

Міністерство освіти і науки України
Чернівецький національний університет
імені Юрія Федьковича

Синергетика для інженерів програмного забезпечення

Конспект лекцій

Чернівці
2021

ББК 22.31я73
С–84
УДК 530.145(075.8)

Друкується за ухвалою редакційно-видавничої ради
Чернівецького національного університету
імені Юрія Федьковича

Рецензенти: *Остапов С.Е.*, доктор фіз.-мат. наук, професор,
Віклюк Я.І., доктор технічних наук, професор.

С–84 Синергетика для інженерів програмного забезпечення: конспект лекцій / укл. Жихаревич В.В. – Чернівці : Рута, 2021. – 62 с.

У запропонованому виданні розглядаються історико-методологічні основи, огляд основних понять та визначення основних термінів синергетики. Також наводиться опис систем, в яких спостерігаються різноманітні явища самоорганізації. Особлива увага приділяється питанням синергетичного менеджменту в соціально-економічних системах, зокрема в організаціях з розробки програмного забезпечення.

ББК 22.31я73

УДК 530.145(075.8)

© Чернівецький національний
університет, 2021

ЗМІСТ

ВСТУП	4
Специфіка концептуального підходу до вивчення синергетики управління	5
Тектологічні основи теорії самоорганізації	16
Від тектології до кібернетики	22
Кібернетика: концептуально-понятійна характеристика	25
Внесок кібернетики в сучасну наукову картину світу ..	33
Від хаосу до порядку. Становлення синергетики як науки	35
Витоки ідеї самоорганізації систем.	35
Безповоротність змін як чинник розвитку і становлення	42
Механізми процесів самоорганізації	46
Самоорганізація як світоглядна концепція	50
Значення синергетики для науки і культури	54
Становлення теорії соціально-економічної самоорганізації	55
Список літератури	60

ВСТУП

Напрямок в науці, що виник у середині ХХ століття та одержав назву «синергетика» (від грецького «synergeia» – сумісна дія, співпраця, кооперація), відразу привернув увагу широкого кола учених, оскільки торкнувся проблем, що знаходяться у фокусі уваги як природничих, так і гуманітарних наук. Можна сказати, що в рамках синергетики зроблено фундаментальне відкриття: вся матерія у Всесвіті, починаючи від фізичного рівня організації і закінчуючи біологічним і соціальним рівнем, володіє властивістю самоорганізації, саморозвитку. При цьому алгоритми самоорганізації в системах різної природи, як виявилось, мають багато спільного.

Це слугувало відправною точкою для розробки нової еволюційної картини світу. Філософи та історики науки заговорили про нову наукову революцію. Цілий ряд понять (таких як біфуркація, атрактор, нелінійність, диссипативні структури, зворотний зв'язок та інші), які донедавна були відомі лише вузькому колу фахівців, тепер стають міждисциплінарними. Саме тому кожен грамотний фахівець, в якій би області науки він не працював, у тому числі в галузі інженерії програмного забезпечення, повинен мати загальне уявлення про синергетику і виробити свою точку зору на зміни, що відбуваються в науці.

Оскільки синергетика є ще дуже молодою областю знань, що швидко розвивається, то не склалося єдиної думки про її статус. Її вважають і новою парадигмою природознавства, і новою наукою, і новою філософією природи тощо. На думку одного з основоположників синергетики німецького фізика Г. Хакена, синергетика – це міждисциплінарна наука про колективні статичні та динамічні явища в закритих і відкритих багатокомпонентних системах з «кооперативною» взаємодією між елементами системи.

На даний час синергетика представлена сукупністю різного ступеня розробленості природничонаукових, гуманітарних, філософських та міждисциплінарних концепцій.

Специфіка концептуального підходу до вивчення синергетики управління

Прийнято вважати, що у середині ХХ століття людство вступило в століття управління, а в кінці ХХ століття в наукових аналізах і експертних оцінках стали переважати ідеї тотальної кризи управління, втрати управління, стратегічної нестабільності. Був зроблений висновок: світ переживає системну кризу управління.

Входження людства в чергове тисячоліття історії відбувається в умовах наростаючого ускладнення відносин в системі людина – суспільство – держава. Техногенно-інформаційний вибух, що відбувся в другій половині ХХ століття і радикальна зміна геополітичного клімату породили потоки суперечливої інформації. Структури соціального життя і управління, що традиційно склалися, опинилися не в змозі фільтрувати зміст цих потоків і орієнтувати людей на конструктивний діалог один з одним, з суспільством і природою. Сьогодні світ переживає системну кризу управління, яка загрожує людству і планеті непередбачуваними катастрофами і навіть загибеллю всього живого.

Рівень управління падає, бо соціальне управління носить багато в чому вчорашній характер і не відповідає викликам часу. Стає очевидним, що традиційні форми і методи соціального управління, особливо в частині, що стосується відносин держави і цивільного суспільства, не витримують стрімко наростаючого навантаження кризовими подіями і знаходяться в стані кризи, яка загрожує далеко не локальними соціальними катастрофами.

Аналіз процесів, що відбуваються, і науковий пошук рішення цієї складної проблеми до останнього часу здійснювалися і продовжують найчастіше здійснюватися в рамках класичної детерміністської парадигми, що базується на уявленні про світ як системі, що прагне до рівноваги. Лінійне сприйняття природних і соціальних процесів створювало ілюзію можливості цілеспрямованого проектування майбутнього і отримання запланованих результатів. На цій основі формувалася практика

жорсткого управління, зокрема соціально-економічними процесами.

Криза управління складними динамічними системами стимулювала у середині ХХ століття формування кібернетичної теорії управління, що базується на моделях авторегулювання (саморегуляції) в живих організмах. Два ключові принципи кібернетики – гомеостатики та ієрархічності склали фундаментальну основу нових поглядів на управління як діяльність, направлену на забезпечення реалізації природних або спеціально створюваних програм збереження цілісності та стабільного функціонування саморегульованих систем. Такий підхід до управління, названий менеджерами «органічним», вніс істотний внесок і в теорію соціального управління, вказавши місце суб'єкта управління не за межами керованого об'єкту («над ним»), а усередині нього як спеціальна підсистема, що функціонує на користь цілісного утворення і, відповідно, всіх його компонентів.

Подальші дослідження показали, що кібернетичний підхід до управління обмежений часовими рамками фази знаходження систем в стані статичного порядку, стабільного їх функціонування. У життєвому циклі систем ця фаза є окремим випадком процесу безперервних внутрішніх і зовнішніх змін. Вона неминуче змінюється фазою трансформації, оновлення системи, переживання нею послідовно процесів розпорядкування (загибелі старого порядку), випробувань альтернатив і, нарешті, народження нового порядку. Цим процесам властиві нелінійність, нестійкість, незамкнутість (відкритість), і динамічна ієрархічність, визнані основними принципами синергетики як загальної теорії самоорганізації.

Упевнено заявивши про себе у фізиці та хімії, де синергетичні процеси доведені математичними методами, теорія самоорганізації розповсюдилася в природничих науках і поклала початок новій парадигмі, яка радикально змінює класичне представлення картини світу, взаємозв'язки випадковості та необхідності, порядку і хаосу, суті еволюції, креативності, взаємодоповненості тощо.

Синергетика є новим напрямом в сучасній науці, що знаменує становлення нового погляду людини на світ і на самого себе в цьому світі. Синергетика – це новий діалог людини з природою, новий синтез людського знання і мудрості. Це новий підхід до пізнання еволюційних криз, нестабільності та хаосу, до оволодіння методами нелінійного управління складними системами, що самоорганізуються, знаходяться в стані нестійкості. Хоча вона з нових позицій описує еволюційні процеси природи, разом з тим її ідеї і принципи фактично направлені на зміну світобачення в цілому, на зміну стилю мислення сучасної людини, на його сприйняття складнощів навколишнього світу. Спираючись на системний підхід, синергетика представляє вищий рівень рефлексії проблеми «складного» і націлена на подолання спрощеного бачення світу з позицій лінійного мислення.

Глибокі зміни вносить синергетика і в теорію управління. Дезорганізації, кризи і навіть хаос, які в рамках класичної парадигми визнавалися як абсолютні антиподи порядку, сьогодні розглядаються як умова виходу систем на новий, вищий рівень організації і розвитку. У соціально-економічних науках теорія самоорганізації робить перші кроки. Проникнувши в ці сфери на філософському (світоглядному) рівні, синергетика обережно упроваджується в соціально-філософську думку і в теоретичну соціологію та економіку. Ця обережність зрозуміла. По-перше, далеко не завжди поведінка людини узгоджується із загальноприродними законами, відкритими синергетикою. По-друге, не може лінійне мислення, що сформувалося в руслі класичної парадигми, легко прийняти феномен дезорганізації (хаосу) як необхідний процес соціально-економічної творчості та розвитку.

Та все ж панорама соціально-економічних процесів, що стохастично (імовірно, випадково) розвиваються, свідчать про актуальність аналізу процесу формування теорії соціально-економічної самоорганізації, що вже почався. Є всі підстави вважати, що розвиток досліджень і навчання в цьому напрямі не тільки дозволить поглибити теоретичні уявлення про

самоорганізацію соціально-економічного життя, але і представить можливість визначити підходи до формування в соціальній практиці таких відносин між державою, різноманітними підприємствами як інститутами соціально-економічної організації та суспільством як системою, що самоорганізовується, які відповідали б якнайповніші інтересам справжнього і майбутнього людського життя.

Протягом останніх десятиліть в природничих і соціально-економічних науках спостерігається виразна зміна парадигми у напрямі розвитку і застосування понять та ідей синергетики як загальнонаукової теорії самоорганізації та управління. Синергетичний образ мислення, що одержав назву нелінійного мислення, набуває все більш зростаючого значення не тільки в науковому дослідженні, але і в системі вищої і середньої освіти; не тільки як предмет, але і як метод навчання та дослідження.

Синергетика як міждисциплінарний напрям наукового пошуку має глибокі світоглядні наслідки. Вона не просто міняє понятійний склад мислення, але частково перебудовує і наше світовідчуття, сприйняття простору і часу, наше відношення до життя, життєву позицію. Синергетика відкриває іншу сторону світу: його нестабільність, нелінійність і відкритість (різні варіанти майбутнього), зростаючу складність формоутворень і їх об'єднань в еволюціонуючі цілісності. Становлення синергетики відображає загальний процес фундаментальної трансформації сучасної науки і наукової раціональності у напрямі постнекласичного – нелінійного та інтегрального стилю мислення і образу світу.

Виникнення синергетики стало важливою основою широкомасштабного синтезу сучасних знань із самих різних областей культури. Будучи інтегрально-міждисциплінарною по своєму характеру синергетика створила можливості для діалогу технарів та гуманітаріїв, для міждисциплінарної комунікації, діалогу і синтезу науки і мистецтва, науки і релігії, західного і східного світобачення. Вона може стати основою для ухвалення обґрунтованих рішень і прогнозів в умовах невизначеності,

кризових ситуаціях і трансформаціях суспільно-економічних структур.

Тому оволодіння ідеями і поняттями синергетики сприяє подоланню вузькодисциплінарного профілю освіти і дозволяє сформувати новий трансдисциплінарний тип свідомості та мислення фахівця-управлінця, в тому числі й менеджера в галузі інженерії програмного забезпечення.

В умовах сучасної глобалізації, пов'язаної з розгортанням «третьої цивілізаційної хвилі» технологічних і соціальних трансформацій постіндустріального типу, головним чинником соціокультурної динаміки стають інформація, знання, творчість та інтелектуальні технології у всіх сферах соціальної діяльності. Тому найважливіше в становленні постіндустріальної інформаційної цивілізації – трансформація не машин, а людей, переозброєння нашої свідомості, перехід до розуміння первинної значущості інформації, знань, культури мислення в житті суспільства. Сьогодні відбувається революціонізація інфосфери. Світ заповнюється інноваціями, для сприйняття і розуміння яких необхідне широкомасштабне, системне мислення інтегрального, нелінійного і діалогічного типу, яке формується синергетикою.

Інтегральні та нелінійні процеси в структурі управлінської діяльності також повинні бути осмислені з позицій синергетичної парадигми. Адже управлінська діяльність – це сплав науки, мистецтва і досвіду, одна з найбільш складних і творчих форм людської діяльності, проте часто страждаюча від непрофесіоналізму. Особливо тривожне положення в області державного управління, де спадщина адміністративно-командного режиму найвідчутніша, а дилетантизм в управлінні державою соціально небезпечний. Це ж стосується управління підприємствами, в тому числі що спеціалізуються в галузі розробки програмного забезпечення.

Управління є продуктом свідомості та волі людей, і воно є таким, як і свідомість, мислення та воля як управлінців, так і виконавців. Обумовленість управління свідомістю і типом мислення припускає необхідність формування інтелектуальної

культури управління, яка повинна бути адекватною запитам соціально-економічної реальності свого часу.

В умовах сучасного нелінійного, складного, динамічного і глобалізованого світу лінійне мислення, дотепер домінуюче в суспільстві, стає принципово недостатнім і навіть небезпечним. Ми повинні зрозуміти, що в політиці управління лінійність мислення може вести до деструктивних, руйнівних наслідків.

Подолання лінійного мислення є головною умовою залучення до ідей синергетики як сучасної науково-культурної парадигми і принципової можливості використання синергетичних принципів в такій край нелінійній управлінській діяльності.

Новий курс «Синергетика для інженерів» покликаний до вирішення цієї, однієї з найважливіших задач нового етапу розвитку освіти на основі подолання історичного відокремлення природничонаукової та гуманітарної культури і затвердження єдності цілісної сучасної культури. Розділення культури на дві – природничонаукову і гуманітарну за принципом економічної ефективності і значущості породило багато екологічних і соціально-управлінських проблем кризового характеру.

