

УДК 550.03:002:004(045)

Н.І. Бахова, к.ф.-м.н., доц.

## ІНФОРМАЦІЙНЕ ПЕРЕХРЕСТЯ В НАУКАХ ПРО ЗЕМЛЮ

Національний авіаційний університет  
E-mail: bakhova\_nataly@mail.ru

*Розглянуто історично важливі етапи інформатизації суспільства. Проаналізовано особливості інформаційних прогнозів розвитку інформаційної цивілізації. Освітлено фундаментальні проблеми біотичного управління навколишнім середовищем. Визначено особливості інформаційної взаємодії людини та біоти. Показано можливості та труднощі побудови інформаційних моделей. Запропоновано інформаційну модель геофізичного середовища.*

**Ключові слова:** біосфера, інформаційна екологія, інформаційна модель геофізичного середовища.

### Постановка проблеми

В останнє десятиліття процес інформатизації суспільства набув глобального характеру та охопив майже всі розвинені країни світу.

Стрімкий розвиток інформаційно-комунікаційних технологій і широке їх впровадження в усі сфери діяльності людини призвели до формування абсолютно нового інформаційного середовища суспільства – інфосфери.

Незважаючи на те, що інформатизація покликана стати основою кардинальної зміни рівня життєдіяльності людини, вона не може сприяти оптимізації життєвого середовища людини.

Оволодіння наростаючими потоками інформації призвело до таких проблем:

- інформаційної гігієни;
- інформаційного стресу;
- інформаційної конфліктології;
- інформаційного забруднення і зараження;
- інформаційної безпеки;
- інформаційної екології.

### Аналіз досліджень

Інтелектуальне буття людства є мудрою загадкою. В основі людства завжди лежить право вільного вибору:

- схилитися перед цією загадкою або вирішити її;

– поважати загадку або підпорядкувати її собі.

У сучасному суспільстві формується новий світогляд, в якому усвідомлюється, що інформація є більш важливим чинником соціального розвитку, ніж речовина і енергія.

Важливими етапами інформатизації суспільства є інформаційні революції. У історії розвитку цивілізацій сталося декілька інформаційних революцій [1].

Перша інформаційна революція стала можливою завдяки переходу від первісних картин на стінах у печерах до писемності.

Найбільш відомий приклад – це єгипетські ієрогліфи. Спрощення листа за допомогою картинок призвело до появи букв.

Винахід писемності відкрив нові перспективи для накопичення знань. Однак вирізування на дереві, камені або друк на шовку були дуже складними завданнями. Одного разу вирізана дошка або кам'яна плитка не могли бути використані для друку іншого тексту. Носії інформації багато коштували.

Створення копій надто довгий процес. Такі носії інформації, як дерево, кам'яна плита і шовк, інформаційно стійкі і зберігають інформаційну повноту написаного на ній тексту в перебігу довгого часу.

Основний напрям інформаційної технології на той період розвитку зводився до передачі та накопичення знань [1].

Друга інформаційна революція пов'язана з винаходом книгодрукування, що дозволило створити деякий загальний інформаційний простір.

Освіта та писемність перестали бути долею обраних і почали проникати в широкі шари суспільства. Інформаційні потоки почала контролювати влада [1].

Основний напрям інформаційних технологій полягав у впорядкуванні функціонування громадського життя [1].

Третя (кінець XIX ст.) інформаційна революція сталася завдяки відкриттю електрики, телефону, радіо, телеграфу, новим технологіям:

- передачі кодованих повідомлень на великій відстані;
- декодуванню;
- перетворенню одних видів інформації в інші.

Завдяки електриці виникло нове джерело світла, що вплинуло на нічний і денний ритм людини.

Четверта (70-ті рр. XX ст.) інформаційна революція пов'язана з винаходом мікропроцесорної техніки і надшвидкісних обчислювальних пристроїв – комп'ютерів, у тому числі персональних.

Винахід комп'ютерів тільки передував інформаційній революції, оскільки впродовж досить тривалого часу доступ і робота з комп'ютером були долею обраних фахівців. Аналогічно часам першої інформаційної революції володіння писемністю було долею обраних [1].

