

## ОСНОВИ СИНЕРГЕТИКИ

**М. І. Кільченко**

студентка 4 курсу, група ТГВ-41, навчально-науковий інститут будівництва та архітектури  
Наукові керівники – к.т.н., доцент А. Г. Куковський, к.т.н., доцент, В. П. Кизима

*Національний університет водного господарства та природокористування,  
м. Рівне, Україна*

**Наведено основні поняття нового міждисциплінарного напрямку, який є ідейною основою для плідної взаємної співпраці дослідників з різних галузей знання.**

**Ключові слова:** синергетика, самоорганізація, біфуркація, хаос.

**Приведены основные понятия нового междисциплинарного направления, который является идейной основой для плодотворного взаимному сотрудничества исследователей из различных областей знания.**

**Ключевые слова:** синергетика, самоорганизация, бифуркация, хаос.

**The basic concept of a new interdisciplinary direction, which is the ideological basis for a fruitful mutual cooperation of researchers from different fields of knowledge.**

**Keywords:** synergetics, self-organization, bifurcation, chaos.

**Як відомо**, природознавство складається з багатьох наук. Кожна з природничих дисциплін - фізика, хімія, геологія, біологія та інші - вивчає певний вид буття. Подібно видам буття, науки знаходяться між собою в певних співвідношеннях. **На початку ХХ століття** був зроблений цілий ряд відкриттів, які докорінно змінили бачення світу сучасним природознавством. Теорія відносності А. Ейнштейна, дослідження Резерфорда з альфа-частинками, роботи Нільса Бора, дослідження в хімії, біології, психології та інших науках показали, що світ набагато різноманітніше, складніше, ніж це уявлялося механістичної науки, і що свідомість людини спочатку включено в саме наше сприйняття дійсності. Нобелівський лауреат Ілля Пригожин поклав початок новим принципом осмислення дійсності [5]. У світлі цього принципу, який визнає за Всесвіту первинну динамічну невизначеність, виявилось можливим виробити нове розуміння еволюції. Одна і та ж енергія, одні і ті ж принципи забезпечують еволюцію на всіх рівнях: від фізико-хімічних процесів до людської свідомості і соціально-культурної інформації. Всесвіт виявляється єдиним у всіх своїх пластах, живим, що розвивається, висхідним на нові шаблі буття. Природа - рослинний і тваринний світ - постійно вражає нас різноманітністю своїх форм і витонченістю їх структур: починаючи з тих, які ми зустрічаємо в природі, і закінчуючи тими, що притаманні розумного життя; ми настільки звикли до них, що часто вже не усвідомлюємо, яким дивом є саме їх існування. А як зароджуються ці структури, адже їх самозародження суперечить всім фізичним принципам. Однак синергетика як нова парадигма, перевертає наше свідомість того, що і в світі неживої природи нові впорядковані структури можуть виникати з неупорядкованого хаосу і зберігатися незмінними при наявності постійного припливу енергії. У кожному процесі становлення структури бере участь безліч окремих елементів, які неминуче вступають у взаємодію один з одним, утворюючи комплексні системи. Ці системи підпорядковані правилам – правилам поведінки окремих складових елементів - певним шаблонам поведінки. А для синергетики інтерес становлять не окремі ці правила, а загальні закони, за якими формуються структури, що

складаються з складних процесів. Термін "**синергетика**" ввів німецький вчений Герман Хакен [6],[7], вперше озвучений термін доповіддю "Кооперативні явища в сильно нерівноважних і нефізичних системах" в 1973 році. У перекладі він буквально означає "теорія спільної дії" або як багато хто називають "наука про самоорганізацію". Під самоорганізацією при цьому розуміється спонтанний перехід відкритої нерівноважної системи від менш до більш складної і впорядкованими формами організації. Синергетика - це новий етап вивчення складних систем, продовжує і доповнює кібернетику і загальну теорію систем. Якщо кібернетика займається проблемою підтримання стійкості шляхом використання негативного зворотного зв'язку, а загальна теорія систем - принципами їх організації (дискретністю, ієрархічністю і т. п.), то нова наука фокусує свою увагу на нерівноважності, нестабільності як природному стані відкритих нелінійних систем, на множинності і неоднозначності шляхів їх еволюції. Синергетика досліджує типи поведінки таких систем, тобто нестационарні структури, які виникають у них під дією зовнішніх впливів або з-за внутрішніх факторів (флуктуацій). Синергетика значною мірою спирається на ідеї, методи і принципи нелінійної термодинаміки нерівноважних процесів, на досягнення, отримані при рішенні задач нелінійної теорії коливань у радіотехнічних системах.

