

## Владислав Смирнов

**СМИРНОВ Владислав Анатолійович** — кандидат фізико-математичних наук, учитель. Сфера наукових інтересів — філософія освіти, гносеологія, філософські проблеми природознавства, методологія викладання екології, фізики та інших природничих наук.

### ІНФОРМАЦІЙНО-ЕНТРОПІЙНІ ПІДСТАВИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО ЗНАННЯ

Відношення знання до дійсності, як відомо, носить багаторівневий і складно опосередкований характер. Відбиваючи у свідомості людини засвідчений логікою результат процесу пізнання дійсності, знання еволюціонує в історії людської культури і, разом з тим, розгортається в процесі індивідуального розвитку особистості. Способом функціонування знання є діяльність — як матеріальна, так і духовна. У матеріальному виробництві знання саме по собі не є тією реальною силою, котра виробляє матеріальні продукти: воно тільки організує діяльність, виступаючи умовою її цілеспрямованості. Натомість у духовному виробництві знання виступає вже і як процес, і як результат мисленнєвої діяльності. Отже, рух знання, його розвиток значною мірою детермінуються специфікою об'єкта, яким виступають матеріальні речі, явища, уявлення, поняття, судження, теорії тощо. Зрозуміло, у самих об'єктах знання немає. Воно являє собою лише рефлексію з приводу об'єкта. Знання фіксує мисленнєвий результат людської діяльності, воно є лише думкою, ідеєю. Але у *власне духовному виробництві*, яке, за К. Марксом [6], можна називати також *інтелектуальним виробництвом*, продукування знань набуває відносної самостійності й отримує внутрішню логіку, яка має власні підстави. До середини минулого століття здавалося, що для повної їх характеристики достатнім є використання обмеженої кількості фізичних термінів: енергії, ентропії, імпульсу та деяких інших. З появою кібернетики, яку датують 1947 роком у зв'язку з виходом у світ книги Норберта Вінера «Кібернетика», до них додався новий — інформація. Саме інформаційний аспект відіграє найважливішу методологічну і гносеологічну роль у пізнанні. Очевидно, що інформаційне навантаження, яке зазнає людина в природосущому бутті, невинно зростає. Нині воно оцінюється величиною від  $10^6$  до  $10^9$  біт на секунду. Лише незначну частину цього потоку інформації (близько 5%) мозок людини здатен засвоїти, упорядковуючи до такої форми, яка забезпечує її безпосереднє використання. Упорядкування сприйнятої інформації, її парадигматизація, тобто зведення у певну систему, яка забезпечує в подальшому вільний доступ до неї, означає перетворення інформації у знання. Новоутворене знання, за рахунок якого приростає інформаційно-знаннєва база людини, і є *інтелектуальним знанням* [7, 8].

Структура та закономірності організації інформаційно-знаннєвої системи людини відбивають особливості нашого мислення та властиві людському мозку алгоритми переробки інформації, які створені Природою і закріплені в ході еволюції. Систем зберігання інформації в організмі людини існує декілька. По-перше, це система кодування у ДНК генетично спадкової інформації. За оцінками Л.А. Блюменфельда [1], у кожному організмі людини міститься близько 150 грамів ДНК і це відповідає накопиченню  $6 \cdot 10^{23}$  біт інформації. Вона може виявляти себе по-різному, в залежності від того, яка саме частина цитоплазми материнської клітини потрапляє в дочірню клітину. По-друге, це система збереження інформації клітинами пам'яті імунної системи, яка містить відомості про минулі зустрічі із антигенами і реакції організму на чужорідні речовини. Нарешті, по-третє, це центральна нервова система. Вона містить інформацію, отриману шляхом навчання і за рахунок накопичення так званого життєвого досвіду. Її розвиток відбувається під генетичним контролем, що означає програмування інформаційно-знаннєвої системи геномом живого організму. Нервова система людини може зберігати близько  $10^{13}$  біт інформації.

