

Визначення поняття інформації для живих і штучних інформаційних систем

Юрій Хлапонін¹, Володимир Вишняков²

^{1,2} Київський національний університет будівництва і архітектури
пр-т Повітряних Сил, 31, м.Київ, Україна, 03037

¹ y.khlaponin@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9287-0817>

² volodymyr.vyshniakov@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4668-712X>

Received 17.10.2024, accepted 01.11.2024

<https://doi.org/10.32347/st.2024.2.1206>

Анотація. У статті на основі поєднання знань у галузі інформаційних технологій і широко відомих результатів біологічних досліджень показано, що процес розмноження живих клітин не може відбуватися без використання інформації, що зберігається в ДНК. Спростовано думку про можливість виникнення життя як випадкової хімічної сполуки. Поняття інформації для живих і штучних інформаційних систем визначено як суть повідомлення (the gist of the message), що викликає відповідну дію системи без інтелекту та впливає на вибір рішення інтелектуальною системою. Важливою властивістю інформації є можливість її перенесення на різні матеріальні носії з метою зберігання або передавання. Доведено, що живі клітини розмножуються лише завдяки життєво важливій інформації, без якої життя приречене на загибель, а ця інформація, у свою чергу, зберігається від руйнування необмежений час завдяки копіюванню під час розмноження клітин.

Ключові слова: поняття інформації, виникнення життя, інформаційна система, властивості інформації, утворення інформації.

ОПИС ПРОБЛЕМИ ТА МЕТА РОБОТИ

Першим кроком до визначення поняття інформації можна вважати відомий вислів Норберта Вінера: "Information is information, no matter of energy" (Інформація — це інформація, а не матерія чи енергії). На жаль, це не відповідає на питання: «Що таке інформація?» Проблема полягає в тому, що



досі немає міждисциплінарного визначення поняття інформації, хоча цей термін широко використовується практично у всіх областях сучасної науки. Через відсутність такого визначення можуть виникати непорозуміння та хибні напрямки наукових досліджень. Пошук відповіді на вказане питання для вирішення даної проблеми є метою цієї роботи.

АНАЛІЗ ОПУБЛІКОВАНИХ РОБІТ

Суттєвих успіхів щодо визначення поняття інформації вдалося досягти завдяки аналізу процесів у живих клітинах з позицій теорії утворення інформаційних систем [1]. Живі клітини є природними інформаційними системами, у яких на молекулярному рівні, за допомогою сучасних засобів, можна спостерігати інформаційні процеси. Найважливішим із цих процесів є розмноження, без якого все живе може існувати лише одне покоління. Розмноження всього живого починається з поділу клітин. Для одноклітинних бактерій

саме поділ є розмноженням. Дослідники з JCVI (The J. Craig Venter Institute) провели успішний експеримент із заміни молекули ДНК у бактерії на штучно синтезовану [2]. На початку досліджень штучна молекула була копією природної. Пізніше шляхом внесення змін до цієї молекули було знайдено мінімальний геном серед усіх живих істот, здатних до автономного розмноження (531 тис. пар нуклеотидів, 473 гени) [3]. Наявність цього мінімуму означає, що кількість інформації, необхідної для поділу клітини, обмежена. Крім того, в клітинах чітко розподілені функції елементів, необхідних для поділу. Ці елементи вивчені до рівня молекул, а їх функції детально описані в літературі з біології, але немає пояснення ролі інформації в цьому описі. Спроба усунути даний недолік зроблена в роботі [4], де наведено перелік елементарних дій над інформацією, показаний у табл. 1.

Загально визнано роль молекули ДНК, як головного носія генетичної інформації, але у роботах біологів інформаційні перетворення не описуються. У роботі [4] показано, як саме використовується інформація з молекули ДНК для побудови діючих біологічних механізмів живої клітини. Цикл процесів щодо розмноження бактерії починається після завершення її поділу з утворенням двох нових клітин. Першою дією циклу є виготовлення копій ділянок молекули ДНК у вигляді ланцюгів РНК (рибонуклеїнової кислоти). Деякі з цих ланцюгів можуть бути одночасно носіями інформації і діючими механізмами. Пояснення можливості об'єднання декількох функцій інформаційних систем у одному фізичному елементі надамо після розгляду мінімального набору властивостей цих систем, який представлено у табл. 2.

У деяких системах усі ці властивості реалізує один фізичний елемент. Наприклад,

Таблиця 1. Дії, які можуть виконуватись над інформацією

Table 1. Actions that can be performed on information

Назва дії над інформацією	Виконавець дії
Сприйняття (завдяки чутливості)	Інформаційна система
Запам'ятовування	Інформаційна система
Копіювання	Інформаційна система
Зберігання	Будь-який фізичний носій
Знищення (часткове або повне)	Деякий фізичний процес
Використання у процедурах вибору	Інформаційна система
Спотворення випадкове	Випадковий фізичний процес
Спотворення умисне	Інформаційна система
Перетворення (кодування)	Інформаційна система
Створення (завдяки фантазуванню)	Інформаційна система
Сприйняття від інших систем (через носії)	Інформаційна система