Майже протягом всього ХХ століття спостерігається протистояння двох сфер пізнання – природничонаукової та соціогуманітарної. Дуже чітко цю ситуацію зафіксував відомий англійський письменник і вчений Чарльз Сноу, що виступив в 1959 році в Кембріджському університеті з програмною лекцією «Дві культури та наукова революція». Він показав, що між традиційною гуманітарною європейською культурою і «науковою культурою», що виросла на основі розвитку природознавства і техніки, виникає і поглиблюється істотний розрив, якщо не сказати, прірва.

Ч.Сноу розмірковує про два полюси культури. На одному з них – культура, створена наукою, природознавством. Перш за все – це сучасна наукова модель фізичного світу, яка по складності, ємності, інтелектуальній глибині є дивовижним творінням колективних зусиль людського розуму. Але представники іншого полюсу – соціогуманітарної культури – не мають, як правило, анінайменшого уявлення про це творіння. У гуманітарному

співтоваристві не визнають спрощень, ідеалізації, забуваючи, що побудова ідеальних моделей – одна з умов плідного теоретичного мислення. У свою чергу, багато соціогуманітарних цінностей залишаються невідомими для більшості природодослідників. Фізики часто проявляють однобічність в оцінках можливостей суспільствознавців і гуманітаріїв будувати наукові прогнози, не враховуючи, що дослідники соціально-економічних явищ мають справу з відкритими системами, де логіка прогнозів інша, порівняно з моделями ідеальних замкнутих систем.

Така поляризація культури, поза сумнівом, завдає збитку всьому – науці, мистецтву, суспільству, людству.

Проте до кінця ХХ сторіччя з'явилися серйозні передумови для подолання подібного протистояння «фізиків» і «ліриків». Саме по собі зіставлення різних наукових дисциплін – це завжди обмін досвідом і перенесення його з однієї області пізнання в іншу, це одна з можливих точок зростання наукового знання. Саме тому методологічне зіставлення гуманітарних і природничих наук часто приносить нове, дає чудові наукові результати, збагачує новими ідеями та підходами. Можна пригадати про те, що статистичні методи, які мають таке важливе значення в сучасній фізиці, зародилися в працях соціологів-економістів У.Петті та Дж.Граунта.

Існуючі канони спеціалізації в системі вищої освіти все ще закріплюють розкол, що склався, між двома сферами культури і перешкоджають становленню всесторонньо розвиненої особи фахівця, породжує обмежений, односторонній погляд на світ. Більш того, для фахівців цих сфер характерне визнання взаємовиключних цінностей і пріоритетів, що веде часто до втрати взаєморозуміння і абсолютизації статусу своєї області знання, породжує сцієнтизм і технократизм інженерів або снобістські претензії на «понаднауковість» гуманітаріїв.

Необхідність переходу до нової парадигми освіти вже знайшла своє віддзеркалення в зміні учбових вузівських планів і програм. У основу нової системи освіти закладаються три базисні принципи – фундаментальність освіти, його систематична

цілісність і гуманістична спрямованість на розвиток особи, як загальні вимоги до підготовки фахівців будь-якого профілю.

З рішенням цієї задачі пов'язана, з одного боку, тенденція гуманітаризації, що широко розповсюдилася зараз, у сфері природничонаукового і технічного навчання. Проте, з іншого боку, проблема ознайомлення студентів-гуманітаріїв з найважливішими досягненнями сучасної природничонаукової культури особливо складна по своїй новизні та підходам щодо її вирішення. Одна з причин – стійко існуючий забобон про те, що природничонаукові знання далекі від соціально-економічних та гуманітарних проблем і тому зайві для гуманітаріїв.

Природознавство, будучи цілісною, єдиною системою наук про природу, виробило в процесі своєї тривалої еволюції такі способи, методи і прийоми пізнання, які, поза сумнівом, можуть служити і служать еталонними нормами не тільки для всякої науки, але і набувають загальнокультурного значення.

Цікавим прикладом такого синтезу і стала останніми роками синергетика. Виникнувши як фізична теорія (у термодинаміці), вона зараз дає можливість по-новому поглянути на класичні традиційні проблеми пізнання історії і законів життя суспільства. Зосереджуючись на вивченні законів коеволуції (сумісного розвитку) складних систем, вона в самій своїй суті містить необхідність вироблення розуміння механізмів взаємодії та створення умов для співіснування самих різних форм знання.

Синергетична парадигма може успішно служити для моделювання багатьох процесів соціального життя – демографічних, геополітичних, соціально-економічних політико-управлінських і ін. Дана наукова теорія дозволяє і навіть примушує по-новому оцінювати необхідність інтеграції природничонаукового і соціогуманітарного пізнання. Нині через синергетику раціональна природничонаукова методологія пізнання проникає в соціальну і гуманітарну сфери, впливає на психологію, філософію, лінгвістику, теорію соціального управління, мистецтво.

Концептуальний підхід до вивчення синергетики управління припускає не просто засвоєння її основних ідей і понять, але й

усвідомлення їх світоглядного та методологічного значення в контексті сучасної культури управління. Відповідно курс «Синергетика для інженерів ПЗ» є результатом міждисциплінарного синтезу, комплексного культурологічного, філософського і еволюційно-синергетичного підходів до сучасного управління. Курс покликаний не тільки познайомити студентів з історією становлення синергетики, її основними ідеями і поняттями, сучасними концепціями управління, але й показати роль тих культурно-історичних умов, в рамках яких вони формуються.

Цінності фундаментального наукового знання (у тому числі й синергетики) складають найважливішу та нескороминущу компоненту цивілізованої форми культури, і вони повинні бути засвоєні в тій чи іншій мірі будь-якою освіченою людиною, а тим більше фахівцем-професіоналом в галузі інженерії програмного забезпечення.

У завдання курсу «Синергетика для інженерів ПЗ» не входить докладне вивчення всієї системи синергетичеких знань, що практично неможливо в одному учбовому курсі. Наш курс припускає оглядове знайомство і методологічно-світоглядний аналіз основних ідей та концепцій сучасного знання про природу систем, що самоорганізуються, і вивчення соціально-економічних та гуманітарних проєкцій синергетики як загальнонаукової теорії самоорганізації в контексті сучасної культури управління.

Термін «концепція» в перекладі з латинського означає розуміння, систему поглядів. Він позначає певний спосіб розуміння або тлумачення предметів, процесів, явищ. Концепція – це стисло виражений основний сенс тієї або іншої теорії, її суть, основоположні ідеї, система поглядів. Коли теорія ще не вироблена, а є тільки головна ідея для пояснення деякого класу подій, то таку ідею теж називають концепцією, в цьому сенсі вона розуміється як така, що веде задум або конструктивний принцип наукової діяльності. Таким чином, кожна теорія та гіпотеза мають свою концепцію, свій сенс і свій принцип наукової діяльності.

Синергетичні концепції складають ядро сучасної постнекласичної наукової парадигми та знаходять своєрідне віддзеркалення в більшості природничих і гуманітарних науках.

Метою учбового курсу «Синергетика для інженерів ПЗ» є подолання лінійного мислення і односторонньо профілю освіти на основі ознайомлення студентів та аспірантів в галузі інженерії програмного забезпечення, майбутніх управлінців з найважливішими методологічними досягненнями сучасної науки, які розкривають особливості управління складними системами, що самоорганізуються. Також метою є формування у студентів сучасної інтелектуальної культури, що синтезує фундаментальні представлення гуманітарного і природничонаукового знань; розвиток широти і гнучкості мислення, творчого потенціалу студентів за рахунок освоєння фундаментальних ідей, і установок сучасної наукової парадигми.

Досягнення цієї мети припускає рішення в процесі викладання курсу наступних *завдань*:

1. Ознайомлення із суттю наукового мислення, специфікою сучасних наукових методів дослідження, їх типологією і когнітивними можливостями;

2. Виявлення основних типів наукової раціональності та парадигм наукового мислення, аналіз їх зміни в динаміці культури, еволюційних і революційних перетворень науки;

3. Засвоєння ідеалів і норм сучасного наукового типу раціональності як некласичної стратегії мислення;

4. Аналіз міждисциплінарних взаємодій різних галузей науки, знайомство з основними принципами нових напрямів в сучасному науковому пізнанні;

5. Вивчення і освоєння системи базисних принципів, понять і ідей, що становлять концептуальний каркас синергетики, як сучасної наукової парадигми;

6. Засвоєння ідей соціо-економічної синергетики як основи нелінійного управління в ситуаціях невизначеності, соціально-економічних криз та ризиків.

7. Вироблення розуміння специфіки сучасних управлінських технологій на основі синергетичного бачення соціально-

економічного світу, що еволюціонує по нелінійних законах, з несподіваними сценаріями розвитку для ефективнішого їх використання в майбутній діяльності, особливо пов'язаній з виробленням різних стратегічних прогнозів і оцінок.

В результаті вивчення дисципліни студенти повинні:

Володіти:

- загальними концептуальними представленнями синергетичного підходу до аналізу механізмів самоорганізації відкритих, нерівноважних систем різної природи;
- фундаментальними поняттями і принципами сучасної теорії самоорганізації для аналізу економічних управлінських процесів;
- навичками використання синергетичних понять та ідей в оцінці об'єктів економічного і управлінського аналізу, екологічної ситуації;
- сучасним стилем нелінійного наукового мислення, що відповідає ідеалам некласичної раціональності.

Знати:

- місце синергетики в системі сучасної науки і культури;
- історичні типи наукової раціональності та специфіку сучасного постнекласичного типу раціональності;
- основні базові поняття, фундаментальні принципи і закони синергетичної концепції самоорганізації, її відмінність від кібернетичної;
- специфіку синергетичного світогляду та особливості соціально-економічних і гуманітарних проекцій синергетики як теорії самоорганізації;
- зміст і суть основних синергетичних концепцій соціально-економічного управління в організаціях, що займаються розробкою ПЗ.

Уміти:

- розрізняти історичні типи наукової раціональності та відрізняти наукові знання від ненаукових і псевдонаукових;
- аналізувати економічні та управлінські процеси із застосуванням основних понять і принципів сучасного наукового знання;

- застосовувати принципи синергетичної теорії самоорганізації для аналізу механізмів трансформації об'єктів економічного аналізу і управління;
- використовувати одержані знання в рішенні комплексу професійних інженерних та менеджерських завдань.

Тектологічні основи теорії самоорганізації

Перша наукова заявка на розкриття законів самоорганізації зроблена на початку ХХ століття А.А.Богдановим в його унікальній не тільки для того часу праці «Тектологія. Загальна організаційна наука». Основна ідея тектології – загальність організації як процесу самоутворення комплексів (систем). Поняття «загальність» характеризує єдність цих процесів у всьому суцюзому, починаючи від неорганічного мікросвіту, простих організмів – до людства і всесвіту. Визнати інше – це, за твердженням А.Богданова, «внести свавілля в світогляд».

Предметом тектології є виявлення загального в механізмах організаційних процесів, на основі якого розробляються методи організації в соціальній практиці. Проблема, що актуалізує цей пошук, пов'язана з неупорядкованістю соціального життя і осмисленням досвіду її організації, в умовах системної кризи, що мала місце на зламі між ХІХ - ХХ сторіччями.

У структурі основних положень тектології можна виділити чотири основні частини: 1) поняття організованості і дезорганізованості, 2) самоформування і саморегулювання систем, 3) їх устрій і 4) трансформації в умовах криз. У динаміці розкриття цих положень простежується процес звільнення думки автора тектології з полону переважаючої класичної механістичної наукової парадигми і прорив у некласичність і навіть постнекласичність – світ дослідження відкритих систем і істотно нерівноважних, нелінійних процесів.

Організованість і дезорганізованість – ключові поняття тектології. Стан організованості характеризується, виходячи з біологічного розуміння організму як «цілого, яке більше суми своїх частин». У цьому положенні розкривається холістичний ефект синергії, коли сума узгоджено діючих активностей

перевищує суму внутрішніх (між частинами) і зовнішніх (середовищних) спротивів. Якщо має місце зворотне співвідношення, тобто активності комплексу не долають суму спротивів (протилежних дій), то таке утворення є дезорганізованим. Якщо ж активності тільки врівноважують наявні спротиви-впливи, то це – нейтральний комплекс.

Вказані стани описуються в тектології також поняттями «асиміляція» і «дезасиміляція» (буквально – «уподібнення – розуподібнення»). Перше означає засвоєння елементів із зовнішнього середовища, при якому вони, входячи до складу даного комплексу, утворюють в ньому угруповання, «подібні» іншим його угрупованням, уподібнюються їм; друге – розсіювання елементів, їх втрату в навколишнє середовище. Для організованого комплексу властива перевага асиміляції над дезасиміляцією, тобто накопичення активностей, що особливо важливо для нього в умовах змінного середовища. Дезорганізованість характеризуватиметься зворотним співвідношенням – переважанням дезасиміляції над асиміляцією, що веде до втрати активностей і, відповідно, зниженню спротиву зовнішнім діям. Рівність у співвідношенні цих процесів характеризує рівноважний комплекс, що зберігається тільки за умови незмінності середовища, чого в природі не буває.

Всупереч існуючій думці, що тектологія – наука про рівноважно організовані системи, цілком очевидний її інтерес до організаційної динаміки. Хоча А.А.Богданов і указує неодноразово на те, що тектологічній практиці важливо знати умови порядку і способи його збереження, він у той же час однозначно підкреслює, що тектологія виражає організаційно-динамічну точку зору. Ця точка зору, за твердженням автора, «є і найбільш загальна: рівновага завжди тільки окремий випадок руху». Відповідно цьому, розкриття основних положень тектології йде по вказаній вище схемі – від формування систем, до механізмів динамічної рівноваги, до криз і виходу з них.