Обробка інформації у кожній з указаних систем відбувається шляхом використання механізмів, що мають спільне фізичне трактування. На клітинному рівні вона супроводжується синтезом спеціальних молекул. У нервовій системі — призводить до утворення синаптичного

зв'язку між групами взаємопов'язаних нейронів: їх у головному мозку близько  $10^{12}$  [1]. У кожному випадку це означає фіксацію, запам'ятовування системою випадкового вибору. Ситуація нагадує ту, у якій ми опиняємося, залишаючи свою валізу в автоматичній камері схову на вокзалі: нам треба з відомого набору цифр вибрати довільний шифр, котрий дозволить при потребі цю камеру відчинити. Цей випадковий набір цифр запам'ятовується або записується — фіксується. Фіксація створеного шифру означає появу знання, яке доти не існувало — *інтелектуального знання*; його виникнення відображає факт розширення інформаційно-знаннєвої бази людини. Наведений приклад, точно відображаючи фізичний бік процесу створення *інтелектуального знання*, має, утім, суттєву ваду. Коли мова йде про застосування теорії інформації до біологічних систем, треба враховувати наслідки рецепції отриманого нею повідомлення. Це означає, що слід піддати аналізу сам акт рецепції, розглядаючи його як процес переходу інформаційно-знаннєвої системи з одного усталеного стану в інший. Складність полягає в тому, що теорія обробки й запам'ятовування інформації, яка б адекватно описувала її рецепцію і створення, все ще не розроблена. Утім, це не завадило вже згаданому Норберту Вінеру і Клоду Шеннону вдатися до кількісних оцінок інформації і, як наслідок, обґрунтувати й увести в обіг нове поняття — «кількість інформації» [2]. Запропонована піонерами кібернетики нова фізична величина визначає середню (очікувану) кількість можливих станів, необхідних для вгадування істинного стану з усіх можливих варіантів. Припустимо, що є  $P_0$  різних рівноймовірних подій. Скажімо, при киданні монети таких подій дві («орел» і «решітка»), тому  $P_0=2$ , а при киданні гральної кості  $P_0=6$ . Чим більшим є значення  $P_0$ , тим більшою є невизначеність, пов'язана з повідомленням про подію (і тим більшою буде кількість інформації, котра надійде при отримуванні повідомлення). Використаємо формулу Шеннона, виведену ним для розрахунку кількості інформації  $I$ , яка відповідає подіям, що мають однакову ймовірність  $P$ , у вигляді

$$I = \log_2 P. \quad (1)$$

При киданні монети (коли із двох рівноймовірних подій реалізується одна)  $P_0=2$ , а  $P_1=1$ . Тому кількість інформації, що надходить при цьому,

$$I = \log_2 P_0 - \log_2 P_1 = \log_2 2 - \log_2 1 = 1 - 0 = 1 \text{ біт}.$$

При киданні гральних костей  $P_0=6$ , а  $P_1=1$  (реалізується одна із шести рівноймовірних подій). Тому кількість інформації, що виникає при кожному киданні, становить більшу величину:

$$I = \log_2 P_0 - \log_2 P_1 = \log_2 6 - \log_2 1 = 2,58 - 0 = 2,58 \text{ біт}.$$

Норберт Вінер першим відмітив, що математичний вираз (1) формально є ідентичним виразу (формулі Больцмана), що визначає в термодинаміці ентропію  $S$  фізичної системи:

$$S = k \ln W = k \log_e W. \quad (2)$$

Тут  $k$  — стала Больцмана, а величина, позначена  $W$ , є термодинамічною ймовірністю стану системи й обчислюється як відношення кількості випадків, що здійснюють дану подію, до кількості усіх можливих випадків:  $W = \frac{P_1}{P_0}$ . Виявлений Вінером математичний зв'язок між інформацією та ентропією дозволив йому підійти до роз'яснення фундаментального принципу життя, розглядаючи збільшення кількості інформації в системі як фактор, спряжений із зниженням ентропії. Це розкриває зміст відомих слів Ервіна Шредингера: «Організм харчується негативною ентропією» [9]. Ілюструючи сказане, наведемо класичний приклад з колодою гральних карт. Коли вона виходить з фабрики, карти в ній розташовані у певному порядку. Якщо нам цей порядок відомий, ми з упевненістю можемо назвати карту, котра є наступною за будь-якою іншою. Іншими словами, знання обраної карти дає нам інформацію про ту, що розташована слідом за нею. Тепер перетасуємо колоду, повторно знімаючи карти. Після того, як карти знято кілька разів, ми ще досить часто можемо відгадати, яка саме карта є наступною за даною (якщо тільки дві сусідні карти не будуть роз'єднані під час зняття). Однак знімаючи карти усе більшу і більшу кількість разів, ми будемо все частіше помилятися у своїх намаганнях відгадати карту. Кінець кінцем колода буде повністю «перемішана», і тому ми

