючи його та відкриваючи нові горизонти. Значною мірою це відповідає уявленням про постнекласичну науку та її тип наукової раціональності. Становлення постнекласичної раціональності обмежує сферу застосування класичної та некласичної раціональності, але не призводить до їхнього цілковитого знищення, а скоріше доповнює їх новою оптикою - саме так уявляють у рамках системних наук їхній вплив на науковий процес. Так, наприклад, Норман Кук навіть зауважував, що цінність загальної теорії систем полягає не тільки в тому, що вона може привнести в окремі академічні дисципліни, а й у тому, що вона може принести в плані єдиного світогляду і фундаментальної наукової концепції, здатної повною мірою спрямувати пізнавальну діяльність людини[29], що на практиці означає можливість можливість дослідників застосовувати різні раціональні підходи залежно від конкретних дослідницьких завдань і контексту, перебуваючи при цьому в єдиному фреймворку, який забезпечує можливість застосування раціонального підходу до наукового процесу.

Спробуємо дати нарис процесу формування такого підходу і позначимо точніше його глибинний взаємозв'язок зі зміною типу наукової раціональності.

1.2 Становлення системних наук і зміна типу наукової раціональності у другій половині ХХ століття

Говорячи про системні науки, незважаючи на їхню безумовну важливість, можна дійти певних складнощів. Насамперед, це те, що Гауленд описав як "різночитання в концептуалізації систем між різними дослідниками"[42, с. 227], тобто відсутність єдиного експліцитно окресленого розуміння основного поняття, необхідного для існування та розвитку цієї галузі. Вдало про це висловлюється один із сучасних дослідників системних наук МакГрегор Адамс: "Теорія систем - це термін без офіційно узгодженого визначення" [51, с. 1].

У результаті, доходить навіть до того, що засновник магістральної гілки концептуалізації цього напрямку міг використовувати в одному тексті, посиляючись на одне й те саме, "системний підхід", "ідею систем" і "теорію систем" [21, с. 407]. Це призводить до того, що саме поняття втрачає свою точність і що теорією систем називають абсолютно різні речі (і всі позначені вище як синоніми - в тому числі), що уможлиблює існування значної кількості різних інтерпретацій. Однак на практиці це не стало перешкодою для розвитку системних наук, адже як сама система, так і вони як дисципліна існують як певні пізнавані категорії, внаслідок чого їхня загальноприйнята концептуалізація стає проблемою не стільки науково-пізнавального, скільки науково-соціального характеру. У контексті поняття про саму дисципліну одним із найефективніших підходів до розв'язання цієї проблеми є вживання спільного метатерміна, що позначає різноманітні гілки досліджень у зображенні їхньої цілісності, водночас даючи змогу розмежовувати їх усередині нього. Цю позицію підтримуємо і ми в цьому дослідженні. Наприклад, Джорджем Кліром запропоновано спільне для всіх системних дисциплін визначення - "системне мислення"[44, с. 31]. Однак нам більш прийнятною видається концепція "системних наук", яка була запропонована і

донині просувається Міжнародним товариством системних наук, раніше відомим як Товариство розвитку загальної теорії систем, з 1988 року. Ситуація з основоположним для дисципліни поняттям, тобто системою, є складнішою. Однак і вона не видається перешкодою для розвитку системних наук, у частині з яких вона не концептуалізована, але присутня іманентно. Це стає доволі зрозумілим з огляду на наявність у низки дослідників погляду про те, що заснування теорії систем і загалом концептуалізація поняття про системність стала не стільки створенням нової дисципліни, скільки формалізацією та створенням понятійного апарату для мислення та дослідницького напрямку, який на той момент уже зародився[61].

Розглянемо ж це зародження докладніше. Повернемося для цього до того, з чого починали, - до уявлень фон Берталанфі про те, що в певний момент "системи були скрізь"[21, с. 3]. Говорячи це, він підкреслював, що в середині ХХ століття "системи були скрізь", концепція системності непомітно для всіх ставала дедалі поширенішою і затребуванішою в різних галузях науки. Замість вивчення окремих елементів і явищ, учені почали звертати увагу на їхні взаємозв'язки, взаємодії та складні структури. Фон Берталанфі стверджував, що такий підхід дає змогу повніше і глибше розуміти природу і функціонування різних систем, чи то біологічних, чи то соціальних, чи то економічних, чи то фізичних. І, крім того, система навіть стала вагомим культурним і соціальним чинником, виступаючи основним поняттям "нового утопізму" цієї епохи [24]. Фон Берталанфі вбачає в цьому закономірний результат свого часу і загалом логічний наслідок притаманної західній науці протягом століть спрямованості.

Як і будь-яка нова ідея в науці та інших галузях, зауважує фон Берталанфі, концепція систем має багату історію. Під час цієї історії зустрічаються безліч видатних імен, хоча сам термін "система" не завжди був явно виділений. Її можливо простежити її розвиток від Лейбніца до Миколи Кузанського, від містичної медицини Парацельса до праць Віко та Ібн-

Хальдуна. Різні мислителі та філософи уявляли своє бачення історії як послідовності культурних формацій або "систем", тобто бачили цей концепт спершу в рамках соціального контексту. Але існували передусім концептуалізації поняття та використання його в межах природничих наук. Так, приміром, Лотка запропонував концепцію систем, розглядаючи спільноти, а не окремі організми[49] у 1925-му, а Кьолер ще 1924-го вказував на схожість між різноманітними явищами у фізиці, біології та психології, вважаючи, що в них є ізоморфна база, як це робиться нині всередині системних наук. Однак ідея системного підходу та його необхідність стали зрозумілими лише нещодавно, коли стало очевидно, що механістична схема та меристичний підхід є недостатніми для пояснення складних проблем, особливо в біосоціальних науках.

Механістичний підхід, що переважав, призводив у них до очевидних прогалин у дослідженнях і теорії. Він обмежував розуміння життя, нехтуючи істотними аспектами явищ. І тому вже на початку 20-х років виявилася необхідність звернути увагу на організмичну концепцію в біології. Ця концепція підкреслює розгляд організму як цілісної системи і націлена на відкриття принципів організації на різних рівнях. У різних країнах і часових відрізках безліч учених і мислителів займалися розробленням ідей, пов'язаних із системами та організмичним підходом. Неопозитивізм та інші філософські течії також впливали на формування системного підходу, але найбільш важливим фактором стали експериментальні дослідження і розробка моделей, які допомогли конкретизувати і застосувати концепцію систем - наприклад, у праці фон Берталанфі 1932-го року "Теоретична біологія". Водночас системний підхід як основа системних наук на момент життя фон Берталанфі продовжував розвиватися і потребував подальшого розширення та застосування в різних наукових дисциплінах навіть після остаточної концептуалізації його в загальній теорії систем та близьких до неї напрямках. Він вважав системні дослідження незакінченим проєктом, що може бути застосований у різних галузях досліджень, і його бачення подальшого

розвитку було засноване саме на уявленнях про майбутнє формування нового погляду на "всезагальність" і цілісність. Він зазначав, що існує паралельність у загальних поняттях і законах, застосовних у різних галузях, і це пов'язано з тим, що вони стосуються систем, а певні загальні принципи застосовні до систем будь-якої природи. Фон Берталанфі вважав, що загальна теорія систем може слугувати ідеальною концептуальною структурою для об'єднання різних наукових дисциплін, що страждають на ізольованість і фрагментованість, оскільки живі системи, які він поклав в основу своїх побудов, охоплюють широкий спектр явищ, включно з індивідуальними організмами, їхніми частинами, соціальними системами та екосистемами[21, с. 84].

Інакше кажучи, концептуалізація загальної теорії систем і всіх подальших системних наук була тісно пов'язана з методологічними проблемами, з якими зіткнулася наука до середини ХХ століття. З одного боку, вона була, як висловився Фрітгоф Капра, захоплена різноманіттям і постійним ускладненням живих систем у рамках еволюційної парадигми, з іншого - "налякана" моделями, що навіювали думку про згасання, моделями, що враховують явище ентропії [26, с. 71]. Тобто системні науки виявилися способом подолання обмежень, що виникали вже в період неklasичного знання, будучи симптомом деяких масштабних змін.

Усі ці події відбуваються в середині ХХ століття (дата заснування Товариства дослідження загальної теорії систем - 1954-й рік) і дають більш-менш близький до сучасного результат наукового опрацювання до 1970-х років, коли, за словами Капри, Ілля Пригожин нарешті зміг дати робочий математичний апарат, який дає змогу системним наукам об'єднати дослідження, що стали їхніми передумовами, знявши між ними суперечності[26, с. 72]. Нескладно, виходячи з цього і сказаного нами раніше, у першому підпункті, помітити, що історія системних наук та їхній інтелектуальний контекст легко пов'язуються з постнеklasичним знанням і, окремо, етапом його розвитку зі знання неklasичного.

Так, Вячеслав Стёпін зауважує, що до 1970-х років стало можливим говорити про нову епоху в розвитку науки - про науку постнекласичного характеру, під якою він розуміє "такий стан знань і такий тип наукової раціональності, що об'єднає науки про природу й науки про дух"[11, с. 29], тобто високо інтегроване знання, яке створює спільну для гуманітарних і природничих наук модель. Він вважає, що можливо виокремити низку причин, чому наука еволюціонувала в цьому напрямі. Узагальнюючи та групуючи, ми можемо говорити про такі виокремлені Стёпіним причини переходу знання від некласики до постнекласики:

- Зростання наукового знання та спеціалізації: Стёпін зазначає, що зростання наукового знання призвело до глибокої спеціалізації, що, своєю чергою, зумовило необхідність в інтеграції різних царин знання на максимально широкому рівні. Це призвело до розвитку міждисциплінарних підходів, які є ключовими для постнекласичної науки.

- Складність і невизначеність реального світу: Стёпін зазначає, що попередні етапи наукової раціональності, навіть некласичний, не в змозі адекватно впоратися зі складністю та невизначеністю світу. Постнекласична наука враховує ці характеристики, запроваджуючи й удосконалюючи такі концепції, як нелінійність, хаос і самоорганізація.

- Вплив соціокультурного контексту: постнекласична наука визнає вплив соціокультурного контексту на наукове знання. Це включає в себе визнання того, що наука залучена в суспільні та культурні процеси і може бути сформована цими взаємодіями. Постнекласична наука намагається подолати ту межу між суб'єктом і наукою, яку намітила, але не знищила некласична.

Тобто, на думку Стёпіна, до 70-х років дозріли умови для того, щоб нагромадження проблем не стільки дослідницького, скільки методологічного характеру, призвели до формування принципово іншої системи знання і супутньої цьому зміни типу наукової раціональності. На практиці це означає створення моделі всесвіту, в якій "з'єднуються ідеї універсального еволюціонізму і системного підходу"[9, с. 23], в рамках якої можна

застосовувати сучасні наукові методи, що включають в себе комп'ютерне моделювання і глибоку міждисциплінарну взаємодію. У такому контексті, виходячи вже із самих формулювань Ст'юпіна, зрозуміле особливе значення системних наук для сучасного етапу наукової раціональності. Конкретизуючи ж, ми можемо заявити, що:

- Цілі системних наук і наукові ідеали постнекласичної раціональності збігаються, позначаючи собою створення предметного поля, що об'єднує всі знання, у рамках якого ізольоване існування дисциплін виявляється принципово неможливим.

- Системні науки остаточно оформилися як явище в той самий період, що й постнекласична наука, оскільки говорити про їхню реалізацію повною мірою стає можливим після створення Пригожиним математичного апарату, достатнього для зняття суперечностей між головними джерелами системних досліджень.

- Методологія системних наук значною мірою збігається з методами, що просуваються як базові для постнекласики, включно з моделюванням за допомогою комп'ютерних технологій, використанням холістичної оптики дослідження, цілеспрямованими організаційними моделями.

- Мейнстрімне для досліджень постнекласичної епохи предметне поле збігається з предметним полем значної частини системних наук, що охоплює складні й невизначені явища, саме для вивчення та моделювання яких частина дисциплін, які відносяться до системних наук, наприклад теорія хаосу і синергетика, створені й були[44, с. 672].

Незважаючи на це, однак, говорити про єдність системних досліджень і постнекласичної науки складно. Усе ж таки, зародження системних наук відбулося ще на етапі некласичної науки, їхні витoki сягають ще більш ранніх умопобудов, а предметне поле постнекласики аж ніяк не обмежується системними дослідженнями і близькими до них дисциплінами. Але, все ж, у них у постнекласичній науці зовсім особливе місце - настільки вагоме, що їх

можна було б навіть назвати провідником зміни наукової раціональності в середині ХХ століття. Але для цього необхідно детальніше розглянути, що системні науки на даний момент собою являють, тому знову повернемося до них.

Насамперед для цього нам необхідно розглянути засадниче для розглядуваного явища поняття - систему в безлічі контекстів і способів застосування концепту, виокремлюючи при цьому спільні для них усіх характеристики.