Утворення комплексів (систем) розкривається в положеннях про кон'югацію, інгресію та дезінгресію. У гранично короткому уявленні їх сенс полягає в наступному.

Кон'югація (з'єднання елементів) – первинний момент, що породжує виникнення, зміну, розвиток і руйнування організаційних форм, тобто по суті – першооснова самоорганізації. Процес кон'югації забезпечується зв'язком елементів за принципами однорідності, схожості, однонаправленості руху, доповненості тощо, а також в результаті їх комбінацій, утворюючих «ланцюговий зв'язок».

Інгресія (рух всередину) – спосіб з'єднання елементів системи за допомогою ввідних комплексів, коли ці елементи безпосередньо з'єднатися не можуть, не дивлячись на повторювані контакти. З'єднання настає за допомогою посередника, здатного поєднати як з однією, так і з іншою стороною. Цікавий механізм парного посередництва, коли один посередник сполучаємо з однією стороною, а напарник – з іншою і обидва посередники сполучені один з одним.

Процес, протилежний по значенню інгресії, тектологією визначається поняттям «дезінгресія». За допомогою цього поняття описується процес дезорганізації, без якого не буває організаційного руху: одне організовується за рахунок дезорганізації іншого. У загальному уявленні, дезінгресія: це нейтралізація з'єднань, руйнування зв'язків між частинами комплексу (системи). Проте, розрив зв'язків не завжди веде до дезорганізації. Є частини, які з різних причин не потрібні цілому і навіть послаблюють його, знижують його організованість. Розрив зв'язків з ними і видалення їх з комплексу не є дезорганізацією, а відповідно не є і дезінгресією. Дезінгресія – це руйнування таких зв'язків, які відповідальні за ефект цілісності – синергію частин. З явищем дезінгресії пов'язано дію тектологічного «закону найменших опорів». В першу чергу руйнуються ослаблені зв'язки: «де тонко там і рветься».

Процес формування систем і поведінка (взаємодія) їх частин знаходяться під організаційним контролем. «Закономірне збереження або знищення – це є перша схема універсального регулюючого механізму». У тектології цей механізм позначається як «підбір». Універсальність схеми підбору визначається тим, що вона застосовна до всякого комплексу і до всякої його частини у

всякий момент, тобто вона іманентно включена в процес організації (чи не є це проявом того, що сьогодні в теорії самоорганізації характеризує відкритість системи?) Підбір підрозділяється на два види – консервативний і прогресивний.

Консервативний підбір – це збереження потрібних частин, зв'язків, процесів, необхідних для збереження цілого, утримання його в рівновазі. Проте, точного збереження не існує, а збереження приблизне означає лише малі зміни – у бік переваги асиміляції або дезасиміляції. Ця схема діє в умовно рівноважних або деградуючих системах і її важко віднести до систем, що розвиваються.

«Дійсне збереження форм в природі можливо, – стверджує А.А.Богданов, – тільки шляхом прогресивного їх розвитку, а без нього «збереження» неминуче зводиться до руйнації». І далі: «Комплекс А знаходиться в даному певному середовищі, в повній рухомій рівновазі з ним; і лише поки це середовище залишається тим самим, воно гарантоване для нього. Але середовище не може бути безумовно стійким: воно пов'язане із зовнішнім потоком подій і кінець кінцем змінюється». У цих умовах, які характеризуються нерівноважністю зовнішнього середовища, системи випробовують внутрішню нерівноважність і вимушені змінюватися. У таких ситуаціях включається у дію прогресивний підбір.

Прогресивний підбір діє в двох напрямках. Одні системи в умовах зовнішніх змін прагнуть до підвищення своєї стійкості за рахунок активізації, тобто підбору і приєднання додаткових активностей. Це, по А.А.Богданову, позитивний підбір. Інші, навпаки, досягають стійкості шляхом звільнення від активностей, які, дестабілізують їх. Тут проявляється негативний підбір.

У «чистому» вигляді вказані види і типи підбору діють тільки в конкретних моментах. В цілому ж і у відносинах систем із зовнішнім середовищем, і у внутрішніх регуляціях, вони, як правило, включені всі в різних співвідношеннях і комбінаціях. На цій основі сформульовано положення про подвійне регулювання або принцип бірегулятора. Положення тектології про позитивний і негативний підбір з'явилося початковим для розкриття в

подальшому значення зворотних позитивних і негативних зв'язків в кібернетичній теорії гомеостазу і адаптації, широко використовуваної і в теперішній час в теорії систем, кібернетиці, інформатиці та інших наукових напрямках.

Важливе місце в розкритті структурних зв'язків у системах, що формуються та які склалися, займає положення тектології про егресії і дегресії. Явище егресії пов'язане з концентрацією активності. Дегресія – процес фіксації цих активностей, утворення форм, що забезпечують цю фіксацію. Егресивні центри – високоактивні утворення – грають роль чинників, що притягають до себе, що групують навколо себе або «вибудовують» в певному порядку інші елементи з меншою здібністю до концентрації активностей – (порівняйте з одним з синергетичних понять атрактора як чинника, що притягує множину). При цьому моноцентричність обумовлює жорсткість, малорухливість структури. Багатоцентричність – навпаки, додає їм пластичність, пристосованість до змін, але в той же час робить їх більш уразливими по відношенню до зовнішніх дій. Дегресію забезпечують малоактивні, але щільно сполучені утворення («скелетні форми»). Їх основне значення в захисті егресивних центрів. Вони утворюють фізичні межі систем і їх жорсткі структурні з'єднання (у організмах – шкіра, кістки, з'єднувальна тканина).

Вершиною тектології, що наближається по своєму змісту до сучасних постнекласичних ідей загальної теорії самоорганізації, є вчення про кризи. У цьому вченні, якому присвячений третій том «Тектології» А.А.Богданова, розкривається по суті процес самоорганізації в істотно нерівноважних (далеких від рівноваги) умовах. І це не передбачення синергетики, а в буквальному розумінні – введення в її предмет.

Проблема дослідження кризи, можна сказати, визрівала у міру розкриття А.А.Богдановим основ тектології.

По-перше, вона заявляє про себе в тому, що багато разів наводиться положення про неминучість трансформації будь-яких комплексів і систем. По-друге, указується зв'язок переходів систем з одного стану в інший з процесами «неурівноваження».

По-третє, тектологія в цілому ряду обґрунтування ключових положень оперує абсолютно сучасними поняттями синергетики – «ентропія», «безповоротність», «порушення неперервності», «незамкненість» тощо. По-четверте, сама проблема кризи ставиться багато разів, починаючи з розділу, який розкриває процес формування систем.

Визначення кризи формується в тектології у зв'язку з такими поняттями як «різкий перехід», «порушення неперервності», «зміни в будові», «поява нового» тощо. Ширше криза визначається як момент, з якого комплекси і системи перестають бути тим, чим вони були». Загальне тектологічне визначення кризи – «зміна організаційної форми комплексу». Криза, по А.А.Богданову, постійно включена у всі організаційні процеси, вона є повсюдно: на макрорівні може бути рівновага, але вона пов'язана і забезпечується множиною криз на інших рівнях, і чим нижчий рівень, тим більше криз.

Розвиток кризи пов'язується з руйнуванням або утворенням тектологічної межі між елементами або системами. Перший тип кризи позначається в тектології як «криза К» («кон'югаційний», тобто сполучний). Другий тип – «криза Д» (диз'юнктивний, тобто роз'єднувальний). Тектологічна межа утворюється урівноваженням активностей і спротивів (або зустрічно направлених активностей), що визначає «окремість» елементів або комплексів. Істотне порушення цієї рівноваги – початок кон'югації, момент, коли окремі частини перестають бути тим, чим вони були до цього, і утворюють якусь нову систему з подальшими перетвореннями, виникненням зв'язків, інгресій, дезінгресій тощо. Утворення тектологічної межі між системою, яка формується і середовищем супроводжується відділенням елементів системи від колишніх з'єднань, що означає кризу Д. Ці два типи криз взаємозв'язані, з них первинними є кризи К, оскільки всяке розділення припускає передуюче з'єднання.

Розрив тектологічної межі, рівно як і її утворення – це вираз порушеного «паритету» відносин системи (елементів) з середовищем. Цей процес рівно стосується як самої системи, так і її частин, оскільки по відношенню до однієї частини цілого, інші

є середовищем. Внутрішні і зовнішні дезінгресії приводять систему в край нестійкий, уразливий для зовнішніх дій стан. Середовище як би уривається в таку систему, і її дезорганізація приймає лавиноподібний характер. Активності, які «звільняються», тобто із замкнутих переходять в незамкнуті, самі «звільняють» такі ж активності в суміжних частинах системи. Відбуваються нові з'єднання, частинки яких володіють величезною кінетичною енергією, що раніше «ховалася» у вигляді внутрішніх напруг. Ця «звільнена» енергія уривається в угруповання сусідніх частинок, породжує і в них кон'югаційні (сполучні) процеси. Частинки, що раніше коливалися близько одного середнього положення, починають рухатися по складних орбітах, утворюючи нові структури.

Від тектології до кібернетики

Тектологія вирішила чотири основні наукові завдання:

- 1) довела необхідність виходу науки на міждисциплінарний рівень і розкрила домінуючу роль в досягненні цієї мети організаційної науки;
- 2) заклала основи системного підходу до дослідження станів організованості та процесів організації;
- 3) визначила універсальні механізми саморегуляції процесів впорядкування;
- 4) встановила необхідну роль гранично нерівноважних станів (криз) в трансформаціях систем.

Рішення цих задач визначило вектор розвитку загальної теорії самоорганізації – синергетики через загальну теорію систем.

Естафету інтеграції наукового знання в дослідженні різноманітних систем прийняла загальна теорія систем (ЗТС), предметом якої є встановлення і виведення тих принципів, що справедливі для систем будь-якої природи, незалежно від їх вигляду, елементів або їх структур. ЗТС досліджує загальні властивості всіх систем. Після публікації у середині ХХ століття праця Л.Берталанфі почався бурхливий розвиток цього наукового напрямку практично у всіх областях науки. Загальна теорія систем просунула наукову методологію по шляху подолання

редукційного способу пізнання і озброїла науку методом системного аналізу. Дослідження реальності як системи систем, як цілого, такого, що складається з взаємозв'язаних цілістностей, дозволило і в науці, і в практиці визначати структуру складних явищ і процесів, обумовлену коопераційними відносинами складових елементів (компонентів) системи, здійснювати наукове прогнозування процесів розвитку систем, діагностику і рішення виникаючих при цьому проблем. Застосування системних ідей до аналізу економічних і соціальних процесів сприяло виникненню таких системних дисциплін як дослідження операцій, теорія ігор і теорія ухвалення рішень тощо.

Другою крупною науковою гілкою, що жила від тектологічного коріння і внесла істотний внесок у розвиток міждисциплінарних наукових зв'язків, а також в розвиток загальної теорії систем і загальної теорії самоорганізації є кібернетика, що узагальнила методи пізнання складних динамічних високоорганізованих систем. У кібернетичній найбільш чітко виявився новий міждисциплінарний підхід до дослідження різних за природою систем управління. Її зародження пов'язане з кризою управління надскладними технічними системами. Проблема полягала в тому, що в докібернетичному періоді при конструюванні складних технічних систем і в управлінні не враховувався вплив на їх функціонування змін в зовнішньому середовищі. Передбачалося, що їх поведінка повинна залишатися незмінною в будь-яких умовах. Проте, у міру ускладнення цих систем і підвищення вимог до точності управління процесами, що відбуваються в них, це припущення все частіше вступало в суперечність з дійсністю. Все частіше учені і конструктори були вимушені визнати, що вони не можуть прослідкувати всі можливі форми поведінки складних систем при всіх можливих зовнішніх умовах і при різноманітних відхиленнях значень внутрішніх параметрів. З кризою аналогічного роду зіткнулися і суспільствознавці, й економісти, що констатували зниження ефективності та наростаючу помилковість в управлінні соціальними системами на строго детерміністській основі.

У пошуках виходу з кризи учені використовували в якості моделі складних пристроїв системи біологічної природи. Характерною особливістю цих систем є їх унікальна самоприсосовність до постійно змінних умов зовнішнього середовища, вирівнювання функціональних відхилень і аномальностей структур. На основі пізнання організації і функціонування таких саморегульованих систем і були сформульовані основні положення кібернетики, що доповнили методологію системного підходу методом моделювання. Кібернетикою встановлено, що у всіх високоорганізованих системах самовпорядкування реалізується по єдиній схемі, що діє відповідно до принципу зворотного зв'язку. На цій основі в системах підтримується гомеостаз – постійність внутрішнього середовища, тобто рухомий рівноважний стан. Виявлення значення в механізмі гомеостазу процесу збору, переробки і передачі інформації, а також її перетворення і руху по замкнутому контуру, дозволило визначити схему внутрісистемного управління (саморегулювання), а також з'явилося витоком нової науки – інформатики, складової частини, що увійшла, в сучасну загальну теорію самоорганізації. Н.Вінер передбачав розвиток кібернетики саме у напрямі теорії систем, що самоорганізуються. Він писав, що «реакція нелінійних систем на випадкові входи дає нам ключ до здатності фізіологічних процесів організовуватися в певну синергетичну діяльність». До речі відзначити, що поняття «система, яка самоорганізується», ввів у 1947 р. кібернетик У.Ешбі.

В рамках кібернетики вперше було ясно показано, що процес управління з найзагальнішої точки зору можна розглядати як процес накопичення, передачі та перетворення інформації. Саме ж управління можна відобразити за допомогою певної послідовності точних розпоряджень – алгоритмів, за допомогою яких здійснюється досягнення поставленої мети.