Тільки після появи персональних комп'ютерів суспільство отримало широкий доступ до інформаційних технологій. Відбувається якісна зміна інформації: із засобу передачі знань або даних інформація стає ресурсом виробництва, товаром [1].

Четверта інформаційна революція взаємопов'язана з появою інформаційного суспільства як чергового етапу розвитку передових країн світу.

Формування інформаційного суспільства ґрунтується на розвитку науки, ефективних технологіях, зміні соціальної структури суспільства.

В основі багатьох теорій і концепцій інформаційного суспільства лежить загально-визнаний феномен наростання значення інформації в житті суспільства.

Виробництво, розподіл і споживання інформації розглядаються як переважаюча сфера економічної діяльності.

Будь-яка управлінська структура (правління малого підприємства, міністерство, держава) побудована за принципом ієрархічної організації [2].

Ієрархія управлінської структури дуже далека від фізичних і геофізичних проблем.

Однак у складних відкритих фізичних системах можливе розшарування на інформаційні та динамічні підсистеми за аналогією з ієрархією управлінської структури [2].

При вирішенні проблем інформаційного суспільства було б наївно спиратися лише на потужність комп'ютерів та інших засобів інформації. Інформація сама по собі мало що дає для аналізу і прогнозу, прийняття рішень і контролю за їх виконанням. Необхідно розробити надійні способи переробки інформаційної «сировини» в готовий продукт, тобто знання [3].

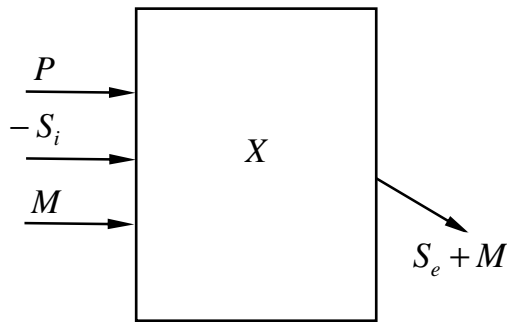
**Мета роботи** – вивчення інформаційної основи природних явищ і побудова інформаційної фізико-геологічної моделі.

#### Методика досліджень

Фізична система, через яку можуть протікати потоки енергії та інформації (негентропії), називається відкритою [2].

Передбачимо, що у відкриту фізичну систему  $X$  ззовні поступає упорядкована енергія з потужністю  $P$ , речовина з темпом  $M$  і потік негентропії –  $S_i$  (рис. 1).

Невелика частина негентропії –  $S_i$  витрачається на підтримку та удосконалення внутрішньої структури системи  $X$ .

Рис. 1. Відкрита система  $X$ 

Необоротні процеси всередині системи  $X$  приводять до народження ентропії, яка разом з надлишковою масою викидається назовні у вигляді відходів  $S_e + M$  (рис. 1).

Відходи виробляють «теплове забруднення» середовища у вигляді зростання зовнішньої ентропії  $S_e$  [2].

У відкритих фізичних системах зі складно організованою внутрішньою структурою може відбуватися розшарування єдиної системи на інформаційну (керувальну) і динамічну (силову) підсистеми.

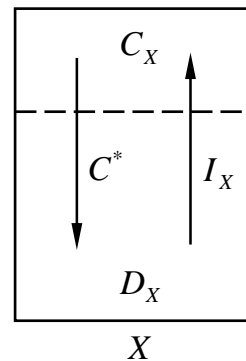
Інформаційна та динамічна підсистеми тісно взаємозв'язані одна з одною [2].

При описі системи деякими узагальненими координатами  $Q_i$  часова еволюція  $Q_i$  може виявитися досить складною через нелінійні зв'язки між  $Q_i$  і великій складності «фазового портрета» системи  $X$ . Траєкторія  $Q_i$  у фазовому просторі дуже чутлива до малих збурень і володіє багатьма точками біфуркації. При малих зовнішніх збуреннях або малих змінах в структурних елементах системи фазова точка може легко переходити з однієї траєкторії на іншу [2].

