

захищених 8 докторських, 11 кандидатських дисертаційних досліджень, апробації результатів на багатьох Міжнародних і Всеукраїнських конференціях, у понад 350 наукових працях. Зокрема 5 монографіях, 5 підручниках, 65 навчальних і навчально-методичних посібниках, понад 150 статтях у фахових виданнях, у тому числі й іноземних.

Розроблена і впроваджена нами модель STEM і STEAM орієнтованого навчання в закладах загальної середньої освіти побудована на принципах відкритості та синергетичності, що забезпечує можливість її постійного оновлення в змісті, формах, методах і засобах. Це в свою чергу забезпечує формування педагогічних умов для підготовки учнів до свідомого професійного вибору і сприяє їх неперервному професійному розвитку в майбутньому, формуванню загальнолюдських цінностей.

ПАРАДИГМА СИСТЕМНО-ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПІДХОДУ ПРИ ФОРМУВАННІ ЗМІСТУ ТА ВИКЛАДАННІ НАВЧАЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН СПЕЦІАЛЬНОСТІ «ПРИРОДНИЧІ НАУКИ»

Грубінко Василь Васильович

доктор біологічних наук, професор,

завідувач кафедри загальної біології та методики навчання природничих дисциплін,
Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка

v.grubinko@gmail.com

Парадигма – система теоретичних, методологічних і аксіологічних установок, система форм, уявлень та цінностей одного поняття, що відображають його видозміну, історичний шлях, заради досягнення ідеального поняття.

Вивчення фізики, хімії і біології як окремих предметів мають в основі формування змісту окремих явища природи, що відбуваються у неживих та/чи живих системах (складових) планети Земля і, частково, Космосу, на всіх рівнях їх структурно-функціональної організації.

Зважаючи на величезну кількість чинників, що визначають стан середовища, найперспективнішою (ймовірно єдино можливою) є його оцінка за станом біосистем, що найповніше віддзеркалюватиме ступінь адекватності середовища особливостям живої матерії, а зміни у стані середовища мають оцінюватися за функцією відгуку біосистем різного рівня. В цьому аспекті пріоритет, безперечно, належить структурно-функціональним параметрам живих систем, які можуть однаково успішно застосовуватися як до будь-яких рівнів організації живого (від біомолекул до Біосфери і КосмоБіосфери), незалежно від його структури, складності і динаміки. Проте, описання біологічних систем з точки зору їх структурно-функціональної єдності нині не має чіткої універсалізації, що утруднює інтерпретацію результатів досліджень

показників представників окремих форм і їх уніфікацію на рівні характеристики систем. Тому, насамперед, коротко зупинимося на аналізі системного уявлення про біологічне утворення.

Біологічні утворення як системи. Для пояснення стану будь-яких явищ і процесів використовують загальнотеоретичне (філософське) осмислення їх організації і динаміки як цілісних структур, що описуються з точки зору теорії систем. На сучасному етапі розвитку науки ідеї системності, поняття системи і теорії Луї фон Берталанфі [3] отримали загальне визнання і поширення. У визначення «система» вкладають два основних поняття: одне тяжіє до філософського трактування (В.Н. Садовський, 1974); інше ґрунтується на практичному використанні системної методології і тяжіє до вироблення загальнонаукового поняття системи (У.Р. Ешбі, Дж. Клір) [1]. Багатоплановість розуміння системи стало підставою для об'єднання системного руху в єдиній концепції.

Онтологічний зміст поняття «система» полягає в тлумаченні системи як «цілого, складеного з частин», усвідомлення цілісності і розчленованості як природних, так і штучних об'єктів. системи як комплексу взаємодіючих компонентів. Нині саме за цим розумінням системи закріпився термін «матеріальна система як цілісна сукупність матеріальних об'єктів». Тому гносеологічний зміст поняття «система» в сучасній системній парадигмі висуває три найважливіші вимоги до системності знання, а значить, і ознаки системи: повнота вихідних підстав (елементів, з яких виводиться решта знань); виводимість (визначальність) знань; цілісність створеного знання.