А якісна теорія диференціальних рівнянь, початок якої було покладено в працях Анрі Пуанкаре, і виросла з неї сучасна загальна теорія динамічних систем озброїла синергетику значною частиною математичного апарату. Математичний апарат синергетики скомбінований з різних галузей теоретичної фізики: нелінійної нерівноважної термодинаміки, теорії катастроф, теорії груп, тензорного аналізу, диференціальної топології, нерівноважної статистичної фізики. У даній статті є намір розкрити і осмислити саму суть і поняття синергетики - нового напрямку сучасної наукової думки, а також визначити деякі теорії, поняття, системи та об'єкти синергетики. За задумом свого творця професора Германа Хакена, синергетика покликана грати роль свого роду метанауки, яка помічає і вивчає загальний характер тих закономірностей і залежностей, які приватні науки вважали "своїми". Тому синергетика виникає не на стику наук в більш чи менш широкій або вузькій прикордонній області, а отриманні результати представляють для неї інтерес системи з самої серцевини предметної області приватних наук і досліджує ці системи, не апелюючи до їх природи, своїми специфічними засобами, маючи загальний ("інтернаціональний") характер по відношенню до взятих за основу наук. Фізик, біолог, математик, економіст, психолог і т. д. бачать свій матеріал, і кожен з них, застосовуючи методи своєї науки, збагачує загальний запас ідей та методів синергетики.

**Синергетика Г. Хакена** у спрощеному розумінні базується на раніше висунутих теоріях, наприклад: Чарлз Скотт Шеррінгтон (1857-1952), називав синергетичним узгоджену дію нервової системи при управлінні м'язовими рухами; Станіслав Улам (1909-1984), який говорив про синергії, у формі безперервного співробітництва між комп'ютером і оператором та інші. Однак при тому, що є неформальний зв'язок явищ, названих "синергетика", по суті змісту попередники Г. Хакена говорили лише про приватні приклади. Автором самого терміна є Річард Бакмінстер Фуллер (1895-1983) - відомий дизайнер, архітектор і винахідник з США. Протягом свого життя Н. Б. Фуллер задавався питанням щодо того, чи є у людства шанс на довгострокове і успішне виживання на планеті Земля і, якщо так, то яким чином. Вважаючи себе пересічним індивідом без особливих грошових коштів або наукового ступеня, він вирішив присвятити своє життя цьому питанню, намагаючись з'ясувати, що особистості на кшталт нього можуть зробити для покращення становища людства з того, що великі організації, уряд або приватні підприємства не можуть виконати в силу своєї природи. Протягом цього експерименту усього життя він написав двадцять вісім книг, виробивши такі терміни як "космічний корабель "Земля"", "ефемеризация" і "синергетика". Практично спочатку (від Г. Хакена) синергетика знайшла зміст для себе і привнесла нові

ідеї: в теорію лазерів та термодинаміку нерівноважних процесів, теорію нелінійних коливань і автохвильових процесів; в теорію бифуркації і теорію структурної стійкості; в теорію катастроф. Зазнало розвиток поняття хаосу, увійшов у вжиток термін "детермінований хаос", що має конкретний фізико-математичний сенс. Значно розширилася сфера застосування синергетики в зв'язку з розвитком теорії фракталів [1]. В руслі синергетики знайшли інтерпретацію і своє рішення задачі з областей фізики, кінетичної хімії, біології, геології, матеріалознавства, економіки та інше. Слід зазначити поширення самим Г. Хакеном ідей синергетики на біологічні явища: переходи між патернами (шаблони, моделі, принципи) в біології і можливості дослідження біологічної еволюції як процесу самоорганізації в складній системі. У контексті синергетики проводяться сьгодні соціальні та гуманітарні дослідження.

