

17. Костюк Г. «Віта нова» : [текст виступу Г. Костюка на радіо «Свобода» у передачі «Проблеми української літератури» (1967)] / Григорій Костюк // Слово і час. — 2002. — № 10. — С. 5–8.
18. Культурне будівництво в Українській РСР 1928 — червень 1941 р. : зб. док. і матеріалів. / [упоряд.: В. М. Даниленко, О. Г. Луговський, І. О. Молодчикова та ін.]. — К. : Наук. думка, 1986. — 415 с.
19. Павличко С. Дискурс модернізму в українській літературі / С. Павличко. — К. : Либідь, 1997. — 360 с.
20. Панч П. Біля коліски «Плуга» / П. Панч // Пилипенківський зошит: альм. музею ХДАМГ. — Х., 2001. — Вип. 2. — С. 17–18.
21. Попович М. Нарис історії культури України / Мирослав Попович. — 2-ге вид., виправл. — К. : АртЕК, 2001. — 728 с.
22. Родченко А. М. Статьи. Воспоминания. Автобиографические записки. Письма / А. М. Родченко. — М. : Совет художник, 1982. — 304 с.
23. Франко І. *Ukraina irredenta* / І. Франко // Життя і слово. — 1895. — Чис. 4. — С. 471–483.
24. Хвильовий М. Думки проти течії / М. Хвильовий // Твори : у 2 т. — К., 1990. — Т. 2. — С. 444–514.
25. Шейко В. М. Еволюція художніх і літературних об'єднань України: історико-культурологічний вимір : монографія / В. М. Шейко, Г. О. Романенко. — К. : Ін-т культурології Акад. мистец. України, 2008. — 208 с.
26. Plynzkyj O. S. *Ukrainian Futurism, 1914–1930 : A Historikal and Critikal Study* / O. S. Plynzkyj. — Cambridge : Harvard University Press, 1997. — 453 p.

Надійшла до редколегії 08.04.2010 р.

УДК 630.3+130.2

А. Т. ШЕДРІН

СОЦІОКУЛЬТУРНІ ВИМІРИ СТАНОВЛЕННЯ НАНОТЕХНОЛОГІЙ: ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ

Розглянуті соціокультурні виміри передумов виникнення нанотехнологій: роль наукової фантастики у виникненні нанотехнологій; відкриття і широке використання фуллеренів як нових матеріалів, віднесених до структур, які самоорганізуються; розвиток нанобіотехнологій; складання організаційних, інституційних засад нанотехнологічної революції.

Ключові слова: соціокультурні виміри, наукова фантастика, техніко-технологічні передумови нанотехнологій, нанотехнологія, нанобіотехнологія, нанороботи, технологічна революція.

Рассмотрены социокультурные измерения предпосылок возникновения нанотехнологии: роль научной фантастики в возникновении нанотехнологии; открытие и широкое использование фуллеренов как новых материалов; развитие нанобиотехнологии; складывание организационных, институциональных основ нанотехнологической революции.

Ключевые слова: *социокультурные измерения, научная фантастика, технико-технологические предпосылки нанотехнологии, нанотехнология, нанобиотехнология, нанороботы, технологическая революция.*

Are considered sociocultural of measurement the preconditions of occurrence of nanotechnology: role of science fiction in occurrence of nanotechnology; opening and wide use fullerene as new materials; development of nanobiotechnology; folding organizational, institutional of bases of nanotechnological revolution.

Key words: *sociocultural measurements, science fiction, the technical-technological preconditions of nanotechnology, nanotechnology, nanobiotechnology nanomedicine, biosensor, biochips, nanorobots, technological revolution.*