Отже, інтегрований зміст поняття «система» полягає в тому, що система є сукупністю, композицією елементів і взаємовпливів (взаємозалежностей), але і цілісну властивість самого об'єкту, відносно якого і будується система [6].

Щодо біологічних систем, то відомим фізіологом П.К. Анохіним в 1932-1933 рр. запропоновано поняття «функціональна система» – система, що сформована для досягнення в процесі свого функціонування заданого корисного результату (цільової функції). Основоположне початкове положення теорії функціональних систем полягає в тому, що системоутворюючим чинником є конкретний результат (цільова функція) функціонування системи. У цьому контексті система виступає як комплекс вибірково залучених елементів, які взаємно сприяють досягненню заданого корисного результату. Ієрархія підсистем повинна формуватися як ієрархія результатів, що відкриває спосіб і механізм поєднання ієрархічних рівнів. Функціональні системи зазвичай складаються з неоднорідних елементів підсистем (фізичних, хімічних, біологічних), кожен з яких несе своє функціональне навантаження в досягненні результату. Ці підсистеми, у свою чергу, розчленовуються на ряд неоднорідних елементів підсистем, які також не повинні розглядатися розрізнено і поза єдиною функціональною системою, створеною для досягнення загального результату – мети. Мета розглядається як заданий структурно-функціональною еволюцією

доцільність певного результату; критерій – як ознака, за якою визначається відповідність цьому результату; обмеження – міра свободи, необхідна для досягнення результату. Згідно з цим функціями системи є призначення, коло діяльності, обов'язок системи, зумовлений заданим результатом її функціонування.

Виходячи з зазначеного, виділяють критерії біологічних систем [5 - 7]: детермінація системоутворення (системоутворюючий фактор); структурно-функціональна цілісність та інтегративність; упорядкована (організована) взаємодія (дисипативність), цілеспрямованість, мультиплікативність; декомпозиція (структурно-функціональна індивідуальність елементів та їх інтегративна єдність); функціональна ієрархічність та емергентність ($S_{\text{сис.}} \geq S_1 + S_2 + S_3 + \dots + S_{n-1}$); комунікативність (наявність внутрішніх і зовнішніх взаємодій); стійкість (самопідтримання): аналіз, саморегуляція, адаптивність; самовідтворення та спадковість (морфогенез, розмноження, сукцесійні серії); саморозвиток: феноменологічна та динамічна функціональність – континуальність і дискретність, еквіфінальність (онтогенез, сукцесія, еволюція).

Всі зазначені властивості біологічних систем можна віднести до трьох категорій: структурна цілісність та функціональна єдність; динамічний саморозвиток; саморегуляція і адаптація [4].

Загальні характеристики системи є єдністю властивостей елементів, разом з тим не їх сумою, а новою властивістю, за характеристикою ширшою і важливішою, ніж властивості кожного елемента. Тому можна говорити про гетерогенність (поліморфізм і ізоморфізм), симетрію і асиметрію систем. Випадання (елімінація) будь-якого *i*-го структурно-функціонального елемента будь-якого порядку організації зменшує ступінь реалізації цих глобальних властивостей і унаслідок цього дестабілізує систему. Тому, як зникнення (руйнування або відсутність синтезу) будь-якої молекули, так втрата функцій, а також елімінація утворень, призводить до втрати сукупності властивостей системи вищого порядку в цілому.

Організація системи за принципом включеності разом з тим не означає її повну замкненість (ізолюваність) від середовища в цілому та окремих елементів, особливо нижчих ієрархічних порядків, зокрема. Як система в цілому, так її кожна складова, незалежно від ієрархічного розміщення і ступеня інтегративності можуть мати чисельні взаємодії з середовищем прямо чи опосередковано. Їх кількістю та інтенсивністю, а також енергетичним потенціалом взаємодії (зміна ентропії), визначається ступінь відкритості системи, її залежність (чутливість) від зовнішніх чинників та, відповідно, здатність підтримувати певний рівень гомеостазу.