Важливо зазначити в такому разі, що концепцію системи було активно впроваджено в наукове співтовариство вже в другій половині ХVІІІ століття, хоча системна наука в будь-якій із форм почала формуватися тільки близько середини ХХ століття. Водночас не можна стверджувати, що це поняття пройшло глибоку трансформацію. Швидше, воно тривалий час уточнювалося і доповнювалося, не суперечачи визначенням попередніх епох - приблизно так само, як і типи наукової раціональності, що змінювали один одного в той самий час. Наприклад, у ранньому Новому часі й у ХІХ столітті поняття системи, незважаючи на його конкретне значення, завжди використовували в парі з визначенням, яке вказувало, до чого воно належить, і позначало одне й те саме - цілісне утворення, що складається з окремих частин [1, с. 173]. Це визначення продовжувало еволюціонувати, підкреслюючи усвідомлення наявності цілісних фрагментів світу, що складаються з окремих елементів, і сприяло розвитку гносеології та онтології. Ситуація не змінилася і в ХХ столітті, зберігаючись до сьогодення. Однак, варто зазначити, що питання системності - тобто те, що дає змогу групі об'єктів функціонувати як єдине ціле - тривалий час лишалося осторонь уваги. Можливо, саме вивчення цього питання в різних наукових галузях призвело до його поступового розширення, що дало змогу у ХХ столітті розглядати систему також як цілісність, яка визначається загальним організуючим принципом [1, с. 174]. Таке розуміння і його зміцнення в науковому середовищі сприяли підвищеному інтересу до систем. Це, своєю чергою, призвело до поглиблення

досліджень системності та до проведення безлічі паралельних досліджень, про які говорив Берталанфі. Усе це призвело до сучасного практичного й актуального визначення системи як сукупності взаємодіючих елементів [21, с. 55]. Проте, це саме по собі не обґрунтовує концепцію системної науки. Для повного розуміння системи як комплексу, основною характеристикою якого є внутрішня взаємодія, необхідно врахувати деякі специфічні особливості систем, без яких робоча модель системи виявляється неефективною. Постараємося описати ці особливості, попутно доповнюючи наше прийняте за основу визначення системи.

Однією з ключових особливостей, безумовно, є емерджентність - властивість систем проявляти нові характеристики, що не можуть бути пояснені простим складанням властивостей її компонентів. У системній теорії та системних науках важливо підкреслювати, що ціле значно перевершує суму своїх частин [57]. Таким чином, система сприймається не тільки як набір елементів, що взаємодіють, а й як сукупність, у якій об'єднання елементів набуває нових якостей.

Друга важлива характеристика - універсальність. Підхід системних наук означає розуміння, що весь світ можна описати з використанням системних концепцій, він складається із систем, які взаємопов'язані ієрархічно і горизонтально, і сам по собі є системою. Як підкреслює фон Берталанфі у своєму ключовому дослідженні, системи трапляються на кожному кроці, і їхнє вивчення та застосування цього знання необхідне для повного розуміння світу і просування науки [20, с. 5]. Таким чином, уявлення світу без систем і системності здається немислимим. У цьому контексті система стає не тільки об'єктом дослідження, а й онтологічно основною категорією всесвіту, необхідною для адекватного представлення світу в онтології та гносеології. Отже, система - не тільки сукупність взаємодіючих елементів, які при об'єднанні набувають нових властивостей, а й категорія, присутня на всіх рівнях структурної організації світу, яка може бути застосована як для опису світу, так і для когнітивної діяльності.

У загальному розумінні системні науки являють собою сферу міждисциплінарних досліджень і наукового мислення, де використовується концепція системи. Це сфера, де системи - це комплекси елементів, що взаємодіють, з унікальними властивостями, що відрізняються від властивостей їхніх складових частин, поширені в усьому універсумі та необхідні для його розуміння, досліджуються і визнаються такими, що існують, виступаючи пізнавальними моделями, релевантними постнекласичній раціональності.

Таким чином, системами визнають комплекси взаємодіючих елементів, що володіють унікальними властивостями, які відрізняються від властивостей їхніх складових, і які присутні в кожному куточку універсуму, стаючи необхідними для його розуміння. Якщо ми розкладемо це визначення на складові, то для ідентифікації будь-чого як системи, ми повинні співвіднести це явище з такими критеріями:

- Комплексність, тобто наявність безлічі елементів.
- Внутрішня взаємодія, тобто наявність взаємодії між елементами всередині комплексу
- Емерджентність, тобто унікальне значення комплексу порівняно з його елементами
- Необхідність комплексу для розуміння певної царини універсуму, яка неможлива до розкриття без нього

Поза всякими сумнівами, системні науки не вичерпуються цими характеристиками, але, принаймні, позначивши це, ми можемо сказати, що системні науки як явище окреслені межами концепту системи і системності, що має в наші дні кілька абсолютних принципів, які впливають безпосередньо й опосередковано на сучасний науковий процес. Крім того, як зауважує дослідник системної теорії Воррен, усі системні науки обов'язково спиратимуться на базовий концепт системності, породжений загальною теорією систем[70], на яку в його нарисі ми й спираємося. Розглянемо їх у

наступному розділі, за допомогою чого й пояснимо краще досліджувану нами тематику.

1.3 Висновки до першого розділу

Під час розгляду взаємозв'язку системних досліджень і постнекласичної науки як науково-методологічних концептів нами було виокремлено основні сутнісні характеристики обох явищ, окреслено їхню історію та періоди становлення, а також зроблено висновок про їхній глибинний зв'язок.

Для створення нарису постнекласичної науки було розглянуто погляди засновника теорії історичного розвитку наукового знання, засновника типізації, в рамках якої постнекласика виокремлюється, В'ячеслава Стьопіна, а також деяких західних і вітчизняних дослідників, які її застосовують. У цьому контексті стисло описано історію виникнення і розвитку трьох типів наукової раціональності та дано пояснення причин їхнього переходу один в одного. Як наслідок, під постнекласичною наукою в роботі мається на увазі новий підхід до пізнання, що повністю враховує складність, невизначеність і взаємозв'язки в наукових дослідженнях, передбачаючи використання інтердисциплінарного підходу, врахування контекстуальних чинників, визнання безлічі перспектив і суб'єктивності, а також методи складного комп'ютерного моделювання як способи розв'язання проблем, що виникають у науці.

Нарис системних наук ґрунтується насамперед на історичному контексті їхнього формування, що помічається як сучасними дослідниками, так і класиком-засновником загальної теорії систем Людвігом фон Берталанфі. Під час нього під системними науками мається на увазі мережа міждисциплінарних досліджень і наукового мислення, у межах якого займаються галуззю, де застосовують концепцію систем, які розуміють як комплекси взаємодіючих елементів з унікальними властивостями, відмінними від властивостей їхніх складових частин, що поширені на всіх рівнях і в усіх контекстах Всесвіту і є невід'ємною частиною його розуміння.

При цьому помічено, що формування системних наук збігається в часі та за своїми цілями з трансформацією некласичної науки в постнекласичну, що дає змогу судити про них як про явище, яке має для постнекласичної науки особливе значення і навіть можливе для сприйняття як "провідника зміни наукової раціональності". Результатом цього стає думка про необхідність глибшого пояснення їхніх засад і значення в сучасній науці, що дасть змогу для більш об'єктивного розуміння системних наук як науково-методологічного концепту та їхньої ролі для знання в сучасності.

2. Принципи системних наук та їхнє значення для сучасного наукового знання

2.1 Універсальність і цілісне сприйняття світу

Говорячи про принципи системних наук, передусім ми маємо сказати про універсальність і цілісне сприйняття світу як про найзагальніший і водночас найспецифічніший із них, оскільки сприйняття цілісності та універсальності, що впливає з неї, в системних науках одночасно має значущі методологічні наслідки[19] і являє собою серйозний філософський фундамент для системних досліджень[56, с. 82].

Перш за все, повернемося до фон Берталанфі і того, як він розумів світ. Як уже було сказано, для нього світ видається складним конгломератом, усередині якого системи як явища перебувають усюди і, відповідно, все у світі може бути представлено як система. Таке уявлення ґрунтується на тому, що в різних науках у ХХ столітті знаходили практично ідентичні патерни внутрішньої організації у, здавалося б, непов'язаних між собою явищ - вони проявляли ізоморфність, незважаючи на удавано різну природу. Це стало головною теоретичною передумовою для розвитку ланцюга досліджень, які пізніше відносять до системних. Такими були і теоретична біологія, і кібернетика, і теорія ігор, і, безумовно, загальна теорія систем фон Берталанфі. Така ситуація навіть уможливила для мислителя говорити про зародження єдності наук як наслідку єдності самого світу[21, с. 86].

Загалом, це відповідає уявленням про те, як у ХХ столітті загалом зазнавало змін мислення людини. Не дарма Капра зауважує, що в різних галузях науки впродовж століття відбувався перехід від механістичної до, як він каже, екологічної парадигми[26], під якою розуміють щось доволі близьке до методології системних наук. Цей перехід був складним і включав наукові революції, відкати назад і метаморфози, що нагадують коливання хаотичного маятника в теорії хаосу. Механістичний підхід акцентує увагу на частинах системи, тоді як екологічний підхід орієнтований на вивчення системи в

цілому. Здебільшого в науці ХХ століття такий екологічний підхід став відомий як системний, а системне мислення стало основою для аналізу та розуміння систем. Основні принципи його проявилися в біології, психології, екології та квантовій фізиці. Цей вплив був навіть настільки високим, що Капра зауважував про можливість його сприйняття як нової холистичної парадигми [27, с. 17]. При цьому найбільшого методологічного опрацювання така цілісна оптика набула всередині теоретичного обґрунтування саме системних наук.

Деякі вчені, наприклад дослідник складності Вольфрам, у такій ситуації заявляли про те, що принцип універсальності, опрацьований у системних науках, може стати "новим законом природи"[71]. Так, на його думку, універсальність, що виходить із системних наук, могла б дати такі настанови для науки загалом:

- Сприйняття пізнаваності природи загалом як обчислюваної, завдяки явищам ізоморфності та наявності математичного апарату для його відображення
- Твердження здатності підтримувати універсальні обчислення як дуже поширеної в природі або навіть загальної
- Сприйняття універсальної обчислюваності як граничного рівня складності в природі, за межі якого неможливо вийти, що робить світ принципово пізнаваним, виходячи з можливості самого обчислення
- Еквівалентна складність явищ у світі як наслідок з універсальної обчислюваності, тобто абсолютизація складностного підходу.

Така позиція, однак, не є загальноприйнятою. Але, незважаючи на це, погляд про універсальність у системних науках усе ж таки поширений у цій міждисциплінарній царині у формі уявлення, що претендує на фундаментальність. Клір, приміром, розглядає його як закономірний наслідок ідеї холізму під час її інституціоналізації, що трапилася після виникнення міждисциплінарних царин у науці та дедалі ширшого визнання існування і користності ізоморфізмів серед різних наукових дисциплін[44, с. 45]. Системна

універсальність стає за такого розгляду спробою подолання суперечності між холізмом і редукціонізмом у перебігу розвитку першого. Ранній холізм був недостатньо опрацьований для того, щоб дати апарат, придатний для дослідження світу в усій його повноті[60], про яку прихильниками принципу, однак, було заявлено. Холізм давав лише уявну цілісність до його подальшої концептуалізації в системних науках. Адже просте ціле принципово не може мати загального характеру у світі, сповненому розмаїття. Тобто ранній холізм, з його ідеєю нероздільної цілісності, виявлявся недостатньо гнучким для опису складного і різноманітного світу, що давало змогу редукціоністським теоріям складати йому ефективну конкуренцію. Але системні науки привносять новий рівень розуміння цілісності, що включає різноманітну структуру, де цілісність гарантується не простою всезагальністю, а складним поширенням взаємозв'язків і взаємозалежностей. Замість простого уявлення світу як неподільного цілого, системна наука розглядає його як складну мережу систем, що взаємодіють, кожна з яких має свою власну унікальну структуру і функцію, допускаючи самостійний їхній розгляд у, однак, моделі їхнього взаємозв'язку, що створює дійсну цілісність. Тобто, в контексті всесвітнього розмаїття, просте ціле, що його пропонує холізм, не може універсально застосовуватися, внаслідок чого системні науки і пропонують власне бачення універсальності як подолання попередніх концепцій цілісного сприйняття світу. Світ містить у собі безліч різноманітних систем, кожна з яких має свою власну унікальність і специфіку. Це різноманіття не може бути повністю охоплене простим цілим, і вимагає більш гнучкого і нюансованого підходу, який надає системна наука. Це дає нам змогу побачити не просто цілісність, а й структуру, динаміку і різноманіття цієї цілісності, що точніше відображає реальність нашого складного і багатогранного світу.

У своїй книзі "Принципи системної науки" Джордж Мобус дає більш конкретний опис універсальності в системних науках. Він заявляє, що це багатопланове уявлення, що позначається, насамперед, твердженням того, що складні структури утворені зі складових, які, своєю чергою, можуть бути

розбиті на дрібніші елементи, і концепцією, що цілісна структура на одному рівні може містити компоненти, які є цілими на своєму рівні[56, с. 85]. Ця, здавалося б, проста думка може мати досить складні наслідки.

Наприклад, її наслідком є питання про те, що є автономною "реальною" одиницею, що веде до роздумів про різні форми реальності на різних рівнях і з різними способами організації. Інакше кажучи, проголошуючи цілісність "базової" реальності, універсальність як принцип веде до складнощів у визначенні різних контекстуальних автономій. Системні науки при цьому, важливо зауважити, не займаються суперечками про те, що є "реальністю" в одному чи іншому контексті, натомість вони досліджують питання, пов'язані з характеристиками кордонів, атрибутів і різновекторних взаємозв'язків, які утворюють різні, але пов'язані рівні реальності. Коли ми адекватно описуємо ці характеристики, ми виявляємо, що поняття цілісності може мати різні значення на різних рівнях і з різними типами кордонів, і кожен із цих рівнів або форм цілісності може бути реальним, принаймні в тому сенсі, що вони мають наслідки, які відповідають описуваній системі. Помітні відмінності в організації роблять кожен із цих видів або рівнів "об'єктами" для системного дослідження. На практиці це може спричиняти парадокси, розв'язувані за допомогою кількох методологічних концептів, які впливають на всю науку і мають своє коріння саме в проблематиці універсальності.