Структурні елементи системи  $X$ , здатні сильно впливати на динаміку системи малими збуреннями (сигналами), утворюють підсистему управління  $C_X$  (рис. 2).

Складні динамічні системи самі собою можуть розшаровуватися на два рівні ієрархії:

- підсистему управління  $C_X$ ;
- динамічну підсистему  $D_X$ .

Рис. 2. Ієрархічна відкрита система  $X$ 

Підсистема управління  $C_X$  теж динамічна, але більш «делікатна» відносно силової системи  $D_X$  [2].

Блок  $C_X$  отримує інформацію  $I_X$  про свою динамічну підсистему  $D_X$  і на основі цієї інформації формує сигнали управління  $C^*$  для блоку  $D_X$ . Крім того, блок  $C_X$  може працювати зі слабкішими процесами обміну енергією, тобто з сигналами.

Ускладнення внутрішньої організації підсистеми  $C_X$  приводить до того, що блок  $C_X$  може відгукуватися не на інтенсивність сигналів, що приходять, а на їх форму, тобто «сміслову частину». Таким чином, блок  $C_X$  стає інформаційною системою з набором внутрішніх архівів. Внутрішні архіви, у свою чергу, виробляють «процесінг» інформації, що приходить, з виробленням керувальних сигналів, адресованих динамічній підсистемі  $D_X$  [2].

Ієрархічна система, яка показана на рис. 2, називається системою з інформаційною поведінкою [2].

Тепер ускладнимо задачу. Розглянемо дві системи  $X$  і  $Y$  з інформаційною поведінкою (рис. 3).

Високочутливий блок  $C_X$  приймає сигнали від [2]:

- своєї динамічної підсистеми  $D_X$ ;
- підсистеми  $C_Y$  системи  $Y$ ;
- підсистеми  $D_Y$  системи  $Y$ .

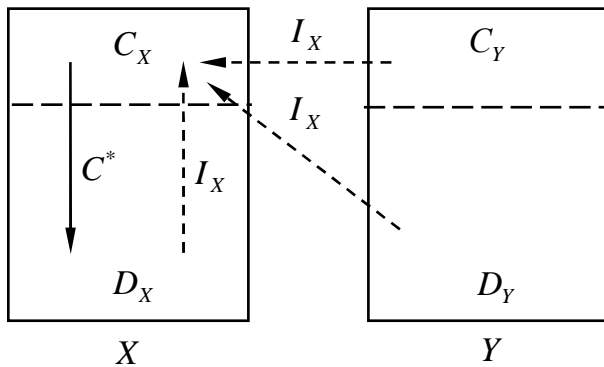


Рис. 3. Ієрархічні відкриті системи  $X$  і  $Y$

Сигнали повинні переносити інформацію.

Отже, негентропія має бути отримана звідкись ззовні. Блоки  $C_X$  і  $C_Y$  можуть користуватися [2]:

- частиною тієї негентропії, яка поступає в блоки  $D_X$  і  $D_Y$ ;

- іншими потоками негентропії, які існують у нерівноважному зовнішньому світі.

У мікрочастинок елементи інформаційної поведінки з'являються у вигляді колапсів хвилевих функцій. У міру укрупнення і ускладнення структур до колапсів хвилевих функцій додаються нерівноважні колективні параметри порядку, які відіграють роль динамічних змінних [2].

Поблизу точок галуження колапси хвилевих функцій і біфуркації динамічних змінних виглядають, як вільні вчинки або як прояв свободи волі. З цієї причини в Природі закладена можливість вільного розвитку [2].

Відкриті фізичні системи, що перебувають у потоках зовнішньої енергії, можуть підвищувати свій рівень упорядкованості за рахунок виникнення додаткових макроскопічних ступенів вільності (чарунок пам'яті).

Кількість ступенів вільності зростає зі збільшенням потоку і упорядкованості зовнішньої енергії [4].

У Природі далекі від рівноважного стану фізичні системи з накопиченою потенційною енергією здатні генерувати потужні лавиноподібні упорядковані процеси. Фізична система природним чином прагне перейти до рівноважного стану [4; 5].