Кібернетика: концептуально-понятійна характеристика

Класична наука мала справу з системами, які, з погляду сучасної науки, вважаються простими. В тому сенсі, що в них входить невелике число змінних, і тому взаємини між ними підкоряються універсальним законам та піддаються математичній обробці. Складні системи складаються з великого числа змінних і великої кількості зв'язків між ними. Чим складніша система, тим більше у неї так званих емерджентних властивостей, тобто властивостей, яких немає у її елементів, і які є слідством ефекту цілісності системи.

Розділення систем на прості та складні є фундаментальним в сучасній науці. Серед всіх складних систем особливий тип представляють «самодіючі», тобто системи, що самоорганізуються, для яких характерні управління і обернений зв'язок. Вивченням процесів управління і саморегуляції в природі, суспільстві і техніці вперше стала займатися кібернетика.

Розробка базових понять кібернетики здійснювалася у середині ХХ століття працями багатьох учених. Засновником кібернетики прийнято вважати американського математика Норберта Вінера (1894–1964), що випустив в 1948 році книгу «Кібернетика або управління і зв'язок в тварині та машині». Істотний внесок в науку внесли: американський біолог А.Розенблут, американський математик К.Шеннон, англійський математик А.Тьюрінг, англійський біолог і кібернетик У.Ешбі, радянські учені: А.Н.Колмогоров, А.А.Ляпунов, В.М.Глушков та інші.

Поняття кібернетики походить від старогрецького слова «кібернес» – «мистецтво управління», або «рульовий».

За визначенням Н.Вінера, кібернетика – наука про управління і зв'язки в тварині та машині. Поняття управління тут вжите в найширшому сенсі, оскільки воно відноситься в рівній мірі до технічних, біологічних і соціальних систем.

В.М.Глушков вважав, що кібернетика виступає як наука про загальні закони перетворення інформації в системах управління.

Кібернетика є інтегральною наукою, що виникла на стику ряду спеціальних дисциплін – теорії алгоритмів, техніки зв'язку,

математичної логіки, теорії інформації, нейрофізіології та інших. Багатогранний і об'єкт кібернетичного дослідження, оскільки ця наука вивчає процеси управління в живих, неживих (технічних) і соціальних системах. Основний корпус кібернетичного знання неоднорідний і включає:

- теоретичну кібернетику;
- технічну кібернетику;
- прикладну кібернетику.

Для учбового курсу синергетики важливіша теоретична складова кібернетики, її початкові принципи і поняття, за допомогою яких кібернетика зробила істотний вплив на природні, технічні та соціально-гуманітарні науки. Кібернетичні поняття інформації, управління, зворотного зв'язку та інші придбали загальнонауковий статус і сьогодні виступають невід'ємним компонентом методологічного інструментарію сучасного наукового пізнання.

Початковими поняттями кібернетики є: управління, інформація і зворотний зв'язок.

Управління є процес інформаційної дії керуючої системи на виконавчу (керовану). Конкретна природа систем керуючих і виконавчих, може бути різною, але принципова схема процесів управління виявляється однаковою: суб'єкт керування – інформаційний вплив – об'єкт керування – зворотній зв'язок.

Приклади управління в системах різної природи:

- термостат (технічна система) – прилад для підтримання постійної температури. У простому випадку його можна представити у вигляді духовки з електричним терморегулятором, в якій терморегулятор генерує сигнал про зміну температури усередині системи. Цей сигнал по ланцюгу зворотного зв'язку поступає на реостат і координує силу струму в ланцюзі нагрівача залежно від потреб в збільшенні або зменшенні тепла, таким чином, температура в духовці завжди підтримується на заданому рівні;

- підтримання достатнього рівня концентрації глюкози в крові (жива система) – ланцюжок біохімічних перетворень глікогену («тваринний крохмаль», основний запасний вуглевод тварин і

людини, що міститься в печінці) в глюкозу, що знаходиться під контролем адреналіну (гормон нирок) та інсуліну (гормон підшлункової залози);

- рух фінансових коштів в державі (соціальна система) – механізм даного контролю складний і здійснюється системою різних організацій (банківські структури, податкова інспекція, судова система тощо на підставі діючого фінансового законодавства).

У процесах управління керуюча система грає ключову роль. Тому поняття «керуючої системи» має значення не тільки в кібернетиці, але й в інших науках. До прикладу, в ЕОМ воно визначає порядок виконання операцій (команд) і координує роботу всіх вузлів ЕОМ. Конкретна природа керуючого пристрою може бути різною, але для всіх випадків кібернетика встановлює загальну функціональну структуру.

Будь-який керуючий пристрій повинен мати:

- чутливий елемент (вхідний пристрій), з його допомогою сприймаються відомості (інформація);
- механізм перетворення інформації, одержаної від чутливого елемента;
- механізм передачі перетвореної інформації від керуючого пристрою до виконавчого пристрою;
- вихідний пристрій, для здійснення механізму передачі перетвореної інформації;
- запам'ятовуючий пристрій (є в кібернетичних системах), призначений для зберігання програми і початкових даних.

Поняття «управління» в кібернетиці в його первинному сенсі характеризувалося наступними трьома основними ознаками: 1) автоматичні дії системи; 2) дії системи відповідно до певної мети; 3) наявність зворотного зв'язку. У останні десятиліття кібернетичні представлення управління піддалися ускладненню і узагальненню.

По-перше, саме управління розглядається вже не просто як автоматична дія, а як управлінська діяльність, яка лише частково може бути автоматизована. Управління не можна зводити тільки

до інформаційних процесів, що, в кінцевому рахунку, припускають його автоматизацію.

По-друге, управлінська діяльність розуміється як усвідомлена, а її мета – не кінцевий стан даного перетворення, а його уявлення, образ, який формується до реалізації мети. Управління є цілеспрямованим процесом, результатом якого є перехід об'єкта управління з одного стану в інший.

По-третє, ситуація управління має одну важливу особливість: управління – це дія однієї діяльності на іншу, тобто об'єктом управлінської діяльності є інша діяльність, що підлягає управлінню (наприклад, виробнича, господарська, наукова і ін.) Управління – це коректування діяльності, що підлягає управлінню, у відповідності з метою та усвідомленням (керівником) всієї діяльності та образу дії керованої системи. Великого значення набуває не тільки усвідомлення, але і коректування власних дій керуючим суб'єктом (або відповідним соціальним інститутом).

По-четверте, ускладнено поняття зворотного зв'язку. Це не просто зворотна фізична дія, суть її полягає в тому, що від об'єкту управління до органів, що управляють, по особливих каналах зв'язку передається інформація про фактичне положення справ, перш за все, про відхилення від намічених планів, яка використовується керуючими органами для вироблення і корегування керуючих дій. Інакше говорячи, діяльність такої системи регулюється результатами діяльності цієї ж системи. Результат діяльності не може повністю співпадати з поставленою наперед ідеальною метою. Неспівпадіння мети і результату діяльності і є основою механізму регуляції зворотного зв'язку.

Метод кібернетичного дослідження є поведінчастим по схемі «стимул-реакція», яку кібернетика запозичує з психології біхевіоризму і узагальнює через поняття «вихід-вхід». Це означає, що в кібернетиці використовується поведінковий розгляд об'єкту, а не структурно-функціональний. Тут об'єкт управління уподібнюється деякій «чорній скрині» в тому сенсі, що ми нічого не знаємо про його вміст. Відомо лише, яка серія сигналів подається на вхід виконавчого пристрою, а також його реакція,

або поведінка на виході. Тоді як при структурно-функціональному підході головна увага приділяється вивченню внутрішньої організації об'єкту, а не його поведінці.

Під поведінкою в кібернетиці розуміється будь-яка зміна об'єкту управління по відношенню до навколишнього середовища. Поведінка може бути:

- активною, у тому випадку, коли об'єкт управління є джерелом енергії своїх дій. Активну поведінку підрозділяють на випадкову (недоцільну) та цілеспрямовану;
- пасивною, якщо реакція об'єкту управління здійснюється за рахунок енергії, що поступила на вході ззовні.

Доцільність означає, що поведінка визначається наперед заданим (або відомим) результатом, тобто кінцевим станом. Здійснюючи довільну дію, людина мимоволі вибирає специфічну мету, але не специфічний рух. Н. Вінер відзначав, що, вирішивши узяти стакан з водою і піднести його до рота, ми не наказуємо окремим м'язам скоротитися в певній послідовності, ми просто задаємося метою – і дія відбувається автоматично. Хоча багато видів пристроїв функціонують нецілеспрямовано, наприклад, годинник, що характеризується регулярною, але нецілеспрямованою поведінкою, оскільки в їх механізм не закладена ніяка мета.

Активну доцільну поведінку підрозділяють на два види: із зворотним зв'язком (ОЗ) і без нього. Якщо поведінка об'єкту залежить від дії на нього, то є зворотний зв'язок – між дією і реакцією на нього. За наявності ОЗ сигнал з виходу виконавчого пристрою, що несе інформацію про поведінку об'єкту управління, подається назад на вхід керуючого пристрою, щоб контролювати і регулювати поведінку виконавчого пристрою, коректуючи його у відповідності з метою. Якщо поведінка системи підсилює зовнішній вплив, це називається позитивним зворотним зв'язком. Якщо зменшує зовнішню дію, то це негативний зворотний зв'язок. Поняття зворотного зв'язку (позитивного і негативного) також широко використовується в різних видах науки і практики. При позитивному ОЗ сигнал, що прийшов від виконавчого пристрою керованої системи, повідомляє, що поведінка об'єкту

управління відповідає командам, але мета ще не досягнута. Тому керуючий пристрій підсилює ту ж команду. Негативний ОЗ означає інформацію про необхідність коректування команди для досягнення мети. Особливий випадок – гомеостатичні зворотні зв'язки, які зводять зовнішні дії до нуля.

У кібернетиці були зроблені перші серйозні зусилля по науковому дослідженню феномена самоорганізації як саморегуляції. Кібернетика мала справу як з живими, так і з технічними (побудованими з неживої речовини) керованими і саморегульованими системами, тобто з системами, в яких самоорганізація закладена спочатку.

Кібернетику цікавили гомеостатичні системи, що підтримують своє функціонування в заданому режимі.

Важливим для кібернетики є поняття гомеостазу. Гомеостаз – це процес саморегуляції систем будь-якої природи щодо заданого стану на основі обернених зв'язків, що забезпечує динамічну рівновагу системи, званої гомеостатом. Це слово походить від старогрецького «гомеостазис», що означає «однаковий стан». Термін був запропонований американським біологом У.Кенноном в 1929 році. Пізніше, в 1948 році англійський біолог У.Ешбі провів детальне дослідження і розробив концепцію стійкості динамічних рівноважних систем, яка застосовна до систем будь-якої природи. Так виникла кібернетична концепція гомеостазу.

Саме поняття гомеостазу вказує на те, що в гомеостатичній системі може йтися тільки про самоорганізацію як саморегуляцію, що направлена на досягнення оптимальної структури її елементів. Така ідея дозволяє зрозуміти факт стійкості та збереження систем (зокрема живих). Але з позицій гомеостазу не можна зрозуміти, як виникають нові системи, причому не тільки в живій, але і в неорганічній природі. До того ж проблема гомеостазу в кібернетиці розглядається з чисто функціональної точки зору, і тому в ній не аналізуються конкретні механізми самоорганізації.

На даний час синергетикою встановлено, що процеси самоорганізації (так само, як і дезорганізації) можуть відбуватися

в порівняно простих фізичних і хімічних середовищах неорганічної природи. А це означає, що проста, елементарна форма самоорганізації має місце вже в рамках фізичної і хімічної форм руху матерії. Причому, чим складніша форма руху матерії, тим вище рівень її самоорганізації.

Найбільш складним і недостатньо розробленим поняттям кібернетики є поняття інформації. У найзагальнішому сенсі інформацію ототожнюють з людським знанням. Говорять, що повідомлення дає нам знання або інформацію. Що у такому разі розуміти під знанням?

У статистичній (математичній) теорії інформації К.Шеннона повідомлення розглядається не як осмислене знання про факти дійсності, а лише як деяка послідовність знаків, наприклад, літер алфавіту. Для виміру кількості інформації важливо лише одне – знаємо ми або не знаємо, з якої кількості та поєднання знаків утворено очікуване повідомлення. Як основна умова висувається розділення знакової (синтаксичної) і смислової (семантичної) сторін повідомлення при повному абстрагуванні від семантики (сенсу слова). Для випадку з телеграфним апаратом, що не сприймає сенсу слів, достатня лише послідовність цифрових кодів літер, що посилаються по лінії зв'язку. А оскільки загальна теорія інформації включає і телеграфний зв'язок, то для такої теорії представлення повідомлень тільки в синтаксичній формі цілком виправдане.

Проте, це суперечить уявленням про людську комунікацію за допомогою природної мови. Тут логічний сенс грає провідну роль, і взагалі семантична організація істотно визначає синтаксичний лад висловлювання. Навіть логічний лад не вичерпує всієї якості мислення, оскільки він залежить і від емоційних оцінок, і від образних складових, і від волі того, хто говорить. Таким чином, повне відвернення від якісної сторони інформації – істотний пропуск математичної теорії числення кількості інформації, оскільки якість взагалі не зводиться до кількості, і однією кількістю «біт» не виразити якісної сторони (природи) інформації.

Питання про те, як можна одержати якісну характеристику інформації, широко обговорювався в кібернетиці в 60 – 70-х роках ХХ сторіччя. Одним з традиційних підходів є термодинамічний. У термодинамічному підході інформація протиставляється ентропії (мірі хаосу в системі) і виступає як міра впорядкованості системи. З цього твердження можна зробити висновок про те, що чим вищий ступінь організованості системи, тим вище її інформаційна насиченість. Н.Вінер визначив інформацію як міру організації стану і груп станів.