Таблиця 2. Мінімальний набір властивостей діючої інформаційної системи

Table 2. Minimum set of properties of an existing information system

Позначення властивості	Назва властивості	Опис властивості
<i>M (Memory)</i>	Пам'ять	Збереження інформації у вигляді, який дозволяє використовувати її для вибору тої чи іншої дії
<i>S (Sensor)</i>	Чутливість	Сприйняття певних характеристик зовнішнього середовища
<i>C (Choice)</i>	Здатність вибирати	Можливість обирати ту чи іншу дію в залежності від збереженої інформації та зовнішніх факторів
<i>E (Execution)</i>	Дієздатність	Здатність виконувати обрані дії

клапан для регулювання тиску пари у котлі роблять у вигляді гири, яка затуляє отвір на кришці. Інформацію щодо потрібного тиску закладають у вагу гири. У разі перевищення тиску пара піднімає гирю і частково виходить з котла. Таким чином, пам'ять є у вазі гири, чутливість – у можливості гири підійматись, а здатність вибирати (затуляти чи відкривати отвір) та дієздатність такої системи не потребують додаткових пояснень.

У живих клітинах роль ДНК обмежується лише функцією збереження інформації. Це означає, що сама по собі молекула ДНК не є інформаційною системою, а є лише пам'яттю у системі клітини. Розмноження починається з копіювання інформації, яке виконує механізм РНК-полімераза, як показано на рис. 1 разом з пояснювальною схемою знизу.

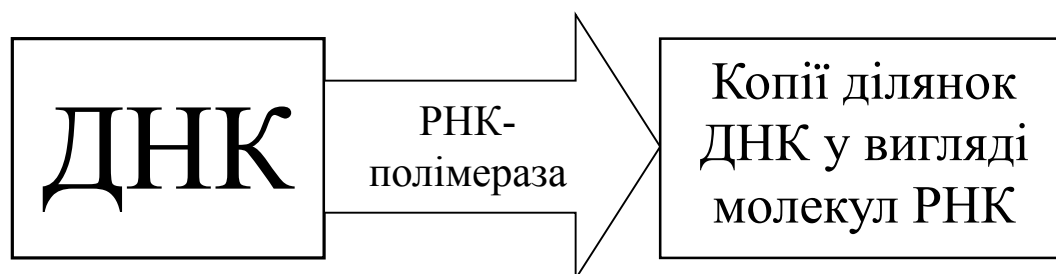
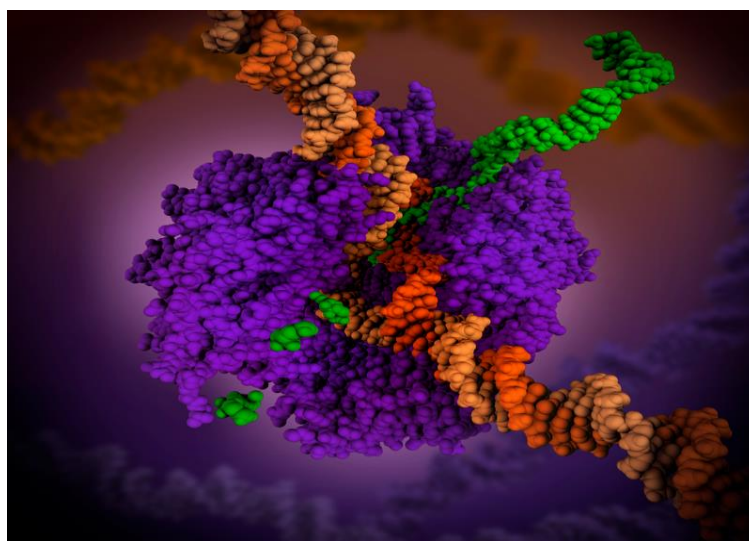


Рис. 1. Процес копіювання ділянок ДНК (помічена оранжевим) у вигляді РНК (помічена зеленим) за допомогою РНК-полімерази (помічена фіолетовим)

Fig. 1. The process of copying sections of DNA (marked in orange) into RNA (marked in green) using RNA polymerase (marked in purple)

Усі інформаційні процеси, які потрібні для поділу клітин виконуються у певній послідовності. Біологічний механізм РНК-полімераза (у літературі його називають ферментом каталізатором) виконує такі дії:

- наближається до молекули ДНК та починає рухатись вздовж неї у певному напрямку, аналізуючи значення послідовностей нуклеотидів (під час свого руху РНК-полімераза тимчасово роз'єднує базовий і дублюючий ланцюги ДНК на проміжку у 12 нуклеотидів);

- виявивши на базовому ланцюгу ДНК послідовність нуклеотидів *TATAAT* та після проходження ще чотирьох нуклеотидів, РНК-полімераза починає процедуру виготовлення копії ділянки ДНК у вигляді ланцюга РНК (послідовність *TATAAT* має назву promoter [5]);

- під час виготовлення копії РНК-полімераза, аналізуючи черговий нуклеотид у базовому ланцюгу молекули ДНК, відшукує та приєднує певний нуклеотид до

ланцюга РНК згідно з таблицею, яку показано у табл. 3;

етап, має назву hairpin (шпилька). Завдання цього механізму полягає у тому, щоб

Таблиця 3. Відповідність нуклеотидів під час копіювання інформації

Table 3. Nucleotide correspondence during information copying

Тип нуклеотиду у молекулі ДНК	Тип нуклеотиду для молекули РНК
<i>A</i> – аденін	<i>U</i> – урацил
<i>G</i> – гуанін	<i>C</i> – цитозин
<i>C</i> – цитозин	<i>G</i> – гуанін
<i>T</i> – тимін	<i>A</i> – аденін