відгадуватимемо карту, що є наступною за обраною, тільки випадково (один раз із 51 випробування):  $P_0=51$ ,  $P_1=1$ .

Отже, через перетасовування колоди вся інформація, що міститься в ній про наступну карту, спотворюється. З фізичної точки зору, у такий спосіб виявляється дія другого закону термодинаміки: за незмінних зовнішніх умов термодинамічна система прямує до рівноважного (найбільш ймовірного) стану, а ентропія цієї системи прямує до свого максимального значення (зростає): перехід колоди карт з упорядкованого (детермінованого) стану в хаотичний (імовірнісний) є закономірним. Реалізація другого закону термодинаміки полягає ще й у тому, що ми не здатні зашкодити процесу переходу системи у стан з більшою ентропією, вдаючись до нових і нових перетасовувань карт, — первісний порядок у системі напевно відновлений не буде.

Але є спосіб поновити в колоді первісний порядок. Його реалізація пов'язана із «насичуванням» системи інформацією. Зробити це можна так. Пригадаємо, яким було положення кожної з 51 карти у фабричній упаковці. Подивимося тепер на кожну карту всередині колоди; якщо вона посунулася вперед від свого початкового положення, пересунемо її на одне положення назад, і навпаки. Учиняючи такі дії, ми тим самим «вводимо» інформацію (у вигляді альтернативних рішень) у колоду. При кількаразовому повторенні означених дій первісний порядок у системі поновиться. Отже, між інформацією та ентропією існує безпосередній зв'язок, і це має глибокий смисл. Виявляється, що зумовлена фундаментальним законом природи — другим законом термодинаміки — незламна тенденція до дезорганізації систем може бути подолана шляхом уведення в систему нової інформації. Подібні явища супроводжують, скажімо, всі акти статевого розмноження; вони пов'язані з випадковим вибором, адже, по-перше, нікому наперед невідомо, яка саме пара дасть потомство, і, по-друге, кожний новонароджений особень стає носієм нової інформації, створеної за рахунок унікальної рекомбінації батьківських геномів.

Найбільш чутливою до надходження інформації із зовнішнього середовища є інформаційно-знаннева система людини. Як уже повідомлялося [8], кожен з нас, перебуваючи в ситуації наукового пошуку, залучається до здійснення предметно-практичної і пізнавальної діяльності. У такому випадку інформаційно-знаннева система виявляється відкритою до зовнішніх інформаційних потоків, репрезентованих принаймні чотирма групами чинників, кожна з яких може бути конституйована через ціннісно-смісловий Універсум (ІЦСУ Сергія Кримського [3]). До них належать: по-перше, вплив з боку природи у ракурсі її інформаційних можливостей, виражених у ноосфері; по-друге, вплив з боку цивілізації в ракурсі її практичних реалізацій; по-третє, вплив монадного буття в ракурсі ціннісно-сміслові діяльності індивідуального соціуму; по-четверте, вплив з боку культури, репрезентованої її окремими складовими — науковою, інженерно-практичною і гуманітарно-художньою.

