

ПЕРСПЕКТИВИ КОНВЕРГЕНЦІ NBIC-ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ПЛАТФОРМИ НОВОЇ ЕКОНОМІКИ

МАТЮШЕНКО І. Ю.

кандидат технічних наук

БУНТОВ І. Ю.

здобувач

Харків

Сьогодні для більшості експертів у галузі стратегічного планування, науково-технічної політики та інвестування стало чітко визначеним, що у найближчому майбутньому людство чекає **нанореволюція** у всіх галузях науки, виробництва, медицини, національної безпеки, побуту, відпочинку і розваг. При цьому її наслідки будуть ще більш масштабнішими і якісно новими, ніж від *комп'ютерної* революції останньої третини ХХ століття та *біотехнологічної* революції останнього десятиліття минулого століття. Крім того, бурхливий прогрес на початку ХХІ століття *когнітивної науки* – міждисциплінарної галузі досліджень, що вивчає закономірності одержання, зберігання і використання знань людства – оцінюється багатьма вченими як початок нової наукової революції. Саме нанотехнології стають тією з'єднуючою ланкою між іншими революційними технологічними напрямками, які виникли за останні 20 – 30 років, і дозволяють одержати якісно нові можливості від *конвергенції* цих напрямів і розвитку кожного з них для усіх сфер суспільного життя.

Сьогодні технології визначають такий ключовий показник розвитку економіки, як *середню продуктивність праці*. До цих технологій відносяться технології виготовлення і використання знарядь праці, виробничі процеси і бізнес-процеси. Так, наприклад, за допомогою нанотехнологій, а саме: молекулярного виробництва, за

прогнозами спеціалістів, стане можливим створення матеріальних об'єктів з надзвичайно низькою собівартістю.

З розвитком конвергенції NBIC-технологій вперше в історії людства спостерігається паралельне прискорення розвитку декількох науково-технічних напрямків, що безпосередньо впливають на суспільство. Відповідно, розвиток NBIC-технологій призведе до стрибка у можливостях виробничих сил [1, с. 72].

Термін **NBIC-конвергенція** було введено Майклом Роко і Уільямом Бейнбріджем у звіті за 2002 р., підготовленому в рамках Всесвітнього центру оцінки технологій (WTEC) [2 – 4]. Звіт був присвячений особливостям NBIC-конвергенції, її значенню у загальному ході технологічного розвитку світової цивілізації, а також її еволюційному і культурологічному значенні. Сутність NBIC-конвергенції полягає у *злитті чотирьох революційних науково-технологічних напрямків*: *N* – нанотехнологій; *B* – біотехнологій; *I* – інформаційно-комунікаційних технологій; *C* – когнітивних наук [4].

Конвергенція являє собою не тільки взаємний вплив, але й взаємне проникнення технологій, коли границі між окремими технологіями стираються, а найцікавіші й неочікувані результати з'являються саме в рамках міждисциплінарної роботи на стику наук. І саме в рамках *NBIC-конвергенції* вже сьогодні відбувається часткове злиття науково-технологічних напрямів в єдину науково-технологічну галузь знання [1, с. 48 – 49].

Враховуючи дослідження, основані на аналізі наукових публікацій, візуалізації результатів взаємного цитування і кластерного аналізу, було побудовану схему мережі найновіших технологій [5]. Автори цього дослідження (Борнер та інші) взяли за основу матеріали кількох тисяч наукових журналів, згрупували близькі за тематикою журнали за допомогою кластерного аналізу, базуючись на частоті взаємного цитування [6]. Таким чином,

на одній схемі була показана уся цілісна картина сучасної науки. Крім того, у роботах російських авторів з проблем трансгуманізму вказану мережу було допрацьовано у карту перетинання найновіших технологій [1, с. 49].

Враховуючи вказані дослідження можна скласти спрощену *карту конвергенції нових технологій*, представлену на *рис. 1*. Розташовані на периферії карти основні сфери найновіших технологій утворюють спільні області взаємних перетинань. На цих стиках використовуються інструменти і напрацювання однієї галузі для розвитку іншої. Іноді вчені виявляють схожість об'єктів, що вивчаються, які належать різним областям науки і технологій.