– виявивши послідовність нуклеотидів *AAAA* та після проходження ще чотирьох нуклеотидів, РНК-полімераза зупиняє синтез ланцюга РНК

Слід зауважити, що копіювання інформації є дією, яку виконують лише інформаційні системи. Копіювання завжди потребує участі спеціалізованого механізму, для створення якого, у свою чергу, також потрібна інформація. Саме таким механізмом і є РНК-полімераза. Оскільки біологічні механізми живої клітини відрізняються за складністю, то процеси їх побудови відбуваються з різною кількістю етапів. Найпростіший діючий механізмом, побудова якого відбувається лише за один

від'єднати синтезований ланцюг РНК від РНК-полімерази. Після виконання цього завдання механізм hairpin руйнується, перетворюючись на нуклеотиди для синтезу нових ланцюгів РНК та ДНК. На прикладі механізму hairpin покажемо як за допомогою лише процедури копіювання можна побудувати структуру, що здатна виконувати дію. Послідовність нуклеотидів з молекули ДНК *CGGGCGGCTTTCCGCCCG* після копіювання у ланцюг РНК буде такою: *GCCCCGAAAGGCGGGC*. У цитоплазмі живої клітини цей ланцюг буде мати початковий вигляд приблизно такий, як показано на рис. 2

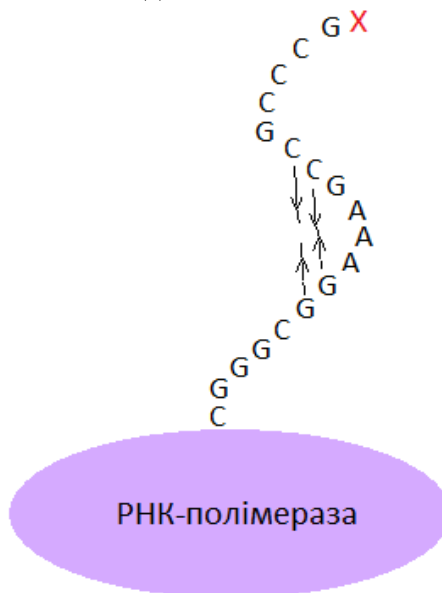


Рис. 2. Схема виконання завдання щодо від'єднання синтезованого ланцюгу РНК шляхом формування структури у вигляді шпильки

Fig. 2. Scheme of the task of detaching the synthesized RNA chain by forming a hairpin structure

На рисунку 2 стрілками показані напрямки притягання комплементарних

нуклеотидів (*C* та *G*), через яке відбувається їх поступове зближення та з'єднання.

Притягання обумовлено протилежними електричними зарядами. Оскільки сила притягання між цими нуклеотидами буде зростати зі зменшенням відстані між ними до моменту їх з'єднання, то з кожною наступною парою сила буде збільшуватись.

Ця сила розірве синтезований ланцюг РНК у тому місці, яке помічено символом "X". Таким чином завдання буде виконано. Структуру механізму (у формі шпильки) показано на рис. 3 у нижній частині.

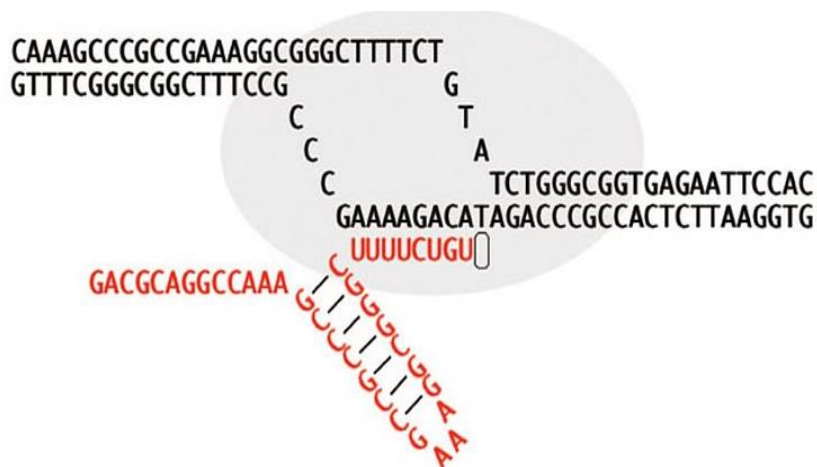


Рис. 3. Послідовність нуклеотидів в момент завершення синтезу молекули РНК у молекулі ДНК показана чорним, а у ланцюгу РНК показана червоним

Fig. 3. The nucleotide sequence at the time of completion of RNA molecule synthesis in the DNA molecule is shown in black, and in the RNA chain is shown in red

Остання синтезована послідовність з восьми нуклеотидів *UUUUCUGU*, що показана на сірому фоні червоним, утилізується. Після цього механізм РНК-полімераза стає готовим до пошуку чергової послідовності *TATAAT* та синтезу наступного ланцюга РНК.

Загальновідомо, що для копіювання інформації потрібно мати доступ до носія з інформацією, яку слід копіювати, а також інструментарій для читання цієї інформації та виготовлення її копії. Судячи з результатів дослідження функціонування РНК-полімерази, усі ці можливості в неї є. З цього витікає, що вона є системою середнього рівня ієрархії інформаційних систем, яка здатна утворювати копії інформації на зовнішні носії, але нездатна розмножуватись. Слід зауважити, що для утворення самої РНК-полімерази необхідно, щоб вже була РНК-полімераза, бо без її участі жоден механізм клітини не утворюється. Цей цикл є основою життя, бо без нього не може відбуватись розмноження.

