

# СВІТОВА ЕКОНОМІКА ТА МІЖНАРОДНІ ВІДНОСИНИ

УДК 330.3 + 332.1

## СИНЕРГЕТИЧНИЙ ЕФЕКТ РОЗВИТКУ НВІС-ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ГЛОБАЛЬНИХ ПРОБЛЕМ ЛЮДСТВА

**МАТЮШЕНКО Ігор Юрійович**

*кандидат технічних наук, професор*

**БУНТОВ Іван Юрійович**

*здобувач*

**В**перше думка про те, що в майбутньому людство зможе створювати будь-які об'єкти, навчившись маніпулювати окремими атомами (тобто використовувати їх як звичайний будівельний матеріал), була чітко сформульована у славнозвісній лекції професора Каліфорнійського техн-ологічного інституту Ричарда Філіпа Фейнмана «Там унизу багато місця» [1]. Але найбільш актуальною ставала задача створення інструментів та мікропристроїв для вивчення будови конструкційних матеріалів на нанорівні. І вже саме в цій лекції Фейнман відмітив, що *біологічні системи виробляють функціонуючі нанопристрої* починаючи з самого виникнення життя, і людство може узяти з біології багато нових ідей про їх створення.

Термін «нанотехнологія» був запропонований японським професором Норіо Танігучі з Токійського університету у середині 70-х років минулого століття у його доповіді «Про основні принципи нанотехнологій» (On the basic Concept of Nanotechnology) на міжнародній конференції (International Conference on Precision Engeneering) у 1974 р. в Токіо [2]. За змістом під цим терміном малася на увазі велика сукупність знань, підходів, прийомів, конкретних процедур та їх матеріалізовані результати – нанопродукція.

Сучасний вигляд ідеї нанотехнології сформувались під впливом робіт Кіма Еріка Дрекслера, що працював в лабораторії штучного інтелекту Масачусетського технологічного інституту (США). Дрекслер сформулював концепцію універсальних молекулярних роботів, що працюють за заданою програмою і збирають будь-які об'єкти (в тому числі і собі подібні) з підручних молекул [3 – 9].

За останні тридцять п'ять років з'явилася безліч визначень нанотехнологій. Наприклад, в документах державної програми США «Національна нанотехнологічна ініціатива» є розгорнуте визначення, сформульоване авторитетними спеціалістами: «Нанотехнології – це дослідження і технологічні розробки на атомарному, молекулярному або макромолекулярному рівні в шкалі розмірів приблизно від 1 до 100 нм, що проводяться для одержання фундаментальних

знань про природу явищ і властивостей матеріалів в nanoшкالی, а також для створення і використання структур, приладів і систем, які володіють новими якостями завдяки своїм малим розмірам. Нанотехнологічні дослідження і розробки включають маніпуляції, що контролюються, нанорозмірними структурами та їх інтеграцію в більш крупні компоненти, системи і архітектури» [8 – 9].

Але підсумовуючи думку більшості спеціалістів [8], *нанонауку* можна визначити як сукупність знань про структуру і особливості поведінки речовини у манометровому масштабі розмірів, а *нанотехнологію* і *нанотехніку* – як мистецтво створювати і використовувати об'єкти і структури з характерними розмірами в діапазоні від атомарних до  $\approx 100$  нм (хоча б в одному з трьох вимірів) [10, с. 12 – 13]. Тобто таке визначення окреслює проміжну область, що займають нанотехнології – від світу окремих атомів, що досить точно описується квантовою механікою, до макроsvіту, який підвладний континуальним теоріям (пружності, гідро- і електродинаміці тощо).

Перехід до нанотехнологій, а саме до атомного конструювання будь-яких матеріалів, надає найважливіший результат – дематеріалізацію виробництва і різке якісне зменшення енерго- і ресурсоемності.

М. Роко виділяє *чотири основні покоління нанотехнологічних матеріалів і продуктів*, початок кожного з яких може визначатись появою перших комерційних прототипів (що відповідає певному рівню розвитку нанотехнологій). У табл. 1 приведено основні характеристики поколінь наноматеріалів і нанооб'єктів, що будуть з'являтися у недалекому майбутньому [11, с. 291 – 292].

*Нанотехнології фактично знищують різницю між звичайними технологіями і, наприклад, біологічними процесами, створюючи нові напрями і нові межі досліджень і розвитку.* Таким чином, в процесах на рівні наномасштабів виявляються об'єднаними або «злитими» ті характеристики і властивості, які на більш високих рівнях вивчення описуються окремо біологією, фізикою, хімією та інформаційними технологіями. Проблема такого злиття наук на нанорівні видається виключно важливою і може мати революційне значення для подальшого розвитку науки взагалі [12, с. 270 – 271].

### 1. Конвергенція нано- і біотехнологій

Прикладом того, як проблема конвергенції, зокрема *нано- та біотехнологій*, виникла практично з початку розгортання нанодосліджень, може служити розвиток мікроелектронної промисловості в США, яка вже кілька десятиліть була й залишається однією з головних рушійних сил економіки цієї держави. Так, вже у 1988 р., коли було створено перший мікроскопічний двигун розміром біля 100 нм з використанням процесів виробництва МЕМС

Таблиця 1

## Основні характеристики поколінь наноматеріалів і наноб'єктів, що прогноуються

№ з/п	Покоління	Суттєві ознаки	Основні характеристики наноматеріалів і наноб'єктів
1	Перше покоління (з 2001 р.)	Пасивні структури – синтезовані для забезпечення наперед заданих макроскопічних характеристик або функцій об'єктів, що створюються	Нанопокриття, дисперсії наночасток і деякі об'ємні матеріали (наприклад, наноструктуровані метали, полімери, керамічні вироби)
2	Друге покоління (з 2004 р.)	Активні структури – спроможні реагувати на зовнішній вплив (механічний, електронний, магнітний, фотонний, біологічний тощо) і поєднані з іншими мікроскопічними пристроями і системами	1. Нові типи нанотранзисторів, деякі компоненти підсилювачів на КМОП-структурах; 2. Ліки і хімічні препарати гостроспрямованої дії; 3. Деякі типи приводів, так звані «штучні м'язи»; 4. Адаптивні структури тощо
3	Третє покоління (з 2010 р.)	Трьохвимірні структури – синтезовані різними методами, включно з біологічними методами ієрархічної самоорганізації, при якій структури схожі на мікророботів, що самі розвиваються і мають власну і змінну поведінку	1. Розробка гетерогенних наноструктур і супрамолекулярних систем, у поведінці яких можна виділити деякі принципи еволюційного розвитку; 2. Штучні «органи» почуттів і біологічні «тканини» людського організму, які виробляються за допомогою спрямованого та ієрархічно організованого самозбирання; 3. В електроніці – поява обчислювальних та інформаційних нанопристроїв, дію яких буде засновано на квантових взаємодіях або на принципах фотоніки і спінтроніки (на основі використання спіну електронів); 4. Мікротехніка, тобто виробництво (наприклад, на основі систем, що самоорганізуються) манометричних механоелектричних пристроїв (НЕМС); 5. Продукти і матеріали невідомих зараз типів, які неодмінно виникнуть в результаті злиття технологій в рамках концепції NBIC. Ці технології будуть мати багатостадійний характер, тобто використовувати різні методи на різних рівнях ієрархічного виробництва
4	Четверте покоління (з 2015 р.)	Гетерогенні молекулярні наноструктури – в яких кожна складна молекула є спеціалізованою наноструктурою з особливою побудовою і високою функціональністю. Це, по суті, молекулярні пристрої, оскільки у вказані молекули будуть закладатись найскладніші функціональні можливості	1. Розвиток атомарномолекулярної інженерії, основаної на ще невідомих закономірностях самоорганізації речовини; 2. «Проектування» макромолекул із заданими властивостями; 3. Створення нанорозмірних механічних пристроїв; 4. Спрямована і багаторівнева самоорганізація атомарних структур з квантово-механічним контролем процесів збирання; 5. Створення нанопристроїв для медичного контролю та лікування; 6. Забезпечення безпосередньої взаємодії між людиною і обчислювальними пристроями на рівні контакту нервових кінцевих частин з електронними мережами тощо