До таких упорядкованих процесів відносяться [5]:

- лавини, що утворюються за рахунок накопиченої в горах гравітаційної енергії снігових мас;

- циклони та смерчі, потужність яких визначається звільненням енергії конденсації атмосферної водяної пари;

- землетруси, в результаті яких звільняється значний об'єм внутрішньої енергії Землі.

Для фізичної самоорганізації необхідно два елементи «живлення» – енергія та негентропія. Лише сума енергії та негентропії може забезпечити стаціонарну підтримку структури нелінійної дисипативної системи [2].

Після припинення подачі енергії або розпаду накопиченої потенційної енергії все самоорганізовані стани розпадаються.

Система поступово переходить до основного стану, який характеризується одною молекулярною чарункою пам'яті з єдиним фізичним станом у цей чарунки. Інформація, що характеризує таку систему, звертається в нуль. Така ситуація аналогічна стану максимальної неупорядкованості. Термодинамічна ентропія звертається в нуль при наближенні температури до абсолютного нуля [5].

Замкнені системи, підпорядковуючись другому началу термодинаміки, не можуть спонтанно збільшувати свою упорядкованість або зменшувати ентропію. Замкнені системи прагнуть перейти в стійкий стан мінімальної упорядкованості або максимальної неупорядкованості – ентропії [5].

На протилежність фізичним упорядкованим системам біологічні системи характеризуються молекулярними (а не макроскопічними) ступенями вільності, густина яких більш ніж на двадцять порядків перевершує густину макроскопічних ступенів вільності будь-яких відкритих фізичних систем в різних потоках зовнішньої енергії [5].

Таким чином, існує чималий розрив між кількісними характеристиками організації фізичних і біологічних систем. Це свідчить про те, що самоорганізація фізичних систем у зовнішніх потоках енергії і самоорганізація живих систем мають принципово різну природу. Жодні зміни в навколишньому середовищі не здатні збільшити величину біологічної та екологічної упорядкованості [5].

Упорядкованість живих організмів кожного виду підтримується протягом всього часу його існування (порядку мільйон років) за рахунок [5]:

– конкурентної взаємодії особин у популяції;

– усунення особин зі зниженою конкурентоспроможністю в ході природного відбору.

Вакансії, що утворюються в процесі природного відбору, займаються нащадками особин, які зберегли свій рівень упорядкованості.

На протилежність фізичній упорядкованості відсутність конкурентної взаємодії і стабілізуючого відбору приводить до розпаду генетичної впорядкованості організмів будь-якого виду, не зважаючи на вжиток потоків живлення і відтворення особин [5].

Отже, життя є відкритою системою. Дії навколишнього середовища (потоки енергії, живлення) на життя настільки низько організовані порівняно з самим життям, що не можуть підвищити рівень упорядкованості останньої. Тому впродовж часу, багато меншого часу еволюційних змін, усі індивідуальні живі організми, що самовідтворюються, поза їх популяцією поведуться подібно до замкнутих фізичних систем. Поза популяціями, тобто у відсутність конкурентної взаємодії і відбору, який виконує стабілізуючу функцію, особини та їх нащадки можуть лише втрачати свій рівень упорядкованості. У таких живих системах діє аналог другого началу термодинаміки – відбувається втрата накопиченої інформації і збільшення ентропії, незважаючи на вжиток зовнішніх потоків енергії [5].

Потік інформації, що обробляється природною біотою ( $10^{35}$  біт/с), на 20 порядків перевищує потік інформації, що обробляється сучасною цивілізацією ( $10^{16}$  біт/с).

Отже, біотична регуляція не може бути замінена технологічною [6].

Фізичну стійкість, прийнятну для життя навколишнього середовища, сучасна природна наука приймає як аксіому. Настав час здолати таку парадигму відношення природної науки до живої Природи.

Проблема соціальної відповідальності ученого має глибокі історичні корені. Упродовж віків, з часів зародження наукового пізнання, віра в людський розум супроводжувалася сумнівом:

– як будуть використані творіння розуму;

– чи є знання силою, яка служить людині, і чи не обернуться вони проти неї.