Непогано це питання розкриває у своїх працях голова Інституту дослідження складних систем Нової Англії Янір Бар-Ям. Досліджуючи насамперед практичне застосування методологічних аспектів системних наук, Бар-Ям видає власне розуміння принципу універсальності як практичної установки в системних науках. Так, говорячи про відмінності систем на різних рівнях, він, спираючись на математичний апарат, особливо в комп'ютерних науках, заявляє, що, розглядаючи поведінку системи у великомасштабному вимірі, відбувається спрощення математичного опису системи, тому що кількість помітних станів зменшується, а множина можливих поведінь обмежена. І це означає, що системи, які виглядають різними на мікрорівні,

можуть виявитися схожими на макрорівні, і їхні математичні описи стають ідентичними[18]. Із застосуванням такої прогресії в розгляді тієї чи іншої групи виявляються різні системи, які, незважаючи на відмінності в деталях, мають однакову поведінку. Водночас, незважаючи на схожість у поведінці багатьох систем, існує кілька варіантів поведінки, які, однак, у міру розширення ступеня абстракції однаково йтимуть до раніше відображеного спільного знаменника. Таким чином, системи можна буде звести до класу поведінки, який визначається терміном "клас універсальності". Формально це означає, що, оскільки поведінка змінюється на різних масштабах і призводить до степеневих законів, значення показника степеня в степеневому законі буде використовуватися як характеристика класу універсальності. Інакше кажучи, універсальність стає можливим ключем до формалізованого методу створення і відображення класів як його верхнє значення.

Таким чином, оскільки безліч систем може бути описана однією і тією самою великомасштабною поведінкою, під час дослідження систем у рамках системних наук дослідники зосереджують увагу на станах системи в спостережуваному масштабі, внаслідок чого уявлення однієї системи в певному масштабі може відповідати поведінці інших систем, незважаючи на відмінності в їхніх основних компонентах. Таке поняття універсальності стає не лише теоретичним принципом, а й дає змогу досліджувати та розуміти загальні закономірності та характеристики різних складних систем. Як зауважують деякі дослідники, це призводить до можливості використання універсальних класів на різних рівнях[67], створюючи окремі моделі, що повторюють загальні особливості систем як концепту. Однак, на цьому значення універсальності як концепту не закінчується. З нього випливає методологічний принцип, який є однією з основ сучасних комп'ютерних наук і, окремо, штучного інтелекту - принцип поділу масштабів. Бар-Ям у своїй спільній із фізиком А. Зігенфельдом оглядовій статті "An Introduction to Complex Systems Science and Its Applications" навіть зазначає, що важливість цього принципу настільки велика, що його можна вважати ключем до

розуміння складних систем як явища. Сам принцип розуміють як сприйняття різниці поведінки систем на мікроскопічному, тобто внутрішньому, і макроскопічному, тобто зовнішньому, рівні [19, с. 8].

Виокремлює концепцію поділу масштабів Бар-Ям, спираючись на практичний бік системних досліджень, наприклад, у сфері нейронаук, прикладної кібернетики[16] та інженерії[15]. І вважає її насамперед практичним елементом системних наук. Але, насправді, така методологічна позиція прояснює якнайкраще і той принцип, на якому вона ґрунтується. Нагадаємо, що в рамках принципу універсальності світ уявно не може бути повністю пояснений на рівні цілих систем, тому що вони складаються з безлічі компонентів, і його розуміння не може бути обмежене тільки цими компонентами, так само як окремими компонентами він позначений бути не може, адже їхнє загальне значення буде виходити не стільки з їхніх властивостей, скільки із взаємодії між ними. І це насправді могло б бути проблемою для створення моделі світу на основі принципу універсальності, оскільки світ, як вдало зауважували й деякі критики системних наук[23], не може бути тоді повністю пізнаний на жодному рівні, а це може спричиняти складнощі для загального розуміння або моделювання світу загалом, створюючи принципово нездоланні обмеження. Але метод поділу масштабів не тільки долає це протиріччя, а й, спираючись на принцип універсальності, призводить до серйозних успіхів у сфері моделювання систем.

Бар-Ям підкреслює, що концепція поділу шарів призначена для побудови ієрархічної моделі системи, де кожен рівень має свої унікальні характеристики і підпорядковується своїм власним правилам. У цій моделі, верхні рівні можуть впливати на нижні, проте зворотний вплив не є можливим, хоча їхнє існування визначається елементами, які вони контролюють. Прикладом цього може слугувати галузь програмування, конкретно, успадкування класів і бази даних.

У рамках цієї методології, рівні системи не тільки поділяються, а й розглядаються в контексті їхнього взаємозв'язку - як складові частини загального цілого. Вони передають вгору по ієрархії набір елементів або вниз деякі властивості, даючи змогу в такий спосіб застосувати принцип універсальності для аналізу світу, уникаючи водночас редукціонізму, а отже, і досягаючи мети з побудови світу як цілісності, до того ж складної цілісності, на відміну від уявлень ранніх прихильників холізму. Розуміючи це, цілком природним буде продовжити, приділивши широку увагу саме складності.

2.2 Емерджентність і складне мислення

Говорячи про складність у системних науках, не можна не помітити її як принципу особливе місце в цій галузі знання. Особливе воно з кількох причин, серед яких:

- Складність тісно пов'язана, будучи в деяких контекстах і наслідком, і антиподом, з одним із наріжних каменів поняття системності - складністю, концептуалізація якої стала однією з базових передумов для зародження системних наук.
- Теорія складності як напрям досліджень стає логічним продовженням загальної теорії систем, здатним розкрити її потенціал максимально широким чином[48, с. 52] і безпосередньо слідуючи за нею як необхідне продовження[69, с. 368], здатне виконати цілі попередника.
- Системні науки і науки про складність є в сучасності поняттями, що часто виступають у різних контекстах як еквіваленти[65, с. 163].

Інакше кажучи, на 2023-й рік системні науки і засновані на складності дисципліни переплетені в такій формі, що їх слід вважати або одним і тим самим явищем у різних формулюваннях, або різними історичними формами одного і того ж знання. Однак, перед розглядом теорії складності та загалом складностного мислення, повернімося до Людвіга фон Берталанфі так само, як ми зробили це у випадку з принципом універсальності.

У праці "General System Theory" (1968) Людвіг фон Берталанфі часто використовує поняття "складність" і його синоніми, що з'являються в різних контекстах. Він вживає це поняття 72 рази, застосовуючи його як для опису повсякденної складності, пов'язаної з труднощами, так і для високої деталізації або багатокomпонентності, або просто як протилежність простоті - як принципову непростоту.

Одне з ключових понять, пов'язаних зі складністю, це поділ її на організовану та неорганізовану складність. Організована складність, згідно з фон Берталанфі, тісно пов'язана з поняттям системи. Він зазначає, що цей

поділ є результатом попереднього природничо-наукового дискурсу й описує важливе поняття в рамках системної теорії, будучи навіть можливим синонімом до самого поняття системи[21, с. 19]. Фон Берталанфі також підтримує ідею, подану Ешбі, про те, що складність є цілісною характеристикою, яка вказує на рівень організації через зміну ентропії у більший (менша складність) або менший (більша складність) бік. Складність загалом може розглядатися як чинник організації системи.

Важливо при цьому зазначити, що, незважаючи на введення цієї інтерпретації складності, фон Берталанфі продовжує використовувати й інші поняття, не роблячи складність концептуально необхідною. У зв'язку з цим, на думку Джанфранко Мінаті, теорію систем фон Берталанфі можна назвати передскладною[55, с. 211], тобто формою науки про системи, де повноцінний розгляд складності відсутній у явній формі. При цьому, не можна не помітити, імпліцитно те, що далі буде чітко концептуалізовано як складність, у працях фон Берталанфі було присутнім тією самою мірою, що й у наступних системних науках. Спробуємо проілюструвати це, давши нарис теорії складності як дисципліни і розуміння складності в ній.

Теорія складності як дисципліна відносно молода. У 1984 році було створено Інститут Санта-Фе, який вважається найбільшим і найвідомішим дослідницьким центром у галузі теорії складності та системних наук. Провідні вчені, такі як нобелівські лауреати Мюррей Гелл-Манн і Філіп Андерсон, і багато інших, ведуть дослідження, спрямовані на науковий синтез міждисциплінарних галузей, включно з математикою, комп'ютерними науками, хімією, біологією, фізикою, неврологією, економікою та іншими соціальними науками[34, с. 328]. Основна мета цих досліджень полягає у створенні метатеорії, що об'єднує на методологічному рівні всі дисципліни, які мають справу зі складністю, Ці дослідження досягли значних результатів у вивченні поведінки та сутнісних характеристик складних адаптивних систем. Вони також сприяли формуванню міждисциплінарної галузі досліджень, пов'язаної з системними науками. Одним із ключових чинників успіху стало

надання складності значної ролі в дослідженнях, її концептуалізація та переміщення на передній план дослідницького фокусу.

Метою Інституту Санта-Фе є пошук відповідей на запитання про те, як з умовно простих компонентів виникають складні системи[54 с. 498]. Слово "складність" тут відноситься до систем, що складаються з безлічі різних елементів, які, завдяки самоорганізації, набувають нових властивостей, що виходять за межі суми властивостей окремих елементів[30, с. 1]. Нескладно помітити, наскільки схоже це на споконвічно притаманну системним наукам концепцію емерджентності, у рамках якої фон Берталанфі заявляв класичну формулу про те, що "ціле більше суми його складових" [21, с. 40]. Ця формула збереглася в усіх подальших системних дослідженнях, так чи інакше доповнюючись і вдосконалюючись. Так, приміром, 1999-го року Чекланд, розмірковуючи про характеристики системного мислення, стверджує, що емерджентність - це "принцип, згідно з яким сутності виявляють властивості, що мають сенс тільки тоді, коли приписуються цілому, а не його частинам" [28, с. 314]. Таким чином, можна сказати, що емерджентна поведінка системи впливає із взаємодій і взаємозв'язків між її елементами, а не окремих характеристик цих елементів. Вона виникає завдяки комбінації поведінки і властивостей елементів системи, а також її структури і допустимих взаємодій між елементами. Емерджентна поведінка може бути викликана або піддана впливу стимулу з навколишнього середовища системи. Емерджентність при цьому завжди можна спостерігати на найвищому рівні системи, тобто розглядаючи її цілком. Ба більше, заявляє дослідник Хітчінс, системи загалом виявляють себе як системи настільки, наскільки вони виявляють емерджентні властивості [39, с. 7]. Тобто емерджентність уявляється в сучасних системних науках приблизно в той самий спосіб, що уявлялася і в їхній передскладнісний період. Але є деякі деталі, які все ж таки відрізняються.

Коли йдеться про визначення емерджентних властивостей, дуже часто в дефініціях присутнє поняття складності. Складність відчувається різним дослідникам необхідною частиною розуміння емерджентності не просто як

факту, але виявленого в проявах явища - чимось, що лежить за ним. Приміром, так формулює у своєму довіднику емерджентні властивості Хондріх: "Властивість складної системи називається емерджентною, якщо, хоча вона і виникає з властивостей і відношень, що характеризують її простіші складові, вона не є передбачуваною і не зводима до цих характеристик нижчого рівня"[41, с. 224]. Тобто він одразу ж локалізує його в складній системі і при цьому безпосередньо протиставляє простим складовим, які не мають його в розглянутих контекстах. Тобто емерджентність повною мірою розкривається лише при розгляді складності, яку вже й можна вважати принципом системних наук, що відображається у факті емерджентності.

Спробуємо вказати, виходячи з позицій дослідників, які діють у рамках теорії складності, що складність власне означає. Насамперед слід зауважити, що шляхів розгляду складності вкрай багато. Так, приміром, Мелані Мітчелл стверджує щонайменше п'ять великих способів її визначення, жоден з яких не буде, однак, єдино вірним і таким, що виключає інші. Складність видається їй явищем, яке принципово не може бути зведене до стислого пояснення і може бути лише помічене в його фундаментальних аспектах[53, с. 95]. Розроблення єдиної теорії, яка описує все це, на даний же момент є лише теоретичним проектом, ніким не реалізованим. Можливо, у майбутньому стане можливо ізолювати різні фундаментальні аспекти "складності" і зрештою об'єднати всі ці аспекти в певне загальне розуміння того, що зараз називається складним явищем. Нині ж це скоріше якийсь принцип, що пояснюється через інші концепції, що вже зробити цілком можливо.

Спочатку корисно провести відмінність між складним і складеним. Словник не допомагає провести цю відмінність, розглядаючи терміни як майже синоніми і підкреслюючи "взаємопов'язані частини" в обох випадках, - зауважує Джон Голланд[40]. Ба більше, розмежування складного і складного пов'язане з тим, що складне і складене однаково не піддаються жодним спробам провести різку, розпізнавальну демаркацію - легко відрізнити одне

від одного в крайніх точках, але є середина, де відмінність стає неясною і довірливою.

