



ФРАКТАЛИ В ПРИРОДІ. СВІТ НАВКОЛО НАС. ЧАСТИНА ДРУГА

НАУКА

29.03.21

ДОСТУПНИЙ ПЕРЕКЛАД:

RU



У першій частині ми говорили про те, що фракталами пронизане все навколо. Вивчення фрактальності світу відкриває перед нами новий, інший рівень просторової геометрії. Можна припустити, що цей рівень не останній і не найскладніший. По суті весь наш Всесвіт – великий фрактал.

У цій статті ми розглянемо фрактальні закономірності, які зустрічаються в живих організмах, від найменших (бактерій) до людини. Цікавим є той факт, що прояв властивості самоподібності не залежить ні від розміру живих істот, ні від їхньої кількості.

Принципом дизайну живої природи проголошена фрактальна геометрія.

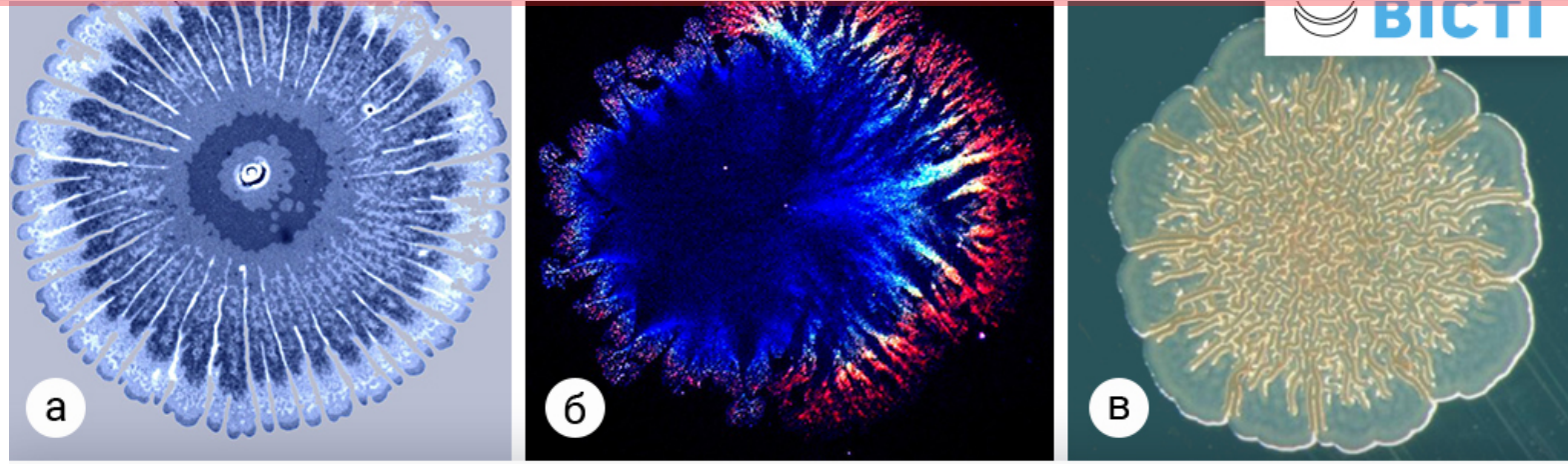
Вона дала можливість математично стисло описувати опуклі, ламані, шорсткі та інші неоднорідні форми та поверхні, які неможливо описати мовою геометрії Евкліда. Фрактальна геометрія розглядає простір не суцільно розміреним, а роздрібненим або фрактальним. Тому для опису природних фракталів використовується поняття роздрібненої розмірності.

Тут варто зауважити, що на відміну від математичних фракталів, де кожний фрагмент повністю повторює себе, у природних фракталах немає бездоганно правильних форм, у них завжди, навіть при максимальному збільшенні масштабу, зберігаються нерівності.

А різноманітність видів фракталів у природі значно більша за ту, що можуть дати результати комп'ютерних обчислень.