Актуальність проблеми. У засобах масової інформації і на сторінках спеціалізованих видань широко обговорюються різні аспекти розвитку нанотехнології. Причинами поточного стійкого інтересу до цієї між-дисциплінарної сфери наукової, техніко-технологічної діяльності є ті перспективи, які відкриває її подальший розвиток. Нанотехнологія — це певна «архітектура» на молекулярно-атомному рівні організації матеріального світу, яка дозволяє створювати функціональні з'єднання й елементи надзвичайно малих розмірів; нанотехнологія — виробнича технологія майбутнього, що в осяжній перспективі забезпечує недорогі засоби для повного контролю над структурою речовини, визначає шляхи довгострокового техніко-економічного розвитку людства, а в подальшому — докорінну цивілізаційну трансформацію. Нанотехнологія прискорено стверджує новий спосіб технологічного виробництва без залучення людини до виробництва макрооб'єктів. Суть нанотехнології, яка полягає у створенні молекулярних машин на неорганічній основі, спричиняє докорінний переворот у способі виробництва матеріальних благ у раніше небачених й історично безпрецедентних масштабах. Прискорений розвиток нанотехнології відбувається у сфері медицини, інформаційних комунікацій, екології, енергетики, військовій сфері, сфері споживання тощо. Різноманіття цих сфер, їх взаємодія знаходять віддзеркалення у світоглядній свідомості суспільства, що не може не прискорювати зміни наявного способу життя, зміни форм комунікації і утворення нових соціальних спільнот за участю могутнього штучного інтелекту, побудованих на нових можливостях нейроінтерфейсів і віртуальної реальності повного завантаження.

Важливими джерелами з теми дослідження є праці авторів щодо ідеї використання мікросвіту як сфери технологічної діяльності, а потім і нанотехнології як принципово нового напрямку науково-технічного прогресу — Р. Фейнмана, Е. Дрексlera. Прискорений розвиток нанотехнологій, їх експансія в різні сфери діяльності, зростання їх значення на новому етапі науково-технічної революції актуалізують аналіз соціокультурних аспектів становлення і розвитку нової технологіч-

ної революції. У зв'язку з цим слід зазначити статті В. І. Аршинова і М. В. Лебедева; В. М. Горохова; М. В. Ковальчука; Д. А. Медведева й А. А. Попова; Л. В. Семірухіна, опубліковані в тематичному номері журналу «Філософські науки», присвяченого різним аспектам розвитку нанотехнологій у сучасному світі [2]. У тому ж журналі «Філософські науки» було проведено Круглий стіл «Соціально-філософські аспекти наномедицини: перспективи, проблеми, ризики» [10]. Внесок в осмислення проблем і наслідків розвитку нанотехнологій зробили також Р. Р. Белялетдінов; Е. Геворкян; А. А. Давидов; В. С. Лук'янець та ін. Методологічне значення для дослідження проблеми становлення нанотехнологій у соціокультурному контексті є підходи, запропоновані Г. Фольмером. Звернення до проблеми соціокультурних вимірів техніко-технологічних аспектів становлення нанотехнології передбачає увагу до здобутків наукової фантастики (НФ), зокрема спадщини А.Кларка, Г. Й. Гуревича та ін.

Роботи у сфері нанотехнології безупинно розширюються, — як щодо змістовної, напрямів здійснення, географії і кола суб'єктів. Зростає їх вплив не тільки на різні сторони соціального життя, але й цивілізаційний розвиток у цілому. Розвиток нанотехнології як нова технологічна революція має і певні техніко-технологічні передумови. Виявлення їх соціокультурних вимірів становить значний науковий інтерес і є **метою** статті.

Шлях до нанотехнології: долаючи світоглядні бар'єри. Становлення нанотехнології як цілісного соціокультурного феномену, здатного вплинути на зміст і спрямованість цивілізаційного розвитку, викликало певні труднощі. Багато в чому вони були пов'язані з «нішею» людської, як пізнавальної, так і виробничої діяльності, є мезокосм — «світ середніх розмірностей: світ середніх відстаней, часу, ваг, температур, світ малих швидкостей, прискорень, сил, а також світ помірної складності» [12, с.8]. Усі структури людської діяльності впродовж попередніх тисячоріч не тільки були створені цим космосом, підігнані до нього, для нього і за допомогою його відібрані, на ньому випробувані, але й на ньому довели свою надійність. Створення нанотехнологій передбачало вихід за межі мезокосму.