У даному циклі задіяна низка біологічних механізмів, включаючи рибосому, матричну РНК, транспортну РНК і ДНК у вигляді джерела генетичної інформації. У роботі [3] визначено мінімальну довжину молекули ДНК (531 тисяча пар нуклеотидів), при якій клітина ще має здатність розмножуватись. Наявність в основі життя такого циклу значно ускладнює спроби пояснити утворення живого з неживих елементів чисто випадковим з'єднанням хімічних елементів. Навіть, якщо уявити випадкову появу усіх потрібних механізмів циклу у одному місці, то життя не виникне, бо для його появи слід отримати клітину, яка здатна розмножуватись. Поява нової клітини є результатом діяльності лише існуючої живої клітини, де з використанням інформації з ДНК завдяки РНК-полімеразі створюються біологічні механізми у кількості, що є достатньою для поділу. Перелік назв найбільш відомих з цих механізмів надано у табл. 4, де також вказані їх головні функції.

Таблиця 4. Механізми та структури, що необхідні для розмноження клітин**Table 4.** Mechanisms and structures required for cell reproduction

Назва механізму чи структури	Відносна кількість РНК	Довжина ланцюгу РНК	Функції механізму або структури
РНК-полімераза	-	-	Копіювання ділянок ДНК у ланцюги РНК
Рибосома (<i>ribosome</i>) (<i>rRNA</i>)	~90%	~4500	Синтез білків
Транспортна РНК (<i>tRNA</i>) (має різні види для різних амінокислот)	~10%	76-90	Доставка амінокислот для синтезу білків
Матрична РНК (<i>mRNA</i>) (кількість різновидів відповідає типам білку)	~0,5%	Залежить від типу білку	Доставка команд для керування процесом синтезу білків
Aminoacyl tRNA synthetase (є 20 типів, що відповідає амінокислотам)	-	-	Пошук амінокислот та їх приєднання до транспортної РНК
Рибонуклеаза (<i>RNase</i>) (під цією назвою існує низка спеціалізованих механізмів)	?	~300	Від розрізання РНК ланцюгів на окремі молекули РНК до повного руйнування молекул РНК
ДНК-полімераза	-	-	Копіювання молекули ДНК

Механізм ДНК-полімераза виконує останню підготовчу дію для поділу клітини, а саме, створює копію молекули ДНК. Після цього деякий час у клітині перебувають дві молекули ДНК, що завершується роз'єднанням клітини на дві нові. Перед цим оболонка клітини збільшується завдяки діяльності спеціалізованих механізмів. У побудові всіх механізмів клітини використовується інформація з ДНК, де запрограмована функціональність кожного з механізмів. Матеріал для побудови механізмів добуває клітина із зовнішнього середовища у процесі своєї життєдіяльності. За теорією побудови інформаційних систем такі клітини займають найвищий рівень ієрархії, оскільки вони мають здатність розмножуватись. Таким чином розмноження клітини потребує наявності живої клітини у активній стадії існування. Іншої можливості утворення нових клітин невідомо. Але це ще не є доказом неможливості випадкового утворення живих клітин без наявності інформації. Доказ базується на тому, що клітина є інформаційною системою, утворити яку неможливо без завантаження в

неї певної інформації. Цю процедуру може виконати лише інформаційна система вищого або такого ж рівня ієрархії, у якій є потрібна інформація. Зауважимо, що у ДНК є інформація лише про те, як створити біологічні механізми в межах існуючої живої клітини, а інформації про те, як створити клітину з нуля у ДНК немає.

ОСНОВНИЙ МАТЕРІАЛ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для визначення поняття інформації слід провести чітку межу між тим, що є інформацією та тим, що нею не є.

Інформація завжди перебуває на матеріальному носії, який може мати чимало характеристик. Серед них потрібно виявити лише ті, що несуть інформацію. Розглянемо це на прикладі молекули ДНК. Особливістю інформації є те, що при точному копіюванні на інший носій вона повністю зберігається. У разі ДНК слід показати, що тільки послідовність нуклеотидів несе генетичну інформацію. Були припущення, що крім даної послідовності у ДНК є й інші інформаційні ознаки. Вважали недостатнім

для побудови організму кількості інформації, що міститься у зазначеній послідовності. Після секвенування