З цих причин складність, як життя і свідомість, не має суворого визначення. Однак, як і у випадку з життям (біологія) і свідомістю (психологія), ця відсутність не перешкоджає суворому підходу до предмета дослідження. Ба більше, емерджентність ("ціле більше, ніж сума частин") допомагає відрізнити складні системи від інших систем. Виникнення саме по собі є властивістю без різкого розмежування. Існують суперечливі визначення, де хто стверджує, що виникнення має бути цілісною властивістю, яка не зводиться до взаємодії частин. З математичної точки зору, типи взаємодії у світі, що цікавлять і пояснюють досліджуване явище, є нелінійними. Ця нелінійність, зауважує Саймон, породжує рівні організації та ієрархії - відібрані елементи на одному рівні стають "будівельними блоками" для емерджентних властивостей на вищому рівні, як, наприклад, молекули стають будівельними блоками для речовин.

Таким чином, ієрархічна організація тісно пов'язана з емерджентністю. Кожен рівень ієрархії зазвичай керується своїм власним набором законів. Закони нового рівня не повинні порушувати закони попередніх рівнів - тобто закони нижчих рівнів обмежують закони вищих рівнів. Будь-які закони (або теорії), що порушують закони більш елементарних рівнів, зазвичай відкидаються. Переформулюємо для складних систем: властивості, що виникають на будь-якому рівні, мають відповідати взаємодіям, визначеним на нижчому рівні (рівнях).

Мотивація для розгляду системи як складної полягає в тому, щоб отримати відповіді на запитання, які в іншому разі залишалися б недоступними. Часто перші кроки в досягненні глибшого розуміння робляться через порівняння схожих систем. Розглядаючи ієрархічну організацію як неодмінну умову складності, ми фокусуємося на взаємодії емерджентних властивостей на різних рівнях. Поєднання ефектів "згори донизу" та "знизу догори" як обов'язкових є характерною рисою складних систем.

Тобто складність виявляється організаційною суттю явищ, яким властива емерджентність. Однак цим вона, поза всякими сумнівами, не вичерпується. Так, Клір зауважує, приміром, що в загальному словнику можна знайти визначення складності як "якості або стану складності", що описує складність як наявність безлічі взаємопов'язаних частин, елементів або деталей, що робить їхнє повне розуміння важким, або як стан, що вимагає серйозного дослідження для його розуміння або подолання[44, с. 135], що справді буде правильним і може бути застосовано до різноманітних сутностей, чи то матеріальних, чи то абстрактних об'єктів, чи то природних, чи то штучних, чи то продуктів мистецтва, чи то науки. Складність визначається кількістю розпізнаваних частин і ступенем їхнього взаємозв'язку. Крім того, складність має суб'єктивний відтінок, оскільки пов'язана з нашою здатністю зрозуміти або впоратися з об'єктом, що розглядається. Тобто вона може бути зрозуміла, виходячи зі зв'язків, що визначають складні явища як складні.

Це означає, що складність об'єкта залежить від взаємодії між об'єктом і спостерігачем (людиною або комп'ютером), для якого може бути важко зрозуміти або впоратися з ним. Сприйняття складності об'єкта визначається інтересами і можливостями спостерігача. Взаємодія з об'єктом зазвичай ґрунтується на обмеженій кількості атрибутів, які спостерігач може виокремити і які пов'язані з його інтересами. Ці атрибути представлені абстрактними змінними, які є результатом сприйняття або вимірювань. Коли ми визначаємо набір змінних, що ґрунтується на взаємодії з об'єктом, ми говоримо, що система замикається на об'єкті. І складність (в епістемологічному та методологічному сенсі), таким чином, пов'язана із системами, тобто з деякими абстракціями, замикаючимися на об'єктах, які відображають спосіб взаємодії цих об'єктів і суб'єкта з ними.

Таке визначення може здатися складним і заплутаним. І, насправді, воно таки не зможе описати складність як явище природи. Але його вже буде достатньо для опису складності як принципу, оскільки воно чітко визначає головну її суть - взаємодію, до особливої суті якої складність як принцип

системних наук і може бути наближена. Тобто під складністю в системних науках слід розуміти те явище, що лежить усередині систем, яке й дає їм змогу залишатися системами, - постійну внутрішню взаємодію елементів між собою в такий спосіб, що вони одночасно виконують кілька важливих завдань:

- Підтримують себе як конгломерат, тобто здійснюють системотворчу функцію.
- При взаємодії дають ефекти, які самотійно дати не можуть, у такий спосіб забезпечуючи здійснення явища емерджентності.
- Входять в ієрархічні зв'язки, тим самим забезпечуючи цілісність структур, до яких входять, включно зі світом і загалом, чим підтверджують теоретичні засади принципу універсальності.

Цікавим буде також, що таке розуміння складності при сприйнятті його в безпосередній цілісності з принципом універсальності в системних науках стає гарним аргументом на користь помічаного деякими дослідниками зв'язку між фрактальною геометрією і дослідженням систем, оскільки світ у такому разі розглядатиметься як конгломерат складнощів, які обов'язково присутні в усіх царинах універсуму й утворюють інші складнощі внаслідок власної складностної природи, що, поза сумнівами, нагадує класичні теорії складності, а не просто складнощі, що є в них.

Як можна помітити, складність стає для системних наук у край важливим концептом, який, можливо, навіть слід було б розуміти як їхній наріжний камінь. Схожу з нашими висновками думку висловив у статті "From the Concept of System to the Paradigm of Complexity" Едгар Морен, висловивши думку про те, що складність стає неминучим наслідком поняття системи загалом, що підкріплюється як його аргументами, так і історичним шляхом розвитку системних наук. Він стверджує, що "складність не можна спростити - у цьому полягає суть системної парадигми" [58, с. 381]. Це означає, що складність стає важливим аспектом, який від самого початку був прихований у самому понятті системи і має фундаментальне значення для розуміння систем загалом і пояснення світу через них. Складність має особливе значення

і поступово розкривається, привносячи нову парадигму мислення в системні науки через процес розкриття глибинного об'єкта вивчення системних наук, через системи переданого і модельованого. Виходячи з цього, думки дослідників про теорію складності як найпослідовніший і найлогічніший розвиток системних наук видаються такими, що повною мірою відповідають дійсності.

Вкрай правильним у такому контексті є розгляд Іриною Добронравовою складності як процесу[3], адже складність як взаємодія за визначенням навіть є саме процесом, що дає змогу виокремити наступний принцип системних наук, який закономірно слідує за вже виокремленими нами, - процесивного мислення, про який ми скажемо далі.

2.3 Процесивність і самоорганізований порядок

Розуміючи світ як складну систему, що включає системи нижчого порядку, які також є за визначенням складними, ми, сприймаючи складність як форму взаємодії, обов'язково доходимо до питання того, яким чином такий стан виходить і підтримується. І поза всякими сумнівами, ми приходитимемо до питання самоорганізації, адже перехід елементів на рівень нової системи відбувається в рамках взаємодії елементів, які перебувають у рівних умовах у єдиному середовищі, що є необхідною передумовою для емерджентності, наявність якої позначає появу нової, відносно її складових, системи, як ми вже зазначали раніше. На практиці це означає те, що ми називаємо процесивним мисленням.

Одним із вдалих способів визначення цього принципу є визначення Джорджа Мобуса визначити цілісну систему як щось, що "...може бути розглянуте в термінах вхідних і вихідних потоків матеріалу, енергії та повідомлень, де те, що входить, переробляється, щоб виробити кінцевий результат"[56, с. 226]. Цей вислів може здатися коротким і малозначущим, але насправді він спирається на серйозну аргументативну базу і має досить серйозні методологічні наслідки, особливо в контексті уявлень про світ у рамках системного принципу універсальності. Розглянемо спершу друге, щоб перейти до першого.

Насамперед, нагадаємо собі, як уявляється світ, виходячи з принципу універсальності. Він являє собою складне ціле - тобто єдність, створювану різноманітним несхожих один на одного, але схожих за своїми організаційними властивостями, елементів, які перебувають як у горизонтальних, так і в ієрархічних зв'язках, і мають системні властивості. Принцип складності пояснює це явище, стверджуючи, що в основі цього лежить постійна внутрішня взаємодія, що породжує з розрізнених елементів такий собі "фреймворк"[68], у рамках якого проявляється емерджентна, тобто нова і не пояснювана лише характеристиками елементів, властивість, що дає

змогу говорити про нову, відносно складових, систему. Разом ці два принципи приводять, як ми вже помітили, до уявлення про світ як фрактал, тобто про структуру, створену з безлічі варіативних самоподібностей, що проявляються на різних масштабах її прояву. Але без пояснень така модель не відповідатиме навіть власному визначенню, адже ізольований фрактал цілком може бути представлений як проста фігура, як, утім, і все у світі. І справа буде не в тому, що все у світі, мовляв, на тому чи іншому рівні матиме простий характер - ні, світ принципово не зведений до простоти, на онтологічному рівні її перевищуючи[25], а просто в тому, що ізольована складова світу вже не буде насправді його частиною, виступаючи лише моделлю, яка, своєю чергою, не маючи незалежного онтологічного статусу, виступає допоміжним елементом системи пізнання у суб'єкта[22]. І в цього є причина - річ у тім, що принципова складність призводитиме до принципової неможливості ізольованого і позаконтекстуального існування будь-чого, адже в умовах складного світу будь-яке явище, будь-яка сутність, будь-який, навіть, у певному контексті, атомарний елемент буде являти собою процес, прямим наслідком чого є, наприклад, факт того, що точність будь-якого емпіричного дослідження стає значущо вищою, якщо його розглядатимуть у динамічному контексті[31], і що застосування оптики тих системних наук, які стосуються процесу, є не лише процесом, але і процесом, який є частиною процесу. Інакше кажучи, процесивне мислення стає принципом, що кардинально змінює науку в міру його імплементації, сприяючи створенню дедалі новіших і досконаліших моделей навіть, здавалося б, звичних і вивчених явищ, що матимуть простий для пізнання та водночас складний у своїй сутності[35] характер.

Прикладом такого спрощення, як зауважує Мобус, може слугувати вживання поняття "енергія", яке в рамках процесивного мислення має дещо інший, - значно менш заплутаний, ніж поза ним, - характер. Він вважає, що люди, розглядаючи роботу й енергію в повсякденному житті, часто стикаються в рамках свого повсякденного мислення з помилками й плутаниною, прикладом чого він називає слововживання "ментальна

енергія"[56, с. 227], яку багато хто використовує в метафоричному сенсі, як, наприклад, еквівалент поняття про високий інтелект. І, здавалося б, вони навіть матимуть рацію, адже в мозку відбувається реальний потік енергії, і реальна електрохімічна робота виконується під час активації нейронів, проте в ментальній сфері немає окремої форми енергії, аналогічної відмінності між теплом та електрикою, чого, втім, вони не беруть до уваги - люди мимоволі потрапляють у полон метафізичного есенціалізму, створюючи у своїй голові явища, яких насправді не існує, та приписуючи їм значення, незважаючи на відсутність за цим якихось процесів. І це ускладнює розуміння реальних процесів, які ми уявно можемо з їхнім сприйняттям пов'язати. У рамках же процесивного мислення, коли ми обов'язково говоритимемо, маючи на увазі інтелект, про процеси якогось перетворення енергії в рамках розумової системи, ми зможемо серйозно говорити про ментальну енергію і розуміти її як якийсь кількісний показник перетворень, що відбуваються на різних рівнях у мозку.

Важливо також, вважає він, бути обережними в розумінні енергії в повсякденному світі, щоб не потрапляти в пастку віри у вічні двигуни або безкоштовну енергію. Так, наприклад, навіть у дискурсі вчених-кліматологів та енергетиків, які безсумнівно володіють знаннями у фізиці, іноді помилково заведено говорити про сонячну енергію як про "безкоштовну" або доступну всім, виходячи з вільного доступу до її джерела. Що, однак, на практиці зовсім не так навіть на найпростішому фізичному рівні. Потоки енергії та перетворень того чи іншого типу призводять до змін у системах, проявляючись у змінах систем, їх підтримці та деградації з часом. І вивчення динаміки, яка вивчає ці процеси зміни з часом, є фундаментальною галуззю системних наук. І проявляється вона у всіх системах на будь-якому пізнаваному рівні доступного людині світу. Ми можемо вивчати морфологію системи, її функціональність, але якщо ми не розуміємо, як і чому відбувається зміна компонентів із часом, ми ніколи не зможемо повноцінно оцінити цю систему. І для здійснення прогресивних змін у будь-якій частині системи

необхідно здійснювати потік енергії та виконання роботи. Регресивні ж зміни відбуваються внаслідок незворотної втрати вже наявної в системі енергії, тобто в процесі ентропії. І процесивне мислення системних наук, в основі якого лежить спроба пов'язати еволюціонізм (прогресивні зміни) із термодинамічним розумінням ентропії (регресивні зміни), упроваджене на методологічному рівні в будь-які сфери життя й знання, стає способом дійсного спрощення життя та думки в контексті позбавлення від хибних думок.

І, що, мабуть, найважливіше, таке мислення принципово змінює характер сприйняття організації як категорії, змінюючи характер її оптики з ієрархічного на горизонтальний, тобто зміщуючи увагу до самоорганізації, яка лежить як основа усередині будь-якої організованості у світі - і, що важливо, яка значною мірою пояснює принцип процесуальності, а не лише підтверджує його.

Є досить багато підходів до концептуалізації самоорганізації як явища - філософських, природничо-наукових, соціально-гуманітарних, загальнометодологічних. Один із найуспішніших і водночас найширших із них - підхід синергетики Германа Гакена, настільки впливовий, що Ірина Серафимівна Добронравова навіть характеризує його як такий, що має революційний характер[4, с. 29], а Крьогер називає "набагато фундаментальнішим"[45, с. 226], ніж аналоги.