Іншою суттєвою перешкодою на шляху до нанотехнологій була межа між живим і неживим, яка існувала в культурі протягом тривалого часу. Сумніви щодо неї протягом тривалого часу висловлювалися в контексті філософської системи гілозоїзму; згодом уже в іншу епоху певних зусиль до його подолання докладали біоніка — наука, рубіжна з біологією і технікою, спрямована на вирішення інженерних завдань через аналіз структури і функцій живих організмів, конститутування якої завершилося в 1960 р.

Шлях до нанотехнології: літературні джерела ідеї. Щодо проблеми соціокультурних вимірів техніко-технологічних аспектів становлення нанотехнології необхідно звернути увагу на здобутки НФ. Її вплив на відповідне

культурне поле, де відбувалося «фокусування» тенденцій розвитку різних сфер культуротворення, був опосередкованим і безпосереднім.

Опосередкований вплив НФ та її здобутків на формування підстав для створення нанотехнологій полягав у подоланні світоглядних бар'єрів на цьому шляху. Слід зазначити, що письменники-фантасти доклали зусиль у напрямі подолання меж між живим і неживим: ідеї «живих кіберів», з одного боку, «кіборгізації» самої людини — з іншої помітно вплинули на світоглядну свідомість творців науково-технічної революції ХХ ст.

З кінця 50-х рр. ХХ ст. ідея «поатомного конструювання» предметів макросвіту набула розвитку не тільки в теоретичній фізиці, котра в середині ХХ ст. упевнено лідувала в науковому пізнанні. До неї зверталися і письменники-фантасти. Безпосередній вплив НФ полягав у розвитку та популяризації ідеї переміщення матеріального виробництва в мікросвіт, художнє осягнення можливих соціальних наслідків подібного технологічного прориву. У своїй праці «Риси майбутнього» (1962), малозначний вплив на осмислення напрямів і віддалених перспектив науково-технічної революції, А. Кларк висловлює ідею реплікатора — пристрою, «який міг би здійснити «розгорнення» твердого тіла, атом за атомом, і зробити «запис», що піддається відтворенню або на місці, або на якій відстані» [6, с.199]. У радянському соціокультурному просторі ідеї «поатомної зборки» макроскопічних предметів успішно розвивав письменник-фантаст Г.Й. Гуревич [4].

Нанотехнології: на магістральному шляху технологічного розвитку людства. Починаючи з промислової революції в Англії понині у світовому техніко-економічному розвитку можна виділити життєві цикли п'яти технологічних укладів (ТУ), що послідовно змінювали один одного. Вони безпосередньо й опосередковано впливали і на розвиток технологій. Так, з виникненням настінних і настільних годинників ще в XVII ст. виникає класична точна механіка, яка використовувала традиційні прийоми в дещо менших масштабах. Можливості механічних обробних інструментів ставили межі мініатюризації. На другій і третій фазах точна механіка зазнає бурхливого розвитку і впроваджується в саму масову продукцію — фотоапарати, аудіо-, відеотехніку, дисководи і принтери для персональних комп'ютерів, ксерокси тощо. Окремий діапазон має лазерна мікрообробка, хоча самостійного значення вона не набула, принципово нових операцій тут небагато. Наступний крок у технологічному переозброєнні сприяв виникненню мікромеханіки [8, с. 17; 10, с.84-86]. Розміри мікромеханічних пристроїв потребували для власного створення дедалі менших і надмалих пристроїв. Якщо взяти критерієм мінімальні розміри об'єктів, якими здатна маніпулювати ця технологія, то отримаємо певний спектр, де кожній технології відведено окремий «діапазон» (у міліметрах): класична точна механіка — 1 мм; лазерна мікрообробка — 0,01 мм; мікромеханіка і мікроелектроніка — 0,0001 мм; нанотехнологія — 0,000001 мм.

Нанотехнологія, таким чином, «проростає» з попереднього розвитку технології; її викликає до життя домінуючий у структурі сучасної економіки інформаційний ТУ. Його ключовий фактор — мікроелектроніка і програмне забезпечення. До виробництв, що формують його ядро, належать: електронні компоненти і пристрої; електронно-обчислювальна техніка; радіо- і телекомунікаційне обладнання; лазерне устаткування; послуги з обслуговування обчислювальної техніки.