Оскільки ентропія як міра хаосу (дезорганізації) матеріальних систем – це негативна характеристика, то нею незручно користуватися для опису еволюції в природі. Тому в 50-х роках ХХ сторіччя французький фізик-теоретик Л.Бріллюен ввів протилежне поняття – негентропії як міри організованості або впорядкованості і дав обґрунтування негентропійного принципу у визначенні інформації. По суті, він ототожнив інформацію з негентропією. Отже, природу інформації і ентропії виражає їх протилежний зв'язок з організацією матеріальних систем.

Зараз неясний процес переходу інформації в свою зв'язану форму – негентропію. Недостатньо вивчені критерії і методи оцінки кількості і якості інформації, особливо в суспільних системах. Найбільш загальними закономірностями в процесах передачі, перетворення, обробки і зберігання інформації (або її зв'язаного вигляду: негентропії) займається нова наука – інфодинаміка.

Початкові положення інфодинаміки наступні:

1. Універсум складається з ієрархічно та інтерактивно взаємозв'язаних систем. Їх межі, структура і функції різноманітні, але всі вони існують об'єктивно;
2. Кожна система обов'язково містить речовину (масу), енергію і негентропію. Можна розрахувати їх еквівалентну сумарну кількість і співвідношення переважаючих форм;
3. Інформацією є будь-який зв'язок між системами, в результаті якої збільшується негентропія хоч би однієї з цих систем;

4. Свідомість, думки, наука та інші результати розумової діяльності людини і суспільства є вторинною реальністю, тобто наближеними моделями реального світу. Однак, і вони є об'єктивно існуючими інформаційними системами;

5. Не існує абсолютної інформації. Є багатовимірна інформація щодо мети і події в системі, що міститься в іншій події або об'єкті. Системи взаємодіють між собою шляхом передачі маси, енергії, ентропії і негентропії. В процесі обміну як маса і енергія, так і негентропія можуть концентруватися або розсіюватися. В процесі інфообміну інформацією вважається тільки такий зв'язок між системами, в результаті якого підвищується кількість негентропії хоч би однієї системи. У решті випадків ми маємо справу з розсіянням інформації, маси або енергії, або просто шумом.

Зв'язана форма інформації – негентропія міститься в кожній системі разом з масою і енергією. Проте її визначення, також як і з'ясування процесів її перетворення і переходів часто представляє великі труднощі.

Найбільш змістовна якісна характеристика інформації вироблена із загальнонаукових позицій на основі категорій різноманітності, віддзеркалення і взаємодії. Інформація в найзагальнішому її розумінні є мірою неоднорідності розподілу матерії і енергії у просторі та часі, міру змін, якими супроводжуються всі процеси, які протікають в світі.

Внесок кібернетики в сучасну наукову картину світу

Кібернетика усунула ту принципову неповноту наукової картини світу, яка була властива науці XIX і першій половині XX століття. Класична і неklasична наука будувала уявлення про світ на двох фундаментальних категоріях – матерія та енергія і створювала речовинно-енергетичну, речовинно-польову картину світу.

На постулатах про матерію і енергію будувалися уявлення про простір і час. Але в палітрі наукової картини світу не вистачало найважливішої «фарби» – інформації. Найглибша причина сполучення простору і часу, а рівно всіх змін в світі, виникає із

зміни маси, енергії та інформації. Досвід розвитку науки останнього часу показав, що реальний світ складається з цих гранично фундаментальних елементів. Системи матеріальних об'єктів, речовинно-енергетичні процеси є і носіями, хранителями і споживачами інформації. І подібно до того, як Ейнштейн встановив закон еквівалентності маси і енергії ($E=mc^2$), мабуть, є і закон (не відкритий ще) еквівалентності маси, енергії та інформації. Кібернетика (разом з теорією інформації) дала нове уявлення про світ, засноване на інформації, управлінні, організованості, зворотному зв'язку, ціленаправленості. Створила інформаційну картину світу.

Не енергія, а інформація вийде в XXI сторіччі на перше місце в світі наукових понять.

Фундаментальний характер інформації означає, що хаос не може бути абсолютним. У будь-якому хаосі існує деякий рівень впорядкованості. Космос не здатний опуститися до суцільної ентропії як вважали прихильники концепції «теплової смерті» Всесвіту. Живі організми і соціальні системи живляться негативною ентропією (негентропією), тобто завдяки обміну інформацією з середовищем вони протистоять безладу і хаосу. Мас-енерго-інформаційні перетворення вичерпують собою всі можливі стани Космосу, а також і всіх його підсистем (Всесвіту, природи, людини і суспільства).

Кібернетика здійснила революційний вплив на теоретичний зміст і методологію всіх наук. Вона усунула непереборні грані між природними, суспільними і технічними науками. Сприяла синтезу наукових знань; створила з понять приватних наук структури нових понять, нову мову науки. Такі поняття, як інформація, управління, зворотний зв'язок, система, модель, алгоритм і ін. знайшли загальнонауковий статус.

Кібернетика дала в руки людині сильне знаряддя управління виробництвом, суспільством, інструмент посилення інтелектуальних здібностей людини (ЕОМ). Сучасні ЕОМ (комп'ютери) – це універсальні перетворювачі інформації, а з перетворенням інформації людина зв'язана у всіх областях своєї діяльності (у політиці, економіці, науці, професійній сфері і ін.).

Філософ Ф.Бекон писав, що «коли істина виявлена, вона накладає обмеження на думки людей». На світ вже не можна дивитися «докібернетичним поглядом». Нова наука – кібернетика – сформувала свій погляд на світ – інформаційно-кібернетичний стиль мислення.

Від хаосу до порядку. Становлення синергетики як науки

Сучасні наукові концепції будови матерії приписують їй властивості динамізму, розвитку, еволюційний характер. Науковому світогляду, принаймні, з XIX століття, була властива ідея розвитку. Але після відкриття Кельвіном і Клаузіусом другого початку термодинаміки панувало достатньо песимістичне уявлення, що базовим станом матерії є стан термодинамічної рівноваги (хаосу) – найпростішого зі всіх можливих станів системи, що не обмінюється енергією і речовиною з навколишнім середовищем. Пануючою тенденцією матерії вважалося прагнення до руйнування спонтанно виниклої впорядкованості (в результаті випадкової маловірогідної флуктуації) і поверненню до початкового хаосу. Отже, впорядкований стан речовини, яка спостерігається в доступній частині Всесвіту, виникло випадково. А життя, як найвища зі всіх відомих науці форм впорядкованості, тим більше випадкове і неприродне. Це підтверджувала, поширена в XIX столітті в космології модель стаціонарного Всесвіту. Що ж змусило змінити цей, здавалося б, непорушний погляд на розвиток, дійти до ідеї самоорганізації матерії, яка упродовж століття в науковий світогляд в другій половині XX століття і корінним чином змінила старі погляди на матерію і процеси її розвитку?

Витоки ідеї самоорганізації систем.

Ця ідея породжена збільшенням числа досліджень в різних областях природознавства, присвячених кооперативним ефектам у відкритих нерівноважних системах. Спочатку в 60-х роках XX століття такі дослідження проводилися незалежно в різних дисциплінах, пізніше (у 70-х роках) вони стали предметом порівняння, і в них виявилось багато загального.

З'ясувалося, що всі різномасштабні системи, що самоорганізуються, незалежно від того, яким розділом науки вони вивчаються, будь то фізика, хімія, біологія або соціальні науки, мають єдиний алгоритм переходу від менш складних і менш впорядкованих до складніших і більш впорядкованих станів. Тим самим відкривається можливість єдиного теоретичного опису подібних процесів в часі та просторі. Розробка теорії самоорганізації почалася у середині ХХ сторіччя і продовжується зараз, причому по декільком напрямкам, що сходяться:

- синергетика (Г.Хакен);
- термодинаміка нерівноважних процесів (І.Прігожін);
- концепція еволюції органічних молекул (М.Ейген);
- концепція еволюції відкритих каталітичних систем (А.П.Руденко);
- теорія катастроф (Р.Том).

У виробленні сучасної концепції соціальної самоорганізації істотне значення мали відкриття, одержані при рішенні спеціальних проблем в різних областях науки. Важливе місце у формуванні синергетики займають математична теорія стійкості, розроблена А.Ляпуновим і А.Пуанкаре; теорія нелінійних коливань, створена школами Л.Мандельштама і А.Андропова. В 1963 р. Е.Лоренцом відкрите явище «дивного атрактора», в якому система рухається від однієї точки до іншої детермінованим чином, але траєкторії руху, врешті-решт, настільки заплутуються, що передбачити рухи системи в цілому стає неможливим. Ця суміш стабільності та нестабільності характеризувало явище, що одержало найменування динамічного хаосу. Роботи Е.Лоренца, Д.Рюеля і Ф.Такенса змінили наукове представлення про обов'язкову причинність (механістичний детермінізм) змін в русі і акцентували значення стохастичності (випадковості, вірогідності).

Необхідно відзначити, що в науковій літературі одні автори використовують термін «самоорганізація», інші – «синергетика». Термін «синергетика» ввів німецький фізик Герман Хакен. Слово «синергетика» старогрецького походження, означає «співпраця, сумісна дія». Лінгвістичний сенс слів різний, але концептуальних

розбіжностей між цими науковими напрямками немає. Як синергетика, так і теорія самоорганізації досліджують процеси самоорганізації та самодезорганізації у відкритих нерівноважних системах фізичної, хімічної, біологічної, екологічної, соціальної та іншої природи. Сьогодні наука вважає всі відомі системи від найменших (елементарні частинки), до найбільших (Всесвіт) – відкритими, такими, що обмінюються енергією, (або) речовиною і (або) інформацією з навколишнім середовищем і що знаходяться, як правило, в стані, далекому від термодинамічної рівноваги. А розвиток таких систем, як стало відомо, протікає шляхом утворення наростаючої впорядкованості. На такій основі виникло уявлення про самоорганізацію матеріальних систем.

Синергетика за визначенням її творця, німецького фізика Г.Хакена займається вивченням систем, що складаються з багатьох підсистем самої різної природи, таких як електрони, атоми, молекули, клітки, нейтрони, механічні елементи, фотони, органи тварин і навіть люди... Це наука про самоорганізацію складних систем, про перетворення хаосу в порядок.

У синергетиці виникнення впорядкованих складних систем обумовлене народженням колективних типів поведінки під впливом флуктуації, їх конкуренцією і відбором того типу поведінки, який виявляється здатним вижити в умовах конкуренції. Як помічає сам Хакен, це приводить нас у певному сенсі до свого роду узагальненого дарвінізму, дія якого розповсюджується не тільки на органічний, але і на неорганічний світ. Самоорганізація, по Г.Хакену, – це «спонтанне утворення високовпорядкованих структур із зародків або навіть з хаосу». Перехід від неврегульованого стану до впорядкованого відбувається за рахунок сумісної і синхронної дії багатьох підсистем (або елементів), утворюючих систему.

Г.Хакен виділив кооперативні (колективні) процеси у всіх системах, що самоорганізуються. Початковою сферою застосування синергетики Г.Хакена була квантова електроніка і радіофізика. Яскравим прикладом самоорганізації може служити система, вивчена їм, – лазер.

Г.Хакеном звернуто увагу на те, що при накачуванні лазера світловою енергією в певний момент хаотичні на початку коливання його атомів замінялися більш впорядкованими і когерентними. Поки потужність накачуваної енергії мала, атоми в кристалі збуджуються неузгоджено і випромінюють світлові мікрохвилі теж розрізнено за часом і напрямом.

В цьому випадку лазер випускає розсіяне світло, як лампа освітлення. Але коли накачування енергією активної речовини лазера досягає порогового значення потужності, то всі збуджені в кристалі атоми-антени раптово починають випромінювати світло синхронно і однонаправлено, і від складання множини мікрровипромінювань утворюється один потужний потік світла, лазерна установка переходить в режим генерації. Тобто при генерації лазерного променя в атомній системі кристала відбувається самоорганізація.

Такого роду взаємодії, що приводять до кооперативної поведінки елементів системи, Г.Хакен назвав синергетичними, тобто узгодженими, сумісними.

Іншими прикладами кооперативних ефектів можуть бути: однакові орієнтації елементарних магнітних моментів, що колективно вишикуються, у феромагніті; колективно і погоджено самоорганізуються вихори усередині рідини, що породжують видиму на макроскопічному рівні турбулентну структуру і т.п.

По Хакену, об'єкт вивчення синергетики, незалежно від його природи, зобов'язаний задовольняти наступним вимогам.

Відкритість – обов'язковий обмін енергією і (або) речовиною з навколишнім середовищем. Відкритість системи означає наявність в ній джерел надходження і стоків виходу речовини, енергії та інформації;

Відкритість – початкова умова самоорганізації. Поняття відкритості пов'язане з уявленням про відносини системи або елементів системи із зовнішнім середовищем, яке складають інші системи або елементи і продукти їх взаємодії. Відкритими відносини вважаються тоді, коли є вільний багатобічний обмін речовиною, енергією та інформацією. Системи, не здатні до обміну, визначаються як закриті. Абсолютно закритих систем в

природі немає. Кожна система реагує на зовнішню дію і щось віддає середовищу, хоча б у вигляді продуктів свого розпаду. До умовно закритих систем відносяться строго відмежовані утворення з жорсткими внутрішніми і зовнішніми зв'язками, обмежені в поведінці та діях таким же жорстким регламентом. Синоніми закритості – обмеженість, несвобода.