Динамічний (функціональний) рівень реалізації задач, що виконуються системою, визначається праметричною (величина-сила відповіді) та кодовою (частота відповіді) реакціями систем на інформацію, що надходить до них (дію фактора), і здатністю до внутрішнього аналізу, зворотної реакції та організації

саморегуляції (забезпечення підтримання гомеостазу). Реакція-відповідь системи на дію фактора(-ів) характеризується часово-просторовими фазами(етапами): рецепція і первинна(миттєва) реакція (дія); внутрішня реакція системи (самоаналіз), зворотній зв'язок (самоконтроль) та саморегуляція (гомеостаз); еферентна реакція (зовнішня відповідь) системи, результат її функціонування – кінцева дія [2]. Згідно цього функціональна ефективність системи залежить як від збалансованості діяльності системи на кожному етапі її реакції на факторіальний вплив, так і здатності підтримувати структурно-функціональний гомеостаз, що формує ступінь відкритості та опірності (забезпечення структурної цілісності та енергетичного (термодинамічного) статусу).

Згідно з Кенноном [3], під гомеостазом систем слід розуміти сукупність органічних регуляцій, що підтримають їх стійкий стан, причому дія регулюючих механізмів може здійснюватися не в одному і тому ж, а нерідко в різних і навіть протилежних напрямках – згідно відповідними зовнішніми змінами, що підкоряються деяким фізичним законам. Простим прикладом гомеостазу є гомеотермія. Згідно правила Вант-Гоффа зменшення температури веде до зниження швидкості хімічних реакцій: така закономірність характерна для звичайних фізико-хімічних систем, а також екзотермних тварин. Проте у ендотермів зниження температури викликає протилежну дію, а саме – збільшення швидкості метаболічного процесу, внаслідок чого підтримується постійна температура тіла. Це зумовлено дією механізму зворотнього зв'язку: зниження температури стимулює термогенні центри в таламусі мозку, які «вмикають» механізми, що виробляють тепло. Подібну схему зворотного зв'язку можна знайти в різноманітних формах фізіолого-біохімічних регуляцій та регуляції стану і управління діями при цілеспрямованій активності біологічних і екологічних систем загалом

Іншим чинником функціональної ефективності і гомеостазу систем є динамічна взаємодія усередині систем з багатьма змінними. Причому для біологічних систем у зв'язку з цим має значення дослідження поняття відкритості системи. Для такої системи характерним є те, що до неї постійно надходить ззовні речовина та енергія. Усередині системи остання піддається різним реакціям, які частково утворюють компоненти вищої складності – анаболізм (продуктивність). Одночасно з цим відбувається катаболізм речовини і кінцеві продукти виводяться з системи.

Межі функціонування відкритих, на відміну від закритих, систем полягають в тому, що за відповідних умов відкрита система досягає стану динамічної рівноваги, в якій її структура залишається постійною, але в протилежність звичайній рівновазі ця постійність зберігається в процесі безперервного обміну і руху речовини, що складає її. Динамічна рівновага відкритих систем характеризується *принципом еквіфінальності*, тобто на відміну від стану

рівноваги в закритих системах, повністю детермінованих початковими умовами, відкрита система може не залежно від часу досягати стану, який не залежить від її вихідних умов і визначається винятково параметрами системи. Більше того, у відкритих системах виявляються термодинамічні закономірності, які здаються парадоксальними і суперечать другому закону термодинаміки. Відповідно до цього загальний хід фізичних подій у закритих системах відбувається у напрямку збільшення ентропії, елімінації відмінностей і досягнення стану максимальної неупорядкованості. Разом з тим у відкритих системах, в яких відбувається перенесення речовини, цілком можливе введення негентропії завдяки потоку речовини і енергії через систему. Тому подібні системи можуть зберігати високий рівень і навіть розвиватися у бік збільшення порядку та складності, що дійсно є однією з найбільш важливих особливостей життєвих процесів [2].