Зростаюча нестабільність сучасного глобалізованого світоустрою, що спостерігається нині, є проявом структурної кризи, зумовленої зокрема і заміщенням домінуючих ТУ — зокрема сформованого і донедавна успішно функціонуючого п'ятого ТУ який ґрунтується на запровадженні досягнень мікроелектроніки в керуванні фізичними процесами на мікронному рівні. Одним з виходів з виниклої кризи є становлення нового, шостого ТУ, оснований на використанні нанотехнологій, що оперують на рівні однієї мільярдної метра [3, с. 26-27]. Зростання шостого ТУ потенційно здатне створити матеріальну основу не тільки для нової тривалої хвилі економічного зростання, привнести нові технології, стати фактором якісної модернізації застарілих (і застаріваючих) виробництв, але й перерости в нову технологічну революцію, закласти засади принципово нової цивілізації.

На нанорівні відкривається можливість змінювати атомно-молекулярну структуру речовини, додавати їй цільовим чином принципово нових властивостей, проникати в клітинну структуру живих організмів, видозмінюючи їх. У сфері технологічного розвитку, становлення шостого ТУ спостерігається певний системний ефект, що відзначається сучасними дослідниками. «Особливо цікавим і значимим уявляється взаємовплив саме інформаційних технологій, біотехнологій, нанотехнологій і когнітивної науки. Це явище ... дістало назву NBIC-конвергенції (за першими буквами областей: N-нано; B-біо; I-інфо; C-когно)» [2, с. 5-16, 97]. «Фундаментальна фізика, космологія, молекулярна біологія нового тисячоріччя, що виникли після зломів атома, атомного ядра, головної молекули життя (ДНК), відкрили людині доступ до наносвіту, в якому зберігаються не тільки незліченні енергетичні, речовинні й інформаційні ресурси, але і фундаментальні першооснови світу живого в усій його тотальності» [7, с.5].

Нанотехнологія: біля теоретичних і практичних джерел ідей. Точною відліку виникнення і подальшої ходи нанотехнологічної революції вважається 29 грудня 1959 р. Саме тоді в Американському фізичному товаристві була прочитана лекція професора Каліфорнійського технологічного інституту Р. Фейнмана — визнаного авторитета у сфері квантової механіки — «Як багато місця там унизу» («There's plenty of room at the bottom»)¹. У ній уперше була виголошена можливість використання окремих атомів як будівельних деталей. Р. Фейнман дійшов припущення

¹ Річард Фейнман став лауреатом Нобелівської премії з фізики 1965 р.

про те, як саме молекулярне виробництво здійснюватиметься — «через використання продуктивної машинерії — фабрик для побудови менших виробництв, що приводять у кінцевому рахунку до наномашин, що будує продукти з атомною точністю» [12].

Прискорений розвиток мікроелектроніки в 60-70-ті рр. ХХ ст. стимулював становлення нанотехнології. У 1974 р. термін «нанотехнологія», що став звичним пізніше, запропонував японський фізик Н. Танігучі, котрий працював у Токійському університеті. Нанотехнологію він визначив як процес поділу, зборки і зміни матеріалів завдяки впливу на них одним атомом чи однією молекулою. Частина слова нано (від грецького слова «нано» — карлик), що входить у цей термін, є похідною від міри довжини — нанометра¹.

Важливою передумовою становлення нанотехнології як міжгалузевої дисципліни став винахід першого зондового мікроскопа, скануючого тунельного мікроскопа (СТМ), за допомогою якого вдалося візуалізувати атоми; це відбулося в 1981 р. Авторами винаходу стали Герд Карл Бініг і Генріх Рорер [2, с. 36, 117]. За допомогою СТМ стало можливим визначити модуляцію електронної щільності, енергії зв'язків атомів і спостерігати кожен атом по окремо й у заданих точках. На початку 80-х рр. ХХ ст. виникли новий фізичний метод — скануюча зондова мікроскопія, технологічний прийом локального впливу (електричного, магнітного, механічного тощо) на поверхню з точністю орієнтації до окремих атомів, що належать нині до основних методів нанотехнології.