(мікроелектромеханічних систем), які засновані на методах виготовлення інтегральних схем у мікроелектроніці, стало зрозуміло, що відбувається «розмивання» границь між механікою і електронікою. Подальше зменшення розмірів пристроїв до нанометричних масштабів призвело до «злиття» нанотехнологій з біологічними процесами [13]. Зокрема, коли деталі пристроїв стали наближатись до розмірів деяких функціональних макромолекул (типу ДНК або нуклеїнових кислот), виникла можливість створення дивовижних гібридних механізмів: наприклад, нанодвигуна на основі «об'єднання» мітохондріальної АТФази і металевого нанострижня [14].

Тобто, на мікрорівні різниця між живим і неживим не настільки очевидна, як на макрорівні (коли поєднання, наприклад, людини і механічного протезу призводить до появи істоти змішаної природи – кіборга). При розгляді живих (біологічних) структур на молекулярному рівні стає очевидною їхня хімічна природа. Наприклад, АТФ-синтаза (комплекс ферментів, який присутній практично у всіх живих клітинах) за принципом своєї побудови і функціям являє собою мініатюрний електромотор. Гібридні системи, які розробляються сьогодні, наприклад мікроробот зі джупиком бактерії як двигун, не відрізняються принципово від природних (вірусів) або штучних систем. Подібна схо-

жість побудови і функцій природних біологічних і штучних наноб'єктів призводить до особливо явної конвергенції нанотехнологій і біотехнологій [15, с. 50]. В перспективі нанотехнології призведуть до появи нової галузі – наномедицини (та нанобіології) – комплексу технологій, що до-

зволяють управляти біологічними процесами на молекулярному рівні.

Взаємодія нано- і біотехнологій є двосторонньою. В табл. 2 наведено можливі результати конвергенції нано- і біотехнологій для вирішення проблем людства.

Таблиця 2

## Синергетичний ефект від конвергенції нано- і біотехнологій

№ з/п	Глобальна проблема людства	Вплив нанотехнологій на розвиток біотехнологій	Вплив біотехнологій на розвиток нанотехнологій
1	Депопуляція і старіння населення	<ol style="list-style-type: none"> <li>Електронна промисловість одержить змогу випускати транзистори основних типів до 10 нм, які можна буде інтегрувати в схеми з біологічними структурами [11];</li> <li>Розробка нових методів діагностики і лікування багатьох хронічних і важких захворювань. До 2015 року будуть створені датчики, які дозволять надійно реєструвати появу в організмі злоскісних утворень на самих ранніх стадіях, що значно підвищить ефективність лікування і помітно знизить смертність від ракових захворювань [11];</li> <li>Широке розповсюдження різних <i>нанобіосистем</i>, які стануть основним засобом не тільки для дослідження організму, але й для самого процесу лікування. При розробці нових матеріалів і приладів дослідники будуть приділяти основну вагу збільшенню термінів експлуатації та забезпеченню їх біосумісності з тканинами організму людини [11];</li> <li>Один з найбільш значущих напрямів – можливість створення <i>респіроцитів</i> (штучних еритроцитів) та <i>мікробіворів</i> (штучних лейкоцитів) [18];</li> <li>Можлива модифікація форми білкової молекули за допомогою механічного впливу (фіксація «наноскобою») [19].</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Біологічні системи надають <i>ряд інструментів для будівництва наноструктур</i>. Наприклад, створені особливі послідовності ДНК, які примушують синтезовану молекулу ДНК згортатись у двомірні і трьохмірні структури будь-якої конфігурації [16]. Подібні структури можуть бути використані, наприклад, як «ліси» для будівництва наноструктур;</li> <li>Існує перспектива <i>синтезу білків</i>, які виконують задані функції з маніпуляції речовиною на нанорівні (що, в свою чергу, потребує вирішення складної проблеми з вивчення принципів згортання білків) [17];</li> <li>Створюються умови для <i>позаутробного відтворення людини</i>, коли ембріони можна буде вирощувати у штучних матках – інкубаторах [20];</li> <li><i>Клонування</i> відкриває перспективи для тиражування найбільш вдалих з генетичної точки зору індивідумів, хоча для клонування людини необхідна розробка більш тонкої технології, ніж існуючі;</li> <li><i>Генна інженерія</i> разом з клонуванням надасть можливість створювати тварин і людей із наперед заданими властивостями, вести планову роботу з покращення видів, підтримуючи при цьому оптимальну чисельність нової популяції</li> </ol>
2	Нестача продовольства, вичерпання запасів сировини і палива, нова енергетика та енергозбереження	<ol style="list-style-type: none"> <li>Нанотехнології дадуть змогу вирішити <i>проблеми очищення води, зберігання екологічно чистого палива, збільшення продуктивності ґрунтів</i>;</li> <li>Вирішення проблеми <i>бідності</i> [21], актуальність якої зростає з подальшим розвитком роботизації і комп'ютеризації багатьох видів діяльності.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Перехід на вирощування <i>генномодифікованих</i> продуктів та подальший розвиток генетики;</li> <li>Створення <i>синтетичних продуктів харчування</i>, коли більша частина продуктів буде вироблятися на хімічних фабриках, а не на ланах [22].</li> </ol>
3	Екологічні проблеми	<ol style="list-style-type: none"> <li>Швидко зростаючий напрям досліджень з «драг-дизайну»: <i>створення ліків за допомогою комп'ютерного конструювання</i>, що на порядки більш ефективно, ніж пошуки будь-яких невідомих компонентів у різних рослинах;</li> <li>Вирішення проблеми забруднення води, повітря, суші за допомогою <i>наномембран</i> і приладів на їх основі;</li> <li>Створення і використання <i>нанофабрикатору</i> (а в подальшому – нанофабрик, наноасемблерів) спроможні зробити непотрібною існуючі індустрію виробництва товарів і переробку відходів.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Вирішення проблеми <i>збереження біорізноманіття Землі</i> за рахунок відтворення ДНК будь-якої істоти, що зникла, методами генної інженерії і клонування [23];</li> <li>Створення <i>генетичних кріобанків</i> як для людей [24], так і для тварин [25].</li> </ol>