синтезу, коли людство одержало можливість синтезувати штучні матеріали, яких не існує в природі і які мають властивості, відмінні від тих, що мають існуючі в природі речовини. Наразі з появою якісно нової науково-технологічної бази є можливість контролювати процеси, що відбуваються на атомно-молекулярному рівні, змоделювати і запрограмувати результат за допомогою суперкомп'ютеру. Тобто, інформаційні технології надають інструменти для розвитку інших, зокрема, за рахунок моделювання різних процесів.

Крім того, сьогодні відбувається зближення органічного світу (живої природи) з неорганічним. Біо-

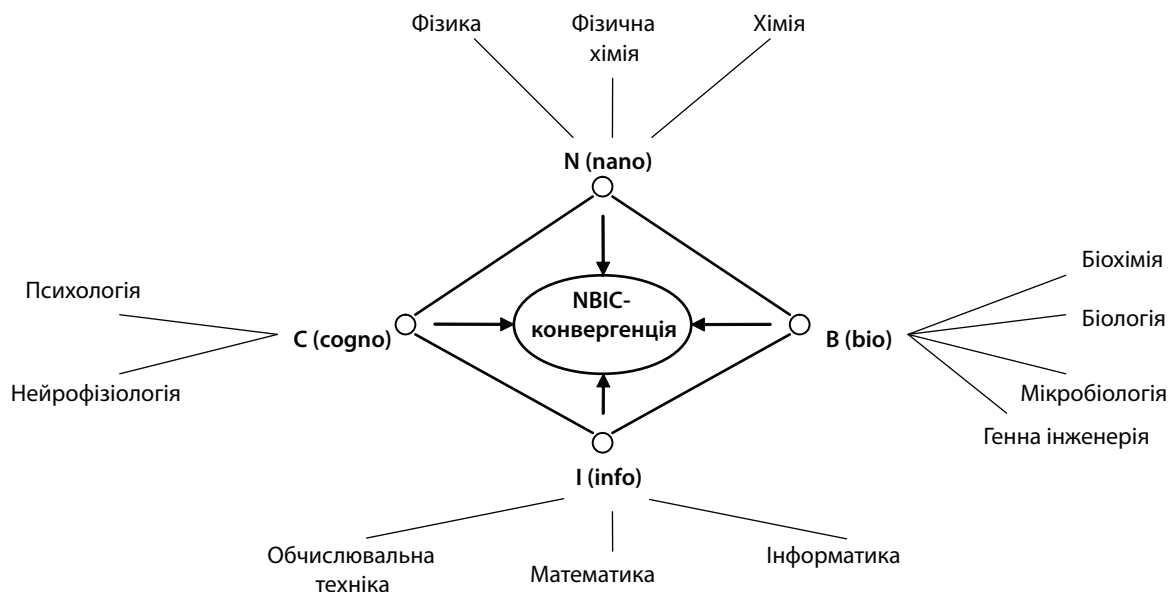


Рис. 1. Карта конвергенції нових технологій

З появою всього кілька десятиліть тому інформаційних технологій, які спочатку розглядалися просто як ще одна нова технологія, сьогодні докорінно змінюється погляд на галузевий характер економіки. Саме інформаційні технології – це перші технології, що мають надгалузевий характер, без використання яких немає прогресу в жодній відомій галузі: це й телемедицина, і дистанційне навчання, і автоматичні системи управління станком, автомобілем, літаком, кораблем тощо. Тобто, інформаційні технології не просто стали додатковою ланкою разом з існуючими дисциплінами, а об'єднали їх і стали загальною методологічною базою [7].

З розвитком нанотехнологій, які виконують таку ж надгалузеву роль і на відміну від інформаційних технологій – матеріальні, утворюється принципово новий фундамент будь-якої галузі промисловості у вигляді принципово нового атомно-молекулярного способу конструювання нових матеріалів. Тобто, нанотехнології – це принципова модернізація усіх існуючих дисциплін і технологій на атомарному рівні, це фундамент для розвитку усіх без виключень галузей економіки постіндустріального суспільства.

Таким чином, з появою цих перших надгалузевих технологій і наук поряд з традиційною лінією розвитку науки – аналізом, остаточно сформувалась нова – лінія

технології надають інструментарій і теоретичну основу для нанотехнологій і когнітивної науки, а також для розвитку інформаційних (комп'ютерних) технологій. Наприклад, створені особливі послідовності ДНК, які примушують синтезовану молекулу ДНК згортатись у двохмірні і трьохмірні структури будь-якої конфігурації. Такі структури можуть бути використані як ріштовання для будівництва наноструктур і, в майбутньому, для синтезу білків, що виконують задані маніпуляції речовиною на нанорівні. А це є одним з напрямів для розвитку наномедицини (і нанобіології) – комплексу технологій, що дозволяють управляти біологічними процесами на молекулярному рівні. Прикладом взаємопроникнення неорганічного і біоорганічного світів є також поєднання, в першу чергу, твердотільної мікроелектроніки з «конструкціями», створеними живою природою, тобто створення біоробототехнічних систем [8].