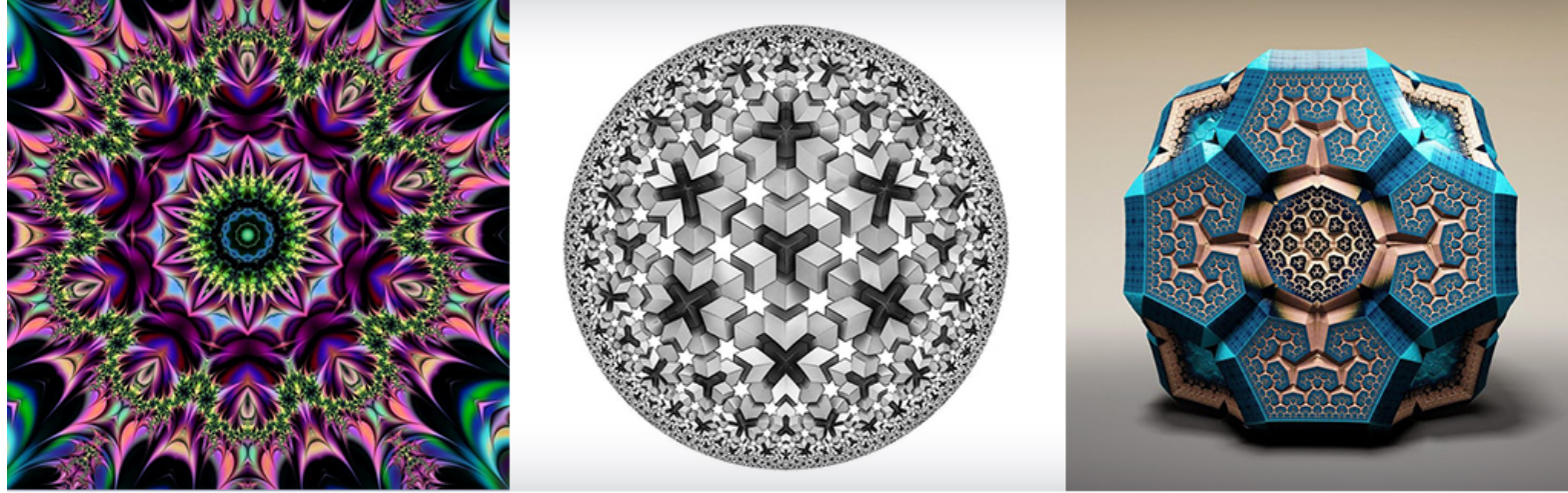
Наприклад, для деяких видів бактерій характерна форма, яка нагадує математичні фрактали.





ФРАКТАЛЬНІСТЬ У КОЛОНІЯХ БАКТЕРІЙ

а) Вортекс бактерія; б) колонія бактерій у поживному середовищі; в) колонія бактерій-мутантів *Pseudomonas fluorescens* на поверхні поживного середовища



МАТЕМАТИЧНІ ФРАКТАЛИ

Мал. 1. Фрактальність у колоніях бактерій і математичні фрактали

Спостереження за зростанням колонії бактерій дає можливість наочно визначити **правило, за яким розгортається фрактал**, тобто виділити те, що слугує генератором його зростання. Це відбувається тому, що зростання і розмноження бактерій відбувається стрімко, у порівнянні зі зростанням і розмноженням інших живих організмів.

Спостереження інших природних прикладів значно ускладнене або взагалі неможливе.

Зростанню і розмноженню бактерій передують фаза спокою та адаптації (2-3 години), потім настає період інтенсивного ділення бактерій (тривалість його близько 5-6 год), за оптимальних умов для росту, бактерії можуть ділитися кожні 20-40 хвилин. Залежно від виду і кількості поживного середовища колонія бактерій може жити від 10 годин до декількох тижнів. Усе це і дозволяє вести спостереження, (і) робити висновки про динаміку фрактального розвитку колоній бактерій.

Дослідження самоорганізації цих мікроорганізмів привело до виникнення теорії про «мудрість» бактерій (Ben-Jacob, 1998). Сама по-собі одна бактерія не володіє «розумом», але колонія бактерій поводить себе так організовано, як єдиний організм, який володіє спільною колективною свідомістю.

Вивчаючи самоорганізацію колонії бактерій, ми наштовхнулися на поняття мультифрактали. Мультифрактал – це комплексний фрактал, у якому є декілька природних алгоритмів (закономірностей) побудови. Вони послідовно змінюють один одного і кожен із них створює патерн зі своєю фрактальною розмірністю. Можна припустити, що такі закономірності є на різних рівнях існування живих організмів: створення форм, звучання, світіння, поведінка як одного об'єкту, так і їхньої організації (від однієї особини до колонії, зграї, косяку, колективу). Це пояснює виникнення здавалося б таких складних об'єктів. Але в основі всього є фрактал.