Згідно другого закону термодинаміки, в закритій системі ентропія (міра безладу) може тільки зростати, тобто порядок з часом зменшується і, нарешті, зникає (що означає розпад, крах самої системи). Відповідно, до саморозвитку така система не здатна. Вона прагне тільки до самозбереження, але і ця можливість зменшується у міру неминучого розупорядкування.

Відкриті системи здатні до зменшення ентропії за рахунок її експорту, тобто виведення в зовнішнє середовище. Проте, відкритість – також поняття умовне. Якщо система регулярно обмінюється ресурсами (активностями) з середовищем і при цьому їх «прихід» еквівалентний «виходу», така система в рівному співвідношенні обмінюється і ентропією, яка протягом певного часу залишається в постійному значенні і, відповідно, підвищення складності і організованості системи не відбувається.

Оптимально для життєздатності та внутрішнього розвитку відкрита та система, яка нарощує як приток активностей, так і їх внутрішнє виробництво з обміном на користь притоку. Ентропія системи зменшується і, відповідно, організованість зростає. Проте, зростаюча при цьому складність системи і наростаючий експорт ентропії (дезорганізація середовища) приводять і цю систему в нестійкий стан і вимушує її трансформуватися. В стані граничної нестійкості система стає відкритою в повному синергетичному розумінні відкритості, коли для обміну ресурсами система відкрита в кожній своїй точці та її елементи готові до кооперації в нових порядках.

Оскільки будь-яка система, незалежно від ступеня її відкритості в різних організаційних станах, рано чи пізно приходить в точку граничної нестійкості, в цій точці, у момент трансформації всі системи стають відкритими.

Істотна нерівноважність, нелінійність – виражає непостійність, різноманіття, нестійкість, відхід від положень рівноваги, наявність коливань і досягається при певних станах і при певних значеннях параметрів, що характеризують систему, які переводять її в критичний стан, що супроводжується втратою стійкості. Там, де наступає рівновага, самоорганізація припиняється;

Нелінійність – нееквівалентність минулого майбутньому системи. Лінійні відносини – це еквівалентність сигналу і відповіді на нього. Вони характерні для лінійних систем, в яких діє принцип суперпозиції, тобто спрощено – результат пропорційний зусиллям. Такі відносини спостерігаються поблизу точки статичної рівноваги. Щоб одним рухом викотити кулю з дна поглиблення на його схил і потім на перевал до іншого поглиблення, необхідні значні зусилля, пропорційні крутизні схилу. Якщо його розгойдувати, то при достатньому розмаху лінійні коливання стають нелінійними, протидіюча сила починає убувати і куля вискакує з поглиблення на перевал (у точку нестійкої рівноваги). Нелінійність порушує принцип суперпозиції: результат суми дій не рівний сумі їх результатів, тобто незначними зусиллями можна здійснити великі перетворення. Звідси, на відміну від лінійної екстраполяції, труднощі прогнозування нелінійної поведінки системи.

Нестійкість – стан готовності системи до змін і моменту вибору їх напрямку. У синергетиці часто для ілюстрації стану нестійкості використовується модель маятника. Маятник, що вільно коливається, поступово зменшує амплітуду коливання і зупиняється в критичній нижній точці (абсолютна рівновага). Якщо подавати на маятник енергію порціями або встановити межі коливань, це буде модель закритої системи, що знаходиться в рухомій рівновазі. Якщо притік енергії збільшувати (додатковий вантаж до гирі) та усунути обмежувачі, маятник прийде в обертальний рух і при припиненні подачі енергії може зупинитися в перевернутому положенні, тобто у верхній точці кола руху (нестійка рівновага).

Для виведення маятника з абсолютної рівноваги і збільшення амплітуди коливань біля нижньої точки стійкості потрібне достатньо виражене зусилля. В стані нестійкої рівноваги він готовий впасти управо або вліво при найменшій дії або навіть випадкових теплових коливань матеріалу маятника.

У точці нестійкої рівноваги система дійсно відкрита і високочутлива до малих сигналів. Такі точки нестійкості і відкритості є і точками вибору (вправо або вліво). У синергетиці вони називаються точками біфуркацій (буквально двоzubа вилка – по числу альтернатив, яких в інших моделях може бути і більше). Таким чином, відкритість, нестійкість і біфуркація характеризують момент переходу системи в нову якість.

Вихід з критичного стану стрибком, в процесі типу фазового переходу, в якісно новий стан з більш високим рівнем впорядкованості.

Критичний стан – це стан крайньої нестійкості, що досягається відкритою нерівноважною системою в ході попереднього періоду плавного, еволюційного розвитку.

Стрибок – це край нелінійний процес, при якому малі зміни параметрів системи (зазвичай вони називаються керуючими параметрами) викликають дуже сильні зміни стану системи, її перехід в нову якість.

Наприклад, при зниженні температури води до певного значення вона стрибком перетворюється на лід. Біля критичної точки переходу досить змінити температуру води (керуючий параметр) на долі градуса, щоб викликати її практично миттєве перетворення в тверде тіло.

Подібні ж процеси є в хімії – змішування рідин різних кольорів, коли поперемінно отримується рідина то червоного, то синього кольору (реакція Білоусова–Жаботинського); у біології – м'язові скорочення, електричні коливання в корі головного мозку, явище морфогенезу (окремі клітки бувають тільки недиференційованими, спеціалізація розвивається у відповідному оточенні інших кліток), динаміка популяцій (часові коливання чисельності видів) і т.д.

Динамічна ієрархічність – основний принцип проходження системою точок біфуркації і формування нового порядку. Цей принцип описує виникнення нової якості системи по горизонталі, тобто на одному рівні, коли повільна зміна параметрів порядку мегарівня приводить до біфуркації, нестійкості системи на макрорівні та перебудові його структури. Включення в схему мікрорівня дозволяє описати процес зникнення і народження в точці біфуркації макрорівня. У цій точці колективні змінні, параметри порядку макрорівня повертають свої міри свободи в хаос мікрорівня, розчиняючись в ньому. Потім в безпосередній взаємодії мега- і мікрорівнів народжуються нові параметри порядку оновленого макрорівня. Процес народження параметрів порядку: «керуючі надповільні параметри мегарівня» + «короткоживучі змінні мікрорівня» = параметри порядку, структуротворні довгоживучі змінні мезо (макро)-рівня. Мить між минулим і майбутнім – точка біфуркації на мікрорівні є цілою епохою змін-трансформацій. Саме тут відбувається вибір альтернатив розвитку макрорівня.

Безповоротність змін як чинник розвитку і становлення

Виникнення нових параметрів порядку – події, які не мають зворотного руху. Елементи, що з'єдналися в кооперації, знаходять нові якості, і їх роз'єднання веде також до нових якісних змін, тобто початкова (до первинного з'єднання) якість безповоротна (закон розбіжності Богданова). Процес самоорганізації – це рух тільки в одному напрямі – вперед. Це не означає, що знов сформована система буде в «кращому», стані, в порівнянні з колишньою. Вона стає тим, чим вона може бути, переживаючи певну подію або серію виникаючих в часі подій. У цьому сенс самоорганізації як процесу становлення нових систем і їх якостей.

На закінчення приведемо ще один, фундаментальний принцип загальній теорії самоорганізації – універсальність і неперервність самоорганізації. Класичне уявлення про улаштування і процес впорядкування світу орієнтоване на те, що все суще впорядковане, а виникаючі безлади можуть бути усунені та є частими випадками порядку і усунені діями його законів.

Синергетична картина світу представляє інше. Все в природі, зокрема, в людині і суспільстві нерівноважно. Усюди включені стани хаосу, які є джерелами руху і самоорганізації.

У широкому плані поняття самоорганізації відображає фундаментальний принцип природи, що лежить в основі спостережуваного розвитку від менш складних до складніших і впорядкованіших форм організації речовини. Але у цього поняття є і вужче значення, що безпосередньо характеризує спосіб реалізації переходу від простого до складнішого. У такому значенні самоорганізацією називають природні стрибкоподібні процеси, що переводять відкриту нерівноважну систему, що досягла в своєму розвитку критичного стану, в новий стійкий стан з вищим рівнем складності та впорядкованості в порівнянні з початковим.

Перш, ніж навести приклади самоорганізації, необхідно уточнити, що ж вважати ускладненням елементів і систем, їх переходом від простіших до складніших форм. Поняття «простий» і «складний» завжди відносні, їх сенс виявляється тільки при зіставленні властивостей споріднених об'єктів. Так, протон складний щодо кварків, але простий відносно атома водню; атом складний щодо протона і електрона, але простий щодо молекули і т.д. При цьому ми бачимо, що складні об'єкти володіють новими якостями, яких позбавлені початкові прості елементи, що утворюють їх. Таким чином, природу можна представити як ланцюжок наростаючих по складності елементів. Процеси об'єднання «простих» елементів з утворенням «складних» систем протікають лише при виконанні певних умов. Наприклад, якщо температура (енергія) навколишнього середовища перевищує енергію зв'язку двох частинок, то вони не зможуть утримуватися разом. При зниженні температури до значень, при яких енергія середовища і енергія зв'язку частинок виявляться рівними, настає критичний момент, і подальше зниження температури робить можливим процес фіксації частинок (наприклад, протона і електрона) в атомі водню. Набагато складніше йде справа при з'єднанні атомів в молекули. Тут також існують порогові значення параметрів (температури, щільність), які називають

критичними значеннями, що відокремлюють область можливого утворення від області, де цей процес неможливий. Потім йдуть нові рівні складності і впорядкованості речовини. Найбільш високий рівень впорядкованості, відомий науці, – жива система. Вважалося, що феномен життя протирічить пануючим фізичним уявленням про прагнення матерії до хаосу. Життя представлялося впорядкованою і закономірною поведінкою матерії, заснованою не тільки на тенденції переходити від впорядкованості до неврегульованості, але частково і на існуванні впорядкованості, яка підтримується весь час. Ця проблема вперше була чітко сформульована в книзі відомого фізика-теоретика Е.Шредінгера «Що таке життя з погляду фізики?». Аналіз, виконаний ним, показував, що феномен життя руйнує постулат про єдину тенденцію розвитку речовини – від випадково виниклої впорядкованості до неврегульованості, що породжується класичною термодинамікою. Живі системи опинилися здатні підтримувати впорядкованість всупереч «природній» тенденції. Після виходу книги Шредінгера створилася цікава ситуація: за живою речовиною визнавалася здатність проявляти як тенденцію до руйнування впорядкованості, так і тенденцію до її збереження. А за неживою природою як і раніше визнавалася тільки одна тенденція – неминуче руйнувати будь-якої впорядкованості, що виникла в результаті випадкових відхилень від рівноваги. І лише порівняно недавно стало ясно, що тенденція до творення, до переходу від менш впорядкованого стану до більш впорядкованого, тобто самоорганізація, властива неживій природі в тій же мірі, що і живий. Потрібні лише відповідні умови для її прояву.

Таким чином, самоорганізація – в світоглядному розумінні – це природна реальність, іманентно властиве світу явище. Це нескінченний процес руху матерії від простих форм її організації до складних, високоорганізованих систем, що саморозвиваються і самовідтворюються. У цьому визначається суть самоорганізації як процесу прояву і становлення світу.

З сучасних, синергетичних позицій під самоорганізацією розуміють процеси виникнення просторово-часових структур в

складних нелінійних системах, що знаходяться в станах, далеких від рівноваги, поблизу особливих критичних точок (так званих точок біфуркації), в околі яких поведінка системи стає украй нестійкою. Останнє означає, що в цих точках система під впливом самих незначних дій, або флуктуацій, може різко змінити свій стан.

Узагальнення наведених визначень показує, що:

а) самоорганізація є процес виникнення нової системи. Ця система або виникає знов або відтворюється з частин (елементів) якоїсь наявної системи (переходів в новий стан);

б) трансформація початкових утворень відбувається в момент їх крайньої нестійкості і високої чутливості до будь-яких дій, зокрема щонайменшим;

в) з положення нестійкості є декілька варіантів виходу (біфуркації), їх знаходить сама система без якого-небудь програмування ззовні;

г) знов утворена (трансформована) система володіє вищим рівнем складності й активності.

Системи, що самоорганізуються, знаходять властиві їм структури або функції без якого б то не було втручання ззовні. Зазвичай ці системи складаються з великого числа підсистем, які знаходяться у взаємодії одна з одною. При зміні певних умов, які називаються керуючими параметрами, в системі утворюються якісно нові структури. Ці системи володіють здатністю переходити з однорідного, недиференційованого стану спокою в неоднорідний, але добре впорядкований стан або в один з декількох можливих станів. Цими системами можна управляти, змінюючи діючі на них зовнішні фактори. Потік енергії або речовини відводить фізичну, хімічну, біологічну або соціальну систему далеко від стану термодинамічної рівноваги. Змінюючи температуру, рівень радіації, тиск тощо, ми можемо управляти системами ззовні.

Системи, що самоорганізуються, здатні зберігати внутрішню стійкість при дії зовнішнього середовища, вони знаходять способи самозбереження, щоб не руйнуватися і навіть покращувати свою структуру.

Таким чином, сама логіка наукового розвитку, включаючи нові експериментальні дані, зажадала в 50–60-х роках ХХ сторіччя перейти від розгляду слабонерівноважних до вивчення сильонерівноважних систем, від стаціонарних нерівноважних станів до дослідження нестійких нерівноважних станів. Вивчаючи механізми самоорганізації в сильонерівноважних, нелінійних, відкритих і складних системах синергетика значною мірою спирається на ідеї, методи і принципи нелінійної термодинаміки нерівноважних процесів І.Пригожина, на досягнення нелінійної теорії коливань і математичне моделювання складних систем.