У результаті – принципово змінюється підхід до організації дослідницької роботи – від вузькоспеціального до міждисциплінарного методу проведення наукових досліджень. Таким чином, основними рисами сучасного етапу розвитку наукової сфери є [7]:

1) перехід до нанорозміру, зміна парадигми розвитку від аналізу до синтезу;

- 2) зближення і взаємопроникнення неорганічного і органічного світу живої природи;
- 3) міждисциплінарний підхід замість вузької спеціалізації;
- 4) повернення до єдиної цілісної картини світу.

Враховуючі вказані вище взаємозв'язки, у наукових колах розвинених країн була створена наукова концепція злиття NBIC-галузей науки і технологій в єдину науково-технологічну область знань. Сьогодні спостерігається виникнення нової цілісної науки, заснованої на матеріальній єдності навколишнього світу. Така область знань буде включати в предмет свого вивчення практично всі рівні організації матерії: від молекулярної природи речовини (нано), до природи життя (біо), природи розуму (когно) і процесів інформаційного обміну (інфо). У принципі така теорія дозволяє наблизитись до створення нової науково-технічної картини світу, заснованої на уявленнях про складну єдність матеріального світу, обумовлену ієрархічністю, взаємозв'язком і трансформацією його компонент [4].

Тобто, NBIC-конвергенція являє собою *радикально новий етап науково-технічного прогресу*, який не має аналогів за ступенем впливу на людську цивілізацію. Відмінними особливостями NBIC-конвергенції є [1, с. 58]:

- ✦ інтенсивна взаємодія між вказаними NBIC науковими і технологічними областями;
- ✦ значний синергетичний ефект;
- ✦ широкий сфера предметних областей, що розглядаються і підвладні впливу, від атомарного рівня матерії до розумних систем;
- ✦ перспектива якісного зростання технологічних можливостей індивідуального і суспільного розвитку людини.

Концепція NBIC повинна призвести не тільки до створення абсолютно нових товарів, послуг, матеріалів і пристроїв, але й до створення якихось типів виробництв, що не мають ще назви, засобів медичного обслуговування, транспортних систем і навіть принципово нових методик наукового дослідження, заснованих на застосуванні одночасно усього комплексу засобів, які напрацьовані у фізиці, хімії, біології, математиці, інформатиці тощо [4]. Тобто за своїми наслідками NBIC-конвергенція є найважливішим еволюційно-визначальним фактором: розвиток вказаних технологій вплине на усі сторони життя людини (і багато з них змінить радикально), а сама еволюція людини перейде під її власний розумний контроль [1].

Вироблення комплексного і послідовного підходу до такої складної проблеми, як конвергенція технологій, повинне базуватись, перш за все, на:

- ✦ вирішенні глобальних проблем людства;
- ✦ підвищенні продуктивності праці;
- ✦ створенні принципово нових товарів і послуг.

Необхідність такого підходу була визначена ще у 2001 р. у докладі Організації Об'єднаних Націй, присвяченому проблемам науки (особливо з урахуванням розвитку нанотехнологій) та її впливу на розвиток людства [9], а також в докладі колишнього директора Міжнарод-

ного валютного фонду А. Гринспана [10]. У цих докладах було сформульовано *п'ять принципів*, на яких повинна відбуватись конвергенція технологій:

1) науково-технічний прогрес, що прискорюється, надає *можливість для розвитку людства як на індивідуальному, так і на колективному рівнях*. Наприклад, сьогодні наука одержала змогу заміщувати або регенерувати окремі частини тіла людини, а також створювати апарати та інші пристрої, спроможні безпосередньо взаємодіяти з тканинами людського організму і нервової системи;

2) злиття (конвергенція) наук виникає з єдності матеріального світу при його розгляді на нанорівні і визначає *об'єднання знань, яке може стати основою не тільки для бурхливого технологічного прогресу, але й для розвитку загальнолюдських цінностей* (включаючи філософію, мистецтво тощо);

3) прискорений розвиток і масштаби зміни ключових (базисних – прим. авторів) технологій диктують нагальну необхідність *розробки нового підходу, особливо з урахуванням зміни наукових парадигм у чотирьох основних напрямках NBIC*;

4) процес конвергенції наук в рамках концепції NBIC є настільки важливим, що *будь-які програми і розробки у цій області повинні ретельно контролюватись з урахуванням можливості небажаних і небезпечних наслідків*;

5) *розвиток науки і технології слід розглядати в якості основного і головного джерела загального прогресу людства*.