Із світоглядної точки зору синергетику іноді підносять, як "глобальний еволюціонізм" або "універсальну теорію еволюції", що дає єдину основу для опису механізмів виникнення будь-яких новацій подібно до того, як колись кібернетика визначалась, як "універсальна теорія управління", однаково придатна для опису будь-яких операцій регулювання і оптимізації: у природі, техніці, суспільстві і т. д. і т. п. Однак час показав, що загальний кібернетичний підхід виправдав далеко не всі покладені на нього надії. Є кілька визначень синергетики, наприклад: Синергетика (від грец. **synergeia** - співпраця, співдружність) - наукова теорія самоорганізації в природі і суспільстві як відкритих системах [1]. Синергетика це міждисциплінарний напрямок наукових досліджень, завданням якого є вивчення природних явищ і процесів на основі принципів самоорганізації систем (складаються з підсистем). "...Наука, що займається вивченням процесів самоорганізації і виникнення, підтримки, стійкості і розпаду структур самої різної природи..."[3]. Професор Р. Н. Дульнев [2] наводить кілька варіантів визначень цього нового наукового напрямку: синергетика - наука про самоорганізацію фізичних, біологічних і соціальних систем; синергетика - наука про колективне, когерентній поведінці систем різної природи; синергетика - наука про нестійкі стани, що передували катастрофі, і їх подальший розвиток (теорія катастроф); синергетика - наука про універсальні закони еволюції в природі і суспільстві. Наука, якщо захоче уникнути необхідності кожного разу для пояснення суті речей звертатися за допомогою до надприродних сил і актів творіння, спочатку повинна пояснити природу самозародження і розвитку структур - іншими словами, суть процесів самоорганізації. Область досліджень синергетики чітко не визначена і навряд чи може бути обмежена, так як її інтереси поширюються на всі галузі природознавства, загальною ознакою яких є розгляд динаміки будь-яких необоротних процесів і виникнення принципових новацій [7, 8].

Найскладніше і, мабуть, цікаве в поведінці синергетичної системи - це наявність різного роду стрибків, або "катастроф", коли система, при безперервній зміні керуючих параметрів різко і стрибком змінює значення керованих параметрів. Виявилось, що такого роду катастрофи вдається описувати як процеси перетину особливостей на поверхні станів системи. У цьому випадку керуючі параметри належать площині проекції поверхні, а керовані параметри відчують "бифуркацію" (роздвоєння або розмноження), вибираючи один з безлічі прообразів, створюючи нову структуру. Лише вивільнені з-під гніту старої структури елементи можуть скластися в нову впорядкованість; однак якісна визначеність нової впорядкованості складається випадковим і тільки випадковим чином. Для того, щоб адекватно відобразити випадковий характер переходу від безладу до порядку, фізика становлення і вводить поняття бифуркації. Вихідними поняттями в синергетиці є поняття точок бифуркацій і атракторів. Під точкою бифуркацій розуміється стан розглянутої системи, після якого можливе деяке безліч варіантів її подальшого розвитку. Прикладами бифуркацій є: стан вибору людиною варіанту вступу у вищий навчальний заклад, стан популяції при виборі під впливом зовнішнього середовища варіанта подальшого розвитку в боротьбі за

існування, точки розгалуження на генеалогічному дереві; точки переходу до різних варіантів продовження діалогу "студент - комп'ютер" у процесі тестування знань студента з використанням закритих тестів (коли пропонується вибрати правильну і повну відповідь із серії запропонованих); стан боротьби двох фронтів в атмосфері з можливими варіантами зміни погодних умов.

**Головною заслугою синергетики** вважається відкриття нею процесів самоорганізації та кооперації в природі - це крок уперед у пізнанні світу. І хоча автори синергетики спочатку помітили явища самоорганізації тільки для окремих фізичних і хімічних процесів, але надалі синергетика була поширена практично скрізь. При цьому всі початкові висновки автоматично були перенесені на нові області. У результаті, все наше життя стала нестійким, а основним фактором його еволюції стала випадковість. Разом з тим аналіз показує, що самоорганізація - це не кооперація під впливом випадкових факторів в стані нестійкості, а процеси, причини яких закладені в природі. Ці процеси відбуваються на всіх рівнях ієрархії Всесвіту і забезпечуються всіма діючими в ній законами і силами. Самоорганізація проявляється на рівні живої клітини, тканин, утворених з клітин, на рівні органів, систем органів, що виконують певні функції організму, і, нарешті, всього організму в цілому, не тільки одного організму, але і всієї популяції в цілому. В якості прикладу можна навести регулювання чисельності популяції у тварин. При надмірному збільшенні популяції спостерігається ослаблення особин з-за нестачі їжі, появи хвороб, хижаків і інших факторів, які регулюють чисельність, доводячи її до оптимального розміру. Те ж можна сказати і у відношенні до людства.