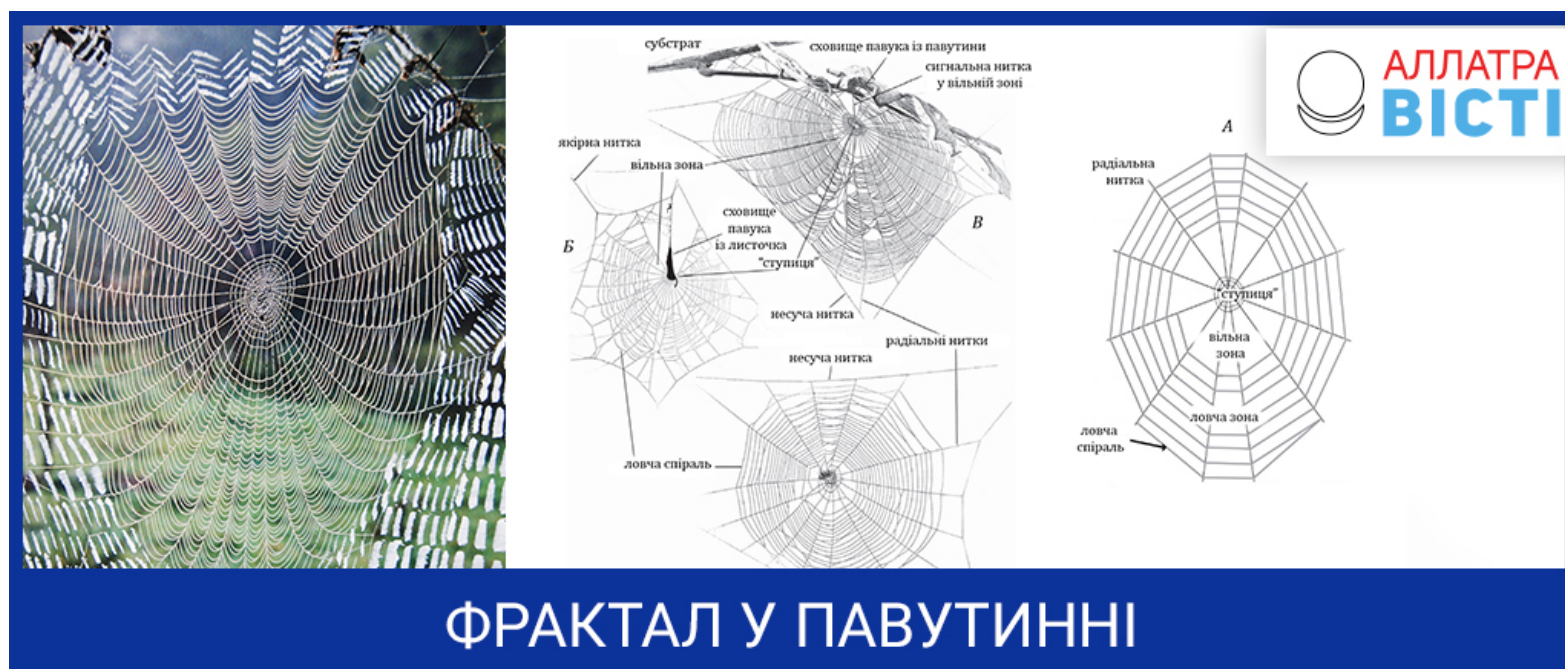
Аналогічну картину самоорганізації ми можемо спостерігати в колоніях мурашок, бджіл, зграях риб, пташок і так далі. Така організована поведінка груп живих істот передбачає наявність упорядкованого спільного інформаційного поля (септонне поле або тваринний розум). [Більш детально про септонне поле дивіться в «Матерія – Єдине Поле Системи. Домінація або ЖИТТЯ. Що обираєш Ти? Септоніка природи 3».](#)





У живій природі є розмаїття фракталів, краса або непоказність яких дивує.

Давайте розглянемо приклади фракталів у живій природі.



ФРАКТАЛ У ПАВУТИНІ

Мал. 2. Фрактальність у павутині

Морські фрактали

Восьминіг – морська придонна тварина з класу головоногих, фрактальну будову має його тіло та присоски на всіх восьми щупальцях.



МОРСЬКІ ФРАКТАЛИ. ВОСЬМИНІГ

Мал. 3. Фрактальна структура восьминога

Ще одним типовим представником фракталів підводного світу є корал.

У природі відомо понад 3500 різновидів коралів.