молекули ДНК результат може бути отримано у вигляді, що представлений на рис. 4.

```
CATGACGTCGCGGACAAACCCAGAATTGTCTTGAGCGATGGTAAGATCTAACCTCACTGCCGGGGGAGGCTCATACTGGGGCTTTACTGATGTCATACCGTCTTGCACGGGGATAGAAATGACGGTGCCCGTGTCTGCTTGCCTCGAAGCAATTTTCTGAAAAGTTACAGACTTCGATTA AAAAGATCGACTGCGCGTGGGCCCGGAGAGACATGCGTGGTAGTCA TTTTTCGACGTGTCAAGGACTCAAGGGAATAGTTTGGCGGGAGCGTTACAGCTTCAATTCCCAAAGGTCGCAAGA CGATAAAATTCAACTACTGGTTTCGGCCTAATAGGTCACGTTTTATGTGAAAATAGAGGGGAACCGGCTCCCAAAT CCCTGGGTGTTCTATGATAAGTCCTGCTTTAACAACGGGGCGGTTAGGTTAAATGACTCTTCTATCTTATGGTG ATCCAAGCGCCCGCTAATTCTGTTCTGTTAATGTTTCATACCAATACTCASCATCATTAGATCAAAGGATCCCGG AGCCAGTCGCAAGGGTCTGCTGCTGTTGTCGACGCCCTCATGTTACTCCTGGAATCTACCTGCCCTCCCTCAC GGTAAAGGCGTGTGATCGACGATGCAGGTATACATCGGCTCGGACCTACAGTGGTCGATCGACTGGCTACTGGCT TCGCGGTTTCGGCGCGTAGTTGAGTGCATAACCCAAACCGGTGGCAAGTAGCAAGAAGACCTACCTGGGTCACTT AGACAACTAACTAATAGTCTCTAACGGGGAATTACCTTTACCAGTCTCATGCCTCCAATATATCTGCACCGCTT CAATGATATCGCCSACAGAAAGTAGGGTCTCAGGTATCGCATACGCCGCGCCCGGTTCCACAGCTACGCTCAGGAC GACAGTAGAGAGCTATTGTGTAATTCAGGCTCAGCATTCATCGACCTTTCCTGTTGTAATATTGTGCTAATGCA TCTCGTCCGTAACGATCTGGGGGGCAAAAACCGAATATCCGTAATTCTCGTCTACGGGTCCACAATGAGAAAGTCC TCGCGGTGATCGTCAGTTAAGTTAAATTAATTCAGGCTACGGTAAACTTGTAGTGAGCTAAGAATCACGGGAATC ACGGTTTCGCTACAGATGAACTGAATTTATACACGGCAACTCATCGCCATTTGGCGTGGGCACCCGAGATCA AAAGTGGCAGATTAGGAGTCTTGATCAGGTTAGCAGGTGGACTGTATCCAACAGCGCATCAAACCTTCAATAAAT CCAAAGCGTTGTAGTGGTSTAAGCACCCCTGAACAGTGGCGCCCATCGTTAGCGTAGTACAACCCCTCCCCCTTG AGGTGCGACATGGGGCCAGTTAGCCTGCCCTATATCCCTTGACACGTTCAATAAGAGGGGCTTACAGCGCCGC TTTTAAATTAGGATGCCGACCCCATATTGGTAAGTGTATGTTTCATAGATATTTCTTTCAGGAGTAATAGCGACA AGCTGACACGCAAGGGTCAACAATAATTTCTACTATACCCCGCTGAACGACTGTCTTTGCAAGAACCAACTGGG
```

Рис. 4. Частковий вигляд результату секвенування ДНК для вірусу Ф-Х174 [6]

Fig. 4. Partial view of the DNA sequencing result for the F-X174 virus [6]

Не викликає сумнівів, що у цьому результаті немає інших ознак ДНК, крім послідовності нуклеотидів. Пристрій, який

зображено на рис. 5, дозволяє синтезувати ДНК з комп'ютерного результату секвенування.



Рис. 5. Синтезатор олігонуклеотидів MerMade 12 призначений для синтезу олігонуклеотидів (ДНК, РНК)

Fig. 5. The MerMade 12 oligonucleotide synthesizer is designed for the synthesis of oligonucleotides (DNA, RNA)

Дослідники інституту JCVI замінили у бактерії молекулу ДНК на штучно синтезовану [2]. Оскільки після заміни молекули життєдіяльність бактерії збереглась, то це означає, що для передачі

генетичної інформації цілком достатньо знати лише послідовність нуклеотидів. Таким чином копіювання через комп'ютерну пам'ять надає можливість виявляти які саме ознаки носія використовуються для передачі

інформації. Цей експеримент також показав, що інформацію, яка зберігається у молекулі ДНК, як і будь-яку інформацію у штучних системах, можна переносити на різні матеріальні носії з метою зберігання або передавання.

Головною характеристикою інформації є те, що вона означає (її суть). Дослідження біологів дозволяє виявляти відповідність між представленням інформації у вигляді послідовності нуклеотидів і тим, що вона означає. Наприклад, послідовність *TATAAT* означає вказівку, що через чотири наступних нуклеотиди слід почати синтез ланцюгу РНК. Цю вказівку отримує діючий механізм

РНК-полімерази з молекули ДНК під час руху вздовж цієї молекули. Кожен синтезований ланцюг РНК являє собою вказівку щодо виконання певної дії. Ланцюг *GCCCGCCGAAAGGCGGGC* (див. рис. 2) означає, що слід виконати дію від'єднання синтезованого ланцюгу від РНК-полімерази. Більш складний випадок розглянемо на прикладі вказівки щодо утворення механізму транспортної РНК. Ця вказівка складається з низки більш простих вказівок. Послідовність нуклеотидів даної вказівки частково показано на рис. 6 [7].