«Фуллеренівий бум» і практичне становлення нанотехнології. Нанотехнічна революція, як і попередні техніко-технологічні революції, складається з докорінних перетворень у локалізованих сферах наукової, технічної, виробничої діяльності; їх подальша взаємодія створює зростаючий системний ефект. Однією з таких сфер стали дослідження і практичне застосування фуллеренів — нових структурних форм вуглецю, що існують поряд з такими добре відомими вуглецевими структурами, як алмаз і графіт. Їх відкриття в 1985 р. стало важливою віхою на шляху становлення нанотехнологій.

Відкриття складних молекул вуглецю, що мають специфічну структуру — не було результатом цілеспрямованого пошуку; в ньому, певною мірою, віддзеркалився процес космозації пізнавальної діяльності людства. Відкриття фуллеренів відбулося в лабораторії Г. Смеллі в Університеті Раїса Техаса, де у 80-ті рр. ХХ ст. проводилися роботи, пов'язані з дослідженнями структури металевих кластерів. Методика цих досліджень базувалася на вимірах мас-спектрів часток, що утворювалися внаслідок інтенсивного впливу лазерного випромінювання на поверхню досліджуваного матеріалу.

¹ Один нанометр дорівнює одній мільярдній частині метра. Ще в 1905 р. А. Ейнштейн довів, що такий розмір мають молекули цукру. На довжині в один нанометр можна містити приблизно 10 атомів.

У серпні 1985 р. у лабораторії Г. Смеллі працював відомий астрофізик Г. Крото над проблемою ототожнення спектрів інфрачервоного випромінювання від міжзоряних скупчень. Одне з можливих вирішень цієї проблеми могло бути пов'язане з кластерами вуглецю, який складає основу міжзоряних скупчень. Метою візиту Г. Крото в Техас була спроба за допомогою апаратури лабораторії Смеллі, за мас-спектрами кластерів вуглецю дійти висновку про їх можливу структуру. Результати експерименту спричинили шоківий стан його учасників: для більшості досліджених раніше кластерів типові значення магічних чисел складали (залежно від взаємного розміщення атомів) значення 13, 19, 55 тощо, у мас-спектрі кластерів вуглецю спостерігалися явно виражені піки з числом атомів 60 і 70. Єдиним несуперечливим поясненням такої особливості кластерів вуглецю була гіпотеза, відповідно до якої атоми вуглецю утворюють стабільні замкнуті сферичні і сферодні структури; згодом вони дістали назву фуллеренів.

Гіпотеза, висунута дослідниками, набула підтвердження подальшими детальнішими дослідженнями. Крім припущення про сферодну форму фуллеренів, гіпотеза постулювала можливість існування ендоедральних молекул фуллеренів, — молекул, усередині яких могли знаходитися один чи кілька атомів іншого хімічного елемента; подальші дослідження підтвердили також і це припущення¹. За своєю структурою фуллерени виявилися тривимірними аналогами ароматичних з'єднань, тобто вони являли собою практично сферичні вуглецеві молекули. Грані 60-атомного фуллерену — це 20 майже ідеальних правильних шестикутників і 12 п'ятикутників. Пізніше були отримані фуллерени з 76, 78, 84, 90, а згодом і декількох сотень атомів вуглецю, з різноманітними структурними модифікаціями². Нині в усьому світі зростає виробництво фуллеренів на основі макромолекул вуглецю.

Фуллерени як нові матеріали належать до структур, що самоорганізуються; сфери їхнього можливого застосування виявилися досить широкими і різноманітними — від мікроелектроніки до косметики. Фуллерени викликали інтерес при конструюванні нових матеріалів з магнітними і надпровідними властивостями; матеріалів з малим тертям, нових хімічних реагентів; біологічно активних речовин, потенційно придатних у клінічній практиці. Використання фуллеренів у медицині ґрунтується на уявленні про їх як адаптогени й імуномодулятори широкого спектра дії. Тому виник своєрідний «фуллеренівий бум», що

¹ Авторами цього відкриття є троє американських учених — Річард Смеллі, Роберт Керл і Гарольд Крото, що позніше, у 1996 р., стали лауреатами Нобелівської премії.