В майбутньому тривалість життя людини буде зростати за рахунок нових медичних та інших методів. Наприклад, існуючі медичні методики, що використовують стовбурові клітини, дозволяють справляти не тільки омолоджуючу дію, а й в перспективі вирощувати з них цілком нові органи: починаючи від зубів і до серця, печінки, нирок. Вже сьогодні для медичних цілей вирощують сечові міхури, суглоби, сосуди, м'язи тощо [26, с. 126]. Тобто в недалекому майбутньому можна буде очікувати не тільки збільшення тривалості життя, але й більш активну участь старшого покоління у функціонуванні суспільства (перш за все, у розвинених країнах). Це також допоможе знизити необхідність у залученні зовнішніх трудових ресурсів там, де їх потребують.

Таким чином, сьогодні розвиток нанотехнологій передбачає розвиток *двох самостійних напрямів* [27]:

1) Створення *нової технологічної культури*, основаної на конструюванні макроматеріалів шляхом спрямованого маніпулювання атомами і молекулами на рівні нанорозмірів. Головне в цьому те, що створюються нові матеріали, необхідні практично для всіх галузей промисловості, тобто мова йде про *формування ринку принципово нової продукції* в рамках існуючого економічного укладу. Нові матеріали з якісно новими, покращеними характеристиками затребувані у всіх сферах – від медицини до будівництва, від інформатики до легкої промисловості тощо. Результатом цього стане *еволюційна зміна технологічного і, як наслідок, соціально-економічного укладу суспільства*;

2) Другий напрямок, характерний вже для постіндустріального суспільства, складається з *двох етапів*:

**Перший етап:** *поєднання можливостей сучасних технологій*, в першу чергу, твердотільної мікроелектроніки як найвищого технологічного досягнення сучасності, з *досягненнями в галузі пізнання живої природи (нанобіотехнології)*. Мета цього етапу – створення *гібридних антропоморфних технічних систем біонічного типу* (тобто, вивчення «устрою» і можливостей людини та їх копіювання у вигляді **модельних технічних систем**). Намагання людства з розвитку науково-технічного прогресу – це бажання досягти в технологічних приладах тієї досконалості, яка закладена в кожній людині. Сьогодні унікальні технології мікроелектроніки (наприклад, молекулярно-променева епітаксія, яка використовується для одержання тонких структур порядку розмірів атомів, а також нові структури – структури з квантовими точками, створення і поведінка яких вже підпорядкована принципам самоорганізації) дозволяють, поєднуючи літографію і послідовні суміщення, виробляти інтегральні схеми найвищого порядку складності у будь-якій країні світу. Таким чином, результатом першого етапу стануть *платформи для створення нанобіосенсорів* – принципівових гібридних систем, що будуть мати змогу відчувати, біонічного типу.

**Другий етап:** *інтеграція* створених на першому етапі *нанобіосенсорних платформ*. Метою другого етапу стане створення *технологій атомно-молекулярного конструювання і самоорганізації на основі атомів і біоорганічних молекул*. В основі цього етапу лежить зближення і вза-

ємопроникнення «неорганіки» і біоорганічного світу живої природи. Завдяки досягненням фундаментальної науки, що використовує, перш за все, рентгенівську фізику, розсіяння синхротронного випромінювання і нейтронів, ядерно-магнітний резонанс, суперкомп'ютери, стала очевидною структура біологічних об'єктів. Було визначено їх складну трьохвимірну просторову структуру, вивчено механізми функціонування цих біологічних молекул. Сьогодні людство підійшло до технологічних рішень, в основі яких лежать базові принципи живої природи. Тобто, починається новий етап розвитку, коли *від технічного, модельного конструювання «устрою людини» на основі простих неорганічних матеріалів людство буде готове перейти до відтворення систем живої природи на основі нанобіотехнологій*. Як результат, стає можливим створення **біоробототехнічних систем**.

## 2. Конвергенція інформаційних технологій з нано- і біотехнологіями

Взаємодія між *інформаційними і нанотехнологіями* носить двосторонній синергетичний, рекурсивно взаємно підсилюючий характер. З одного боку, інформаційні технології використовуються для симуляції нанопристроїв (як певний щабель для розвитку нанотехнологій). З іншого боку, вже сьогодні йде активне використання (поки ще досить простих) нанотехнологій для створення більш потужних обчислювальних і комунікаційних пристроїв.

Згідно до закону Мура [28] з початку появи мікросхем кожна нова їх модель розробляється через 18 – 24 місяці після появи попередньої моделі, а ємність їх при цьому зростає кожний раз приблизно вдвічі. В процесі розвитку нанотехнологій стає можливим створення за їх допомогою більш досконалих обчислювальних пристроїв, що, в свою чергу, полегшує моделювання нанотехнологічних пристроїв, прискорюючи зростання нанотехнологій. Така синергетична взаємодія, скоріш за все, забезпечить відносно швидкий (за 20 – 30 років) розвиток нанотехнологій до рівня молекулярного виробництва [29].

Саме молекулярні технології є **одним з двох головних очікуваних технологічних досягнень XXI століття**. Поява розвинених нанотехнологій, в свою чергу, призведе до появи комп'ютерів, достатньо потужних для моделювання мозку людини [30]. Всі підходи до подальшого збільшення обчислювальної потужності комп'ютерів, безумовно, пов'язані з мініатюризацією і ущільненням.

В табл. 3 на окремих прикладах представлено синергетичний ефект від конвергенції нано- та інформаційних технологій, а в табл. 4 – взаємовплив інформаційних та біотехнологій.

Впровадження роботизації у промисловості, а також широке використання комп'ютерних технологій і систем штучного інтелекту вже у середньостроковій перспективі скоротять необхідність у кількості робочих рук і, як наслідок, можуть суттєво змінити імміграційну політику розвинених країн. Сьогодні уряди країн Європи, США та інших країн – технологічних лідерів все більше звертаються до новітніх технологій, щоб закрити свої границі від небажа-