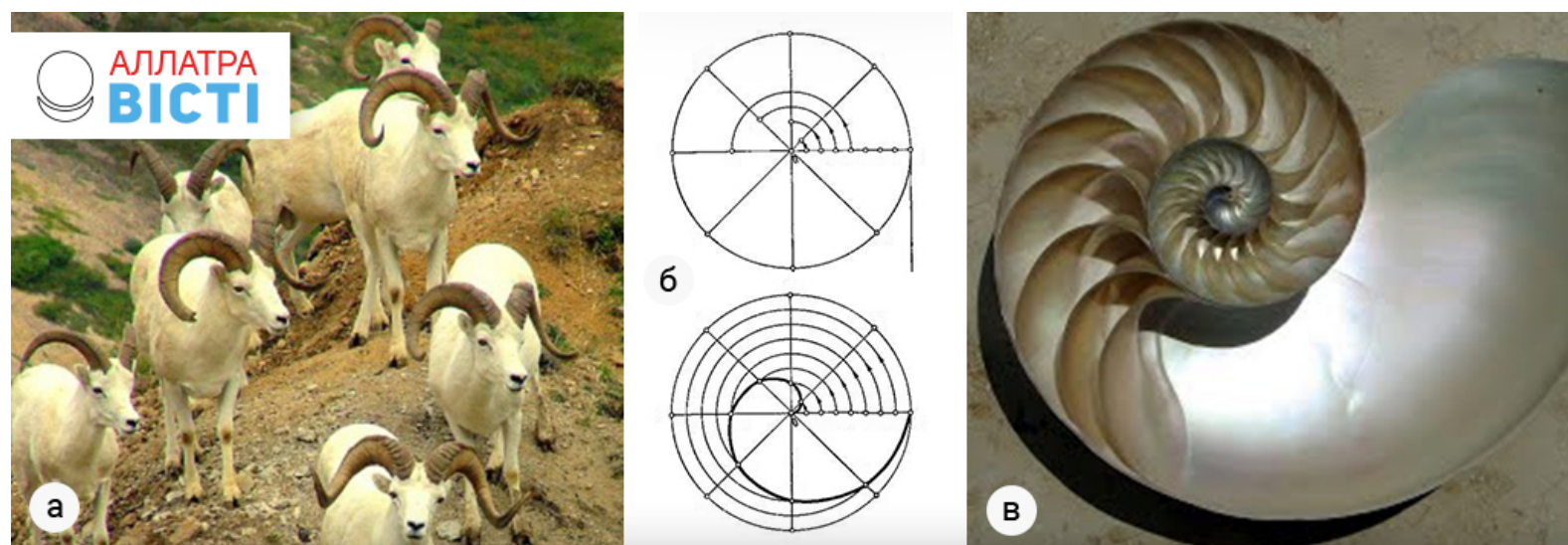


ФРАКТАЛЬНІСТЬ РІЗНОВИДІВ КОРАЛІВ

Мал. 4. Різновиди коралів

Усе більше використовуються фрактальні концепції в таких науках як біологія та медицина, охоплюючи всі рівні біологічної організації. Стосується це і біологічного морфогенезу – процесу виникнення нових форм і структур в індивідуальному та еволюційному розвитку організмів.

Вчені, проводячи свої дослідження, помітили, що раковина морського вушка *Haliotis*, головоногого молюска *Nautilus pompilius* і закручені роги копитних – це повторення тієї ж самої структури із симетрією подібності, в основі якої лежить логарифмічна спіраль, або спіраль Архімеда (мал.5).



ПРИКЛАДИ ФРАКТАЛІВ:

а) закручені роги копитних; б) спіраль Архімеда; в) молюск Наутилус

Мал. 5. Спіралі у природі. Фрактали

Цікаво, що подібну [спіраль Архімеда ми зустрічаємо і на артефактах стародавніх культур](#) (мал.6).

Спіралі на кераміці. АЛЛАТРА Вісті



Унікальна якість фрактальних структур у тому, що вона максимально збільшує площу при мінімальному об'ємі простору. Це дає живим організмам максимальну площу обміну з оточуючим середовищем і більш якісний метаболізм при мінімізації загального об'єму. В чому і полягає біологічна функція фрактальних структур, яка дозволяє створювати величезне розмаїття живих організмів.

Використання фрактальних методів у біології дає можливість вивчити і зрозуміти організацію живих систем.

Найчастіше вони допомагають у вивченні:

- білків,
- ДНК, РНК,
- динаміки окислювальних процесів,
- розподілення рецепторів,
- динаміки клітинного руху,
- фрактальної організації дихальної, судинної та інших систем тварин і рослин,
- безлічі фізіологічних і поведінкових реакцій організму в нормі та при патології.

Дійсно, фрактальні структури присутні на всіх ієрархічних рівнях живого організму. Можна припустити, що еволюція всього живого на Землі слідувала принципу сомоподібності. Численні експериментальні та клінічні дані дозволяють зробити висновок, що дослідження фрактальної топології різноманітних біологічних систем відкриває перспективи проведення фрактального діагностування.

Фрактальність у біологічних спільнотах

У біологічних спільнотах за деякими ознаками спостерігаються подібності з фракталами. Нижче будуть наведені деякі приклади розселення та самоорганізації живих організмів.

Розподілення донних морських організмів

Фрактальність при розподіленні донних морських організмів проявляється у тому, що живі істоти розташовуються не рівномірно, а плямами. Причому при різних масштабах розселення ця неоднорідність зберігається постійною.

Піщана біломорська літораль

Мал. 7. Розподілення донних морських організмів. Піщана біломорська літораль

Масштаб, при якому буде спостерігатися фрактальне розподілення, прямо залежить від розмірів організму:

- для великих організмів, наприклад ракоподібних, масштаб розселення може варіюватися від десятків метрів до десятків кілометрів;
- для інфузорій (розмір інфузорії тувельки складає 0,1-0,3 мм) – від кількох метрів до декількох сотень метрів;
- для діатомей (від менш ніж 10 до понад 500 мкм) – від кількох дециметрів до десятків метрів.