Механізми процесів самоорганізації

(за І.Пригожином)

З другої половини ХХ століття проблемами самоорганізації займається брюссельська школа І.Пригожина, що розробила теорію нерівноважної термодинаміки, яка описує необоротний процес переходу від одного нерівноважного стану до іншого з пониженням ентропії і підвищенням рівня організації. Структури, що утворюються при цьому, названі дисипативними. Звідси найменування нового наукового напрямку, пов'язаного з ім'ям І.Пригожина – «теорія дисипативних структур». У 1977 році І.Пригожину присуджена Нобелівська премія за результати досліджень у області еволюційної (нерівноважної) термодинаміки.

На початку 70-х років І.Пригожину вдалося розробити нову концепцію самоорганізації хімічних і фізичних систем. Джерелом самоорганізації І.Пригожин вважав випадкові неоднорідності, або флуктуації (відхилення середовища від нормального положення), які до деяких пір гасяться силами внутрішньої інерції. Далі випадкові мікрофлуктуації переростають в стан хаосу. Але, коли в систему з хаотичним станом поступає з середовища достатньо велика кількість свіжої енергії, то з хаосу народжуються крупномасштабні флуктуації макроскопічного рівня. Ці макроскопічні флуктуації є колективними формами поведінки множини мікрочасток, які назвали модами. Між модами

(конфігураціями) виникає конкуренція і виникає відбір найбільш стійких з них.

От як І.Пригожин змальовує, в загальному вигляді, стисло шлях еволюції системи від початкового стану через хаос до стану нової організованості. У замкнуту ізольовану систему енергія або речовина вводяться ззовні дозовано, щоб початковий стан в ній не виходив за рамки заданих меж (наприклад, піч, багаття і т.д.). У відкритій нелінійній системі немає таких обмежень. Тут речовина і енергія середовища можуть поступати до неї довільно, тому така система може виходити із стану рівноваги і стати нерівноважною. У міру подальшого притоку речовини і енергії вона з прискоренням (нелінійно, неоднаправлено) йде все далі від положення рівноваги, стаючи, все більш нерівноважною і нерегульованою. Організація стану такої системи все більше розкитується, поки, нарешті, зовсім не руйнуватиметься і процес не стане хаотичним. Таким чином, на першій стадії своєї еволюції нерівноважний процес переходить від стану порядку до хаосу.

Стан максимальної хаотичності нерівноважного процесу називають точкою біфуркації (від лат. bifurcus – роздвоєний). Завдяки хаотичності подальше розгортання нерівноважного процесу має не один шлях руху, а множину можливих шляхів із зони розгалуження, тобто з точки біфуркації. Стан біфуркації можна уподібнити положенню кульки на опуклій поверхні, типу сферичної, яке є нестійким. Будь-який вплив може вивести кульку з нестійкого стану, і вона почне скачуватися зверху вниз. По якій траєкторії вона котитиметься з точки біфуркації – вгадати точно неможливо. Це – випадковий процес.

Але як тільки траєкторія руху зверху вниз визначиться, так напрям руху почне підкорятися необхідності. Тепер необхідність зумовлює, яким фіналом завершиться нелінійний процес. Відрізок еволюційного шляху від точки біфуркації до необхідного фіналу називають аттрактором (від лат. attrahere – притягаю). Це означає, що кінцевий пункт розгортання нелінійного процесу, або фінал, як би притягають до себе, тобто, зумовлюють траєкторію нелінійного процесу (рухи кульки) від точки біфуркації.

Аттрактор уподібнюється деякій воронці, або конусу, який своїм розтрубом звернений до зони розгалуження, а своєю вузькою горловиною – до кінцевого результату. Це означає, що кулька, яка знаходиться на опуклій поверхні, може потрапити в розтруб воронки не з однієї єдиної точки, а з ряду суміжних положень зони розгалуження. У міру руху по аттрактору множина можливих варіантів руху скорочується і, в кінцевому рахунку, процес з необхідністю завершується єдиним результатом. Якщо зараз ввести додаткову енергію ззовні в систему, то в хаотичному стані почне зароджуватися нова організація. Коли величина енергії, що вводиться, досягає деякого критичного значення, то система миттєво (стрибком) переходить з хаотичного стану в новий стійкий (організований) стан.

Розгортання нелінійного процесу від точки біфуркації до вибору аттрактора – це початок другої частини еволюційного нелінійного процесу, в якому випадковість і необхідність (зумовленість) компенсуються, взаємно доповнюють один одного. У світлі нової концепції по іншому розв'язується питання про співвідношення випадкового і необхідного в розвитку. Еволюційні етапи вельми жорстко детерміновані, поведінка системи тут передбачена і навіть керована, якщо є необхідні управлінські засоби. У критичних же точках (точках біфуркацій), які досягаються системою на завершальних стадіях еволюційного процесу, панує випадковість. У таких точках не можна передбачити той новий стійкий стан, в який система перейде в ході стрибка. А наступний еволюційний етап стартує саме від випадкового переходу системи на новий рівень. Точка біфуркації образно постає у вигляді перехрестя з декількома відгалуженнями шляху, і на ньому, як в казці, вибір шляху означає і вибір долі.

Синергетика пояснює самоорганізацію відкритих систем як сукупний результат взаємодії в них таких протилежних тенденцій, як нестійкість і стабільність, безпорядок (хаос) і порядок, дезорганізація і організація, випадковість і необхідність. У цих системах спонтанно виникають нові дисипативні структури за рахунок обміну енергією з оточуючим середовищем, коли використана, «знецінена» енергія розсіюється в

навколишньому середовищі, а натомість поступає нова енергія з середовища. Тому подібні системи, або структури одержали найменування «дисипативні», що в перекладі з англійського означає «розсіюючі». Прикладом дисипативних структур можуть служити коливання в моделі так званого бруселятора, автохвилеві процеси. Дане поняття зіграло важливу роль в становленні синергетики, яка показала, що саме дисипація – процеси розсіювання енергії, перетворення її в менш організовані форми (наприклад, в теплову) – це необхідна і важлива властивість механізмів самоорганізації, яка сприяє вибудовуванню впорядкованої структури в нелінійному відкритому середовищі, «виникненню порядку через флуктуації».

Синергетика виступає сьогодні як міждисциплінарний науковий напрям, орієнтований на пошук загальних законів еволюції і механізмів розвитку природного і соціального світів. Здійснюючи глибокий синтез загальнофізичних, кібернетичних, біологічних і філософських уявлень про саморозвиток світу, синергетика показує, що причиною, джерелом самоорганізації складних систем є не що інше, як узгоджена, кооперована взаємодія їх елементів і підсистем. Синергетика конкретизувала розуміння процесів саморозвитку природи і суспільства як єдність порядку і хаосу за допомогою теорії дисипативних структур, що розкривають механізм кооперованої поведінки частин складних систем, і теорії динамічного хаосу, підкреслюючи необхідність певної неврегульованості структур складних систем для їх успішного функціонування і поступального розвитку.

До складного, неврегульованого середовища можуть пристосуватися тільки гнучкі системи, що володіють визначеними, помірними невпорядкованостями, деякою хаотичністю в своїй структурі.

В рамках синергетики описуються закономірності функціонування і трансформації систем, що самоорганізуються. Ці закономірності не задаються системою ззовні, а є продуктом її власної діяльності, тому їх витoki і зміст слід шукати усередині системи – в цьому специфіка

синергетичного підходу. Серед таких закономірностей найбільший інтерес для синергетики представляє механізм переходу від «безладу» до «порядку». Саме собою зрозуміло, це не абсолютні, а співвідносні поняття. Деяка впорядкованість присутня в системі завжди, інакше остання не була б системою, тому під «безладом» і «порядком» розуміється лише менший або більший ступінь впорядкованості. Для синергетики властиве прагнення виявити один, головний чинник, який робить основний вплив на процес руху до «порядку» і якому підпорядкована вся решта змінних. Даний чинник умовно іменується «параметром порядку» Проте, його дія багато в чому непередбачувана, і це не дозволяє безпосередньо управляти розвитком системи, тобто переводити її в інший, наперед визначений стан. Завжди можливі випадковості (флуктуації), обумовлені довільним поєднанням чинників, і система постійно володіє набором варіантів подальшого розвитку в точках біфуркації.

Самоорганізація як світоглядна концепція

Самоорганізація – в світоглядному розумінні – це об'єктивна реальність, іманентно властиве світу явище. Це нескінченний процес руху матерії від простих форм її організації до складних, високоорганізованих систем, що саморозвиваються і самовідтворюються. У цьому визначається суть самоорганізації як процесу прояву і становлення світу.

Як бачимо, до достоїнств синергетики відносяться її гнучкість, універсальність, практичність, застосовність практично в будь-якій сфері. Діалектика, тектологія, кібернетика, синергетика, сучасна багатозначна логіка, системний підхід тісно взаємодіють, збагачують один одного, і це приводить до досягання якісно нових результатів. Ці сучасні наукові парадигми не просто співіснують, а взаємодоповнюють одна одну – така оптимальна схема сучасного наукового пізнання.

Таким чином, формування синергетичної парадигми, як системи теорій, понять, методів дослідження, способів аргументування, зв'язаних єдиним узагальненим принципом

самоорганізації, виявилось вельми тривалим процесом, в якому виділяють декілька фаз. На першому етапі здійснювалась робота над проблемами термодинаміки необоротних процесів (І.Пригожин), дослідження самоорганізації молекул (Ейген), вивчення узгодженості взаємодій в умовах надпровідності (Г.Хакен). Це був етап, коли вказані та інші учені працювали, не знаючи, що їх об'єднує єдине проблемне поле.

На другому етапі становлення синергетичної парадигми, починаючи з 1975 року, виявлено концептуальну схожість і подобу використовуваних рівнянь, що дало підставу припустити загальний епістемологічний зміст виконуваних досліджень. На цьому етапі формувалося теоретичне ядро концепції самоорганізації або нова дослідницька програма.

Третій етап формування синергетичної парадигми пов'язаний з придбанням дослідницькою програмою статусу парадигми, що супроводжувалося універсалізацією теоретичних уявлень, лежачих в основі знання, розповсюдження їх на області, раніше синергетикою не описувані. Г.Хакен в книзі «Таємниці успіхів природи» інтегрує явища самоорганізації в біології, економіці, політиці, наукознавстві; Ейген в книзі «Гра життя» розглядає проблеми економіки, екології, етики; І.Пригожин в книзі «Від існуючого до виникаючого» співвідносить процеси самоорганізації, що вивчаються економікою, екологією, біологією, фізикою; Е.Янч на основі теорії дисипативних систем створює концепцію глобального еволюціонізму, інтегруючи еволюційні процеси від космогенезу до соціогенезу включно. Сьогодні ця тенденція глобалізації синергетики продовжується, виникають нові суміжні дисципліни, наприклад, соціосинергетика, активізувались дослідження «на стику», такі як синергетика і психологія, синергетика і мова, синергетика і економіка і т.д.

Отже, з різнорідних спочатку досліджень створена ущільнена дослідницька програма, яка існує в декількох варіантах. Синергетика Г.Хакена, в якій основне поняття – структура як стан, що виникає в результаті когерентної (узгодженої) поведінки великого числа часток. Бельгійська школа І.Пригожина розвиває

термодинамічний підхід до самоорганізації. Основне поняття бельгійської школи – поняття дисипативної структури. Вітчизняна школа нелінійних коливань і хвиль, основоположником якої по праву вважається Л.І.Мандельштам, розглядає загальну теорію структур в нерівноважних середовищах як формування «нелінійної культури, що включає надійний математичний апарат і фізичні уявлення, адекватні новим завданням».

Проте, дотепер немає єдиної думки з приводу статусу синергетики, її ролі в системі наукового знання. Її оцінюють і як картину світу, і як мову сучасної науки, і як наукову парадигму, і як окрему наукову дисципліну. Можливо, статус синергетики дотепер не визначений у зв'язку з тим, що однозначне визначення місця синергетики в системі знання, що склалася, неможливе. Вона просто не укладається в дисциплінарно організоване знання, у звичний поділ на наукове, ненаукове, метафізичне (філософське) та інше. Здійснюючи спадкоємність в розвитку міждисциплінарного знання – тектології, кібернетики, інформатики, загальної теорії систем, синергетика, в той же час, являє собою нове явище в науці, яке саме по собі досить привабливе, і примушує задуматися про те, що дисциплінарна структура наукового знання, до якої ми звикли, в даному випадку просто не придатне.

Синергетична парадигма, що широко упродовжилася в науку і культуру, задає нове світобачення і стратегію наукового розуміння, відкидаючи однолінійний плоский детермінізм, показуючи, що немає світу однозначного визначення, а є багатозначна деревовидна крона можливих шляхів розгалуженого розвитку Всесвіту, біосфери і суспільства. Синергетика дозволяє побачити світ, що самоорганізовується, відкритим в процесі неперервного становлення, що еволюціонує по нелінійних законах, з несподіваними сценаріями розвитку. Найважливішою складовою нової парадигми став принцип глобального еволюціонізму, тобто визнання загальності процесів еволюції в єдиному матеріальному світі. Тому сучасна наукова парадигма по суті своїй є еволюційно-синергетичною. Вона затверджує ідею

про універсальність алгоритму еволюції, розвитку світу як прояву самоорганізації в самих різноманітних природних і соціальних системах.

Важливе філософсько-методологічне і світоглядне значення для природничонаукової і гуманітарної культури мають ключові ідеї синергетики про те, що:

1) складноорганізованим системам не можна нав'язувати шляхи їх розвитку, тут неможливе встановлення жорсткого контролю;

2) для них, як правило, існують декілька альтернативних шляхів розвитку, а значить, можливість вибору найбільш оптимальних з них;

3) управління такою системою повинне лише сприяти її власним тенденціям розвитку з урахуванням властивої їй саморегуляції;

4) хаос може виступати як творчий початок, конструктивний механізм еволюції;

5) у особливих станах нестійкого соціального середовища дії кожної окремої людини можуть впливати на макросоціальні процеси;

6) знаючи тенденції самоорганізації системи, можна оминати багато зигзагів еволюції, прискорити її;

7) багато що в розвитку світу здійснюється «раптом», як би мимоволі, подібно до мутацій в біологічній еволюції;

8) світ є ієрархією середовищ з різною нелінійністю.