Дослідження Гакена тісно пов'язані з фізикою, з конкретних спостережень у рамках якої він і виводить свої судження про загальні для будь-яких систем організаційні структури.

Одним з основних прикладів систем, що самоорганізуються, яким Хакен користувався, були лазери. Раніше він проводив дослідження в галузі квантової оптики і лазерів. Лазери демонструють самоорганізацію, коли велика кількість атомів або молекул синхронізують свої стани для генерації когерентного випромінювання. Цей приклад показує, як взаємодія безлічі простих компонентів може призвести до складної та впорядкованої поведінки

без зовнішнього управління[37, с. 225]. Також Гакен спирався на теорію нелінійної динаміки, що вивчає системи, в яких поведінка не пропорційна вхідним сигналам. У нелінійних системах малі зміни можуть спричинити великі ефекти, і системи можуть мати кілька стійких станів, або, кажучи іншою термінологією, "атракторів". Системи можуть самоорганізовуватися навколо цих атракторів, утворюючи стабільні структури або поведінку, що і стає чинником утворення самої системи та її підтримання - рівноваги в біохімічних системах, які визначаються безліччю змінних[37, с. 270]. Також як аргументацію він використовував концепції статистичної механіки і термодинаміки, особливо поняття ентропії та безладу. У межах його концепції системи можуть переходити від станів із більшим безладом до більш впорядкованих станів, що на практиці під час дослідження позначається саме рівнем ентропії в них, стрибкоподібні зміни параметра якої й позначають фазовий перехід системи в бік того чи іншого рівня порядку[37, с. 182]. При цьому, слід зауважити, він прагне дати всьому цьому достатній для пояснення й аргументації математичний апарат. Цей математичний апарат ґрунтується на нелінійних рівняннях, тобто на такому типі рівнянь, який не має єдиного правильного розв'язку. На практиці ж нелінійність означає, що в системі відсутня пряма пропорційність між входом і виходом, унаслідок чого малі зміни в них і можуть спричинити більші ефекти - це відомо як ефект "метелика" - він також може бути одним із можливих пояснень явища емерджентності, також будучи доказом на користь наявності нелінійного, відкритого, стану в усіх систем на певному етапі їхнього розвитку, тим самим краще пояснюючи будову світу. Наслідком такого є факт наявності в нелінійних систем кількох рівноважних станів, які на масштабі рівняння визначаються розв'язками.

Але математичним підходом Хакен, однак, не вичерпується. Крім фізичної та математичної аргументації й описів, він використовує й суто понятійні. Розглядаючи групу робітників, зауважує Хакен, можна говорити про організацію в ситуації, коли кожен робітник виконує задані зовнішніми

вказівками дії, дотримуючись інструкцій начальника. Передбачається, що така регульована організація призводить до спільних дій, спрямованих на виробництво певного продукту. І вона справді перебуває у світі, який визначається не тільки внутрішніми, а й зовнішніми детермінантами, або атракторами. Але з іншого боку, точно такий самий процес можна назвати самоорганізацією, якщо немає зовнішніх чинників, що регулюють поведінку робітників, але вони продовжують співпрацювати і виконують свою роботу на підставі наявності спільної мети або мотивів кооперації, що лежать у взаємодії[37, с. 191]. Організація при цьому, в чистому вигляді, являє собою детермінований процес, де поведінка "робітників" повністю передбачувана і визначається їхнім робочим завданням і цілепокладанням "начальника". Такі процеси лінійні і, насправді, є спрощенням, не існуючи в реальності повною мірою. Адже насправді в будь-якій операції робітників присутні значно більше чинників, ніж просто цілепокладання і відповідність йому. Тоді як кооперація, тобто процес, де поведінка їхня залежить від взаємодії один з одним, уже не є суворо детермінованим процесом, зважаючи на відмінності в напрямках їхньої діяльності, окремих завданнях і випадкову поведінку. Як результат, наслідок їхніх дій може сильно відрізнятись від випадку до випадку і визначатиметься не стільки значенням, скільки діапазоном від одного результату до іншого (назвемо їх найкращим і найгіршим), що вже набагато реальніше, ніж спрощена лінійна модель. При цьому, що важливо, за рахунок координації один з одним, ці "робітники" насправді зможуть являти собою "команду", тобто цілісність, яка, як ми бачимо, визначається скоординованою поведінкою елементів.

Хакен вважає, що теорія, заснована на такому розумінні, буде застосовна до широкого класу систем, включно з не тільки соціологічними системами, а й фізичними, хімічними та біологічними системами, які він описує переважно через математичний апарат, що виступає еквівалентом поданим раніше метафорам. При цьому, вважає він, така модель показуватиме

достатню реальність в умовах різних систем, поза їхньою ізоляцією, показуючи флуктуації від їхньої зовнішньої взаємодії[38].

Досить близькою, хоча й має певні відмінності, є теорія Іллі Пригожина та представників пов'язаного з ним напряму системних наук - теорії хаосу. Як і Хакен, Пригожин за освітою та основним напрямком своєї діяльності, був фізиком і хіміком, і саме на дослідженнях у цих дисциплінах він ґрунтував свої уявлення про самоорганізацію та модель Всесвіту.

У центрі робіт Пригожина перебувають дисипативні структури - форми організації, що можуть виникати й підтримуватися в нерівноважних системах, де відбувається безперервний обмін енергією та речовиною з навколишнім середовищем. Прикладами дисипативних структур можуть слугувати вихори в рідині, конвекційні клітини в нагрітій рідині та багато біологічних структур. Саме на підставі них Пригожин і його колеги показали, як відбувається процес самоорганізації і який його творчий ефект. Вони пов'язали це з ситуацією, коли система досягає певного порога або "біфуркаційної точки". За таких умов малі флуктуації можуть бути посилені, призводячи до радикальної перебудови системи та створення нової, складнішої структури, чим також може пояснюватися явище емерджентності. Однак, насамперед, Пригожин відомий як один з авторів теорії хаосу. Спробуємо пояснити його погляди через призму цього поняття, через яке він пояснює і порядок.

Для Пригожина Хаос виступає певним тлом і водночас джерелом для всього того, що відбувається у світі. Хаос - це, у певному сенсі, основа того, яким чином все відбувається і основний, у плані важливості, стан всесвіту. При цьому важливо зазначити, що Ілля Пригожин, хоч і вивчав і описував системи, які можуть проявляти хаотичну поведінку, не запропонував власного суворого визначення "хаосу". Натомість, його роботи зосереджені на концепції нерівноважних термодинамічних систем та процесах самоорганізації в цих системах, які на тлі хаосу і діють. Однак, його праці, включно з "Order out of Chaos" та "From Being to Becoming", містять обговорення процесів, які можна описати як "хаотичні" в загальному сенсі

слова, тобто як процеси, де малі зміни в початкових умовах можуть призвести до більших змін у подальшій поведінці системи, і де поведінка системи може бути складною та непередбачуваною, але, водночас, стабільною, тобто впорядкованою. Так, наприклад, говорячи про походження нового порядку в різних системах, Пригожин стверджував, що "порядок або когерентність затиснута між тепловим хаосом і неврівноваженим турбулентним хаосом" (62, с. 167), маючи на увазі, що відносини між хаосом і порядком мають характер складного чергування стабільних, або рівноважних, положень із ситуаціями "творчої" неврівноваженості, в рамках якої циклічно виникають ситуації якісного переходу в іншу системну форму. Ця непередбачувана і чутлива до початкових умов поведінка системи поблизу біфуркаційних точок багато в чому нагадує хаос у його повсякденному розумінні. Біфуркація в контексті роботи Пригожина належить до моменту, коли система, далека від рівноваги, проходить через критичну точку, внаслідок якої відбувається різка зміна її поведінки. Це може статися, наприклад, коли зовнішні умови, такі як температура або тиск, досягають певного значення, змушуючи систему переходити з одного стану в інший. Важливо зазначити, що біфуркації відіграють ключову роль у процесі самоорганізації, яка є центральною темою в роботах Пригожина. У момент біфуркації система може переходити до нової поведінки, яка часто характеризується більшою структурною складністю. Наприклад, у хімічній системі можуть формуватися нові, складніші структури, причому не інваріантно, а розгалужено - даючи змогу здійснюватися у світі розмаїтості за єдиних початкових параметрів [63, с. 120], тобто реалізуючи ті самі нелінійні моделі, про які ми говорили раніше.

Власне, завданням дослідження такого роду явищ дослідник називає розуміння того, як "з елементарних субодиниць може виникнути організація, що стоїть над елементами і здатна автономно використовувати ресурси довкілля" [64, с. 8], тобто, власне, розгляд самоорганізації як найприроднішого, за своєю сутністю, впорядковувального процесу. Також ця модель дає змогу в рамках системних наук розв'язати суперечність між детерміністичними та

випадковими тенденціями в досліджуваних явищах, зазначаючи, що "...поблизу біфуркації важливу роль відіграють флуктуації або випадкові елементи, в той час як між біфуркаціями детерміністичні аспекти будуть домінуючими" [62, с. 176]. Таким чином, вона зможе створити методологічне підґрунтя для розв'язання безлічі проблем, притаманних предметному полю системних наук, і навіть, як зауважує Ірина Серафимівна Добронравова, стане важливою складовою "побудови нової, еволюціоністської фізичної картини світу"[4, с. 75], тим самим, можливо, . Таким чином, процесивне мислення і стає одним із необхідних для здійснення програми системних наук принципом. Однак, навіть розуміючи це і відзначаючи широке значення системних наук для сучасного наукового знання, їхня дійсна роль у його системі все ж таки залишається невизначеною. Спробуємо прояснити її, виходячи зі сказаного тут.

2.4 Висновки до другого розділу

У перебігу дослідження нами було виокремлено, ґрунтуючись на класичних для системних наук працях, кілька базових для цього напряму принципів, застосування яких у системних науках здатне розкрити їх повною мірою, ґрунтується на предметному полі, що об'єднує дослідження в цій царині, серед них:

- Принцип універсальності, пов'язаний із цілісним сприйняттям світу в системних науках. Цей принцип був окреслений експліцитно ще Людвігом фон Берталанфі у форматі припущення про те, що системи перебувають у всіх царинах універсуму і є необхідними як категорія для його пізнання, але найбільше опрацьовано його було в контексті прикладного вживання системних наук, унаслідок формування в них настанови на необхідність розгляду світу як загальної моделі, в межах якої застосовується багатопланове уявлення, що позначається, насамперед, твердженням про те, що складні структури утворені зі складових, які, своєю чергою, можуть бути розбиті на дрібніші елементи, та концепцією, що цілісна структура на одному рівні може включати компоненти, які є цілими на своєму рівні, тобто що увесь світ концептуалізується як система систем і саме в такий спосіб може бути сприйнятий одночасно і цілісно, і придатний для ізолюваного розгляду тих чи інших його компонентів, що на практиці призводить до методу поділу масштабів у дослідженні

- Принцип складного мислення, пов'язаний безпосередньо з явищем емерджентності, що лежить в основі моделей системних наук. У ранніх системних науках він був присутнім лише імпліцитно, даючи змогу судити про них як про передскладнісні, повною мірою розкрився з концептуалізацією поняття складності в дослідженнях учених інституту Санта-Фе і близьких до нього організацій і напрямів. У рамках цієї групи досліджень складність як явище було розглянуто в різних контекстах і різними методами, основним висновком із застосування яких було сприйняття складності як процесу

внутрішньої взаємодії, що характеризує певні групи елементів, які набувають унаслідок неї нових властивостей і формують явища іншого порядку - складніші, ніж вони самі. Ці явища і характеризуються як системи. Відповідно, складностне мислення - це уявлення про системи як про групи елементів, чие значення характеризується не сумою їхніх властивостей, а набуваючими в результаті якогось внутрішнього процесу нових, тобто емерджентних, властивостей. Такий підхід видається багатьом дослідникам найбільш логічним розвитком настанови системних наук і важливою віхою в їхньому становленні, що навіть дає змогу говорити про системні науки як про науки про складність.

- Принцип процесивного мислення, пов'язаний із дослідженнями самоорганізації та її імплікаціями. Цей принцип безпосередньо пов'язаний із попереднім і виводиться приблизно в той самий час, найчастіше - у дослідженнях, що перетинаються. Він означає, що будь-яке явище у світі слід сприймати як процес, тобто як якесь визначуване середовищем перетворення його елементів. У системних науках це добре перетинається з уявленнями про складність, доповнюючи їх і пояснюючи, що значить внутрішня взаємодія, яка складністю визначається. Це концептуалізується в безліч способів, найавторитетнішими з яких є підхід синергетики та теорії хаосу. Обидві дисципліни концентруються на розгляді питання самоорганізації як джерела організованого в розглядуваних об'єктах. Для системних наук це означає розкриття процесу складності як процесу організації елементів систем через їхню скоординовану поведінку, спрямовану на трансформацію тієї чи іншої складової реальності, що призводить на практиці до поглиблення контекстуальності та нередукованості як характеристик системних наук і до появи методів математичного опису явищ, що розглядаються як системні.