Взаємовплив нано- та інформаційних технологій

№ з/п	Глобальна проблема людства	Вплив нанотехнологій на розвиток інформаційних технологій	Вплив інформаційних технологій на розвиток нанотехнологій
1	Депопуляція і старіння населення	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Розробка <i>мікро- і нанороботів</i>, що спроможні самостійно навчатись і приймати рішення;</li> <li>2. В процесі розвитку обчислювальних технологій кількість атомів, необхідна для комп'ютерної симуляції одного атому, істотно скорочується. Це дозволяє розробляти <i>ефективні атомарні моделі</i> об'єктів нанометрового діапазону.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Розробка моделей, які роблять реальним зв'язок мозку людини з комп'ютером через мікрочипи;</li> <li>2. Побудова атомарних моделей вірусів і деяких кліткових структур розміром в декілька мільйонів атомів;</li> <li>3. Моделювання процесів згортання білків [31].</li> </ol>
2.	Уповільнення науково-технічного прогресу	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Нові, більш швидкісні і надійні методи обробки, передавання і зберігання інформації як на основі квантових ефектів (спінтроніка, фотоніка, плазмоніка, квантові обчислення), так і на основі нових технологій (самозбирання, молетроніка (молекулярна електроніка), активні і пасивні елементи (транзистори, катоди, міжз'єднання) наноелектроніки, пристрої для зберігання інформації, а також на основі нанопродуктів (оптоелектроніка, органічна оптоелектроніка, міжз'єднання);</li> <li>2. Створення наноелектронних пристроїв з атомарним розміром елементів, а також <i>наномеханічних систем</i> – gears and rods (шестерні і вісі), які використовують механічні принципи, схожі з принципами роботи рахункових машин, але реалізовані на атомарному рівні [32];</li> <li>3. Розвиток <i>комп'ютерних систем, що проникають</i> (pervasive computing), – використання комп'ютерних пристроїв, які розподілені у просторі і у звичних об'єктах (меблі, одяга, шляхове полотно), а не локалізованих у великих комп'ютерах.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Доведено принципову можливість <i>симуляції складних нанопристроїв</i> – з атомарною точністю, враховуючи теплові і квантові ефекти, симуляція молекулярних пристроїв розміром до 20 тис. атомів. Найбільш досконалою програмою для такого моделювання є Nanoengineer, створена компанією Nanorex за участю Е. Дрекслера [33];</li> <li>2. Використання нанотехнологій як: сировини для виробництва різних пристроїв і компонентів; матеріалів для обробки напівпровідникових пластин; для створення інструментів і обладнання при виробництві електронних пристроїв і компонентів.</li> </ol>

них мігрантів. Вже існують проекти розробки біометричних документів для ідентифікації особистості і роботизації охорони державних кордонів [37]. У США розробляються високотехнологічні парки, датчики руху, інфрачервоні камери і безпілотні повітряні транспортні засоби в проєкті віртуальних стін [38]. Євросоюз планує розгорнути 2500 безпілотних автоматичних літальних апаратів (дронів) на своїх зовнішніх кордонах в районі Середземного моря і Балкан [39]. Крім того, одночасно вдосконалюються і методи поліцейського контролю і втручання в особисте життя громадян шляхом аналізу змісту електронної пошти, фіксації координат усіх телефонних дзвінків з мобільних телефонів і усіх платежів, що здійснюються по магнітним пластиковим карткам.

Вдосконалюються також і технології комп'ютерів і комп'ютерних мереж, що слугують в тому числі для обробки даних і які, безперечно, впливають на соціальну структуру суспільства. В той час як у сучасному суспільстві, з одного боку, чітко помітні тенденції до ізоляціонізму і посилення поліцейського контролю, з іншого боку – мережі електронних комунікацій багатократно підсилюють мож-

ливості спілкування людей, і виникають цілі *субкультури*, які мають *глобальну структуру* [40].

### 3. Взаємодія інформаційних технологій і когнітивної науки

Створення так званого «**сильного**» **штучного інтелекту (ШІ) стане другим очікуваним головним технологічним досягненням XXI століття**. В сучасному суспільстві, що постійно ускладнюється і глобалізується, виникає необхідність у все більш складних системах управління. Сучасні машини (літаки, космічні апарати, підводні човни) вмщують вже таку кількість датчиків, що з їх аналізом лина вже не справляється. Тому виникає необхідність створення більш досконалої комп'ютерної «нервової системи» і центральної «мозку», який управляє цими машинами. Враховуючи емпіричний закон Мура складність електронних систем вже у першому десятилітті XXI століття порівняється зі складністю мозку. Програмне забезпечення, яке буде повністю імітувати мислення людини, скоріш за все, з'явиться до 2020 року. В подальшому настане повнофункціональне злиття людського і машинного інтелекту [26].

## Взаємовплив біо- та інформаційних технологій

№ з/п	Глобальна проблема людства	Вплив біотехнологій на розвиток інформаційних технологій	Вплив інформаційних технологій на розвиток біотехнологій
1	Депопуляція і старіння населення; Уповільнення науково-технічного прогресу	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Розробка <i>теорії кліткових автоматів</i>. Вивчення паралелей між клітковими автоматами і ДНК [34];</li> <li>2. Продемонстровано практичну можливість хімічних обчислень на <i>ДНК-комп'ютерах</i> [35], які володіють високим паралелізмом і можуть вирішувати задачі не менш ефективно, ніж традиційні електронні. Вони можуть бути використані як інтерфейси на стику між електронними і біологічними пристроями, а також стати перехідним етапом до наномеханічних і квантових комп'ютерів;</li> <li>3. Моделювання потребує значну точність, яка можлива тільки при високих обчислювальних потужностях. Для цього необхідно <i>створення і використання суперкомп'ютерів або систем розподілених обчислень</i> (наприклад, Folding@Home у Стенфордському університеті, США), що поєднує 2 млн комп'ютерів і потребує відповідного програмного забезпечення;</li> <li>4. Моделювання складних організмів на молекулярному, клітковому і системному рівнях зробить можливим <i>розробку і тестування ліків на комп'ютерних моделях</i>, вивчення усієї сукупності процесів обміну речовин, створення штучних організмів з нуля, розробку високоефективних ліків від більшості хвороб і старіння.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Моделювання біологічних систем, розвиток міждисциплінарної науки – <i>обчислювальної біотехнології</i>. Поява нового типу біо/медичних експериментів <i>in silico</i> (в комп'ютерній симуляції) на додаток до давних відомих <i>in vivo</i> (в живому), <i>in vitro</i> (у склі). Створені моделі вірусів, моделі внутрішніх клітинних структур (рібосом тощо), що складаються з декількох мільйонів атомів [36]. Розпочато міжнародні проекти з моделювання бактерії кишкової палички, моделювання кори головного мозку людини, вивчення роботи білків. В майбутньому стане можливим повне моделювання живих організмів – від генетичного коду до побудови організму, його зростання і розвитку, аж до еволюції популяції;</li> <li>2. Вивчення <i>паралелей між розвитком живого організму і математичними пристроями</i> (наприклад, клітковими автоматами); встановлення загальних характеристик, які мають і живий організм, і кібернетичний пристрій.</li> </ol>

Так, наприклад, навесні 2007 р. на надпотужному комп'ютері BlueGene команда вчених з IBM Almaden Research Lab і Університету Невади змодельувала і «запустила» в життя комп'ютерну модель половини мозку миші, яка працювала всього в 10 разів повільніше, ніж реальний мозок. Подальша робота в цьому напрямку, за словами керівника проекту, потребує більшої потужності [41]. Крім того, сьогодні йде робота (проект Blue Brain) над створенням повних комп'ютерних моделей окремих неокортексних колонок, що є базовим будівельним матеріалом нової кори головного мозку – *неокортексу* [42].