Таким чином, логіка розвитку науки визначає перехід від вузької спеціалізації до міждисциплінарності і створенню в кінцевому результаті об'єднаної науки, яка будується, перш за все, на синергетичному ефекті від взаємопроникнення чотирьох ключових NBIC-наук і технологій. На *рис. 2* приведено схему вирішення глобальних проблем людства в рамках формування шостого технологічного укладу на основі конвергенції вказаних технологій [7].

У табл. 1 представлено співставлення проблем людства та можливостей і загроз, що несуть в собі процеси конвергенції NBIC-технологій [11, с. 32 – 37].

ВИСНОВКИ

1. Враховуючи приведені вище взаємозв'язки і міждисциплінарний характер сучасної науки в цілому, можна передбачити в перспективі злиття NBIC-галузей в *єдину науково-технологічну галузь знання*. 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)* – засновані на вивченні

Глобальні проблеми і потреби людства	Депопуляція і старіння населення	Конвергенція NBIC-технологій	Біотехнології	Медицина (створення платформ)	Виробництво
	Нестача продовольства			Біоорганічні системи та біотехнології	
	Екологічні проблеми		Нано-технології	Фізико-хімічні методи досліджень і технології	
	Вичерпання запасів ряду видів сировини і палива			Гібридні прилади (створення і тестування)	
	Нова енергетика та енергозбереження		Інформаційні технології	Інженерно-технологічні центри	
	Уповільнення науково-технічного прогресу		Когнітивні науки	Комп'ютерні науки та інформатика	
Нейронаука та нейротехнології					
			Когнітивні дослідження і технології		

Рис. 2. Схема вирішення глобальних проблем людства на основі конвергенції (синергетичної інтеграції) проривних NBIC-технологій

Таблиця 1

Проблеми людства та можливості та загрози, що несуть у собі процеси конвергенції NBIC-технологій

№ з/п	Проблеми людства	Можливості, що можуть бути реалізовані у найближчі 20 років	Можливості, що можуть бути реалізовані у більш віддаленому майбутньому	Зміни і загрози від впровадження NBIC-технологій
1	2	3	4	5
1	Депопуляція і старіння населення	1. Цілеспрямоване втручання в генетику людини (та інших видів). 2. Інженерія органів і тканин, створення протезів і штучних органів, які перевершують за своїми можливостями природні. 3. Ефективна профілактика і лікування практично всіх захворювань. 4. Практичне призупинення старіння	1. Радикальне розширення фізичних та інтелектуальних можливостей людини. 2. Ревіталізація (оживлення, вилікування і омолодження) людей, що зберігаються сьогодні у стані глибокого охолодження засобами сучасної кріоніки	1. Більшість людей будуть мати змогу покращити себе, за допомогою заміни частин тіла на штучні та прямого втручання в генетичний апарат та обмін речовин
2	Нестача продовольства, вичерпання запасів ряду видів сировини і палива, нова енергетика та енергозбереження	-	1. Досягнення глобального матеріального достатку на основі розвинених NBIC-технологій. 2. Освоєння людиною нових середовищ проживання (водного середовища, інших планет, відкритого космосу, віртуального Всесвіту)	1. Перетворення природи на безпосередню виробничу силу. 2. Ресурси, що доступні людині, стануть практично необмеженими
3	Екологічні проблеми	-	1. Ефективне управління кліматичними змінами і процесами у біосфері, глобальне відновлення природних екосистем	-
4	Уповільнення науково-технічного прогресу	1. Розширення інтелектуальних можливостей людини за рахунок використання вживлених або таких, що носяться, сенсорних пристроїв, комп'ютерів, додаткової пам'яті, пристроїв зв'язку.	1. Поява систем штучного інтелекту, що перевершує людину за своїми можливостями.	1. Трансформується розум людини, в тому числі й етичні системи.