² Фуллерени як нові структурні форми вуглецю, були названі так на честь американського архітектора Річарда Бакмінстера Фуллера (1895-1983), що створив знаменитий «Геодезичний купол» — напівсферу, зібрану з тетраєдрів.

безпосередньо вплинув на становлення нанотехнології як цілісного соціокультурного феномену.

Відкриття фуллеренів, деякою мірою випадкове, цілком вкладалося в логіку подальшого розгортання локальної технічної революції, пов'язаної з розширенням сфери їх застосувань. У міру того, як «фуллереновий бум» охоплював нові сфери і напрями науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт (пошуки екологічно чистих джерел електроенергії; електроніку; роботи в галузі квантових комп'ютерів; хімічну промисловість; будівельну індустрію, механізми (тверде змащення), ракетну техніку тощо), усе нагальнішим ставало питання розширення «елементної бази» виробництва самих фуллеренів. При цьому йшлося вже не тільки про вуглецеві фуллерени, але і кремнієві, а потім і кремнієво-вуглецеві; таким чином розширюється спектр можливостей використання матеріалів із принципово новими властивостями. Так, фуллерени на основі вуглецю виявляють надпровідні властивості при відносно високих температурах (117 °К), що вже нині становить інтерес для технічного застосування.

Молекулярні роботи, що самовідтворюються, і нанотехнології: ідея й інтерпретації. Подальший розвиток нанотехнологій був пов'язаний з опублікуванням у 1986 р. книги Е. Дрекслера «Машини творення: прийдешня ера нанотехнологій» (Engine of Creation. The Coming Era of Nanotechnology), у якій розглянуто можливі соціокультурні наслідки становлення нового, нанотехнологічного способу виробництва¹. Під «машинами творення» він розумів новий клас технічних пристроїв — молекулярні роботи, що самовідтворюються (MPC). Вони, на думку Е. Дрекслера, мають здійснювати зборку (асемблювання) складних молекул; декомпозицію молекул; запис у пам'ять нанокомп'ютера програми відтворення; нарешті, реалізацію цих програм, тобто самовідтворення (розмноження). MPC будуть здатні будувати задані структури з абсолютною точністю і без погрешностей. MPC якісно змінять світ, трансформують матеріальну культуру, забезпечать людству подобу безсмертя й уможливають широку колонізацію планет Сонячної системи. Можливості, що відкриваються перед усіма сферами людської діяльності у випадку реального здійснення промислової зборки нанопристроїв і MPC, як це постулює Е. Дрекслер, перевищують все, про що дотепер писали фантасти. Був зроблений неймовірний за своєю сміливістю прогноз розвитку нанотехнологій на багато десятиліть. На подив самого автора, починаючи вже з 1989 р., він почав збуватися прямо на очах з помітним випередженням за часом. Сам Е. Дрекслер

¹ Уперше книга «Машини творення» була видана в палітурці видавництвом Енкор Букс (Anchor Books) у 1986 році, а в обкладинці — у 1987. Інтернет-версія перевидана й адаптована Расселом Вайтейкером з дозволу власника авторських прав. Оригінал англійською мовою розміщено на сайті Інституту передбачення за адресою: <http://www.foresight.org/EOC>.

очолив Раду директорів Foresight Institute (Каліфорнія) — організацію, покликану підготувати суспільство до передбачення можливостей нових технологій.

Книга Е. Дрекслера «Машини творення» стала приводом для серйозної філософської суперечки останніх років; вона виникла між Е. Дрекслером і Р. Смеллі — одним із трьох Нобелівських лауреатів 1996 р. за відкриття фуллеренів [2, с.122-123]. Він, як і Е. Дрекслер, переконаний, що потенціал нанотехнологій майже безмежний. Але в його концепції нанотехнологій немає місця МРС. Р. Смеллі сумнівається в тому, чи зможуть нанороботи самовідтворювати себе з атомною точністю, чи не перешкоджають цьому закони квантової механіки. Сумніви в принциповій можливості такого все-таки мають місце, і хто з них має рацію, повинен відповісти реальний процес науково-технологічної нанореволюції XXI ст.