Кожен із цих принципів, важливо зауважити, імпліцитно схований у базових для системних наук визначеннях системності та методах їхніх розглядів і поступово виходить в експліцитну форму в міру розвитку методології системних наук і розроблення їхнього предметного поля в різних

підходах, при цьому розкриваючись у такий спосіб, що кожен із них не лише логічно слідує за іншим, а й є доповненням і поясненням для іншого. Таким чином, імплементація будь-якого з них стає кроком у бік не тільки наближення спільного результату у вигляді виконання мети системних наук з побудови метатеорії, що об'єднує все знання в єдине ціле.

3. Системні дослідження в науково-методологічному контексті

3.1 Системні науки як парадигма

Виходячи з усього сказаного раніше, можна легко зрозуміти, що системні науки мають величезне значення для сучасного наукового знання, стаючи джерелом як нових методів або моделей пізнання, так і поглиблення фактологічних знань про різні сфери універсуму, забезпечуючи цілісний і міждисциплінарний підхід до вивчення складних і взаємопов'язаних проблем. При цьому, однак, конкретна їхня як концепту роль у науково-методологічному контексті досі залишається заплутаною, даючи змогу розглядати їх як абсолютно різні категорії наукової методології.

Одним із популярних поглядів на суть системних наук є уявлення про них як про парадигму, якого, наприклад, дотримувався Едгар Морен, який заявляв, що:

- Система, яку розглядають як складність, переходить із дослідницького на парадигматичний рівень[58, с. 378], даючи початок новій науковій парадигмі.

- Ця парадигма вже перебуває в процесі формування і стає основою для принципово нового способу мислення[59, с. 104], який уже проявляється.

Такі твердження, поза всякими сумнівами, вкрай втішні для системних наук і тих, хто ними займається, і, крім того, доволі широко аргументовані, адже Морен - один із найбільших дослідників системних наук у філософському та методологічному контекстах. Але, все ж таки, приймати його на віру буде зайвим - воно потребує перевірки, даючи початок пошуку відповіді на те, як слід розглядати роль системних наук у сучасності. Спробуємо почати з відповіді на запитання, що таке парадигма і які її характеристики.

Парадигма - науково-методологічний концепт, висунутий Томасом Куном у своїй праці "Структура наукових революцій" у 1962-му році, з метою пояснення того, як відбувається розвиток наукової думки і чим вона

характеризується. У цій праці він аргументував, що наука не розвивається поступово і лінійно, але через серію "революцій" або "парадигмальних зрушень", коли наявна парадигма зазнає кризи і замінюється новою. Він наголосив, що парадигми відіграють центральну роль у науковій діяльності, визначаючи не лише об'єкти дослідження, а й способи їхньої інтерпретації, виступаючи як "загальновизнані наукові здобутки, що на певний час забезпечують модельні проблеми та рішення для спільноти практиків"[43, с. 8], які, за Куном, часто є несумісними між собою, оскільки спираються на різні підвалини і передумови, унаслідок чого можуть являти собою абсолютно різні "світи"[43, с. 120]. Виникаючи один раз, вона залишається дійсною схемою, через яку в рамках нормальної, тобто такої, що відповідає правилам наукового співтовариства, науки світ розглядають, описують і моделюють, змінюючи її лише тоді, коли кількість аргументів проти неї стає критично великою, що змушує її змінюватися іншою моделлю.

На практиці це означає такі характеристики для цього явища:

- Парадигми визначають, що вивчати: парадигми встановлюють рамки дослідження, вказуючи на ключові питання і галузі вивчення, які вважаються найважливішими і найперспективнішими.
- Парадигми визначають, як вивчати: парадигми визначають методологію дослідження, включно з методами збирання та аналізу даних, що застосовуються в цій галузі.
- Парадигми включають загальноприйняті приклади: парадигми включають у себе набір "стандартних" або "класичних" прикладів, які слугують взірцем для наукового навчання і практики.
- Парадигми формують світогляд учених: парадигми включають набір теоретичних передумов і переконань, які формують світогляд учених і визначають, як вони інтерпретують отримані дані.
- Парадигми схильні до змін через наукові революції: парадигми не є статичними, вони тимчасові й контекстуальні, і тому можуть змінюватися

через процес наукових революцій, коли наявна парадигма зазнає кризи і замінюється новою.

Наведемо класичний приклад парадигм та їхньої зміни, після чого спробуємо розглянути, знаючи це і зазначені нами раніше особливості системних наук, чи є вони парадигмою. Тривалий час в астрономії панувала парадигма Птолемея. Це геоцентрична модель Всесвіту, де Земля розташована в центрі, а всі інші небесні тіла обертаються навколо неї по складних кругових орбітах. В її аргументацію наводилися абсолютно різні аргументи, суть яких, однак, зводилася, перш за все, до очевидності та простого спостереження, яке довгі роки задовольняло пізнавальні потреби людини. Однак із часом розвиток технологій і дослідження за допомогою них тих галузей, що раніше піддавалися спостереженню лише через очевидні методи, призвели до того, що проти моделі Птолемея накопичилося надто багато контраргументів, починаючи від тіні місяця і закінчуючи положенням зірок у різні пори року. І в певний момент, коли кількість таких аргументів стала абсолютно критичною і Птолемеєва модель просто не змогла себе підтримувати, її змінила парадигма Коперника і відповідна парадигма. Парадигма Коперника - це геліоцентрична модель Всесвіту, де Сонце розташоване в центрі, а Земля та інші планети обертаються навколо нього за еліптичними орбітами. Цей парадигматичний зсув від Птолемея до Коперника часто називають "коперниканською революцією", що сталася насамперед у космології. Бувають наукові революції локальні. Бувають - властиві цілій дисципліні. А бувають - загальнонаукові. Але, втім, не це важливо. Важливе питання: чи можуть системні науки вважатися парадигмою? Розширимо запитання і одразу ж відповідатимемо на окремі його етапи:

- Чи визначають системні науки, що вивчати? Так, системні науки визначають своїм предметом вивчення на загальнонауковому рівні системи - складні структури, що складаються з елементів, які набувають разом нових характеристик, порівняно з їхньою самотійною поведінкою.

- Чи визначають системні науки, як вивчати? Так, системні науки дають різноманітну методологію з приводу того, як слід вивчати системи, включно з методами поділу шарів, комп'ютерного моделювання, математичного опису нелінійних процесів тощо.

- Чи включають системні науки загальноприйняті приклади? Складно сказати. Системні науки являють собою дуже широку групу досліджень із величезним предметним полем, і не всі приклади окремих системних наук діють в інших - найімовірніше, наразі в системних науках усе ж таки немає загальноприйнятих прикладів.

- Чи формують системні науки світогляд учених? Поза всякими сумнівами, так. Системні науки створюють цілісну модель світу, в рамках якої можна інтерпретувати ті чи інші явища, додаючи їх як деталі в базовий фреймворк.

- Чи можна судити про системні науки в контексті наукової революції? Переважно, ні. Навіть якщо системні науки і мають потенціал для її здійснення, наразі вони ще не реалізували себе як загальнонаукова метадисципліна, що є, однак, кінцевою метою їхнього як проєкту. Вони не змінили нічого в цьому контексті і не утвердилися поки що.

Виходячи зі сказаного вище, системні науки як концепт відповідають трьом із п'яти висунутих нами критеріїв наукової парадигми. Відповідно, твердження Морена про системні науки як про парадигму принаймні передчасні, якщо й не помилкові повністю. Однак навіть припустимо, що всі критерії істинні. Припустимо, що системні науки змогли здійснитися як проєкт метадисципліни, що об'єднує всі інші науки, і в них з'явилися загальноприйняті приклади і моделі. Чи слід усе ж таки тоді вважати системні науки парадигмою?

Із застереженнями. Системні науки, що вивчають принципи і моделі, які можна застосувати до складних, взаємопов'язаних систем у різних галузях, від фізики і біології до соціології та економіки, у певному сенсі можна вважати парадигмою у визначенні Томаса Куна. Однак є кілька важливих відмінностей.

По-перше, Кун зазвичай говорив про парадигми в контексті конкретних наукових дисциплін, як-от фізика або хімія, тоді як системні науки містять у собі підходи і методи, які можуть застосовуватися в широкому спектрі дисциплін. По-друге, парадигми за Куном зазвичай пов'язані з конкретними науковими теоріями або моделями, такими як теорія відносності у фізиці. У той час як системні науки радше описують загальні принципи і методи, які можуть бути використані для моделювання та аналізу складних систем, ніж конкретні теорії або моделі. Однак їх можна було б розглянути так, як це робить Клір - тобто як методологічну парадигму, яку розуміють як спосіб надання "всіх можливих розв'язань проблеми"[44, с. 112], тобто як інструкцію для дослідження в різних галузях.

При цьому особливе методологічне значення системних наук, про яке говорить Морен, зовсім не спростовуватиметься тим, що в будь-якій ситуації парадигмою їх можна буде вважати лише із застереженнями, адже, як зазначає Ірина Серафимівна Добронравова, "парадигма" складного мислення Морена може стати перспективним джерелом для розроблення стилю мислення сучасної науки й практики[2, с. 103], особливо якщо сприймати формулу про "сукупність методологічних регулятивів, ідеалів, норм"[13, с. 121]. 103], особливо якщо сприймати стиль мислення як формулу про "сукупність методологічних регулятивів, ідеалів і норм"[13, с. 121], усі складові якої в системних науках точно наявні. Спробуємо розглянути, однак, й інші шляхи концептуалізації системних досліджень у науково-методологічному контексті.

3.2 Системні науки як науково-дослідницька програма

Одним із часто використовуваних для опису явищ, що претендують на парадигмальне значення, терміном є науково-дослідницька програма Лакатоса, яку від самого початку її автор позиціонував як більш точний і реалістичніший науковий концепт[69], ніж погляд Куна, що, на думку дослідника, призводить до помилок та аномалій[46, с. 90]. Він вважає, що прогрес у науці полягає в розвитку окремих дослідницьких програм, а не в періодичному відкиданні однієї парадигми на користь іншої, як запропонував Кун. Лакатос наголошував на тому, що дослідницькі програми можуть розвиватися паралельно та конкурувати між собою, і успіх однієї програми не означає неминуче відкидання інших - вони не існують як певні сутності, але мають характер соціально значущого організованого знання.

Його концепція досить проста. Науково-дослідницька програма Імре Лакатоса - це комплексна структура, що складається із серії теоретичних систем та емпіричних досліджень, які розвиваються навколо "твердого ядра" незмінних постулатів і гіпотез, що підтримуються варіативним "захисним поясом", який дає змогу теоріям зберігати стійкість, незважаючи на якісні зміни. Програма передбачає свого роду стратегію для розвитку науки. Як приклади Лакатос наводить науково-дослідницькі програми Ньютона й Ейнштейна. Під програмою Ньютона він має на увазі власне ньютонівський вивід класичної механіки. Тверде ядро цієї програми складають три закони Ньютона. Захисний пояс же охоплює різні конкретні гіпотези і моделі, розроблені для опису окремих фізичних систем, таких як планетні орбіти або тіла на землі. Програмою ж Ейнштейна він вважає модель світу, засновану на погляді про відносність. Тверде ядро цієї програми становить, безумовно, теорія відносності Ейнштейна. Захисний пояс охоплює різні конкретні гіпотези і моделі, розроблені для опису різних релятивних феноменів, таких як гравітаційний вплив. Відносини між цими двома дослідницькими програмами, власне, досить хрестоматійні. Вони не суперечать одна одній, просто

описують різні речі і дають окремі моделі. Коли ж емпіричні дані суперечать у них прогнозам, що ґрунтуються на твердому ядрі, зміни вносяться до захисного поясу, за допомогою чого можливі суперечності й вирішуються або зменшуються.

Тобто науково-дослідницька програма має такі характеристики[46]:

- Тверде ядро. Це сукупність основних принципів і тверджень, які не підлягають зміні в рамках дослідницької програми.
- Захисний пояс. Набір допоміжних гіпотез, які можуть бути модифіковані або відкинуті для захисту твердого ядра від можливих протиріч з емпіричними даними.
- Позитивна евристика. Правила, що визначають шлях розвитку дослідницької програми, пропонуючи напрямки для її розширення і зростання.
- Негативна евристика. Правила, що встановлює обмеження, забороняючи певні види змін у твердому ядрі програми.
- Прогресивність і регресивність. Можливість програми бути оціненою за прогресивністю (коли програма пророкує нові, неочікувані факти) і регресивністю (коли програма не справляється з поясненням уже відомих фактів).
- Конкуренція і перехресний контроль. Принципова неізоляваність від інших наукових програм. Вони взаємодіють і конкурують одна з одною, даючи змогу процесу конкуренції визначити, яка програма успішніша, водночас іншу не виключаючи.

Подивимося відразу ж, як справляються з цими критеріями системні науки. Так чи можна вважати системні науки науково-дослідницькою програмою за Імре Лакатосом:

- Чи властиве системним наукам тверде ядро? Поза всякими сумнівами. У його основі лежить розуміння систем і системності, просунуті ранніми їхніми дослідниками, насамперед - фон Берталанфі. У нього входить сприйняття світу як конгломерату систем як комплексу взаємодіючих

компонентів, чії властивості як комплексу не зводяться до сукупності властивостей як елементів. Насамперед, тобто, це поняття системності та принцип універсальності.

- Чи є в системних наук захисний пояс? Так, є. Це пізніші методологічні настанови, чи то принцип складності, чи то процесивне мислення, чи то безліч конкретних методів, які використовують у різних системних науках. Так, наразі вони сприяють реалізації системних наук, але, однак, відмова від них, якщо вони зіштовхнуться з протиріччям досвіду, не потягне за собою відмову від системних наук загалом.