Ці знання важливі при екологічних дослідженнях, коли вивчаються і з'ясовуються причини



Просторова самоорганізація в популяціях комах

Розглянемо як проявляється мультифрактальність у поведінці спільнот комах і їхній синхронізації.

Цікавий механізм побудови термітника.

Спочатку терміти зносять шматочки землі, які містять запах, що є привабливим для інших термітів. Вони хаотично розкладають їх. У якийсь момент біля декількох випадково розташованих поруч таких грудочок утворюється центр скупчення великої кількості термітів.

Термітники. Світ навколо нас

Мал. 8. Термітники

Після цього починає діяти механізм зворотного зв'язку – самопосилення. Це призводить до того, що терміти **самоорганізуються і замість хаотичних дій починають злагоджено й організовано працювати** над будівництвом термітника. Запах при цьому посилюється, що у свою чергу приваблює ще більшу кількість термітів.

А в колоніях мурашок самосинхронізація і розподіл задач здійснюється без допомоги будь-яких сигналів іззовні. Якщо колонію розділити на дві групи і в одну відібрати тільки трудових мурашок, а в іншу «лідарів», то за деякий час кожна із цих спільнот розділиться на трудових і «лідарів», аналогічно початковій групі. Тобто цілісність та ієрархічна структура спільноти відтвориться, «регенерує», подібно до того, як планарія регенерує видалену голову або задню частину.

У Південно-Східній Азії стався показовий приклад самоорганізації спалахів світлячків, коли тисячі самців на деревах синхронно спалахували. Цей процес узгодженості світлячків протікав досить повільно. Спочатку спостерігалась слабка узгодженість окремих особин. Потім швидкість синхронізації почала збільшуватися і зв'язки швидко розповсюдились, захоплюючи все більше і більше світлячків. І нарешті, всі світлячки сформували маяк для приваблення самок, почавши синхронно спалахувати приблизно щосекунди.

Синхронізація колективної поведінки світлячків. Світ навколо нас

Мал. 8. Синхронізована колективна поведінка світлячків

У комах зустрічається таке явище як взаємна синхронізація. Відбувається зміна програми їхньої дії – перехід від індивідуальної хаотичної до колективної злагодженої взаємодії. На сьогодні існує математичний опис цього процесу, коли популяції тварин самоорганізуються і функціонують як єдине ціле, якому притаманні нові властивості. Це можна розглянути як часовий аналог фазового переходу.

Ми можемо спостерігати взаємну синхронізацію у цвіркунів, які цвірчать в унісон, у бджіл та інших комах. Синхронізована колективна поведінка комах, пташок, риб уже розглядається як приклад самоорганізації.

Аналогічні процеси синхронізації (самоорганізації) ми можемо спостерігати і в людини в електричних імпульсах клітин серця і нейронних мереж, також при виділенні бета-клітинами підшлункової залози інсуліну у відповідь на підвищення цукру в крові та багато іншого.

Фрактальність і тіло людини

У першій частині статті [ЩО ТАКЕ ФРАКТАЛИ? СВІТ НАВКОЛО НАС. ЧАСТИНА ПЕРША](#)

ми вже дещо торкалися моменту того, що тіло людини володіє багаторівневою фрактальністю. Завдяки властивостям фракталів (самоподоба, максимальне збільшення периметру в обмеженому



Дивовижні факти фізіології та будови

Для наочності наведемо декілька прикладів дивовижної будови тіла людини:

- Серце людини за день пропускає через себе близько 7000 літрів крові.
- Загальна довжина кровоносних судин у людському організмі складає 96 000 кілометрів. Уявіть для порівняння, що це в 2 рази перевищує довжину екватора, яка складає 40 075 км!
- В організмі людини близько 72 км нервів.
- А загальна довжина кишківника перевищує довжину тіла людини у 4-5 разів!

Загальна довжина кишечника людини. Фрактали

Мал. 9. Кишківник людини

На даний час активно вивчається фрактальність організму людини на молекулярному рівні (біополімери), клітинному, тканинному і системному (органи і системи органів).

Молекула білка

Розглянемо для прикладу будову молекули білка.

Первинна структура молекули являє собою довгий ланцюг з амінокислотних залишків. Уже на цьому рівні можна спостерігати фрактальність будови. Амінокислоти – це органічні сполуки, які притаманні всім живим організмам. Вони як цеглинки, приймають участь у побудові важливих біологічно активних речовин.

- Сукупність до 20 амінокислот утворює пептид;
- від 20 до 50 амінокислот – поліпептид;
- ланцюжок поліпептидів складає основу молекули білка.

Поліпептидний ланцюг складається з регулярно повторюваних ділянок. Іншими словами уже в **первинній структурі** ми можемо спостерігати повторювані патерни з амінокислот і пептидів.