Така взаємодія самої першої за часом виникнення (комп'ютерної) і останньої (когнітивної) хвилями науково-технічної революції стане в перспективі найбільш важливою «точкою науково-технологічного зростання. В табл. 5 приведено сьгоднішні здобутки і перспективи конвергенції інформаційних технологій і когнітивних наук.

Серед найбільш відомих сьогодні *глобальних субкультур* користувачів сучасного Інтернету можна виділити такі, як: хакери, файлообмінювачі, блогери, користувачі відкритого програмного забезпечення.

Рух *хакерів* виник на початку 1970-х років ХХ століття в Массачусетському технологічному інституті і одержав значний розвиток на ранніх етапах розвитку електронно-обчислювальних машин (ЕОМ), а також під час розвитку Інтернету, в основному серед технічно просунутої молоді,

що відрізнялась високим інтелектуальним рівнем і спеціалізувалась на вирішенні задач програмування ЕОМ максимально ефективними шляхами (названими ними «хаками»), які потребували глибоких знань комп'ютерної техніки. Сьогодні цей рух перетворився у повноцінну розгалужену культуру, яка включає в себе як деструктивні напрями, так і напрями, що надають перевагу позитивному творенню. Дане середовище характеризують надшвидкісні одержання і переробка інформації і постійна потреба існувати серед собі подібних для корегування знань та їх обміну [53].

У 1997 р. з появою програмного забезпечення *Napster*, виникла нова субкультура, основана на ідеї *безконтрольного, високошвидкісного обміну інформацією*, якою часто ставали відео- і аудіозаписи, у більшості випадків одержані нелегальними засобами. Популярність даної обмінної мережі стала надзвичайно високою. Компанії, зацікавлені у захисті авторських прав, відреагували із затримкою, але все ж, незважаючи на засоби захисту, що застосовувались у програмному забезпеченні, вони змогли відслідкувати і пред'явити позови засновникам подібних мереж. У відповідь з'явилася велика кількість сторонніх реалізацій алгоритмів сітьового обміну (наприклад, *Peer-To-Peer (P2P)* – мережа, в якій відсутні виділені сервери, а кожен користувач є як клієнтом, так і сервером одночасно), які дозволили на теперішній час відновити у кілька разів розширити мережу [54]. Діяльність файлообмінних мереж призвела до появи

## Конвергенція інформаційних технологій і когнітивних наук

№ з/п	Глобальна проблема людства	Вплив когнітивних наук на розвиток інформаційних технологій	Вплив інформаційних технологій на розвиток когнітивних наук
1	Депопуляція і старіння населення; Уповільнення науково-технічного прогресу	<p>1. Інформаційні технології зробили можливим, значно більш якісним вивчення мозку. Усі існуючі технології сканування мозку потребують потужних комп'ютерів і спеціалізованих комп'ютерних алгоритмів для реконструкції трьохвимірної картини процесів, що відбуваються в мозку, із великої множини окремих двохмірних знімків та інших процесів;</p> <p>2. Розвиток комп'ютерів робить можливою <i>симуляцію мозку</i>. Вже створені моделі окремих нейронів та складні моделі окремих систем. У перспективі можливе створення повних комп'ютерних симуляцій мозку людини, що означає моделювання розуму, особистості, свідомості та інших якостей людської психіки («аплоадінг» (завантаження) – перенесення людського розуму на комп'ютерний носій). Паралельно будуть створені [43] <i>технології віртуальної реальності</i> або точної симуляції фізичного світу;</p> <p>3. Розвиток «нейросиліконових» інтерфейсів (об'єднання нервових клітин і електронних пристроїв в єдину систему) надає широкі можливості для <i>кіборгізації</i> (підключення штучних частин тіла й органів до людини через нервову систему [44], розробки <i>інтерфейсів мозок-комп'ютер</i> (пряме підключення комп'ютерів до мозку, оминаючи звичні сенсорні канали) для забезпечення високоєфективного двостороннього зв'язку [45]. Вже сьогодні можливе вживлення <i>мікросхем – суперчипів</i> у зоровий нерв для штучних систем зору, а також у мозок – для забезпечення безтермінальних варіантів спілкування людини з комп'ютером. Крім того, створені <i>мікророботи</i>, що мають здібність до виживання за рахунок пошуку джерел енергії у незнайомому середовищі, а також можуть самостійно рухатись в тілі людини, очищуючи організм від ракових клітин, бляшок холестерину, мікробів або стати вибірковою суперзброєю [46].</p> <p>4. Стрімкий прогрес у когнітивній науці досить скоро дозволить «розв'язати загадку розуму», тобто описати і пояснити процеси в мозку людини, відповідальні за вищу нервову діяльність людини [47]. Наступним кроком, ймовірно, буде реалізація даних принципів в системах <i>універсального штучного інтелекту – Artificial intelligence systems (AIS)</i>, або, як його називають, «сильного ШІ», або «ШІ людського рівня»), який буде володіти здібностями до самостійного навчання, творчості, роботи з предметними галузями та вільного спілкування з людиною [48].</p>	<p>1. Використання комп'ютерів <i>для вивчення мозку</i>;</p> <p>2. Використання інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) для <i>підсилення людського інтелекту</i>. В таких галузях, як пошук і обробка інформації, структурування знань, планування діяльності, організація творчого мислення тощо, спеціально створені комп'ютерні інструменти грають значну роль: вони у все більшому ступені доповнюють природні здібності людини до роботи з інформацією. Вживлені у мозок мікросхеми можна розглядати як наступні шари мозку людини (що розвивається), а штучна кора головного мозку (наприклад, кишеньковий комп'ютер, що носить з собою, або мікрочипи, що вживлюються) одержали назву <i>екзокортексу</i> – зовнішньої кори головного мозку [26];</p> <p>3. В подальшому (приблизно у 2020 – 2030 рр.) елементи штучного інтелекту будуть інтегруватись у розум людини з використанням <i>прямих інтерфейсів мозок-комп'ютер</i> [49].</p> <p>Наприклад, мікро- або наномашини можуть існувати всередині черепної коробки, підтримуючи зв'язок живих нейронів мозку зі штучними, що дозволить обходитись без монітору та відеолому.</p> <p>У більш віддаленій перспективі таке розширення можливостей людини може привести (паралельно з розробкою систем «сильного ШІ») до формування <i>надрозуму</i> – підсиленого людського інтелекту [50 – 51];</p> <p>4. Створення цифрових мереж нового покоління (Internet 2, Super-Internet тощо), в яких зв'язок між вузлами здійснюється через супутник або по оптоволоконним лініям, забезпечить об'єднання домашніх комп'ютерів, професійних суперкомп'ютерів, засобів зв'язку, а також засобів масової інформації в єдину <i>систему глобального інтелекту</i>. Для обробки і відбору потоків інформації, що в мільйони разів перевищують можливості сприйняття людиною, мережа повинна стати <i>синергомережею</i>, що самоорганізується, тобто стати глобальною <i>AIS (GAIS)</i>, глобальною системою колективного розуму. Перші кроки в цьому напрямку зроблені в новітній концепції <i>Semantic Web</i> розвитку мережі Інтернет, прийнятою Консорціумом всесвітньої павутини у 2007 р. [52]. <i>GAIS</i> буде приймати інформацію від будь-якого користувача і вводити її у свою базу даних тільки у тому випадку, коли ця інформація становить для неї інтерес, що співпадає з суспільним. Кожен зможе вести діалог безпосередньо з <i>GAIS</i>, яка, спілкуючись з людством, буде вибудовувати загальну систему колективних знань.</p>

матеріалів (наприклад, фільмів, книг, аудіозаписів) практично у всіх країнах світу у вільному доступі.