Удамося до математичної форми опису цієї системи. При малих зовнішніх впливах залежність реакції системи від чинника, що викликав цю реакцію, описується лінійним рівнянням. Позначимо через  $X_i$  знання про предмет  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ), тоді  $\frac{dX_i}{dt}$  є швидкістю зміни знань про предмет  $i$ . Позначимо через  $X_j$  знання про предмет  $j$ , а через  $a_{ij}$  — вплив набутих системою знань про предмет  $j$  на швидкість зміни знань про предмет  $i$ . Цей вплив може бути таким, що сприяє набуттю знань про предмет  $i$ , і тоді  $a_{ij} > 0$ . Але надходження інформації про предмет  $j$  може послаблювати знання про предмет  $i$ , і тоді  $a_{ij} < 0$ . Позначимо через  $b_i$  постійну в часі величину, яка описує притік знань про предмет  $i$  внаслідок дій, спрямованих на їх поповнення: у цьому випадку  $b_i > 0$ . Якщо має місце відтік знань, наприклад, через репродуктивне гальмування або з інших причин, то  $b_i < 0$ . З урахуванням зроблених позначень поведінка інформаційно-знанневої системи, що піддається впливу зовнішніх чинників, описується системою лінійних диференціальних рівнянь першого порядку такої форми:

$$\frac{dX_i}{dt} = \sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^n a_{ij} X_j + b_i. \quad (3)$$

Розглянемо спочатку рівноважний стан системи. За визначенням, це є стан, у якому всі швидкості зміни  $X_i$  дорівнюють нулю. З математичної точки зору це означає, що ліві частини кожного рівняння (1) слід прирівняти нулю й розв'язати їх відносно  $X_i$ . Отримані розв'язки будуть описувати знання, котрі гарантують встановлення стану рівноваги. Якщо припустити, що досліджувана система є ізольованою, тобто не має ані припливів, ані відтоків, то треба покласти усі  $b_i$  рівними нулю. За цих припущень ми отримуємо однорідну систему  $n$  лінійних рівнянь із  $n$  невідомими. Математично доведено, що єдиним розв'язком такої системи є  $X_i = 0$ . Іншими словами, єдиним станом рівноваги є тривіальний стан системи, коли всі знання у ній дорівнюють нулю. Сказане можна проілюструвати таким прикладом: нехай є сполучені посудини, які можна наповнювати водою. Коли відомо, що немає ані надходження (притоку) води у посудини, ані витікання води з них, цілком можливою є ситуація, при якій система перебуває у стабільному рівноважному стані тому, що води у посудині взагалі немає! Математично незмінність фізичної величини  $X_i$  у часі означає рівність нулю похідної цієї величини за часом:

$$\sum_{i=1}^n \frac{dX_i}{dt} = 0. \quad (4)$$

Але якщо ця умова має місце, ми, вважаючи  $\frac{dX_i}{dt} = 0$ , отримуємо із системи (3)  $n-1$  незалежні рівняння, котрі, як відомо, мають нескінченну множину розв'язків. Нас же цікавить випадок, коли розв'язок є єдиним. Оскільки мова йде про реальну інформаційно-знаннєву систему живого організму, а вона (завдячуючи механізму генетичної спадковості) одразу виникає як така, що несе в собі певний обсяг закодованих потенціальних знань, математично це можна описати як накладання на систему рівнянь додаткових умов:

$$\sum_{i=1}^n X_i = C, \quad (5)$$

де стала величина  $C$  є характеристикою первісного стану інформаційно-знаннєвої системи; її значення кореспондується з висотою, до якої попередньо була наповнена посудина.

Смисл виразу (5) зводиться до того, що кожна індивідуальна інформаційно-знаннєва система починає розгортатися від певного генетично успадкованого стану (первісний рівень води у сполучених посудинах перебуває на певній, не нульовій висоті). Це адекватно наведеному вище твердженню, що певна кількість успадкованої інформації *ab ovo* міститься в системах зберігання інформації людини. Результат, репрезентований формулою (5), вказує також на те, що зумовлена внутрішніми причинами можлива деградація інформаційно-знаннєвої системи не здатна призвести до повної руйнації самої системи. Інакше кажучи, живий організм не може повністю втратити знання про навколишній світ, накопичені і закодовані в ньому завдяки еволюції і власному розвитку: інформаційно-знаннєва система людини є досить стійкою.