Відзначимо, що формування синергетики як міждисциплінарного загальнонаукового і навіть загальнокультурного напрямку не завершено і ще продовжується. Дотепер не одержало адекватного рішення головне питання – про джерела самоорганізації. А без цього саме поняття самоорганізації залишається недостатньо осмисленим і умовним, таким, що має лише робоче значення. Але, не дивлячись на це, у синергетики є майбутнє, причому, за словами Г.Хакена, «для знаходження загальних принципів, які керують самоорганізацією, необхідна кооперація багатьох різних дисциплін».

Необхідно також відзначити, що між синергетикою і кібернетикою як сучасними напрямками розвитку знання про системи, що самоорганізуються, існує принципова різниця:

- кібернетика вивчає самоорганізацію і саморегуляцію в рівноважних системах, тоді як синергетика досліджує процеси самоорганізації в істотно нерівноважних системах;
- в синергетиці вивчаються механізми виникнення стану нових структур і форм, а не підтримка початкових станів, що характерно для кібернетики.

Значення синергетики для науки і культури

Виникнувши з нерівноважної термодинаміки шляхом синтезу природничонаукових знань, синергетика орієнтує на розкриття механізмів самоорганізації складних систем – природних і соціальних, а також технічних, створених руками людини. Разом з синергетикою прийшло розуміння єдності неорганічного і органічного світу, розуміння того, що чередування хаосу і порядку є універсальним принципом світоустрою. На думку академіка Н.Моїсеєва «все спостережуване нами, все, в чому сьогодні беремо участь, – це лише фрагменти єдиного синергетичного процесу...».

Синергетика виявила біфуркаційний механізм розвитку, конструктивну роль хаосу в процесах еволюції самоорганізованих систем, механізм конкуренції віртуальних, тобто допустимих, можливих структур, закладених в системі. За своїм впливом на сучасний світогляд ідеї синергетики рівнозначні ідеям теорії відносності і квантової механіки.

Сучасна наука і соціальне життя примушують нас засвоювати нові синергетичні інструменти думки. Синергетичні ідеї активно впливають на світоглядні представлення. Адже синергетика виявляє загальні ідеї, методи і закономірності процесів самоорганізації в самих різних областях природничонаукового, технічного і соціально-гуманітарного знання. Наша мета – освоювати синергетичні ідеї, щоб піднятися на новий рівень світогляду, усвідомлення і розуміння дійсності.

Становлення теорії соціально-економічної самоорганізації

Серед всіх відомих сучасній науці складних систем суспільство (соціум) є суперскладною самоорганізованою, відкритою, дисипативною соціальною системою, способом існування якої є діяльність людей.

Як соціальна система виступають і окремі (виділені) в рамках соціуму його елементи – підсистеми: людина-особистість; малі і великі соціальні групи; етнічні або національні спільноти; держави або союзи держав; різні організації і об'єднання з чітко представленою структурою; сфери суспільного життя: економічна, політична, правова, фінансова, наука, релігія, мистецтво і т.д. Всі ці підсистеми об'єднані складною мережею різноманітних кооперативних, функціональних взаємодій і взаємозалежностей і відрізняються процесами саморегуляції, самоструктурування і самовідтворення. Суспільство має надскладний ієрархічний характер: різного роду підсистеми в ньому зв'язані супідрядними відносинами. Разом з тим кожна з підсистем володіє відомим ступенем автономії і самостійності. Тому суспільство, як соціальна система, володіє всіма ознаками систем, що самоорганізуються: воно характеризується відкритістю, певним ступенем узгодженості своїх підсистем і в той же час відомою нерівноважністю, нелінійністю і тому непередбачуваністю, імовірнісним типом розвитку.

Найважливішою особливістю людського суспільства є непередбачуваність, нелінійність розвитку. Наявність в суспільстві великої кількості підсистем, постійне зіткнення інтересів і цілей різних суб'єктів створює передумови для реалізації різних варіантів і моделей майбутнього розвитку. Як тільки в суспільстві починають робитися спроби реалізувати одну з моделей розвитку, що претендує на статус єдино правильної і наукової, суспільство стає «закритим», тобто таким, яке не допускає плюралізму в економіці, політиці, культурі, в якому неминучий розвиток тоталітаризму, перевагою суспільства над індивідом, ідеологічного догматизму, зіставлення себе решті світу.

У системах соціального типу нелінійність, неоднозначність причинних та інших залежностей одержали найбільш повне вираження. При цьому виявилось можливим виявити особливу роль окремого суб'єкта. В той час, як класичний підхід не вважав дії окремих людей значущими, щоб зробити помітний вплив на розвиток природного і соціального середовища, синергетичний підхід демонструє, що в особливих станах нестійкості соціального середовища (наприклад, в перехідний період в економіці, в епоху політичних революцій і т.д. дії кожної окремої людини можуть мати визначальний вплив на макросоціальні процеси.

Принципова відмінність соціальних систем від природних полягає, перш за все, в тому, що в них самоорганізація співпадає з організацією, оскільки в суспільстві діють люди, наділені свідомістю, ставлять собі певну мету, керуються мотивами своєї поведінки і ціннісними орієнтирами. Тому взаємодія самоорганізації і організації, випадкового і необхідного, суб'єктивного і об'єктивного складає основу розвитку соціальних систем.

Яскравим прикладом здійснення процесу самоорганізації в суспільстві є механізм, за допомогою якого підтримується відповідність між попитом і пропозицією, виробництвом і споживанням в ринковій економіці. Ринок в даному випадку можна розглядати, як складну систему, що самоорганізовується. На вільному ринку ціни регулюються за допомогою кібернетичного принципу систем, що самоорганізовуються, – від'ємного зворотного зв'язку. Коли система відхиляється від рівноважного положення, органи управління цієї системи повертають її в початковий стан. Таким чином, підтримується гомеостаз системи – її відносна динамічна стійкість.

У нерівноважних системах флуктуації (на підставі принципу позитивного зворотного зв'язку), навпаки, підсилюються, і система не може повернутися до початкового стану. Тоді ринковий механізм, самоналаштовуючись, шукає нові форми і способи існування в умовах, що змінилися. Результатом процесу самоорганізації є новий спонтанний порядок в системі, який утворюється мимоволі, тільки під впливом внутрішніх чинників.

Проте, процеси самоорганізації в ринковій економіці доповнюються, як правило, державним регулюванням, виступаючим в даному випадку як зовнішня сила. Не дивлячись на широко відому позицію представників монетаризму, які вважають ринкову економіку здатною виходити з кризових ситуацій самостійно, в особливих ситуаціях економічного спаду, депресій, а також при виконанні функції соціального захисту роль держави не можна недооцінювати. Держава виконує також функцію прогнозування з метою не допустити обвальних кризових явищ. Наприклад, в міжнародних економічних відносинах є ряд положень, висунутих державою, обмежуючих сферу міжнародного обороту ресурсів. Абсолютно відкритої економіки в спрощеному розумінні (такої, в процесі функціонування якої без жодних обмежень відбувався б рух товарів, праці та капіталу через національні кордони) не має жодна країна в світі. Повна відкритість – чисто теоретичне допущення.

Прикладом самоорганізації є інформаційні інфраструктури, що розвиваються усередині країн і між ними. Мається на увазі, що розповсюдження персональних комп'ютерів і розвиток електронного зв'язку через Інтернет привело до можливості вільного і спонтанного обміну і розповсюдження інформації по всій планеті, багато в чому розширивши можливості самоорганізації різних співтовариств.

Постійна відкритість суспільно-історичної практики, безперервні зміни в діяльності людей і стану суспільства, в умовах і якості життя людини, поліваріантність і непередбачуваність їх наслідків в соціальному житті, вимагають наукового дослідження процесів, що розвиваються в ній, саме в контексті теорії самоорганізації. Як утворюються і розвиваються соціальні структури, що визначають організацію соціальної практики? Як розвивається процес діяльності індивідів в цих структурах, яким чином він впливає на їх стан, а, відповідно, на стан практики? Чи сприяє практика в конкретному її стані самореалізації людини у процесі становлення її буття або ця практика дезорганізуватиме і соціальне буття, і життя людини?

Ці та інші такого ж роду питання і є замовлення практики на розробку теорії соціальної самоорганізації.

Соціальні структури – багатоаспектні і багатовимірні утворення, що визначають і проявляють внутрішнє улаштування соціуму і його складових – від соціальних систем до соціальних індивідів. Вони є по суті остовом соціальних систем, що забезпечує їх сформованість, протидію зовнішнім впливам і внутрішнім девіаціям-відхиленням, тобто додають їм якісну специфічність і стійкість. Спонтанне виникнення соціальних структур відбувається «далеко від рівноваги» і пов'язано з проходженням соціальною системою точок біфуркації. Це, по суті, перехід системи з одного стану в інший, через кризи і нерідко – катастрофи. Чи так часто відбуваються в соціальному житті та житті конкретних людей такі події? Як будь-які структури вони мають свої часові параметри. Для одних з них раніше, для інших пізніше настає час розузгодження зі змістом діяльності соціальних суб'єктів і зовнішніми умовами їх життя, що змінюється. Поза межне розузгодження приводить до структурної кризи, в якій соціальна система вимушена переорганізуватися в креативному варіанті.

Кожна людина як особа переживає такі кризи протягом всього свого життя. Перші, ще неусвідомлювані нею кризи супроводжують процес її первинної соціалізації, формування «ядра» особи. Надалі найбільш помітні перебудови її відносин з навколишнім світом відбуваються в переходах від дитинства до отрочтва, від отрочтва до юності, від юності до молодості, в процесі дорослішання, а потім і старіння. Розвиток розумової діяльності, накопичення знань, досвіду, умінь, зміни статусу, безперервні взаємодії з іншими людьми, кожен випадок ухвалення рішення, і багато інших процесів життєдіяльності зв'язані з безперервною самоорганізацією соціального життя індивіда.

Формування множини соціальних груп і їх трансформації – все це соціальні процеси, що самоорганізуються. Життя сім'ї – постійне становлення взаємин подружжя, батьків і дітей, членів

сім'ї з родичами, зміни дружніх сімейних зв'язків і т.д. – так само безперервний процес соціальної самоорганізації.

Утворення установ і підприємств, зародження і банкрутство і перетворення комерційних структур, процеси ринкових відносин, соціальні рухи, боротьба за владу і її збереження, зміни соціальних стратифікаційних структур, зміна поколінь і т.д. – все це тільки фрагменти неозорого поля соціальної самоорганізації.

Таким чином, соціальна самоорганізація відноситься до об'єктивних явищ: все соціальне життя виткане з переходів, криз, катастроф та інших істотно нерівноважних станів і процесів, в яких розвивається людська природа. А рівноважний стан в соціальних системах – це тільки короткі зупинки в стрімкому бігу часу. І чим стрімкіший цей біг, тим коротші зупинки.

Список літератури

1. Аглуллин И.А. Синергетическое представление социальных систем: концепция моделирования и управления // Анализ систем на пороге XXI в.: теория и практика. Материалы международной конференции в 4-х томах, т.2.
2. Аршинов В.И., Синергетика как феномен постнеклассической науки, М., ИФ РАН, 1999.
3. Богданов А.А. Тектология. Всеобщая организационная наука. В 2-х кн. М.: Экономика, 1989.
4. Бранский В.П. Теоретические основания социальной синергетики. Петербургская социология. 1997 №1, или Вопросы философии 2000, №4.
5. Василькова В.В. Порядок и хаос в развитии социальных систем. СПб. 1999.
6. Данилов Ю.А. Роль и место синергетики в современной науке. Онтология и эпистемология синергетики. М., ИФРАН, 1997.
7. Делокаров К.Х., Демидов Ф.Д. В поисках новой парадигмы: Синергетика. Философия. Научная рациональность. М. 1999.
8. Добронравова И.С. Синергетика – становление нелинейного мышления. Киев. 1990.
9. Егоров В.С. Синергетика: человек, общество. М. 2000.
10. Капица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г. Синергетика и прогнозы будущего. М. 2000.
11. Капустин В.С. Синергетика социальных процессов. М. 1996.
12. Князева Е.В., Курдюмов С.П. Синергетика об условиях устойчивого равновесия сложных систем // Синергетика. Труды семинара. Выпуск 1. М.: Изд-во МГУ, 1998.
13. Курдюмов С.П., Капица С.П. Синергетика и социальное управление. М. 1998.
14. Пригожин А. Феномен катастрофы (дилеммы кризисного управления) // Общественные науки и современность. 1994. №2.

15. Пригожин И. Философия нестабильности. // Вопросы философии. 1991, №6.
16. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса: новый диалог человека с природой. – М., 1986.
17. Романов В.Л. Социальная самоорганизация и государственность. – М.: Изд-во РАГС, 2000.
18. Хакен Г. Информация и самоорганизация: Макроскопический подход к сложным системам. – М., 1991.
19. Хакен Г. Синергетика. М.: Мир, 1980.
20. Шкенеv Ю.С. Самоорганизующиеся системы природы и общества. М. 1990.
21. Шредингер Э. Что такое жизнь с точки зрения физики. – М., 1972.

Навчальне видання

Синергетика для інженерів програмного забезпечення
Конспект лекцій

Укладач *Жихаревич Володимир Вікторович*

Відповідальний за випуск *Останов С.Е.*
Літературний редактор *Колодій О.В.*

Друкарня видавництва “Рута”