Також існує достатня кількість субкультур, які виникли на стику двох середовищ – віртуального і реального. Зокрема, до них відносяться *блоггери* (люди, що ведуть *блог* (веб-сайт), основний зміст якого – записи, зображення чи мультимедіа, що регулярно додаються. Сукупність усіх блогів називають *блогосферою*) [55]. Не дивлячись на те, що засобами комунікації для них є простори глобальної мережі, основою інформації, що поступає, часто є події з реального світу. За короткий період часу існування власники блогів створили повноцінну спільку зі своїми правилами і цінностями, якими стала достовірною та цікаво подана інформація. Висока популярність інформаційних технологій, що лежать в основі блогосфери, обумовлена двома факторами:

- *простотою обміну інформацією*. Так, популярні в мережі сервіси Flickr, YouTube, MySpace і Wikipedia спроможні надати користувачу доступ до фотографій, відео, близьких за інтересами людей, а також до енциклопедичних матеріалів з максимальною простотою. І головне – дати не просто можливість одержувати, але й можливість вносити свій вклад у побудову загальної інформаційної сфери з тими ж зручностями, що й одержувати інформацію;
- всі ці технології спрямовані на *організацію суспільного банку знань*. Користувач фактично сплачує за послуги сервісу, віддаючи частину своїх знань або часу, що дозволяє сервісу розвиватись, в той час як від начальних організаторів сервісу вимагається тільки підтримка порядку і вирішення технічних питань.

Прекрасним прикладом середовища, основними якостями якого є відкритість, спільність знань і співробітництво, є рух *OSS (open source software)* (англ.) – відкрите програмне забезпечення, тобто програмне забезпечення (ПЗ) з вихідним кодом, доступ до якого не закритий і загальнодоступний для поглядання і змін. Це дозволяє усім бажаючим використовувати вже створений код для своїх потреб і, можливо, допомогти у розробці відкритої програми) [56]. Рух OSS з'явився разом з виникненням субкультури хакерів і заснований на ідеї спільної роботи над програмними рішеннями (а потім і над іншими областями, починаючи від створення електронних пристроїв і закінчуючи методиками приготування алкогольних напоїв). Цей рух породив платформу, яка дозволяє на сьогоднішній день підтримувати глобальну павутину. Мова йде, в першу чергу, про операційні системи \*nix, \*bsd, а також веб-сервери Apache (термін веб-сервер визначає програмне забезпечення, що працює на сервері і яке відповідає за надання клієнтам (наприклад, браузерам) доступу до сайтів по запиту) [57] і мови програмування perl, php, python. Не дивлячись на постійну конкуренцію з боку груп компаній на чолі з Microsoft (прибічників закритої розробки), сумарний процент серверів, наприклад, російського сегменту Інтернету функціонує більш ніж на 80 % на відкритих операційних системах і більш ніж на 90 % на відкритому веб-сервері Apache [58]. Подібні результати спостерігаються і в інших країнах, в тому числі в Європі і США [59].

Досвід, одержаний членами субкультури, в результаті допоміг створити проекти, що не мають відношення до програмних засобів. Одним з таких проектів стала Wikipedia (розташована за адресою Wikipedia.org) – вільна енциклопедія, яка вже на сьогодні містить в собі більше 5 млн статей, кожна з яких має в собі перехресні посилання на інші статті, посилання на зовнішні матеріали. Основною причиною популярності даної енциклопедії став підхід до збору матеріалу і редагування. Будь-який користувач Інтернету спроможний у будь-який час створити або піддати редагуванню будь-яку сторінку енциклопедії. Не дивлячись на велику кількість критики такого підходу, Wikipedia змогла стати одним з найбільш авторитетних і коректних енциклопедичних засобів.

На теперішній час усі вказані субкультури, не дивлячись на рівень самоідентифікації учасників цих субкультур, являють собою частини більш глобальної культури користувачів мережі Інтернет. Питання, чи є ця культура контркультурою з огляду на те, що вона не приймає більшу частину норм немережевого світу, залишається відкритим. Це є наслідком несталих і тих, що знаходяться у постійному русі, зв'язків між віртуальним простором і реальним світом. Сьогодні можна констатувати, що [40, с. 119]:

- відбувається прояв нового середовища існування індивідуумів – «паралельної реальності» (*кіберпростору*), в якій спроможна існувати людина, і, як наслідок, з огляду на різницю людських інтересів – поява нових субкультур, які мають у багатьох випадках більш складну структуру, ніж традиційні, внаслідок виникнення пограничних ситуацій при взаємодії зі світом реальним і субкультурами, в ньому представленими, а також внаслідок молодості мережі Інтернет;
- ті, хто раніше не вважав себе учасником неотехнологічних груп, вимушені ставати їх членами із міркувань збільшення конкурентоспроможності;
- субкультури в середовищі глобальної мережі функціонують за тими ж базовими принципами і в рамках таких же базових визначень, що і в реальному світі, з тією лише різницею, що цінність багатьох предметів і понять змінена з урахуванням простоти копіювання їх у віртуальному середовищі. З іншого боку, ці субкультури знаходять свої цінності, які не мають прямих аналогів у реальному світі. До групи таких «віртуальних цінностей» можна віднести пропускну спроможність ліній або віртуальні предмети.

Таким чином, *штучний інтелект все більше розвивається у бік створення глобальних систем суперінтелекту*, які будуть мати ієрархічну структуру: на нижньому рівні це може бути локальна мережа (що належить сім'ї або організації), наступний рівень може поєднувати вже різних людей за тими чи іншими інтересами, і над усім цим повинен бути ще більш високий рівень, що поєднує усі накопичені знання і коригує рішення, що приймаються тематичними GAIS [26, с. 135].

При цьому, як людина буде використовувати величезні можливості GAIS, так і GAIS буде використовувати її тілесну



оболонку. Суспільство вже сьогодні володіє безсмертям, оскільки тривалість його існування нічим не обмежена або принаймні набагато вища, ніж тривалість життя окремого індивіду. Ряд вчених вважає, що в майбутньому суспільство все більше буде ставати єдиним організмом *Mega Sapiens* [60 – 63].