Структура білка

Мал. 10. Фрактальність структури білка

Далі цей ланцюжок закручується у альфа-спіраль (див. **мал.10**. Структура білка, **вторинна структура**), що само по собі є фракталом (у першій частині статті ми вже розповідали про те, що спіраль – це фрактал).

Потім альфа-спіраль у просторі утворює структуру певної форми, яка на перший погляд здається хаотичною (**третинна структура**). Але, як нам вдалося переконатися, жодного безладу немає. **Все чітко впорядковане**. Більше того, просторова форма, яку набуває молекула білка, прямо впливає на його властивості та біологічну активність. Іншими словами, якщо ми розгорнемо цей клубок до початкової спіралі, білок втратить активність і вже не зможе виконувати свою роль в організмі. На цьому рівні (третинна структура) фрактальність можна спостерігати у чергуванні зв'язків, які утворюють третинну структуру, і в повторенні патернів просторової конфігурації.

Деякі особливо великі білки можуть утворювати **четвертинну структуру** – просторову глобулу.

Як ми бачимо, уже на молекулярному рівні, на прикладі молекули білка простежується багаторівнева фрактальність.





Будова скелетних м'язів

Піднімаємося на порядок вище і подивимося на будову скелетних м'язів у порядку від більшого до меншого:

М'ЯЗ (сукупність пучків)



ПУЧОК (сукупність м'язових волокон)



М'ЯЗОВЕ ВОЛОКНО (сукупність пучків міофібрил)



МІОФІБРИЛИ

складаються зі структурних білків актину і міозину, фрактальність яких описана вище на прикладі білка.

Дивовижне багаторівневе повторення за одним принципом!

Будова м'язової тканини. АЛЛАТРА Вісті

Мал. 11. Будова скелетного м'язу. Приклад фрактальності

Кровоносна система

Інший приклад – кровоносна система.

Її представляють два зрощених розгалужених фрактали (артеріальний і венозний). Великі судини – артерії розгалужуються на судини меншого діаметру – артеріоли, які багаторазово розгалужуються до найдрібніших судин, пронизуючих всі тканини організму – капілярів. У тканинах капіляри плавно переходять у вени. Останні поступово зливаються у більші вени, найбільші із них впадають у серце. Значно спрощена схема кровообігу наведена нижче:

Схема кровообігу. Світ навколо нас

Мал. 12. Схема кровообігу

Така фрактальна будова забезпечує максимальне постачання тканин киснем і поживними речовинами, у тому числі і при незначних ушкодженнях.

Цікавий факт: у хворої людини часто спрацьовують компенсаторні механізми. Наприклад, у пацієнта, який тривалий час страждає частковим закупоренням (стенозом) судини, із часом спостерігається поява нової мережі дрібних судин (коллатералей), які починають доставляти кров до обділеної ділянки в обхід закупореної.

Саме тому наслідки інфаркту міокарда у літніх хворих із історією хронічних серцево-судинних захворювань набагато легші, ніж у молодих пацієнтів. У літніх хворих кровопостачання швидше відновлюється завдяки наявним коллатералям.

Іншими словами інфаркт у молодому віці небезпечніший, ніж у похилому.

Завдяки фрактальній будові коронарної системи, яка забезпечує кровопостачання серцевого м'яза, у багатьох випадках вдається уникнути інфаркту міокарда.





(інфаркт міокарда) найчастіше дозволяє серцю продовжувати свою роботу.

Будова серцевого м'яза, коронарні судини

Мал. 13. Фрактальна будова серцевого м'яза та коронарних судин.

Дихальна система

Дихальна система ще один яскравий приклад фрактала. Її структурними елементами є трахея, бронхи, бронхіоли, які в сукупності утворюють бронхіальне дерево; а також альвеоли, які з'єднуються у пірамідальні дольки, з яких і складається легень.

Дивовижно, але завдяки фрактальному принципу будови легень, у людській грудній клітці можна розмістити площу тенісного корту. Саме стільки займає дихальна поверхня легень. Самі ж дихальні шляхи майстерно пронизані артеріями і венами у вигляді лабіринтів.

Будовою бронхіальне дерево нагадує H-фрактал, про який ми говорили у попередній частині «Що таке фрактали? Світ навколо нас. Частина перша»:

Фрактальна геометрія. Зображення бронхіального дерева і H-фрактала

Мал. 14. Зображення H-фрактала і бронхіального дерева

На **малюнку 14** ми бачимо переплетення двох фрактальних систем – легеневої (зліва) і кровоносної (справа).

Говорити про фрактальну будову людського організму можна багато. Ми наведемо ще декілька прикладів.

У тканинах травного тракту одна волокниста поверхня вбудована в іншу. Фрактальні відгалуження або складки значно збільшують площу поверхні, необхідної для всмоктування у тонкому кишківнику.

Жовчні протоки в печінці і сечостатева система, імунна система та вестибулярний апарат, сітківка ока, а також нирки – все це є фрактальними структурами, які прекрасно організовані та добре підготовлені до різного роду пошкоджень.