Нині подібні сумніви мають нехтує малу інформаційну місткість, особливо для юридичних наук.

Біосфера пройшла складний шлях еволюції, зародившись на ранньому етапі розвитку Землі.

Проінтегровані та збереженні в пам'яті біосфери зведення містять інформацію про часову поведінку будь-якої живої системи та її оточення.

Отже, є можливість прогнозувати події, приймати рішення з певною метою та отримати інформаційну вказівку про найбільш прийнятну траєкторію до мети.

Фантастичний розрив в потоках інформації в біоті та цивілізації подолати не вдасться, незважаючи на приголомшливі успіхи в сучасному розвитку комп'ютерної техніки та всесвітньої інформаційної мережі. Людина не зможе замінити керувальний потенціал біоти засобами розвиненої ним цивілізації [5].

Інформаційного занепокоєння викликає закон розпаду: будь-яка система, в якій записана інформація, з часом вироджується, а сама інформація може поступово втрачати свою цінність [6].

Розпад здійснюється набагато повільніше для мертвої (записаною) інформації, чим для живої інформації [6].

Жива інформація передається з енергією, необхідною для її виявлення.

Мертва інформація не пов'язана з енергією або негентропією. Для того, щоб прочитати таку інформацію, необхідно забезпечити її енергією [6].

Для більшої наочності викладу як живу систему виберемо систему  $X$ , а як система  $Y$  може виступати весь зовнішній світ (рис. 4).

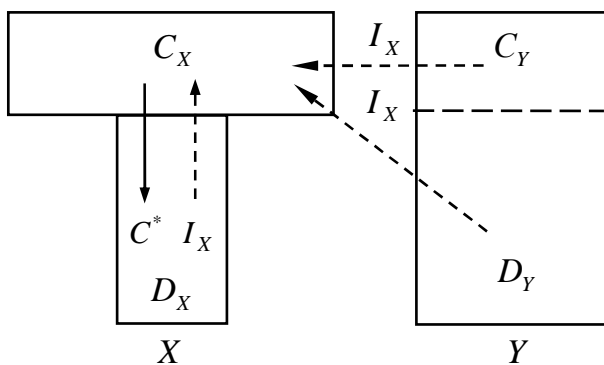


Рис. 4. Жива системи  $X$  і система зовнішнього світу  $Y$

Система  $X$  «занурена» в зовнішній світ і має адаптуватися до енергетичних та інформаційних потоків.

Джерела інформації, яка передається з енергій або без енергії, показано на своєрідному інформаційному перехресті (рис. 5).

Інформаційні знаки інформаційного дорожнього руху встановлює Всесвіт і тільки Всесвіт.

Перехрестя не має геодезичної прив'язки.

За бажання позначити частини світу необхідно пам'ятати, що дослідниками в області наук про Землю розглянуті дії різних геодинамічних подій на життя людських співтовариств за останні 30 тис. років [7].

Інтенсивне накопичення в блоці управління  $C_X$  потоків інформації (живою і мертвою) приведе до розбалансування системи  $X$ : блок управління  $C_X$  збільшується, динамічний блок  $D_X$  зменшується. Для наочності на рис. 4 показано розширення блоку  $C_X$  по горизонталі.