Нанобіотехнології: біосенсори, біочіпи і далі, далі... Створення реального наномеханізму стало основою для розгортання робіт у сфері вже нанобіотехнологій [2, с.98; 10]. Однак хоча реальність створення нанороботів поки що під сумнівом, успіх у сфері нанотехнологій був досягнутий в іншому напрямі — у сфері створення біосенсорів і біочіпів, унікальних за властивостями і можливостям. Біосенсори і біочіпи — це надскладні системи, що створюються зокрема на основі фуллеренів. У них реалізована можливість органічного використання біологічних принципів, фізичних законів і хімічних властивостей для створення різних приладів і технологій.

Великий клас електрохімічних пристроїв, що дістав назву біосенсорів, був призначений для аналізу хімічних сполук у рідких і газоподібних середовищах. До початку ери нанотехнологій їх основу складали ферментні електроди; у них власне сенсорною частиною, що реагує з речовиною, яка досліджується, були ферменти. Вони прикріпилися до поверхні підкладки (наприклад, полімерної або гелевої плівки). Саме підкладка значною мірою визначає властивості біосенсорів.

Прогрес нанотехнологій призводить до того, що термін біосенсор поступово зникає з наукового обігу; він витісняється загальнішим терміном — біочіп¹. Біочіпи нагадують звичні вже електронні комп'ютерні. По-перше, вони збирають і обробляють величезний обсяг інформації на малій поверхні. По-друге, вони складаються з численних елементів, осередків, що утворюють надскладні поліфункціональні системи. Однак між ними зберігаються поки й істотні розбіжності в принципах їхнього внутрішнього устрою, конструювання і функціонування. Створено різні види біочіпів: ДНК-чіпи; білкові чіпи; чіпи для визначення низькомолекулярних хімічних речовин. Сучасні біочіпи є поліфункціональними —

¹ Слід зазначити, що і біочіпи, і біосенсори поєднує загальна особливість — вони компонується вже в просторі нанорозмірностей.

за короткий час вони визначають кілька тисяч алергенів, онкогенів, різних біологічно активних речовин і навіть генетичних дефектів.

У 1991 р. японський дослідник Суміо Ліджима, котрий працює в компанії NEC, використав фуллерени для створення вуглецевих трубок (або нанотрубок) діаметром 0,8 нанометрів. На їх основі було розпочато випуск матеріалів, у сто разів міцніших за сталь. Крім того, виникла можливість збирати з цих нанотрубок різні наномеханізми — із зачепами і шестернями. У 1992 р. Сиз Деккер з'єднав вуглецеву трубку з ДНК; у такий спосіб одержав єдиний наномеханізм, що стало основою для розгортання робіт у сфері вже нанобіотехнологій.

Пізніше Дж. Гімжевський з дослідної лабораторії фірми ІВМ у Цюріху побудував з десяти рядів фуллеренів (по десять молекул у кожному ряді) атомний абак, рахівницю древніх арабів. Працюючи з дуже чутливим скануючим тунельним мікроскопом, пробний щуп якого був настільки тонким, що ним можна було перекочувати окремі сильно охолоджені атоми ксенону, Дж. Гімжевський з колегами відпрацював технологію перемішень окремих атомів. Саме останні стали «кісточками» нового абака, для переміщення яких використовувався той же щуп мікроскопу. Теоретики довели, що подібний абак може записати в мільярд раз більше інформації, аніж звичайний комп'ютерний чіп.