На сьогоднішній день накопичено чимало наукових даних, які свідчать про фрактальність структур і функцій головного мозку та нервової системи. Цікавий факт: при візуальному пошуку око людини викреслює фрактальну траєкторію!

Візьмемо фізичне тіло людини повністю. Спостерігаючи за ростом і розвитком його від народження до смерті, ми зможемо побачити різні масштабні копії одного об'єкту. Тіло людини зазнає зміни подібно до нелінійного динамічного фракталу.

Розвиток людського тіла

Мал. 15. Розвиток людського тіла. Процес динамічного фрактала

Комплексний підхід

У минулому столітті з'явилася і закріпилася тенденція на розділення цілісної колись науки на вузькі напрями. Наукова мова ускладнилася, вчені все менше чують одне одного, заглиблюючись у свої спеціалізації. Проте зараз уже ми розуміємо, що весь світ живої і неживої природи підкоряється одним закономірностям: від розвитку колоній бактерій до розподілення небесних тіл у космічному просторі. Це розуміння дозволяє нам побачити більш цілісну картину світу, відкрити взаємозв'язок розрізнених, здавалося б об'єктів, зрозуміти причинно-наслідкові зв'язки.





часто не дозволяє лікувати людину як єдиний організм. Але людина має більш складну будову: те, що видиме оку – тіло й енергетичну конструкцію, яка не видима звичайним зором. [Знаючи про енергетичну конструкцію](#), про її взаємозв'язки з тілом, ми зможемо знайти цілісний підхід до профілактики і лікування, розкрити невикористаний потенціал. Простий приклад: відомий усім ефект «плацебо» заснований на силі віри самої людини. Іншими словами, просто перемкнувши увагу з негативу на думки про одужання, людина змінює налаштування свого організму.

«Загальновідомий могутній вплив психіки хворого на перебіг хвороби. Стан духу хворого, його довіра або недовіра лікарю, глибина його віри і надії на зцілення або, навпаки, психічна депресія, викликана необережними розмовами лікарів у присутності хворого про серйозність його хвороби, глибоко визначає результат хвороби. Психотерапія, що полягає у словесному, вірніше, у духовному впливі лікаря на хворого – загальноновизнаний метод, який часто дає прекрасні результати лікування багатьох хвороб».

«Дух, душа і тіло» Святитель Лука Войно-Ясенецький, лікар-хірург, професор



Сила думки – це своєрідний поштовх до реалізації визначеної людиною програми, наслідки якої відображаються на її духовному і фізичному здоров'ї.

«Сенсей-IV» А. Нових

Висновок

Стає очевидним, що фрактальність властива всій живій і неживій природі, у тому числі і тілу людини, як частині матеріального світу. Тобто весь світ матерії підпорядкований єдиним законам. За ними він живе, розвивається, перетворюється. Це як прописана програма.

Наприклад, Молекула ДНК (або РНК у вірусів) несе у собі код – програму, згідно з якою відбувається розвиток і функціонування живого організму. Одна маленька молекула задає складне розмаїття форм і життєдіяльності! При цьому одна лише клітина, за властивістю голограми, містить інформацію про весь організм в цілому.

З цього можна зробити висновок, що все функціонує як єдина програма. А наявність програми передбачає наявність програміста, тобто того, хто її прописав.

І жодна матеріальна істота чи об'єкт не може вийти за рамки цієї системи або матриці.

Людина вигідно відрізняється від усього тваринного світу тим, що в ній є духовна складова: Душа і Особистість.

Ще зовсім нещодавно, кажучи «людина» малося на увазі лише фізичне тіло. Тепер багато вчених погоджуються, що людина – це набагато складніша система. Просто помістити людину у таблицю біологічних видів було недостатньо, оскільки цим обмежується процес самопізнання. [Споконвічні знання](#) дозволяють говорити про людину, як про духовну істоту. Пізнання духовної природи відкриває прекрасні можливості для кожної людини і для суспільства в цілому.

Адже коли людина не знає про свою двоїсту природу і можливості вибору між двома початками, то нею дуже легко стає керувати. Від народження мозок людини налаштований на хвилю тваринного початка і відповідно людина у своєму житті керується інстинктами. А значить підпадає під вплив системи тваринного розуму, і відповідно, у цей момент не відрізняється від мурашки, яка підпорядкована спільному розуму мурашника і виконує виключно свою функцію. Але якщо мурашка в мурашнику володіє досить високим інтелектом, то в людини, яка знаходиться на хвилі тваринного початка, у натовпі таких же як і вона, свідомість взагалі звужена до точки простих інстинктивних





благотворчі (як припустимо для мурашки), а навпаки – руїнівні. Величезне виділення руїнівних емоцій, неусвідомлені вчинки, найчастіше вкрай деструктивні для неї та оточуючих. Ціль – енергія, яку в достатку виділяє людина і, знаходячись у такому стані, вона повністю керована. Для того, щоб не бути деструктивною «мурашкою» у мережі системи тваринного розуму, важливо, щоб людина була справжньою людиною, а значить керувалася у своїх думках і ділах своїм Духовним началом.