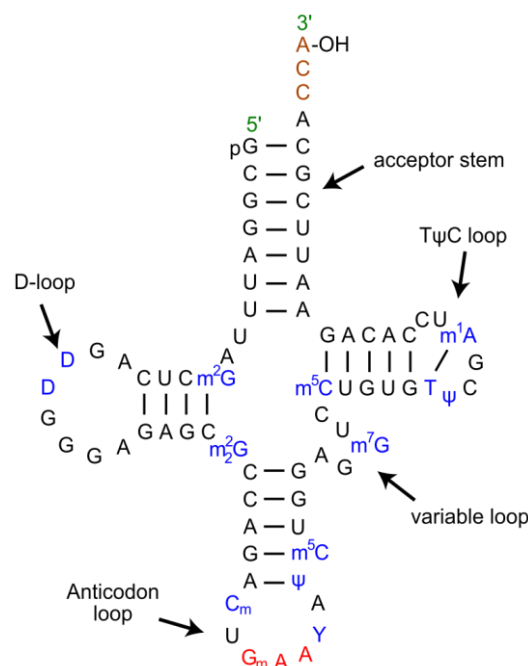


Рис. 6. Структура сполук нуклеотидів у транспортній РНК

Fig. 6. Structure of nucleotide compounds in transfer RNA

На рисунку представлено ланцюг нуклеотидів транспортної РНК після з'єднання комплементарних ділянок. Ці ділянки, що скопійовані з ДНК РНК-полімеразою, є вказівками про те, у яких місцях слід з'єднати між собою, ділянки ланцюгу РНК. Процес з'єднання відбувається так само, як описано вище (див. рис. 2), але у цьому разі використовують не лише пари *CG*, а ще й пари *AU*, які також притягуються між собою, але з меншою силою. Між з'єднаними ділянками утворюються петлі, які також є вказівками щодо приєднання до них певних

елементів. Наприклад, у лівій гілці нуклеотид *U* перетворюється у дигідроуридин (*D*) шляхом приєднання двох атомів водню до уридину. У біологічній літературі усі такі перетворення називають дозріванням молекул, але згодом з'ясовується, що у кожному разі перетворення відбуваються за вказівками, які копіюються з ДНК. Значна кількість досліджених механізмів утворюється з молекул білку, у які інформація з ДНК пересилається через мРНК.

Тривимірну модель сформованого механізму тРНК показано на рис. 7.

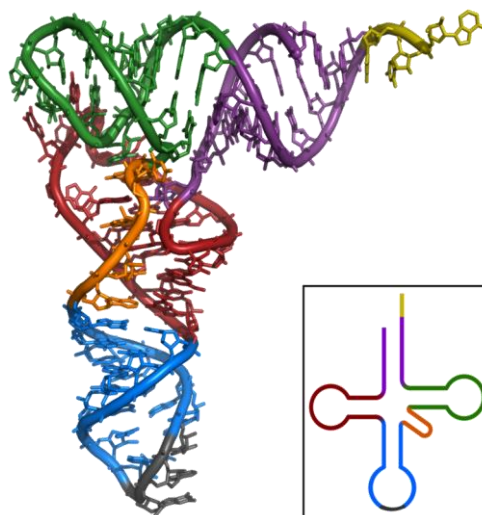


Рис. 7. Тривимірна модель транспортної РНК

Fig. 7. Three-dimensional model of transfer RNA

Показану на рисунку форму тРНК набуває через те, що здвоєні ділянки ланцюгів нуклеотидів мають властивість скручуватися (приблизно один оберт на 10,4 пар нуклеотидів). Така ж властивість є у молекул ДНК, які теж складаються з двох ланцюгів. На кінці тРНК, який має назву 3' (*three prime end*), є активне місце (див. рис. 6), до якого приєднується група ССА-ОН. До цього місця механізм *aminoacyl tRNA synthetase* [8] приєднує амінокислоти. Існує декілька десятків різновидів тРНК для доставки різних амінокислот до рибосоми, яка синтезує молекули білку за вказівками з мРНК. Тобто усі з'єднання біологічних механізмів та їх функціональність є запрограмованими у ДНК з надвисокою точністю. Саме через це поділ бактеріальних клітин, що займає лише близько трьох годин, не припиняється на Землі вже 3,5 млрд. років. Слід зауважити, що такі ж самі за функціональністю типи біологічних механізмів, які існують у бактеріях, є у клітинах всіх без винятку організмів.

Таким чином, основою для розмноження клітин слід вважати не хімічні реакції, що прискорюються ферментами, а інформацію на носії у вигляді молекули ДНК. Ця інформація є вказівками, які приймаються та виконуються механізмами живої клітини з використанням законів фізики, хімії та біології. У разі живих клітин, здатних до поділу, інформація передається з

молекули ДНК і сприймається як вказівки щодо виконання певних дій механізмами клітини. Для штучних інформаційних систем, крім штучного інтелекту та нейромереж, інформація також приводить до виконання певних дій. Для інтелектуальних систем інформація не обов'язково приводить до виконання певної дії. Ці системи сприймають інформацію як пропозицію, яка може вплинути на їх рішення щодо виконання тої чи іншої дії. Під наявністю інтелекту будемо розуміти можливість впливати на виконання власних дій. У всіх випадках інформаційна система, отримуючи повідомлення, вказівки, сигнали, знання тощо, має виявити їхнє значення (суть), що є головною характеристикою будь-якої інформації. Подальші дії системи залежать від її інтелектуальних здібностей.

Узагальнити визначення поняття інформації можна так:

Інформація - це суть повідомлення (*the gist of the message*), що викликає відповідну реакцію системи без інтелекту та впливає на вибір рішення інтелектуальною системою.