### Висновки

1. Розвиток науки і техніки сьогодні надає можливість повернутися до створення *єдиної науково-технічної картини світу*. На основі злиття різних наукових дисциплін та їх синергізму може відбутись бурхливий розвиток нових технологій, який спроможний призвести до революційних перетворень в промисловості, економіці, соціальному устрої тощо. Важливість нових технологій і пов'язана з ними зміна парадигм науки потребують особливої уваги до соціальних і етичних проблем, що неминуче виникають при їх плануванні, впровадженні і реалізації;
2. Саме конвергенція NBIC-галузей дозволить ефективно, на якісно новому рівні *вирішити глобальні проблеми людства*, складність наслідків яких постійно зростає. Природа буде перетворена в безпосередню виробничу силу, а ресурси, доступні людині, стануть практично необмеженими;
3. Синергетичний ефект від об'єднання цих чотирьох глобальних напрямів науки і технологій виявляється, перш за все, в такому: *нано (N)* – це новий підхід до конструювання матеріалів «на замовлення» шляхом атомно-молекулярного конструювання; *біо (B)* – дозволить ввести у конструювання неорганічних матеріалів біологічну частину і таким чином одержати гібридні матеріали; *інформаційні технології (I)* – нададуть можливість у такий гібридний матеріал або систему «підсадити» інтегральну схему і, як результат, одержати принципово нову інтелектуальну систему; *когнітивні технології (C)* – нададуть можливість, ґрунтуючись на вивченні функцій мозку, механізмах свідомості, поведінки живих істот, розробляти алгоритми, які фактично і будуть «одушевляти» створювані ними системи за допомогою надання їм подоби розумових функцій;
4. Завдяки NBIC-конвергенції з'являється можливість *якісного зростання можливостей людини* за рахунок її технологічної перебудови. У віддаленому майбутньому мова може йти про початок нового етапу еволюції людини. Більша частина людства прийме зміни і покращить себе за допомогою NBIC-технологій, можливо, із заміною частин тіла на штучні і прямим втручанням у генетичний апарат і обмін речовин;
5. Відбудеться *трансформація розуму людини*, враховуючи етичні системи. Вдосконалений людський розум і штучний інтелект розвинуться до рівня створення *надрозуму*, що якісно переважає рівень людини. Встане питання про границі людськості, тобто про визначення переходу до постлюдини.

### Література

1. Артюхов И. В. Трансгуманизм: философские истоки и история возникновения // Новые технологии и продолжение эволюции человека? Трансгуманистический проект будущего / Отв. ред. Валерия Прайд, А. В. Коротаев. – М.: Издательство ЛКИ, 2008. – С. 31 – 45.
2. Feynman R. There's Plenty of Room at the Bottom: an invitation to enter a new field of physics / R.P. Feynman // Engineering & Science (California Institute of Technology) February 1960. – PP. 22 – 36. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://nano.xerox.com/nanotech/feynman.html>. Російський переклад: Химия и жизнь. – 2002. ж №12. – С. 21 – 26.
3. Taniguchi N. On the Basic Concept of NanoTecnology / N.Taniguchi // Proc. Intl. Conf. Prec. Eng. – Tokio. – Part II, 1974.
4. Drexler K. E. Molecular Engineering: an Approach to the Development of General Capabilities for Molecular Manipulation / K. E. Drexler // Proc.Natl.Acad.Soc.USA. – 1981. – No 78. – P. 5275 – 5278.
5. Drexler K. E. Engines of Creation: the Coming Era of Nanotechnology / K. E. Drexler. – NY: Ancor Press, 1986 // Doubleday. Русский перевод по ссылкам. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://mikeai.nm.ru/russian/eoc/eoc.html>; [http://www.fictionbook.ru/en/author/dreksler\\_yerik/mashiniy\\_sozdaniya/](http://www.fictionbook.ru/en/author/dreksler_yerik/mashiniy_sozdaniya/).
6. Drexler K. E. Nanosystems: Molecular Machinery, Manufacturing and Computation / K. E. Drexler. – NY: John Wiley and Sons, 1992. – 576 p.
7. Drexler E., Peterson C., Pergamit G. Unbounding the Future – The Nanotechnology Revolution. – NY: William Morrow 1991.
8. National Nanotechnology Initiative: The Initiative and Its Implementation Plan», NSTC/NSET report, July 2000. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.nano.gov/nni2.pdf>
9. The National Nanotechnology Initiative Strategic Plan, December 2004 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.nano.gov/NNI\\_Strategic\\_Plan\\_2004.pdf](http://www.nano.gov/NNI_Strategic_Plan_2004.pdf)
10. Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology, Ed. N. A. Nalwa, American Scientific Publ, 2004.– [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://nanotechweb.org>; <http://nanoforum.org>
10. Головин Ю. И. Введение в нанотехнику / Ю. И. Головин. – М.: Машиностроение, 2007. – 496 с.
11. Роко М. К. Конвергенция и интеграция / Фостер Л. Нанотехнологии. Наука, инновации и возможности. – М.: Техносфера, 2008. – 352 с.
12. Чин Мин Хо, Дин Хо, Дан Гарсия. Слияние био-нанотехнологий / Фостер Л. Нанотехнологии. Наука, инновации и возможности. – М.: Техносфера, 2008. – 352 с.
13. Fan L.S., Tai Y.C., Muller R.S. IC-processed Electrostatic Micromotors // Technical Digest, IEDM (1988b): 666.
14. Soong R. K., Bachand G. D. Powering of an Inorganic Nanodevice with a Biomolecular Motor // Science 290 (2000): 1555.
15. Медведев Д. А. Конвергенция технологий – новая детерминанта развития общества // Новые технологии и продолжение эволюции человека? Трансгуманистический проект будущего / Отв. ред. Валерия Прайд, А. В. Коротаев. – М.: Издательство ЛКИ, 2008. – С. 47 – 84.
16. Casci T. Technology: Complexity on the Nanoscale // Nature Reviews Genetics 7 (5), 2006: 332.