Отже, «зворотний зв'язок», «відкритість систем» та «гомеостаз» – це функціональні особливості біологічних систем і біологічних процесів взагалі. Проте за умови стабільно визначеної для кожної біосистеми (підсистем та їх елементів) еквіфінальності (консерватизм функції і, відповідно, результату діяльності системи), рівень (міра, ступінь) виявлення результату (його параметричні і кодові характеристики) можуть коливатися в межах функціональних задач системи та характеру зовнішнього впливу (тиску факторів, особливо критичних). Тому в системах за умови збереження загального рівня динамічної рівноваги можливі дисипативно-континуальні зміни (переходи) станів: вихідний в даних конкретних умовах та в даний час стаціонарний стан системи змінюється з її наступним кількісним і якісним переходом на новий рівень структурно-функціональної еквіфінальності (революція, еволюція). При цьому переходи від одного до іншого дискретного стану можуть здійснюватися по-різному (еволюційні зміни чи революційні стрибки в один чи декілька етапів) та за різними механізмами (фено- чи гено- типові адаптації) у напрямку структурно-функціонального ускладнення (прогрес) або спрощення (регрес), що визначається еквіфінальною доцільністю.

Узагальнюючи, можна зазначити, що живі системи можна вважати ієрархічно організованими відкритими системами, які здатні зберігати себе (певний час незмінними або шляхом континуальних переходів у вигляді нових дисипативних станів) у вигляді динамічної рівноваги з метою забезпечення постійного досягнення функціонального (діючого) результату. Будь-яку патологію в живих системах в зв'язку з цим слід розглядати як деякий процес певних порушень функціонування, що призводить до зменшення або втрати результату діяльності (порушення еквіфінальності: росту, продуктивності, конкурентоздатності, різноякісності і різноманіття, розвитку тощо).

Отже, з наведеного виникає питання: «Що може дати дослідникові представлення об'єкта як системи в системі об'єктів такого ж роду?». Як зазначає Ю.А. Урманцев [7] побудова системи об'єктів даного роду дозволяє здійснити таке:

1. Представити об'єкт, що вивчається, як систему, тобто як деяку єдність, складену з певного типу елементів, пов'язаних в ціле деякими взаємодіями (в окремому випадку взаємодіями), що складають умови для підтримання деякої динамічної структури (композиції).
2. Представлення об'єктів як систем і виведення на цій основі їх цілісних властивостей є першим основним завданням і першою основною методологічною вимогою будь-якого дослідження (вивчення). Коротко його можна виразити у вигляді вимоги вивчати об'єкт як систему, бо це, насамперед, дасть можливість виявити механізми організації, управління і контролю цілого явища чи процесу.
3. Отримати систему об'єктів даного роду, тобто систему як класифікацію. Побудова системи як класифікації, послідовне здобування і аналіз наступних тверджень, є другим основним завданням і другою основною методологічною вимогою. Коротко її можна виразити у вигляді вимоги вивчати систему як класифікацію.
4. Виявити в системі–класифікації гетерогенність (поліморфізм і ізоморфізм), симетрію і асиметрію, систему і хаос, способи породження підсистем. Між елементами в системі треба виявити вертикальні, горизонтальні, діагональні відповідності.
5. Пояснювати явища на основі реалізації в них механізмів забезпечення «зворотнього зв'язку», «відкритості систем» та регуляції «гомеостазу».
6. Здійснювати прогнози динаміки системи (дисипативно-континуальних переходів) і напрямків саморозвитку (еволюції) процесів в ній.
7. Встановлювати зв'язки системи–класифікації з іншими системами.
8. Математизувати описання системи.