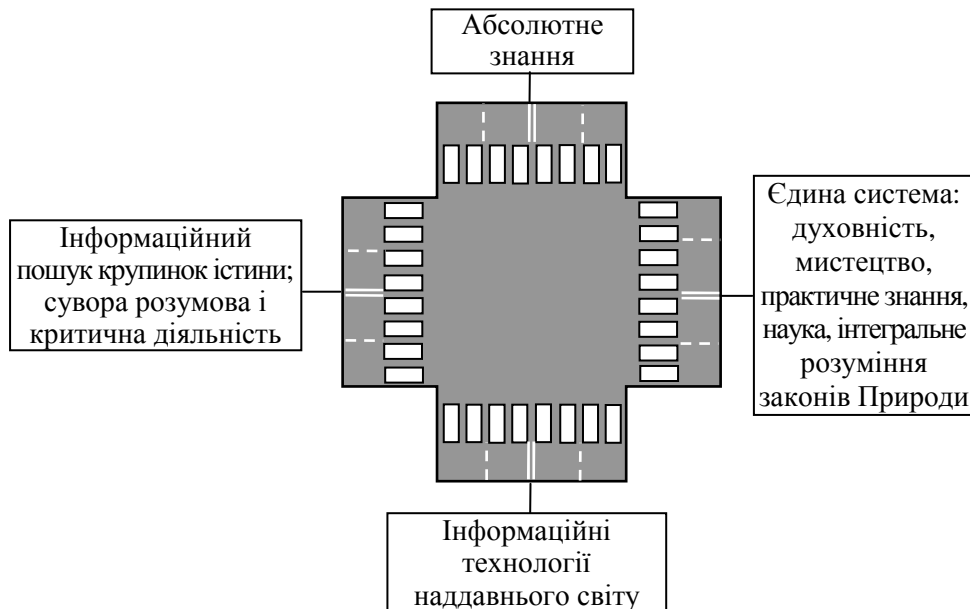


Рис. 5. Інформаційне перехрестя

Може виникнути така ситуація, що блок  $D_X$  буде вимушений «від'єднатися» і «вислизнути» від переважної дії блоку  $C_X$  і прилучитися до системи  $Y$ .

Якщо додати образність поведінці системи  $X$ , то вийшло, що динамічна система  $D_X$  – «не в капелюсі», а поза інформаційним «капелюхом». Блок  $D_X$  буде вимушений уникати перевитрати енергії, необхідної для читання і обробки мертвої інформації.

Розглянемо проблему сингулярності... «Особливість» – це така точка, де втрачають свою силу фізичні закони. Неможливо зрозуміти, що відбувалося на самому початку часу, коли стався великий вибух і Всесвіт був нескінченно малим і нескінченно щільним.

У 1965 р. англійський математик і фізик Р. Пенроуз показав, що зірка стискується під дією сил гравітації. Поверхня зірки стискується до нуля, отже, те ж саме відбувається і з її об'ємом [8].

Уся речовина зірки буде стиснута в нульовому об'ємі. Щільність зірки та кривизна простору і часу стануть нескінченними. Виникає сингулярність у деякій області простору і часу, що називається чорною дірою [8].

С. Хокінг запропонував змінити напрям часу в теоремі Р. Пенроуза на обернений так, щоб стискування перейшло в розширення [9].

За теоремою Р. Пенроуза кінцевим станом зірки, що колапсує, має бути сингулярність. Якщо обернути час, то в будь-якій моделі фрідманівського типу початковим станом Всесвіту, що розширюється, має бути сингулярність [9].

Р. Пенроуз висунув гіпотезу «космічної цензури» [8].

Згідно з гіпотезою «космічної цензури» виходить так, що там, де нове творіння, там і чорна діра і, можливе, не одна. Нове творіння розміщено в «блокаді» чорних дір, напевно, щоб ніхто не бачив, якщо творіння не вийшло належним чином. Якщо робота вдалася, то її результат абсолютно вільно проходить «блокаду» дір.

Необхідно з'ясувати, яка інформація стирається в чорній дірі. Не виключено, що чорна діра може служити своєрідним інформаційним «пилососом» у Всесвіті.

### Аналіз результатів

Нині у зв'язку з інформатизацією суспільства з'являються нові поняття:

- інформаційні моделі;
- інформаційні ресурси;
- інформаційна інфраструктура.

Розвиток комп'ютерних технологій привів до розширення поняття «інформаційна модель». З'явилися три класи інформаційних моделей [1; 3; 10]:

- інформаційно-описові;
- інформаційно-ресурсні;
- інтелектуальні.

Інформаційна модель геофізичного середовища показана на рис. 6.