Перейдемо тепер до розгляду інформаційно-знаннєвої системи як відкритої системи, для якої властивими є і надходження, і витікання інформаційних потоків. Тепер не всі  $b_i$  у рівнянні (3) дорівнюють нулю: з математичної точки зору, система рівнянь є неоднорідною, отже (за винятком спеціальних випадків), вона має єдиний розв'язок, котрий визначає єдино можливий стаціонарний стан досліджуваної системи. Підкреслюючи принципову відмінність такого стану від стану рівноваги, засновник загальної теорії систем Людвіг фон Берталанфі називав його *станом проточної рівноваги*. Повертаючись до аналогії із посудиною з водою, маємо тепер посудину, до якої вода надходить через відкритий кран (тоді  $b_i > 0$ ) і, водночас, через отвір унизу витікає ( $b_i < 0$ ). Очевидно, що в такому випадку рівень води в посудині визначається не

стільки первісним своїм значенням (величиною  $C$ ), скільки швидкістю надходження води та її втрати. Досягнення балансу між припливом і відтоком означає набуття стаціонарного стану у відкритій системі. Доведено [2], що такий баланс відповідає мінімуму виробництва ентропії. Аналіз виразу (3) свідчить, що досягнення стаціонарного стану системи визначається значеннями обох доданків  $a_{ij}$  та  $b_i$  одночасно; іншими словами, він зумовлений як відношеннями усередині системи, так і зовнішніми впливами на неї. Оскільки значення величин  $a_{ij}$  та  $b_i$  є характерними для індивідуальної системи, кожна з них виявлятиме властивість еквіфінальності: зовнішньому спостерігачеві буде здаватися, що система «намагається» опинитися саме в такому кінцевому стані, який для неї «властивий». При недостатній обізнаності спостерігач, описуючи поведінку подібних систем, може вдаватися до використання телеологічних понять або ж вбачати у системах подібного роду навмисний характер поведінки. Насправді, математичний аналіз вказує, що, здавалося б, закладений вищими силами характер поведінки інформаційно-знаннєвої системи є лише закономірним проявом того факту, що система є відкритою, а не ізольованою.

Принциповим є питання щодо стабільності (усталеності) стаціонарних станів відкритої системи. Коли ми маємо справу з готовими структурами, що утворюють ізольовану систему і не обмінюються інформацією з навколишнім середовищем, можна відразу сказати, що їхня поведінка повністю підпадає під дію другого закону термодинаміки у його канонічній формі — ентропія системи прямує до максимуму, а інформація при цьому мінімізується. У живій природі такі системи не реалізуються. Живі організми являють собою відкриті системи, функціонування яких пов'язане з виникненням нових структур; прикладом цього є такі незворотні процеси, як біосинтез і самоскладання або ж процеси еволюційного та індивідуального розвитку.

Можливі два типи поведінки відкритих систем. Перший з них властивий системі, що є близькою до рівноваги; він описується в межах лінійної термодинаміки рівняннями типу (3). Тут мова йде про наявність структур рівноважних, але модифікованих унаслідок обмежень, які перешкоджають досягненню рівноваги. При виведенні системи із стаціонарного стану вона «намагається» повернутися до нього експоненціально, без осциляцій — стаціонарні стани є асиметрично усталеними. Принципово, що подібна система має лише один стаціонарний стан (незалежний від початкових умов). Другий тип поведінки реалізується у відкритих системах подалі від рівноваги. Таким системам властива динамічна впорядкованість [8], при якій стаціонарний стан є неусталеним, і динамічний порядок встановлюється на фоні посилення флуктуацій. Поведінка подібної системи втрачає лінійний характер, і це вимагає залучення для її опису диференціальних рівнянь принаймні другого ступеня:

$$\frac{dX_i}{dt} = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n a_{jk}^{(i)} X_j X_k + \sum_{j=1}^n b_{ij} X_j + C_i \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n). \quad (6)$$