В останні десятиліття набули поширення гомосексуалізм і наркоманія, які ведуть до виродження людства. І тут же з'являється СНІД, жертвами якого стають в першу чергу ці люди. Розглянуті вище приклади показують, що хоча такі регулюючі чинники, як, наприклад, віруси нових хвороб та інше, проявляються матеріально, але самі вони є проявами Вищих законів, які не можна вивести із законів існування матерії. У неживій природі ми також бачимо принципи самоорганізації на всіх рівнях. На мікрорівнях це проявляється у законах, щодо яких існують елементарні частки, атоми і молекули, за якими вони взаємодіють і створюють складні структури матерії. Хімічні реакції - це процеси самоорганізації на атомно-молекулярному рівні. На макрорівнях самоорганізація проявляється у законах виникнення, розвитку і взаємодії планет, зірок, галактик і інших космічних утворень. І, нарешті, найвищий рівень самоорганізації - це сукупність всіх законів і сил, що забезпечують еволюцію. Наука покликана не просто збирати фактичний матеріал, але і прагне створити цілісну картину світу, цілісний світогляд. Хімік Дмитро Іванович Менделєєв (1834-1907) вперше упорядкував розмаїття існуючих у природі речовин, створивши періодичну систему хімічних елементів. У сучасній атомній фізиці періодична система Менделєєва може вважатися втіленням основного закону будови атомів. В біології, у відповідності з відкритими їм законами, відбувається передача від покоління до покоління спадкових ознак при схрещуванні, наприклад, рослин з різним забарвленням квіток або при виведенні нової породи собак.

Вже в наш час були виявлені хімічні механізми такої передачі, яка відбувається завдяки гігантським молекулам дезоксирибонуклеїнової кислоти (ДНК). Таким чином, людство невпинно шукає і знаходить все нові і нові закони, єдині для всіх процесів, які відбуваються в природі. У той час як явища найрізноманітніших властивостей зусиллями вчених зводяться, нарешті, воедино як прояви певних законів природи, дослідники виявляють абсолютно нові факти, що стосуються ще більш складних явищ, і часом наука виявляється близька до повного поховання під лавиною даних, які видобуваються вченими. Звідси - нескінченна гонка, боротьба між потоком нових фактів і прагненням учених ці факти систематизувати, зрозуміти і співвіднести з дією єдиних законів світобудови.

Самоорганізація - це основний закон природи, це - механізм управління процесами, що відбуваються на всіх рівнях, спрямований на виникнення та підтримання процесів, пов'язаних з утворенням нових більш високоорганізованих форм і структур, передбачених еволюцією, і придушенням процесів, які знаходяться в стороні від еволюції, протидіють їй. Всі ці сили і закони, механізми управління, закладені в природі, не мають сенсу, якщо спочатку розвиток усього Всесвіту випадково, не має Вищої Меті і забезпечення її Програми. Про співвідношенні синергетики і самоорганізації цілком визначено, що утримання, на яку вони поширюються, та закладені в них ідеї невідривні одна від одної. Вони ж мають і відмінності. Тому синергетику як концепцію самоорганізації слід розглядати в сенсі взаємного звуження цих понять на області їх перетину. Ефект самоорганізації є істотним, але, тим не менше, одним з компонентів, що характеризують синергетику, і саме цей компонент надає виділений сенс всьому поняттю синергетики і, як правило, є найбільш істотним і становить найбільший інтерес.

1. Данилов Ю. А., Кадомцев Б. Б. Что такое синергетика? // Нелинейные волны. Самоорганизация - М., Наука, 1983.
2. Дульнев Г. Н. Введение в синергетику. - СПб, Проспект, 1998, С.258.
3. Капица С. П., Курдюмов С. П., Малинецкий Г. Г. Синергетика и прогнозы будущего. Изд. 3-е. - М. : Едиториал УРСС, 2003. - 288 с.
4. Моисеев В. И. Философия и методология науки. // Философия и методология синергетики. Феномен синергетики. Синергетика и термодинамика, электронная версия – URL : [http://society.polbu.ru/moiseev\\_sciencephilo/ch46\\_ii.html](http://society.polbu.ru/moiseev_sciencephilo/ch46_ii.html) - 27.04.2015.
5. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой: Пер. с англ./ Общ. ред. В. И. Аршинова, Ю. Л. Климонтовича, Ю. В. Сачкова. – М. : Прогресс, 1986.—432 с.
6. Хакен Г. Синергетика, - М., Мир, 1980, С.404.
7. Хакен Г. Тайна природы // Синергетика : учение о взаимодействии. Перевод А. Р. Логунова, - М-Ижевск, 2003, С. 319;
8. Ушаковская Е. Д. Синергетика и причины эволюции Вселенной, статья, URL : [http://www.i-u.ru/biblio/archive/ushakovskaja\\_sinergetika/](http://www.i-u.ru/biblio/archive/ushakovskaja_sinergetika/) - 27.04.2010.