У цьому і полягає унікальність людини. На відміну від тварин, які живуть чітко за програмами матеріального світу – домінація, боротьба за виживання, розмноження і так далі. Людина, завдяки своїй Духовній природі та обираючи її, прагне до благотворення, безкорисливої дії, об'єднання, Любові. Саме Духовна природа і підносить її над усім тваринним світом!

У третій частині ми розповімо про те, яке відображення в архітектурі, орнаментах, живопису, музиці знайшли знання про фрактали як наших предків, так і сучасників.

Кінець другої частини

Учасники МГР «АЛЛАТРА»

Список літератури:

1. Анастасія Новых «АллатРа» К.: изд-во «АЛЛАТРА» 2013.
2. Анастасія Новых «Сэнсэй IV» К.: ЛОТОС, 2009.-632с.
3. АЛЛАТРА ТВ передача «МАТЕРИЯ — Единое Поле СИСТЕМЫ. Доминация или ЖИЗНЬ. Что выбираешь Ты? Септоника природы 3».
4. АЛЛАТРА ТВ передача «СОЗНАНИЕ И ЛИЧНОСТЬ. От заведомо мёртвого к вечно Живому».
5. Стаття «К ТИПОЛОГИИ ФРАКТАЛОВ В ТЕОРИИ КУЛЬТУРЫ».
6. Г.М. Вдовин Г.М., Трубецков Д.И., Столетие фрактальной геометрии: От Жюлиа и Фату через Хаусдорфа и Безиковича к Мандельброту. Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского. Россия. 2020.
7. Федер Е., Фракталы. Перевод Ю.А.Данилова и А.Шукурова. М.: «Мир». 1991.
8. Берд К., Книга о странном.
9. Г.С. Симонян, А.Г. Симонян статья «Фрактальность биологических систем. I Фрактальность биополимеров».
10. Г.С. Симонян, А.Г. Симонян статья II «Фрактальность клеток и клеточных ансамблей».
11. Г.С.Симонян, А.Г. Симонян статья III «Фрактальность органов и организмов.» Ереванский Государственный Университет / Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований.
12. А.Г. Маджуга, И.А. Синицина, Л.Н.Уварова «Здоровье человека как многомерный феномен: фрактальный подход». / журнал «Здоровье и образование в XXI веке».
13. В.В. Исаева, Ю.А. Каретин, А.В. Чернышев, Д.Ю. Шкуратов «Фракталы и хаос в биологическом морфогенезе». /Институт биологии моря ДВО РАН, 2004.

[фрактали](#)

[фрактали в природі](#)

[фрактальна геометрія](#)

[світ навколо нас](#)

[живі організми](#)

ЦЕ ЦІКАВО 😊 73



СХОЖІ СТАТТІ



СЕКРЕТ ДОВГОЛІТТЯ
[СЕКРЕТ ДОВГОЛІТТЯ](#)

ФРАКТАЛИ В МУЗИЦІ. ЧАСТИНА
ТРЕТЯ

[ФРАКТАЛИ В МУЗИЦІ.
ЧАСТИНА ТРЕТЯ](#)

Чому цукор сьогодні додають
майже скрізь? Шкідливість...

[Чому цукор сьогодні додають
майже скрізь? Шкідливість...](#)





ЗАЛИШИТИ КОМЕНТАР



Я не робот



reCAPTCHA

Конфіденційність - Умови використання

[ДОДАТИ КОМЕНТАР](#)

КНИГИ А.НОВИХ

[АллатРа](#)[Сенсей](#)[Сенсей-II](#)[Сенсей-III](#)[Сенсей IV](#)[Птахи і камінь](#)[Езоосмос](#)[Перехрестя](#)[СПОКОНВІЧНА ФІЗИКА](#)[АЛЛАТРА](#)[Про проблеми та наслідки](#)

ВСІ СТАТТІ

[Людина і людство](#)[Самопізнання](#)[Творчість](#)[Для юних читачів](#)[БЛАГОТВОРЧЕ СУСПІЛЬСТВО](#)[Новини АЛЛАТРА](#)[Наука](#)[Клімат](#)[Вивчаємо свідомість](#)[Вивчення впливу знака](#)[АллатРа](#)

ГОЛОВНА

[ПЕРЕДАЧІ](#)[З І.М. ДАНИЛОВИМ](#)

БЛОГИ



Відтворення матеріалів сайту у будь-якій формі і на будь-якому носії дозволяється і вітається. При використанні матеріалів будемо вдячні за посилання на наш сайт.

[* Угода про конфіденційність](#)

книга
АллатРа