ДОВЕДЕННЯ НЕМОЖЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ В УМОВАХ ЇЇ ПОВНОЇ ВІДСУТНОСТІ

Відомо, що інформація створюється інформаційними системами і може

зберігатись на матеріальних носіях до руйнації, яка є неминучою через рух матерії. Слід довести, що, якщо вся інформація у Всесвіті зруйнується, то не буде джерела для її появи, що рівнозначне неможливості створення інформації за умов її відсутності.

Всесвіт може бути представлений у вигляді множини систем так, щоб всі об'єкти були охоплені цими системами. У процесі руху системи можуть зіштовхуватись, об'єднуватись чи роз'єднуватись, але в жодній з них немає інформації. Внаслідок зіткнень можуть утворюватись матеріальні з'єднання будь-якої складності. Доведемо, що ці з'єднання не будуть інформаційними системами. Для цього розглянемо процес утворення інформаційних систем, базуючись на їх можливості копіювання інформації, щодо чого існує три рівні ієрархії [1]. До нижнього рівня віднесемо системи, які не здатні копіювати інформацію. До середнього – системи, які здатні копіювати, але не можуть розмножуватись. До найвищого – системи, що здатні створювати копії самої системи в цілому (розмножуватись). Прикладами цієї ієрархії насичена вся жива природа. У людському організмі більшість клітин (84%) становлять еритроцити, які відповідають нижньому рівню ієрархії. Їхня тривалість життя 100-120 днів. До середнього рівня належать клітини кісткового мозку, які виробляють еритроцити. Ієрархію інформаційних систем можна спостерігати і на внутрішньоклітинному рівні. Для цього доцільно розглянути структуру бактерій, оскільки вони можуть жити та розмножуватись в умовах неживого довкілля. Вищі істоти на таке нездатні, оскільки їх оточують бактерії та інші мікроорганізми, без яких вищі існувати неспроможні. У структурі бактерій є чимало інформаційних систем нижнього рівня, наприклад, hairpin (шпилька), а також транспортні РНК, всі рибонуклеази, Aminoacyl tRNA synthetase та багато інших. Системами середнього рівня є РНК-полімераза, рибосома та ДНК-полімераза. До вищого рівня належить бактерія в цілому. Системи нижчих рівнів, що нездатні розмножуватись, приречені на руйнування

разом з інформацією, яка в них закладена. Вони існують лише протягом часу, що потрібен для виконання завдань від системи вищого рівня, яка їх утворює. У кожному інформаційну систему під час утворення закладається інформація, значення якої відповідає меті самозбереження системи вищого рівня. Важливою властивістю систем, що розмножуються, є можливість розвитку за методом спроб і помилок (на цьому заснована еволюція). Ніщо не загрожує вічності існування матерії чи енергії, оскільки вони принципово не можуть зникнути. Руйнація загрожує лише інформації, запобігти чому можна лише шляхом копіювання, яке здійснюється у живих організмах завдяки функціонуванню ДНК-полімерази. З цього витікає, що існування інформації безпосередньо залежить від життя. Копіювання, яке є необхідним для збереження інформації, виконують лише живі системи найвищого рівня ієрархії. Цими системами є клітини, які здатні автономно розмножуватись шляхом поділу. При цьому доказ неможливості створення інформаційної системи в умовах відсутності інформації перетворюється у доказ неможливості створення живої клітини у цих умовах. Ще у 1855 році німецький вчений Рудольф Вірхов довів, що клітина походить тільки від клітини шляхом поділу, чим завершив суперечку біологів про можливість самозародження життя [9]. Матерія з енергією в будь-яких комбінаціях не здатні генерувати мету самозбереження. Не маючи мети не можна надати значення інформації, що еквівалентно неможливості утворення інформації. На таке утворення здатні лише інформаційні системи найвищого рівня ієрархії, які можуть генерувати та реалізовувати власні цілі. Їх цілі полягають у самозбереженні в будь-яких умовах перебування у Всесвіті. Свої цілі вони успішно реалізують, про що свідчить наявність життя.

ЗНАЧЕННЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Широко відома теорія Великого вибуху передбачає, що Всесвіт починався зі

скупчення матерії та енергії за умов, де не може існувати інформація та життя. Зрозуміло, що якби такий момент мав би місце у Всесвіті, то життя не було б. Оскільки життя існує, це означає, що у теорії Великого вибуху є неточність. Той факт, що на значній відстані від нашої точки спостереження ми бачимо об'єкти Всесвіту, що зникають, свідчить, в першу чергу, про нескінченність простору, у якому існує Всесвіт. Якби ми перемістилися в ту віддалену точку, то змогли б побачити об'єкти, які тут для нас здаються зниклими. Це свідчить про те, що не лише простір, а й увесь Всесвіт – нескінченні. Поняття нескінченності означає відсутність будь-якого кінця чи початку. Тому теорії про початок або кінець Всесвіту позбавлені сенсу.

Інформація завжди розміщується на матеріальному носії, а весь матеріальний світ перебуває в умовах постійного руху. Тому немає можливості вічного зберігання інформації на конкретному носії, але завдяки копіюванню інформація може зберігатися як завгодно довго. Наявність у живих клітинах механізмів спороутворення та відновлення життєдіяльності зі спор дозволяє забезпечити тривале зберігання інформації за відсутності умов для розмноження.