На відміну від виразу (3) система рівнянь (6) вже враховує ситуацію, коли утворення в інтелектуально-знаннєвій системі знань про предмет  $i$  відбувається внаслідок взаємодії інформацій про предмет  $j$  і про предмет  $k$ . У правій частині виразу (6), крім самих змінних і постійних членів, містяться попарні добутки змінних. Цим ураховується, що частоти взаємодії інформаційних потоків про предмет  $j$  і предмет  $k$  в основному є пропорційними кількості інформації, яку вони містять, — саме це відображається наявністю квадратичних членів рівнянь. Лінійні й постійні члени рівнянь при цьому зберігають той самий смисл, що й у виразі (3). Математична модель, побудована на застосуванні рівнянь (6), має досить загальний характер і широко застосовується, наприклад, для описів реакцій у хімічних системах, моделей екосистем, соціальних процесів тощо. Пояснюючи останнє твердження, розглянемо популяцію людей, поділивши її на групи так, щоб кожна з них характеризувалася певним типом поведінки або комплексом думок чи переконань (репрезентуючи у такий спосіб елемент субкультури, релігії, політичного устрою тощо). Коли члени однієї групи полемізують із представниками іншої групи, природно, що швидкість збільшення або зменшення симпатиків у кожній з них залежить від частоти їхніх зустрічей («зіткнень»). Ясно також, що збільшення чисельності кожної групи перебуває у прямій залежності від кількості зустрічей членів групи між собою

(тобто від їхньої згуртованості і самодисципліни). Контакти між членами груп мають своїм наслідком зміни або модифікації типів поведінки, переконань тощо і, відповідно, призводять до зростання або ж до зменшення цих груп.

Система рівнянь (6) має не один, а кілька розв'язків; іншими словами, такій відкритій інформаційно-знаннєвій системі властиві не один, а кілька стаціонарних станів. Отже, зовнішні впливи (у тому числі — учіння) цілком можуть мати різноманітні наслідки, адекватні переходу системи у невизначені наперед (не детерміновані), але обов'язково відмінні від рівноважного проміжні стани, наявність яких безпосередньо впливає зі структури математичної моделі, узятій для опису системи. Суттєво, що інформаційно-знаннєва система людини, за своєю фізичною природою, характеризується не неперервним, але дискретним набором станів. Щоб застосувати до подібних систем апарат диференціальних рівнянь, треба включити дискретні стани до деякої неперервної множини. Така процедура при належному виборі моделі не перешкоджає трактуванню поведінки багатьох дискретних систем. Утім, апарат детерміністичних, континуальних диференціальних рівнянь виявляється недостатнім для дослідження процесів у складних біологічних системах, пов'язаних, зокрема, з функціонуванням мозку і вищою нервовою діяльністю. Такі процеси є стохастичними, імовірнісними, і це потребує застосування більш розвиненого математичного апарата і стохастичних моделей, індивідуальних для кожного класу явищ.

Наостанку ще раз повернемося до питання, здавалося б, украй низької (за оцінкою С. Кримського [3], порядку кількох процентів) ефективності засвоєння людиною зовнішньої інформації. Ця проблема також має інформаційно-ентропійне підґрунтя. Для пояснення вдамося до розгляду ще однієї моделі, у якій аналізується поведінка води. Ця речовина, як відомо, вільно змінює свою форму, надзвичайно щільно заповнюючи посудину, у якій перебуває. Уявімо собі долину у межигір'ї, яка може заповнюватися водою, наприклад, під час дощу. Омивання водою земної поверхні моделює утворення синаптичного зв'язку між групами нейронів, що, у свою чергу, відображає процес, який один із засновників сучасної фізіології, нобелівський лауреат Чарльз Шеррінгтон називав «прикріпленням свідомості до людського тіла». Спочатку кількості води, яка потрапила у систему, виявляється настільки мало, що вона або випаровується, або всмоктується у землю, не встигаючи утворити бодай калюжі. Це адекватно ситуації, коли у рівнянні (3) доданки  $b_i < 0$ : домінує відтік інформації із інформаційно-знаннєвої системи, нове знання не утворюється. При певній інтенсивності дощових опадів починають з'являтися калюжі та озерця. Кожна така водойма, пронумерована від  $i = 1$  до  $i = n$ , імітує викликане інформаційним потоком утворення в інформаційно-знаннєвій системі «упакованих» знань  $X_i$  про предмет  $i$ . Утворення окремого «озерця знань» є аналогом виникнення первинної знаннєвої парадигми, яка містить у собі логічно несуперечливу, цілком визначену, хоча й обмежену інформацію про предмет  $i$ , фіксуючи ті чи інші його властивості.