Нанотехнології: складання організаційних, інституціональних основ нової технологічної революції. Прогрес нанотехнологій, їх різюча ефективність у багатьох сферах ввікнули механізми міжнародної конкуренції, до якої долучилися основні центри сучасного техніко-технологічного розвитку; ця обставина зумовила необхідність певних організаційних, інституціональних рішень, які в різних регіонах соціокультурного простору, що глобалізується на специфічних ознаках. На початку 90-х рр. ХХ ст. програму своїх нанотехнологічних досліджень розгорнула Японія. Багато великих японських компаній: Sony, NEC, Toshiba та інші здійснюють дослідження у сфері нанoeлектроніки і наноматеріалів. Хоча значна роль належить приватному капіталу (73%), але існує і державний інтерес до розвитку нанотехнологічних досліджень. Національні програми з нанотехнологій існують у Південній Корей. Перша нанотехнологічна програма в США була розпочата Національним науковим фондом у 1991 р. У 2000 р. конгрес США прийняв 10-літню програму під назвою «Національна нанотехнологічна ініціатива», що була зведена в ранг національного пріоритету. В об'єднаній Європі серйозна підтримка нанотехнологічних досліджень на державному рівні почалася тільки в 1997 р. і нині дослідницькі програми в цій сфері мають Німеччина, Великобританія, Франція, Італія та деякі інші країни.

Висновки. Дослідження техніко-технологічних передумов нанотехнологічного розвитку свідчить про міждисциплінарну спроможність робіт у цій сфері, їх соціокультурну детермінацію, пов'язану з подоланням

мезокосмічної обмеженості пізнавальної і предметно-перетворюючої діяльності людини, межею в науковому пізнанні між живим і неживим. Нанотехнології виникли внаслідок розвитку і злиття декількох наукових напрямів, насамперед у розвитку фізики, що відіграла важливу роль лідера неklasичної науки, теоретичного фундаменту науково-технічної революції другої половини ХХ ст., а також біології, хімії, інформатики; соціокультурні контексти для функціонування ідей і підходів нанотехнології були створені науковою фантастикою. Розвиток нанотехнології як однієї зі сфер сучасного науково-технічного прогресу, що здійснює дослідження атомів і молекул, конструювання виробів із заданими властивостями завдяки маніпуляції атомами і молекулами, має чітко виражені соціокультурні виміри. Розвиток нанотехнології зумовлює революцію в медицині, електроніці, в роботах у сфері штучного інтелекту, наукоємних галузях промисловості та в інших сферах людської діяльності. Уже на етапі формування найважливіших передумов нанотехнології стверджувалася думка про те, що вона є чинником створення нової цивілізації з новими цінностями й ідеалами, що виходять за межі світоглядних домінант сучасної епохи.

Список літератури

1. Белялетдинов Р. Р. Нанотехнологии — много шума из «ничего»? / Р. Р. Белялетдинов // Человек. — 2007. — № 5. — С. 19-24.
2. В преддверии новой цивилизации. На пути к нанотехнологической парадигме // Философские науки. — 2008. — № 1. — С. 23-125.
3. Глазьев С. Мировой экономической кризис как процесс смены технологических укладов / С. Глазьев // Вопросы экономики.— 2009. — № 3 — С. 26-38.
4. Гуревич Г. Все, что из атомов: Глава из научно-фантастического романа Г. И. Гуревич / рис. В. Богуславского. // Знание — сила.—1959. — №9. — С.22—27.
5. Жданов В. Хозяева микрокосмоса / В. Жданов // Кореспондент. — 2006. — №4. — С.64-66.
6. Кларк А. Четыре будущего / Артур Кларк; пер. с англ. — М.: «Мир», 1966. — 378 с.
7. Лук'янець В. С. Вызовы тысячелетия наукоёмких технологий / В. С. Лук'янець // Практична філософія. — 2008. — № 3. — С. 5-16.
8. Осьмак О. Нанотехнології: фантастичні перспективи й погляд у прірву / Оксана Осьмак // Науковий світ. — 2007. — № 10. — С. 17-18.
9. Решетов В. Нанотехнологии, или атомы вместо гвоздей / В. Решетов // Вокруг света. — 2004. — № 4. — С. 84-92.
10. Социально-философские аспекты наномедицины: перспективы, проблемы, риски: Материалы Круглого стола // Философские науки — 2010. — № 1. — С.84-101.
11. Фейнман Р. Как много места там внизу [Электронный ресурс] / Ричард Фейнман // Режим доступа : www.its.caltech.edu/rfeynman/plenty.html
12. Фольмер Г. По разные стороны мезокосма / Г. Фольмер // Человек. — 1993. — № 2. — С.5-11.

Надійшла до редколегії 29.04.2010 р.