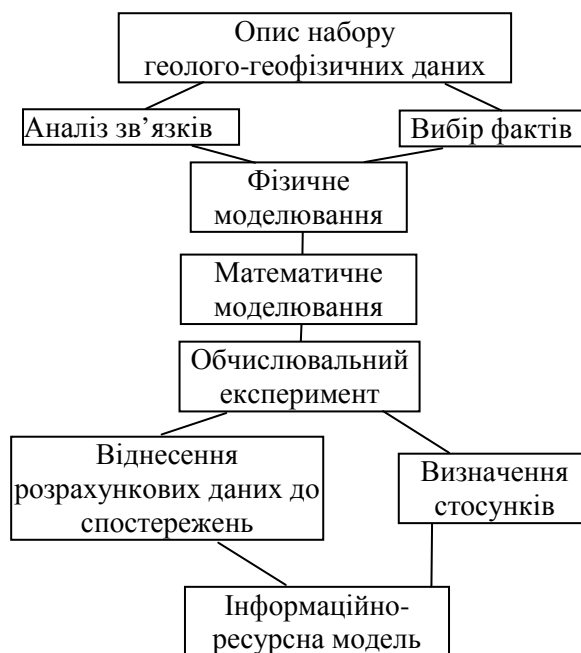


Рис. 6. Інформаційна фізико-геологічна модель

Інформаційна фізико-геологічна модель дає можливість:

- узагальнено і формалізовано описати просторово-часову структуру геофізичних полів і параметрів;

– перейти від характеристик конкретного масиву до образу групи масивів, що мають схожі структурні особливості, певний розподіл геофізичних полів.

### Висновки

Розглянуто характеристики інформаційних революцій. Проаналізовано особливості інформаційних моделей майбутнього розвитку інформаційної цивілізації. Показано, що таким фундаментальним проблемам, як біотичне управління навколишнім середовищем та інформаційна взаємодія людини та біоти, не приділяється належної уваги з боку природних наук.

Охарактеризовано труднощі побудови інформаційних моделей. Побудовано інформаційну фізико-геологічну модель.

### Література

1. *Геоінформатика* / А.Д. Иванников, В.П. Кулагин, А.Н. Тихонов, В.Я. Цветков. – М.: МАКС Пресс, 2001. – 349 с.
2. *Кадомцев Б.Б.* Динамика и информация. – 2-я ред. / Б.Б.Кадомцев. – М.: Редакция журнала «Успехи физических наук», 1999. – 394 с.
3. *Самарский А.А.* Математическое моделирование. Идеи. Методы. Примеры. – 2-е изд., испр. / А.А. Самарский, А.П. Михайлов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 320 с.
4. *Информация в живой и неживой природе* / В.В. Горшков, В.Г. Горшков, В.И. Данилов-Данильян и др. // *Экология*. – 2002. – №3. – С. 163–169.
5. *Горшков В.В.* К вопросу о возможности физической самоорганизации биологических и экологических систем / В.В.Горшков, А.М. Макарьева // *ДАН*. – 2001. – Т. 378, №4, – С. 570–573.
6. *Бриллюэн Л.* Наука и теория информации / Л. Бриллюэн. – М.: Гос. изд-во физ.-мат. лит., 1960. – 392 с.
7. *Трифонов В.Г.* Геодинамика и история цивилизаций / В.Г. Трифонов, А.С. Караханян. – М.: Наука, 2004. – 668 с.
8. *Пенроуз Р.* Путь к реальности или законы, управляющие Вселенной / Р. Пенроуз. – М.; Ижевск: Науч.-изд. центр «Регулярная и хаотическая динамика», 2007. – 911 с.
9. *Хокинг С.* Кратчайшая история времени / С. Хокинг, Л. Млодинов. – СПб.: Амфора. ТИД Амфора, 2006. – 180 с.
10. *Хмелевской В.К.* Геофизические методы исследования земной коры. Кн. 2. Региональная, разведочная, инженерная и экологическая геофизика: учеб. пособ. / В.К. Хмелевской. – Дубна: Международный ун-т природы, общества и человека «Дубна», 1999. – 184 с.

Стаття надійшла до редакції 18.10.2011.