Термодинаміка вчить, що виробництво ентропії усередині кожної системи є пропорційним її об'єму, а відтік ентропії (спряжений із надходженням у систему інформації) є пропорційним площі її поверхні. Відтак об'єм водойми може зростати (при цьому  $\frac{dX_i}{dt} > 0$ ), але це відбувається доти, доки не буде досягнуто стаціонарного стану, при якому виробництво ентропії усередині системи компенсується її відтоком. Тоді значення  $X_i$  стабілізуються:

$\frac{dX_i}{dt} = 0$ . Може створитися ситуація, коли води накопичиться стільки, що виробництво ентропії вже не буде компенсуватися її відтоком — озеро гине, зникає. Однак якщо воно при цьому розділиться, баланс ентропії знову стане від'ємним, адже при діленні об'єм зберігається, але площа поверхні зростає.

Якщо рівень води у долині підвищується, між водоймами утворюються сполучні зв'язки — канали. Форма русла кожного з них, тобто траєкторія руху води з одного озера в інше, є індивідуальною: це є проявом універсального закону природи, відомого як *принцип найменшої*

дії. Достеменно відомо, що не існує жодних обмежень щодо його застосування як на макроскопічному рівні, так і на найглибших рівнях існування матерії. У формулі (3), характеристикою кожного каналу, що сполучає водойму  $X_j$  із водоймою  $X_i$ , виступає коефіцієнт  $a_{ij}$ . Очевидно, що наявність «озер знань»  $X_i$  є адекватною існуванню «дисциплінарних матриць» у відомій *концепції історичної динаміки наукового знання* Томаса Куна (США) [5]. Безроздільне панування деякої з них він називає періодом «нормальної науки». На думку Т. Куна, під тиском «аномалій» (проблем, які не можуть бути розв'язані усередині парадигми) «дисциплінарна матриця» може вибухнути зсередини [4]. Тоді настає криза, революційний період, для якого характерним є утворення нових парадигм, котрі будуть виборювати першість одна в одній, — структура водойм зміниться. Криза, за Т. Куном, має своїм наслідком перемогу однієї з новостворених матриць — виникає нова берегова демаркаційна лінія, що встановлює нову межу між знанням і незнанням. Оскільки Т. Кун відстоює думку, що приріст наукового знання досягається лише в «нормальній науці» (критерієм цього процесу є кількість розв'язаних проблем), це можна трактувати як ще одне визнання факту, що розгортання інформаційно-знаннєвої системи властиве стану, який відповідає мінімуму виробництва ентропії (і, відповідно, максимальному надходженню інформації). Та ж інформація, яка не вкладається в існуючу парадигму і не сприяє розробці закладених у ній явищ і теорій, взагалі залишається поза увагою і втрачається.

### *Література*

1. *Блюменфельд Л.А.* Проблемы биологической физики. — М., 1977.
2. *Волькенштейн М.В.* Биофизика. — М., 1988.
3. *Кримський С.* Ціннісно-смісловий універсум як предметне поле філософії // Філософська і соціологічна думка. — 1996. — №3-4. — С.102-117.
4. *Кун Т.* Структура научных революций. — М., 1975.
5. *Кун Т.* Структура и развитие науки. — М., 1978.
6. *Маркс К., Энгельс Ф.* Сочинения. — 2-е изд. — Т.25. — Ч.2. — С.93.
7. *Смирнов В.* Структура і сутність інтелектуального знання. I. На шляху розвитку структури та організаційних форм наукового пізнання // Філософські обрії. — 2002. — Вип.8. — С.46-54.
8. *Смирнов В.* Структура і сутність інтелектуального знання. II. Знання у ракурсі процесів самоорганізації матерії // Філософські обрії. — 2003. — Вип.9. — С.87-105.
9. *Шредингер Э.* Что такое жизнь с точки зрения физики. — М., 1972.

Надійшла до редакції 12.07.2005 р.