- Чи властива системним наукам позитивна евристика? Так. Системні науки мають на меті побудову метатеорії, яка зуміє об'єднати все різноманіття знання, їхній розвиток відбувається в рамках цієї установки, застосовуючи для її виконання набір окремих цілей, що відрізняються в рамках різних системних наук.

- Чи властива системним наукам негативна евристика? Так. Системні науки мають радикальний антиредукціоністський посыл, унаслідок чого будь-які зрушення в його бік повністю перешкоджені базовими їхніми принципами.

- Чи можуть системні науки бути оцінені в критеріях прогресивності та регресивності? Так, можуть. Системні науки мають широке предметне поле, яке поступово розширюється, перевіряючи застосовність їхніх принципів на конкретних явищах і моделях.

- Чи входять системні науки в матрицю конкуренції та перехресного контролю? Так. Системні науки постійно взаємодіють із дослідженнями, які не керуються системними принципами, і дають моделі одних і тих самих явищ, які конкурують з ними, у зв'язку з чим здійснюється розвиток і перевірка як їхніх, так і дисциплін поза цим напрямом думки.

З огляду на все сказане, системні науки, безумовно, потрапляють під визначення науково-дослідницької програми і можуть бути сприйняті в науково-методологічному контексті, як успішна загальнонаукова науково-

дослідницька програма, яка успішно прогресує. Що важливо, при цьому вона складається зі ще низки дослідницьких програм вузкого формату - присвячених конкретному застосуванню системної методології в різних умовах і таких, що просувають її в необхідному контексті. Усі ці програми мають загальне тверде ядро, засноване на основних принципах системної методології, включно з описаними нами раніше принципами. Вони також об'єднані спільною позитивною евристикою, яка полягає в прагненні застосувати ці принципи для розуміння складних систем у різних контекстах, від природничих і соціальних наук до технології та мистецтва. Але водночас кожна з цих програм має свій власний захисний пояс, що складається з гіпотез і теорій, розроблених для врахування особливостей конкретних систем і контекстів, у яких вони працюють. Негативна евристика, своєю чергою, забороняє відмову від основних системних принципів або їх застосування без належної обережності та критичного осмислення. Таким чином, системні науки являють собою одночасно і цілісну дослідницьку програму, і цілий комплекс програм меншого формату - систему пов'язаних науково-дослідницьких програм, і саме таке формулювання визначає їхню роль у системі постнекласичного наукового знання найповнішим чином.

3.3 Системні науки як тип наукової раціональності

Також можливим, хоча й малоімовірним, може бути розгляд системних наук не просто як елемента науки певного типу раціональності, а й загалом як тип наукової раціональності. З огляду на описаний нами на початку дослідження їхній глибинний зв'язок із постнекласичною наукою як концептом, цілком можливим буде й припустити, що системні науки виявляться просто тотожними тому, в контексті чого вони себе проявляють - постнекласичному типу наукової раціональності. Якщо це так, вони також відповідатимуть опису типу наукової раціональності як концепту загалом. Спробуємо зараз це перевірити.

На самому початку своєї роботи ми торкалися питання типів наукової раціональності, але робили це лише мимохіть - передусім заради окреслення граней типу наукової раціональності, який нас цікавить у контексті системних наук. Спробуємо розглянути саме поняття. В'ячеслав Стьопін, який виокремив його в контексті своєї концептуалізації науки та її розвитку, не давав жодного разу чіткого визначення, що воно собою являє. Але за уривками його застосування дослідником можна судити про те, що:

- Вони визначаються особливостями системної організації розглянутих наукою об'єктів, системою ідеалів і норм дослідження, специфікою рефлексії над знанням у контексті його включення в культуру[12].
- Трансформація філософських засад науки виконує роль індикатора нового типу раціональності[9, с. 43].
- Наукова раціональність визначає епістемологічний та онтологічний статус об'єкта дослідження[9, с. 47].

Загалом, її, виходячи з цього, можна визначити як систему філософсько-світоглядних постулатів, на яких безпосередньо базується наукове дослідження і які безпосередньо впливатимуть на низку критеріїв. Наведемо свій варіант їхнього списку, паралельно спрощено описуючи характеристики

найбільш "хрестоматійної", тобто класичної, наукової раціональності, за цим шаблоном:

- Методологію науки, тобто на те, які методи дослідження використовують, як формулюють гіпотези й теорії, як перевіряють та оцінюють наукові твердження, як організовано наукову діяльність, які форми взаємодії та комунікації використовують у науковому співтоваристві... Для класичної раціональності це закритий повторюваний експеримент, імовірно - у строго обмежених умовах. Роль взаємодії зводиться насамперед до поширення і порівняння цих результатів.

- Онтологію науки, тобто те, які уявлення про природу і структуру реальності приймаються, які типи об'єктів розглядаються як основні. Для класичної раціональності це уявлення про світ як про закриту детерміновану систему, в рамках якої все видається несамостійними елементами цілісного механізму.

- Епістемологію науки, тобто на те, що вважається достовірним знанням, як воно структуроване, і яке місце в цій структурі посідають досвід і теорія. У класичній раціональності це повністю об'єктивізоване знання, незалежне від суб'єкта і ним лише проаналізоване.

- Аксіологію науки, тобто на те, які цінності та цілі визнаються важливими в науковій діяльності, яких етичних норм і правил дотримуються. У класичній науці це ідеал незалежного спостерігача, який просто осмислює і засвідчує повторюваний світ.

Нескладно помітити, що системні науки навіть у найширших їхніх визначеннях завжди будуть поняттям значимо вужчим, ніж такий концепт. Так, вони, із застереженнями, можуть стати критерієм зміни методологічних принципів у науці, адже саме на побудову метанаукової методології ця дослідницька програма спрямована, - вони вплинули на комп'ютеризацію (за допомогою кібернетики), стали одним з обмежень редукціонізму, привнесли нові методи математичного моделювання та аналізу. Але навіть у цій царині

вони не стають стільки широким явищем, скільки широким проявом типу наукової раціональності - щонайменше системні науки жодним чином не детермінують поведінку учасників наукової спільноти. При цьому, однак, досить широким є вплив системних наук на онтологію науки, адже послідовне застосування всіх системних принципів створює зовсім несхожу на ті, що перебувають поза системними науками, модель універсуму - модель складностну і процесивну, а також глибоко інтегровану і при цьому різноманітну. Системні науки, можна сказати, створюють нову онтологічну модель, яка, поступово реалізуючись і поширюючись, могла б цілком змінити науку. Приміром, такі зміни в підходах наук у зв'язку з впровадженням системних уявлень бачить Джордж Клір:

- Від кількісних теорій до якісних;
- Від функцій до відносин;
- Від графів до гіперграфів;
- Від звичайної геометрії (евклідової та неевклідової) до фрактальної геометрії;
- Від звичайних автоматів до динамічних клітинних автоматів;
- Від лінійних до нелінійних теорій;
- Від регулярного до сингулярного (теорія катастроф);
- Від точного аналізу до інтервального аналізу;
- Від класичної теорії ймовірностей до різних теорій неточних ймовірностей;
- Від класичної теорії множин і логіки до теорії нечітких множин і логіки;
- Від класичної теорії мір до теорії монотонних мір;
- Від регулярних мов до мов розвитку;
- Від нетерпимості до непослідовності всіх видів до логіки непослідовності;

- Від одноцільової до багатоцільової критеріальної оптимізації[44, с. 215].

Таке значення і справді високе. Але, все ж таки, навряд чи можна це назвати настільки ж різючим, наскільки різючі відмінності між типами наукової раціональності. Відповідно, системні науки все ж таки не можна віднести до типів наукової раціональності безпосередньо, натомість їх логічно визначати як науково-дослідницьку програму, чий розвиток і впровадження виявилися одним із рушіїв зміни типу наукової раціональності, завдяки вагомій ролі в розвитку нових методологічних принципів (особливо в комп'ютерних технологіях та затвердженні міждисциплінарного співробітництва) і розробці нових онтологічних засад наукової картини світу, що може бути темою подальших досліджень.

3.4 Висновки до третього розділу

У перебігу розгляду системних наук у науково-методологічному контексті було здійснено їхнє порівняння, на підставі раніше виведених у перебігу дослідження особливостей, із кількома способами концептуалізації елементів наукового знання, а саме - з поняттями парадигми, науково-дослідницької програми та типу наукової раціональності. Перше було взято з огляду на поширеність розгляду системних наук у такий спосіб, друге - з огляду на його одночасну близькість та альтернативність до попереднього, третє - з огляду на глибокий зв'язок між системними науками та одним із типів наукової раціональності, постнекласичним.

У результаті цього порівняння було досягнуто висновків про те, що:

- Системні науки не можуть вважатися парадигмою, попри поширену думку про них як про це явище. Системні науки як концепт на даному рівні їхнього розвитку і опрацювання відповідають трьом із п'яти висунутих нами критеріїв наукової парадигми: вони визначають, що вивчати; визначають, як вивчати, і формують світогляд науковців, але водночас не мають на даний момент загальноприйнятих у них прикладів і не можуть бути визначені як результат наукової революції. І, більше того, навіть якщо вони виконають два критерії, що залишилися, вони все одно навряд чи зможуть претендувати на звання парадигми через свій вкрай широкий характер. При цьому, однак, їх можна розглядати як методологічну парадигму в розумінні її як "способу надання всіх можливих рішень (наукової) проблеми".
- Системні науки можуть бути розглянуті як науково-дослідницька програма, оскільки вони відповідають усім критеріям, що їх цей концепт у себе вміщує: вони містять у собі "тверде ядро" у вигляді основних принципів системності, "захисний пояс" у вигляді пізніх методологічних настанов, що імплікативно впливають із базових, володіють позитивною

евристикою у вигляді мети побудови метанауки всезагальності та обмежені негативною евристикою у вигляді суворого антиредукціонізму, можуть бути оцінені у критеріях прогресивності й регресивності, а також не є "репрезентативними" у сенсі виключення альтернатив. Понад те, найточнішим визначенням системних наук у науково-методологічному контексті буде визначення як одночасно і цілісної дослідницької програми, і системи пов'язаних науково-дослідницьких програм меншого формату.

- Системні науки не можуть бути розглянуті як тип наукової раціональності, оскільки, незважаючи на своє широке предметне поле, вони не є способом повного визначення філософських підвалин науки, значною мірою впливаючи лише на методологічну та онтологічну складову науковості, тим самим будучи, ймовірно, лише однією з передумов постнекласичного типу наукової раціональності, але навіть не прямою причиною.

Відповідно, в науково-методологічному контексті системні науки слід визначати як широку науково-дослідницьку програму, яка високою мірою вплинула на формування постнекласичного типу наукової раціональності.

Висновок

Перш за все, в ході дослідження розглянуто системні дослідження та постнекласична наука як науково-методологічні концепти. Виділено їх сутнісні характеристики та розглянуто можливість їх взаємозв'язку та перетину.

Для створення огляду постнекласичної науки було проаналізовано погляди засновника теорії історичного розвитку наукового знання, В'ячеслава Стьопіна, а також інших дослідників, які використовують цю концепцію. Історичний контекст і розвиток трьох типів наукової раціональності було коротко описано з поясненням причин їхнього переходу один в одного. Постнекласична наука, у такому разі, охоплює новий підхід до пізнання, який враховує складність, невизначеність і взаємозв'язки у наукових дослідженнях. Вона передбачає використання інтердисциплінарного підходу, врахування контекстуальних чинників, визнання безлічі перспектив і суб'єктивності, а також застосування методів складного комп'ютерного моделювання для вирішення проблем, що виникають у науці.

Огляд системних наук ґрунтується на їхньому історичному контексті, який визнаний як сучасними дослідниками, так і класиком-засновником загальної теорії систем Людвігом фон Берталанфі. Системні науки включають мережу міждисциплінарних досліджень і наукового мислення, які зосереджені на вивченні систем як комплексів взаємодіючих елементів з унікальними властивостями. Вони розповсюджені на всіх рівнях і в усіх контекстах Всесвіту, що робить їх невід'ємною частиною розуміння світу.

При цьому стало зрозуміло, що формування системних наук співпадає в часі та має спільні цілі з трансформацією некласичної науки в постнекласичну, що свідчить про їхню особливу роль у постнекласичному науковому знанні. Це дозволяє розглядати системні науки як "провідників зміни наукової раціональності".

Використовуючи класичні праці з системних наук, було виявлено кілька базових принципів, які є основою для цього напряму досліджень. Ці принципи дозволяють повністю розкрити системні науки і базуються на предметному полі, що об'єднує дослідження в цій галузі. Серед них – принцип універсальності, принцип складного мислення та принцип процесивного мислення.

Принцип універсальності вказує на цілісне сприйняття світу в системних науках. Цей принцип був сформульований Людвігом фон Берталанфі і підкреслює необхідність розглядати системи як універсальну категорію для пізнання всесвіту. В контексті прикладного вживання системних наук, цей принцип набував особливого значення, оскільки сприяв розумінню світу як загальної моделі, в межах якої використовується багатоплановий підхід. Це передбачає, що складні структури формуються зі складових елементів, які можуть поділятися на більш дрібні компоненти. Крім того, концепція універсальності показує, що цілісна структура на одному рівні може включати компоненти, що є самостійними на своєму рівні. Таке концептуалізування світу як системи систем дозволяє сприймати його одночасно в цілому, а також аналізувати його окремі компоненти. Це використовується в методі поділу масштабів у дослідженнях, що дозволяє ізольовано розглядати різні аспекти світу за збереження настанови на інтегроване розуміння.