17. Twyman R. M. Principles of Proteomics // New York: BIOS Scientific Publishers (2004).
18. Freitas R. Exploratory Design in Medical Nanotechnology: A Mechanical Artificial Red Cell, Artificial Cells, Blood Substitutes and Immobilization // *Biotechnology*, 26, 1998: 411 – 430. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.rfreitas.com/>
19. Choi B., Zocchi G. Mimicking cAMP-Dependent Allosteric Control of Protein Kinase A through Mechanical Tension // *Journal of the American Chemical Society* 128 (26), 2006: 8541 – 8548.
20. Reynolds G. Artificial Wombs // *Popular Science*. – August, 2005. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.popsci.com/popsci/futurebody/dc8d9371b1d75010vgnvcm1000004eeCBCDCRDR.html>
21. Bruns B. Applying Nanotechnology to the Challenges of Global Poverty // 1st Conference on Advanced Nanotechnology: Research, Applications, and Policy. 2004. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.foresight.org/Conferences/AdvNano2004/Abstracts/Bruns/index.html>
22. Тураев В. А. Глобальные проблемы современности. – М.: Логос, 2001.
23. Dasey D. Researchers revive plan to clone the Tassie tiger // *The Sun Herald*, 2005. – May, 15. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.smh.com.au/news/Science/Clone-again/2005/05/14/1116024405941.html>
24. Toland P. China Plans «Largest Gene Bank» // *BBC News*, 2007. – October, 18. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/7046586.stm>
25. Woodford M. H. Cryogenic Preservation of Wild Animal Germplasm // *Animal genetic resources. A global program for sustainable development*, Rome: FAO. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.fao.org/docrep/009/t0284e/t0884e00.html>
26. Косарев В. В., Прайд В. Влияние высоких технологий на ход глобализации: надежды и опасения // *Новые технологии и продолжение эволюции человека? Трансгуманистический проект будущего* / Отв. ред. Валерия Прайд, А. В. Кортаев. – М.: Издательство ЛКИ, 2008. – С. 123 – 148.
27. Ковальчук М. В. Конвергенция наук и технологий – прорыв в будущее / *Российские нанотехнологии*. Т.6, № 1-2, 2011. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.portalnano.ru/read/iInfrastructure/russia/nns/kiaev/convergence\\_kovalchuk](http://www.portalnano.ru/read/iInfrastructure/russia/nns/kiaev/convergence_kovalchuk)
28. Moore G. Cramming More Components Onto Integrated Circuits // *Electronics*, 1965. – 38 (8): 114 – 117.
29. Медведев Д. А., Попов А. А. Молекулярные машины Эрика Дрекслера // *Философские науки*, 2008. – № 1. – С.117 – 125.
30. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход, 2-е издание. – М.: Вильямс, 2006.
31. David C. Y. Introduction to Protein Folding – The Process and Factors Involved // *Protein Design*, 1998. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.Proteindesign.com/Sections-index-reqviewarticle-atrid-1-page-1.html>
32. Drexler E., Peterson C. Chapter 3: Bottom-Up Technology. Unbounding the Future – The Nanotechnology Revolution. – NY: William Morrow 1991.
33. Електронний ресурс. – Режим доступу: <http://www.nanorex.com>
34. Sirakoulis G. et al. A cellular automation model for the study of DNA sequence evolution // *Computers in Biology and Medicine*, 2003. – 33 (5): 439 – 453.
35. Letters N., Macdonald J. et al. Medium Scale Integration of Molecular Logic Gates in an Automation // *Nano Letters*, 2006. – 6 (11): 2598 – 2603. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://pubs.acs.org/cgi-bin/abstract.cgi/nalefd/2006/6/i11/abs/n10620684.html>
36. Sanbonmatsu K. Y., Simpson J., Chang-Shung T. Simulating Movement of tRNA Into the Ribosome During Decoding // *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2005. – 102 (44): 15854 – 15859. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.pnas.org/cgi/content/full/102/44/15854>
37. Future Wikia authors. Borders // *Future Wikia*, 2007. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://future.wikia.com/wiki/Borders>
38. Barclay E. Virtual Wall Rises in U.S. Desert // *Wired*, 2006. – May 16. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.wired.com/news/politics/0,70907-0.html?tw=rss.index>
39. Границы Евросоюза будут защищать роботы / *Взгляд*, 05.06.2006. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vz.ru/news/2006/6/5/36271.html>
40. Сычев М. Б. Неотехнологические субкультуры в современном мире // *Новые технологии и продолжение эволюции человека? Трансгуманистический проект будущего* / Отв. ред. Валерия Прайд, А. В. Кортаев. – М.: Издательство ЛКИ, 2008. – С. 112 – 121.
41. Frye J., Ananthanarayanan R., Modha D. Towards Real Time, Mouse Scale Cortical Simulations // *IBM Research Report*, 2007. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.modha.org/papers/rj10404.pdf>
42. Markram H. The Blue Brain Project // *Nature Neuroscience Review*, 2006. – 7 (2): 153 – 160.
43. Kurzweil R. *The Singularity Is Near: When Humans Transcend Biology*. – New York: Viking, 2006.
44. Harris F. Thought-Powered Bionic Arm Is a Touch of Genius // *Telegraph.Co.Uk*, 2006. – September 16. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.telegraph.co.uk/news/main.jhtml?xml=/news/2006/09/15/wbionic15.xml>
45. Hochberg L. R. et al. Neuronal Ensemble Control of Prosthetic Devices by a Human with Tetraplegia // *Nature*, 2006. – 442: 164 – 171.
46. Хассалакер Б., Тилден М. Живые машины / *Природа*, 1995. – №4. – С.18 – 25.
47. Robinett W. *The Consequences of Fully Understanding the Brain // Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science*. – Arlington: Kluwer Academic Publisher.
48. Anissimov M. *Accelerating Future*. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.acceleratingfuture.com/michael/>
49. Wolpav J. R. et al. Brain-Computer Interface Technology: A Review of the First International Meeting // *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering*, 2000. – 8 (2): 164 – 173.
50. Bostrom N. *How Long Before Superintelligence?* // *International Journal of Future Studies?* 1998. – 2.
51. Vinge V. *The Technological Singularity* // *Presented at VISION-21 Symposium*, 1993. – March 30–31.
52. Semantic Web. Wikipedia, The Free Encyclopedia, 2008, page version ID: 169934755, date of last revision: 7 November 2007 19:44 UTC. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Semantic\\_Web&oidid=169934755](http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Semantic_Web&oidid=169934755).

53. Wark M. A Hacker Manifesto // Cambridge, MA: Harvard University Press, 2004.
54. Steinmetz R., Wehrle K. (eds). Peer-to-Peer Systems and Applications // Lecture Notes in Computer Science, 2005. – 3485, September.
55. Wei C. Formation of Norms in a Blog Community // Into the Blogosphere: Rhetoric, Community and Culture of Weblogs. University of Minnesota. 2004. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://blog.lib.umn.edu/blogosphere/formation\\_of\\_norms.html](http://blog.lib.umn.edu/blogosphere/formation_of_norms.html)
56. Bretthauer D. Open Source Software: A History // Information Technology and Libraries, 2002/ – (21:1) 3 – 11.
57. World Wide Web Consortium // World Wide Web Server Software, 2002. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.w3.org/Servers.html>
58. Netstat. 2007. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.netstat.ru>
59. Netcraft Ltd. 2007. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.netcraft.com>
60. Икеин Р. Nano Sapiens или молчание небес. – М.: Бератех, 2005.
61. Зиновьев А. А. Глобальный человек. – М.: Центрполиграф, 1997.
62. Васильева Н. А. Цивилизация киборгов: миф или реальность? / Нева, 1996. – № 9. – С.180 – 189.
63. Вербер Б. Муравьиное братство / Наше время, 1999. – № 31 (390).