Наявність життя можна пояснити лише вічністю його існування разом із життєво необхідною інформацією. Забезпечення цієї вічності в умовах космічного простору ми вже зараз спостерігаємо завдяки космонавтиці. Космічні подорожі стають можливими завдяки накопиченню інформації щодо створення засобів та методів поширення життя в умовах Всесвіту.

ВИСНОВКИ

Живі клітини є природними інформаційними системами, у яких на молекулярному рівні, за допомогою сучасних засобів, можна спостерігати інформаційні процеси. Найважливішим з цих процесів є розмноження, без чого все живе проіснувало б лише протягом одного покоління.

Основою розмноження клітин слід вважати інформацію, яка знаходиться на фізичному носії у вигляді молекули ДНК. Ця інформація являє собою вказівки, які сприймаються та виконуються механізмами живої клітини. Для штучних інформаційних систем, крім штучного інтелекту та нейромереж, інформацію також можна визначити, як вказівки для виконання певних дій. Для інтелектуальних систем, які можуть діяти на власний розсуд, отримана інформація не обов'язково приводить до виконання певної дії. Будь-яку інформацію такі системи сприймають, як те, що може вплинути на їх рішення у тій чи іншій мірі разом з попередніми знаннями. Узагальнене визначення поняття інформації є таким: інформація — це суть повідомлення, що викликає відповідну реакцію системи без інтелекту та впливає на вибір рішення інтелектуальною системою.

Маючи лише матерію та енергію за повної відсутності інформації неможливо створити інформаційну систему, оскільки для цього слід закласти інформацію з конкретним значенням (суттю). Немає інформації без значення, а це значення у всіх випадках підпорядковано меті самозбереження системи вищого рівня ієрархії. Матерія з енергією в будь-яких комбінаціях не здатні генерувати подібну мету. Не маючи мети не можна надати значення інформації, що еквівалентно неможливості утворення інформації. На таке здатні лише інформаційні системи найвищого рівня ієрархії, які можуть генерувати та реалізовувати власні цілі. Їх цілі полягають у самозбереженні в будь-яких умовах перебування у Всесвіті. Свої цілі вони успішно реалізують, про що свідчить наявність життя.

Наявність життя можна пояснити лише вічністю його існування разом із життєво необхідною інформацією. Забезпечення цієї вічності в умовах космічного простору ми вже зараз спостерігаємо завдяки космонавтиці. Космічні подорожі стають можливими завдяки накопиченню інформації щодо створення засобів та методів поширення життя в умовах Всесвіту.

Подяка. Автори висловлюють щирю

вдячність провідному інженеру Кафедри хімічної технології кераміки та скла "Київського політехнічного інституту імені Ігоря Сикорського" кандидату технічних наук Маковецькому Олександрю Лавровичу за низку цінних зауважень під час підготовки рукопису.

REFERENCES

1. **Khlaponin Yu., Vyshniakov V.** (2024) Osnovy teorii tvorennia informatsiinykh system. *Smart Technologies*, Issue 1(14), 2024, 56–61. <http://uwtech.knuba.edu.ua/article/view/307218>
2. **Gibson D.G., Glass J.I. & et al.** (2010). Creation of a bacterial cell controlled by a chemically synthesized genome. *Science (New York, N.Y.)*. 2010-07-02; 329.5987: 52-6. <https://www.jcvi.org/publications/creation-bacterial-cell-controlled-chemically-synthesized-genome>
3. **Hutchison C.A., Chuang R.Y. & et al.** (2016). Design and synthesis of a minimal bacterial genome. *Science (New York, N.Y.)*. 2016-03-25; 351.6280: aad6253. <https://www.jcvi.org/publications/design-and-synthesis-minimal-bacterial-genome>
4. **Vyshniakov V.** (2024). Vidkryty shliakh do rozuminnia informatsii ta yii pokhodzhennia. *Grail of Science*, (39), 478–495. <https://archive.journal-grail.science/index.php/2710-3056/issue/view/10.05.2024/27>
5. Promoter_(genetics). From Wikipedia, the free encyclopedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/Promoter_\(genetics\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Promoter_(genetics))
6. Genome. From Wikipedia, the free encyclopedia. <https://en.wikipedia.org/wiki/Genome>
7. Transfer RNA. From Wikipedia, the free encyclopedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Transfer_RNA
8. Aminoacyl tRNA synthetase. From Wikipedia, the free encyclopedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Aminoacyl_tRNA_synthetase
9. Rudolf Virchow. From Wikipedia, the free encyclopedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Rudolf_Virchow

Definition of the concept of information for living and artificial information systems

Yurii Khlaponin, Volodymyr Vyshnyakov

Annotation. The article, based on a combination of knowledge in the field of information technology and widely known results of biological research, shows that the process of reproduction of living cells cannot occur without the use of information stored in DNA. The opinion about the possibility of the emergence of life as a random chemical compound has been refuted. The concept of information for living and artificial information systems is defined as the essence of the message (the gist of the message), which causes the corresponding action of the system without intelligence and influences the choice of decision by the intelligent system. An important feature of information is the ability to transfer it to various physical media for the purpose of storage or transmission. It has been proven that living cells reproduce only because of vital information, without which life is doomed, and this information, in turn, is preserved from destruction indefinitely due to copying during cell reproduction.

Keywords: concept of information. origin of life, information system, properties of information, formation of information.