1	2	3	4	5
		<p>2. Поява систем штучного інтелекту, що перевершують людину за своїми можливостями.</p> <p>3. Подальший розвиток інтерфейсу «людина – комп'ютер».</p> <p>4. Переміщення все більшої частини активності у віртуальні простори.</p> <p>5. Розмивання бар'єрів, що залишилися, між людьми – географічних, державних, мовних</p>	<p>2. Перенесення особистості людини на новий фізичний носій (наприклад, на штучну нейронну мережу або в комп'ютер, що має відповідну архітектуру та обчислювальну потужність.</p> <p>3. Терраформінг планет.</p> <p>4. Космічна мегаінженерія.</p> <p>5. Створення біологічного суспільства, що буде максимально комфортним і повністю виключить страждання</p>	<p>2. Постлюдський розум і штучний інтелект вийдуть на рівень надрозуму, який якісно переважає рівень людини.</p> <p>3. Стане питання щодо границь людяності.</p> <p>4. Дії штучного інтелекту можуть далеко виходити за межі розуміння людини.</p> <p>5. Існує загроза виходу з під контролю людини нанороботів, що самовідтворюються</p>

свідомості, пізнання, розумового процесу, поведінки живих істот і людини в першу чергу, як з нейрофізіологічної і молекулярно-біологічної точок зору, так і за допомогою гуманітарних підходів. Конвергенція цих технологій з іншими (*N, B* та *I*) надасть 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.

2. Основними *задачами*, пов'язаними з реалізацією концепції NBIC-конвергенції, стануть: розвиток теорії архітектури і методів синтезу трьохмірних наноструктур, а також матеріалів, пристроїв і систем на цій основі; спрямоване збирання атомарних і молекулярних структур; створення темплатів, матриць і шаблонів для синтезу гетерогенних наноструктур; багатовимірний і багатомасштабний дизайн матеріалів і процесів; нові методи створення інтегральних пристроїв; створення стандартних проміжних наномасштабних «будівельних блоків»; вирішення проблем фізичної і хімічної стабільності, наноструктур, що створюються, а також забезпечення надійності їх роботи;

3. 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. ■

ЛІТЕРАТУРА

1. **Медведев Д. А.** Конвергенция технологий – новая детерминанта развития общества // Новые технологии и продолжение эволюции человека? Трансгуманистический проект будущего / Отв. ред. В. Прайд, А. В. Коротаяев.– М. : Издательство ЛКИ, 2008.– С. 47 – 84.

2. **Roco M. C., Bainbridge W. S.** (eds). *Converging Technologies for Improving Human Performance*. NSF-DOC Report / Boston: Cluwer Academic Publisher, 2004.

3. **Roco M. C., Bainbridge W. S.** (eds). *Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science* / Arlington: Cluwer Academic Publisher, 2004.

4. **Роко М. К.** Конвергенция и интеграция / Фостер Л. Нанотехнологии. Наука, инновации и возможности.– М.: Техносфера, 2008. – 352 с.

5. **Freitas R.** Economic Impact of the Personal Nanofactory / *Nanotechnology Perceptions: A Review of Ultraprecision Engineering and Nanotechnology 2*, 2006: P. 111 – 126.

6. **Borner K.** Mapping the Structure and Evolution of Science / *Knowledge in Service to Health: Leveraging Knowledge for Modern Science Management*, 2006. [Електронний ресурс].– Режим доступу : http://grants.nih.gov/grants/km/oerrm/oer_km_events/borner.pdf

7. **Ковальчук М. В.** Конвергенция наук и технологий – прорыв в будущее / *Российские нанотехнологии*. Т. 6, № 1-2, 2011; [Електронний ресурс].– Режим доступа : http://www.portalnano.ru/read/ilnfrastructure/russia/nns/kiae/convergence_kovalchuk

8. **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. В. Прайд, А. В. Коротаяев.– М.: Издательство ЛКИ, 2008. – С. 123 – 148.

9. United Nations Development Programme. 2001. *Human Development Report*: New York: Oxford University Press.

10. **Greenspan A.** Public statement of the Joint Economic Committee of the U.S. Federal Reserve, June 14, 1999, Washington, DC.

11. **Артюхов И. В.** Трансгуманизм: философские истоки и история возникновения // *Новые технологии и продолжение эволюции человека? Трансгуманистический проект будущего* / Отв. ред. В. Прайд, А. В. Коротаяев.– М. : Издательство ЛКИ, 2008.– С. 31 – 45.