Принцип складного мислення пов'язаний з явищем емерджентності, що є основою моделей системних наук. Цей принцип пояснює, що складні системи мають нові властивості, що виникають внаслідок внутрішньої взаємодії між їхніми складовими елементами. У системних науках складне мислення розглядає системи як групи елементів, які мають унікальні властивості, відмінні від властивостей їхніх складових частин. Цей принцип тісно пов'язаний із дослідженнями в галузі теорії складності, яка стає

найпослідовнішим продовженням ранніх системних наук і формує їхній подальший розвиток.

Принцип процесивного мислення пов'язаний з дослідженням самоорганізації і вказує на те, що будь-яке явище слід розглядати як процес взаємодії його елементів, що визначається середовищем. Цей принцип розкриває процес складності як організацію елементів системи шляхом їх координації і трансформації. Він є прямим наслідком розуміння складності в системних науках, проте повною мірою концептуалізований був у дослідженнях у фізиці та хімії, передусім - теорії хаосу Пригожина та синергетиці Хакена. Загалом, його застосування дає можливість для адекватної імплементації системних наук у систему природничо-наукового знання, водночас створюючи принципово новий нестатичний світоглядний фреймворк.

Кожен з цих принципів, як виявлено, відображений у базових визначеннях системності і методології системних наук. З їх допомогою можна наблизитися до мети системних наук - побудови метатеорії, що об'єднує всі аспекти знання в одне ціле, адже послідовне їхнє застосування веде до дедалі більшої імплементації системних наук у різні галузі знання та розширення їхнього предметного поля.

Позначивши це і створивши таким чином стійку модель системних наук, було порівняно системні науки з рядом науково-методологічних концепцій - з поняттями парадигми, науково-дослідницької програми та типу наукової раціональності. У ході цього була отримана низка висновків.

По-перше, системні науки не можуть бути визнані парадигмою, хоча вони відповідають деяким критеріям наукової парадигми. Вони визначають предмет вивчення, спосіб дослідження та формують світогляд, але не пройшли наукову революцію та навряд можуть бути нею окреслені. Проте, їх можна розглядати як методологічну парадигму у розумінні "способу надання всіх можливих рішень проблеми", що, однак, все ж не дає їм можливості

реалізуватися як парадигмі з огляду на принципово надшироке і сконцентроване на методологічному аспекті предметне поле. По-друге, Системні науки не можуть бути типом наукової раціональності, оскільки вони впливають переважно на методологічну та онтологічну складові науковості, а не на філософські підвалини. Вони можуть бути передумовою для постнекласичного типу наукової раціональності, але не його безпосередньою причиною.

Однак, при цьому, системні науки можуть бути розглянуті як науково-дослідницька програма, оскільки вони відповідають всім критеріям цього поняття. Вони мають "тверде ядро" основних принципів системності, "захисний пояс" у вигляді пізніх методологічних настанов, що впливають із базових принципів. Вони мають позитивну евристичну цінність, спрямовану на побудову метанауки, а також обмежену негативну евристичну цінність у формі суворого антиредукціонізму. Системні науки можуть бути оцінені за прогресивність та регресивність, і вони не виключають принципово можливість альтернативи. Найточнішим ж визначенням системних наук у науково-методологічному контексті буде їхнє визначення як одночасно цілісної дослідницької програми та системи пов'язаних науково-дослідницьких програм меншого масштабу.

Виходячи з усього зазначеного, в науково-методологічному контексті системні науки можна визначити як широку науково-дослідницьку програму, яка значно вплинула на формування постнекласичного типу наукової раціональності. А отже всі поставлені цілі роботи були досягнуті, адже пояснення значення та ролі системних наук у системі постнекласичного наукового знання таким чином можна вважати виконаним.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Агошкова Е. Б., Ахлибининский Б.В. Эволюция понятия системы. СПб. 1998.
2. Добронравова И.С. Нелинейное и сложное мышление. «Философия мышления». Одесса: «Печатный дом». 2013.
3. Добронравова И.С. Сложность как процесс / Практична філософія науки : збірка наук. праць // Ірина. Добронравова. – Суми : Університетська книга, 2017. – 352 с.
4. Добронравова И.С. Синергетика: становление нелинейного мышления. К., 1990
5. Добронравова И.С. Идеали і типи наукової раціональності// Київський університет як осередок національної духовності, науки, культури. Матеріали науково-теоретичної конференції, присвяченої 165-річчю університету. Гуманітарні науки. Частина I. - К.: ВЦ "Київський університет", 1999. - С.24-28
6. Добронравова И. С. Некласична раціональність для нелінійної науки. //Вісник Київського університету. Серія: Філософія. Політологія. Вип.29
7. Лук'янець В. С. Сучасний науковий дискурс: Оновлення методологічної культури / Лук'янець В. С., Кравченко О. М., Озадовська Л. В. – К., 2000. – 304 с
8. Попович М. В. Раціональність у вимірі людського буття / Попович М. В. – К. : Сфера, 1997. – 290 с.
9. Стёпин В.С. Классика, неклассика, постнеклассика: критерии различения. СПб., 2009
10. Стёпин В.С. Типы научной рациональности и синергетическая парадигма. Сложность. Разум. Постнеклассика, (4), 45-59 с., 2013.
11. Стёпин В. С. Теоретическое знание. М.: Прогресс-Традиция., 2003, с. 632

12. Стёпин В. С. Типология научной рациональности и синергетика // Філософія освіти. 2017
13. Флек Л. Возникновение и развитие научного факта. М.: Идея-Пресс, Дом интеллектуальной книги. 1999
14. Askoff R. L. General system theory and systems research: Contrasting conceptions of system science. In Proceedings of the Second Systems Symposium at Case Institute of Technology (pp. 51-60). 1964
15. Bar-Yam Y. Engineering complex systems: multiscale analysis and evolutionary engineering. Complex Engineered Systems. Berlin, Germany: Springer, 2006.
16. Bar-Yam Y. From big data to important information. Complexity, vol. 21, no. S2, 73–98, 2016.
17. Bar-Yam Y.. An Introduction to Complex Systems Science and Its Applications, 2016.
18. Bar-Yam Y. Why complexity is different. New England Complex Systems Institute, 2017.
19. Bar-Yam Y., Siegenfeld A. An Introduction to Complex Systems Science and Its Applications, 2020
20. Bertalanffy L. von. General System Theory – A Critical Review. General Systems, Vol. VII, 1962.
21. Bertalanffy L. von. General system theory: Foundations, development, applications. Georges Braziller Inc., 1993.
22. Bailer-Jones D. M. Scientific Models in Philosophy of Science. University of Pittsburgh Press, 2009.
23. Berlinski D. On Systems Analysis: An Essay Concerning the Limitations of Some Mathematical Methods in the Social, Political, and Biological Sciences. MIT Press, 1976.
24. Boguslaw W. The New Utopians. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1965.

25. Bunge M. The Complexity of Simplicity. *The Journal of Philosophy*, 59(5), 113–135, 1962.
26. Capra F. *The Web of Life: A New Scientific Understanding of Living Systems*. New York: Anchor Books, 1996.
27. Capra F., Luisi P. *The Systems View of Life: A Unifying Vision*. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.
28. Checkland P. *Systems Thinking, Systems Practice*. New York, NY, USA: John Wiley & Sons, 1999.
29. Cook N. D. *Stability and Flexibility: An Analysis of Natural Systems*. Pergamon Press, 1980.
30. Cowan G. A., Pines D., & Meltzer D. *Complexity: Metaphors, models, and reality*. Reading, Mass: Addison-Wesley, 1994.
31. Dörnyei Z., MacIntyre P. D., & Henry A. *Motivational Dynamics in Language Learning*. Bristol: Multilingual Matters, 2014.
32. Dobronravova I. Post non-classical Synthesis of Knowledge. *Filosofiya Osvity. Philosophy of Education*, 25(2), 142–150, 2020.
33. Drotianko L., Abysova M., Chenbai N., & Shorina T. Post-non-classical science in the age of informatization of society: functional aspect. *E3S Web of Conferences*, 2020.
34. Gare A. Systems Theory and Complexity. *Democracy and Nature*, 6, 327-339, 2000.
35. Goel N., Rozehnal I., Some non-biological applications of L-systems, *International Journal of General Systems*, 18(4). 1991
36. Gonçalves P. Back to basics: fundamental principles of system dynamics and queueing theory. *Syst. Dyn. Rev.*, 38, 81-92, 2022.
37. Haken H. *Synergetics: An Introduction: Nonequilibrium Phase Transitions and Self-Organization in Physics, Chemistry and Biology*. Springer, 1983.

38. Haken H. Synergetics. In: Yates, F.E., Garfinkel, A., Walter, D.O., Yates, G.B. (eds) *Self-Organizing Systems*. Life Science Monographs. Springer, 1987.
39. Hitchens D. *Systems Engineering: A 21st Century Systems Methodology*. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons. 2007
40. Holland J. H. *Complexity: a very short introduction*. Oxford, United Kingdom: Oxford University Press. 2014
41. Honderich. T. *The Oxford Companion to Philosophy*. New York, NY, USA: Oxford University Press. 1995
42. Howland D. *Cybernetics and General Systems Theory*. *General Systems*,. Vol. 8. 1963. P. 227-232, c. 227
43. Kuhn, T. S. 1962/1970. *The Structure of Scientific Revolutions*, ½ edition. The University of Chicago Press, Chicago, IL
44. Klir G. *Facets of Systems Science*. New York: Kluwer Academic. 2001
45. Kröger B. *Theories of Self-organization: The Role of Synergetics*. In: Hermann Haken: *From the Laser to Synergetics*. Springer. 2015
46. Lakatos I. *The Methodology of Scientific Research Programmes: Philosophical Papers* (J. Worrall & G. Currie, Eds.). Cambridge: Cambridge University Press 1978
47. Laszlo E. The meaning and significance of general systems theory. *Behavioral Science*, 20(1), 9-24. 1975
48. Laszlo A., Krippner S. *Systems Theories: Their origins, foundations, and development*. *Advances in Psychology*. Amsterdam: Elsevier. 1998.
49. Lotka A. J. *Elements of Physical Biology*. New York: Dover. 1956
50. MacGregor A. K. *The Whole is more than the Sum of its Parts: Understanding and Managing Emergent Behavior in Complex Systems*. *CrossTalk*, 26, 15-19. 2013
51. MacGregor A. K. *The What of Systemic Thinking*. *System decision making*. 2017

52. Mandelbrot B. B. *The Fractal Geometry of Nature*. Updated and augmented ed. New York: W.H. Freeman, 1983.
53. Mitchell M. *Complexity: A Guided Tour*. 2009.
54. Mitchell M., Crutchfield J., Hraber P. Dynamics, computation, and the “edge of chaos”: a re-examination. *Complexity: metaphors, models, and reality*. Perseus Books. 1999. P. 497–513.
55. Minati G. *Towards a post-Bertalanffy systemics*. Springer, 2016
56. Mobus G.E., Kalton M.C. *Principles of Systems Science. Understanding Complex Systems*. Springer, New York, NY. 2015
57. Morris D., Adams K. The Whole is more than the Sum of its Parts: Understanding and Managing Emergent Behavior in Complex Systems. *CrossTalk*, 26, 15-19, 2013.
58. Morin E. From the Concept of System to the Paradigm of Complexity. *Journal of Social and Evolutionary Systems*. . P. 371 – 385. 1992.
59. Morin E. *Le Paradigme perdu: la nature humaine*. Paris, Le Seuil. 1973
60. Philips P. C. *Holistic Thought in Social Science*. Stanford University Press, 1976.
61. Piqueira J. R. C., Blay E. *Of Wiener And Bertalanffy Or The Dawn Of Complexity*, 2020.
62. Prigogine I., Stengers I. *Order Out of Chaos Man's New Dialogue with Nature*. Bantam Books, 1984.
63. Prigogine I. *From Being to Becoming Time and Complexity in the Physical Sciences*. W.H. Freeman, 1980.
64. Prigogine I., Nicolis G. *Self-Organisation in Nonequilibrium Systems: Towards A Dynamics of Complexity*. In: Hazewinkel M., Jurkovich R., Paelinck J.H.P. (eds) *Bifurcation Analysis*. Springer, 1985.
65. Richardson K. A. Systems theory and complexity: Part 4 The evolution of systems thinking. *Emergence: Complexity and Organization*, 9, 163–180, 2007.

66. Rockmore T. V.S. Stepin's Post-Non-Classical Concept of Science and Epistemological Constructivism. In: *Man. Science. Civilization. On the 70th Anniversary of the RAS Academician V.S. Stepin*. Moscow: Kanon, 2004.
67. Saakian D. B. Universality classes of complexity. In: Minai A.A., Braha D., Bar-Yam Y. (eds) *Unifying Themes in Complex Systems*. Springer, 2011.
68. Takahara Y., Takai T. Category theoretical framework of general systems. *International Journal of General Systems*, 11(1), 1-33, 1985.
69. Walker T. C. The Perils of Paradigm Mentalities: Revisiting Kuhn, Lakatos, and Popper. *Perspectives on Politics*, 8(2), 433–451. 2010
70. Warren K., Franklin C. New Directions in Systems Theory: Chaos and Complexity. *Social Work*, 43(4), 357–372, 1998.
71. Wolfram S. Universality and complexity in cellular automata. *Physica D*, 10, 1–35, 1984.