З огляду на системні закономірності організації та функціонування Природи основні закономірності подання навчального матеріалу базуються на основі розгляду природніх процесів і явищ, насамперед живих систем, базуються на принципі їх єдності і, унаслідок цього, поєднаної інтерпретації фізичних, хімічних та функціонально-біологічних характеристик з виокремленням ролі фізико-хімічних начал у забезпеченні реалізації біологічної функції об'єкту, що розглядається, з точки зору еквіфінальності його функціонування (буття).

Список використаних джерел

1. Агошкова Е.Б. Ахлибининский Б.В. Эволюция понятия системы. Вопр. философии. 1998. №7. С.170-179.
2. Анохин П.К. Теория функциональной системы. Успехи физиол. наук. 1970. Т. 1, № 1. С. 19-54.
3. Бергаланфи Л. Общая теория систем – критический обзор / Исследования по общей теории систем. – М., 1969. – С. 23-24.
4. Грубінко В.В. Структурно-функціональна організація та еволюція живих систем. Тернопіль : ПП «Осадца», 2019. – 140.

5. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса: новый диалог с природой. – М., Прогресс, 1986. – 432 с.
6. Система. Симметрия. Гармония / Под ред. В.С. Тюхтина, Ю.А. Урманцева. – М.: Мысль, 1988. – 318 с.
7. Урманцев Ю.А. Общая теория систем: состояния, приложения и перспективы развития. Система. Симметрия. Гармония. / Под ред. В.С. Тюхтина, Ю.А. Урманцева. – М.: Мысль, 1988. – С. 38-130.

ІНТЕГРАЦІЙНО-СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ЯК ОСНОВА ПРОЄКТУВАННЯ ПІДГОТОВКИ МАГІСТРІВ СПЕЦІАЛЬНОСТІ СЕРЕДНЯ ОСВІТА (ПРИРОДНИЧІ НАУКИ)

Степанюк Алла Василівна

Доктор педагогічних наук,
професор кафедри загальної біології та методики навчання природничих дисциплін,
Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка
alstep@tnpu.edu.ua

Степанюк Тетяна Олександрівна

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка

В Україні з 2018-2019 н. р. запроваджено експериментальне дослідження із підготовки вчителів за спеціальністю «Середня освіта (Природничі науки)», яка є міждисциплінарною та багатoproфільною і передбачає інтеграцію освітньо-професійних програм «Середня освіта (Фізика)», «Середня освіта (Хімія)», «Середня освіта (Біологія)». Фахівці, які навчатимуться за цією програмою, отримають кваліфікацію: вчитель природничих наук, фізики, хімії, біології, що значно розширить можливості їх працевлаштування. Реалізація цього завдання можлива лише шляхом використання інтегрованого підходу до проектування освітньої діяльності. Наш підхід співзвучний з думкою С. Рудишина (2010) про те, що для формування творчої особистості необхідний певний рівень загальної культури, фундаментальна підготовка, побудована на синтезі наук. Вузькопрофільна освіта це шлях до одномірної людини [1, с.14-15]. Тому впровадження принципу інтеграції у вітчизняній теорії та практиці навчання на даний час актуалізується.

Науковці (С. Гончаренко, К. Гузь, Т. Засекіна, В. Ільченко, А. Степанюк та інші) обґрунтували, що цілісність природного середовища як об'єкта вивчення зумовлює необхідність взаємозв'язку природничих наук, які його вивчають. Біосфера з найрізноманітнішими проявами життя в ній вивчається комплексом взаємопов'язаних наук, кожна з яких має свій предмет дослідження. Поєднання їх у єдиному цілісному курсі є одним із важливих завдань сучасної педагогічної науки. Його вирішення можливе лише за умови використання принципу інтеграції у поєднання з системним підходом при конструюванні змісту навчального матеріалу. Їх впровадження ми розглядаємо як засіб подолання