

В. МАЧУЛІН, П. БАРАНСЬКИЙ

**ФУНДАМЕНТАЛЬНА НАУКА І СУСПІЛЬНИЙ ПОСТУП**

*Основне призначення фундаментальної науки — встановлення закономірностей певних явищ і процесів, що відбуваються у природі і суспільстві, добування нового знання, пошук істини. Експериментальне чи теоретичне відкриття веде, як правило, до нових пошуків, результатами яких згодом користуються інші галузі науки і техніки. Особливо яскраво це виявляється у царині фізики. Фізики мають повне право пишатися тим, що засадничі положення цієї науки стали основою всього природознавства — від астрономії і космонавтики до біології і медицини. Жодна галузь природознавства так не дивувала своїми відкриттями людське суспільство, як фізика ХХ століття. Справді, такі її досягнення, як освоєння внутрішньоядерної енергії і космічного простору, відкриття транзисторного ефекту і лазерів, розшифрування структури ДНК були яскравими проявами людського генію. Вони мали епохальний вплив на життєдіяльність людської спільноти, попри існуючі кордони між країнами і відмінності у їхньому суспільному устрої. Однак сьогодні шляхи використання наукових досягнень висувують перед ученими низку морально-етичних проблем.*

**СПЕЦИФІКА ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

Успіх наукового пошуку нині залежить не тільки від обдарованості і досвіду дослідників, а значною мірою — від рівня експериментального оснащення відповідних лабораторій і бюджетних асигнувань. Тому варто детальніше спинитися на специфіці наукових досліджень, особливо якщо йдеться про сучасні, далеко не дешеві фізичні чи фізико-технологічні експерименти.

Фундаментальний науковий пошук характеризується низкою особливостей. Це,

зокрема, непередбачуваність результатів складних і досить дорогих дослідів; отримання наукової інформації, яка, з погляду сучасників, а нерідко і самих авторів, сьогодні не становить ніякої практичної цінності, однак її ефект може виявитися через кілька десятиліть; технічні, технологічні труднощі, особливості характеру дослідників, — усе це істотно ускладнює визначення пріоритетів, з якими безпосередньо пов'язане своєчасне визнання результатів світовою науковою громадськістю, що супроводжується почесними

© МАЧУЛІН Володимир Федорович. Член-кореспондент НАН України. Директор Інституту фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України.

БАРАНСЬКИЙ Петро Іванович. Доктор фізико-математичних наук. Головний науковий співробітник цього ж інституту (Київ). 2007.

відзнаками — Нобелівськими, державними, іменними академічними преміями тощо. Продемонструємо цю тезу кількома конкретними, але переконливими, на нашу думку, прикладами з історії науки.

У листі до Сталіна від 1 грудня 1935 року академік Петро Леонідович Капіца писав [1] (цитуюмо мовою оригіналу): *«Научная работа, по-существу, всегда есть искания чего-нибудь нового в природе, того, что еще никто не знает и о чем можно только приблизительно догадываться чутьем. Поэтому исход всякого нового опыта нельзя предвидеть, и обычно из 10-ти отдельных опытных исследований в лучшем случае удаётся одно.*

*В работе нередко бывают полосы, когда в продолжение года или двух сплошные неудачи, делаешь только глупости и ошибки. Тогда начинаешь терять веру в себя и надо больше усилия, чтобы не потерять настойчивости и энтузиазма. Успех потом заставляет забыть обо всем».*

Тепер щодо планування сучасних фізичних, фізико-технічних і суто технологічних (наприклад, з проблем космічного матеріалознавства) експериментів. І та обставина, що, на переконання академіка П.Л. Капіци, результат будь-якого нового досліджу не можна передбачити, звучить вельми підбадьорливо для недалекогоглядного чиновника, у якого превалює спокусливе бажання якомога відчутніше зменшити фінансування науки. Йому абсолютно байдуже, що від цього держава вже завтра може зазнати набагато більших втрат, ніж виділені бюджетом кошти. І що особливо прикро: дії такого чиновника формально будуть виправдані! На цей же шлях обмеження фінансування науки урядовців орієнтує і та обставина, що практична принагідність фундаментального результату, як правило, одразу не очевидна. Адже сам Резерфорд, котрий на початку ХХ ст., вивчаючи розсіювання  $\alpha$ -частинок на ядрах, від-

крив структуру атома і зрозумів природу радіоактивності, навіть не здогадувався, що його досліди (щоправда, із запізненням майже на півстоліття) закладуть підвалини ядерної енергетики. І таких прикладів в історії науки досить багато. Наведемо ще один.

З дослідів П.О. Черенкова (1932–1935 рр.) стало відомо, що під впливом  $\gamma$ -променів деякі розчини випромінюють слабе світло, яке за своїми властивостями істотно відрізняється від звичайної люмінесценції. Це світіння (випромінювання Вавилова—Черенкова), як згодом з'ясувалося, є випромінюванням заряджених частинок (електронів), що рухаються у розчині з швидкістю, більшою за швидкість світла. Теорію такого дивного явища у 1937 р. розробили І.Є. Тамм і І.М. Франк, а вже 1957-го І.Є. Тамму, І.М. Франку і П.О. Черенкову була присуджена Нобелівська премія з фізики — «за відкриття і пояснення ефекту Вавилова—Черенкова». У фізиці високих енергій та космічних променів широко використовуються прилади, дія яких ґрунтується на реєстрації випромінювання Вавилова—Черенкова від досліджуваних частинок.

Та, мабуть, далеко не всі знають, що означене випромінювання суто уможливлено передбачив ще 1888 року талановитий, але маловідомий англійський фізик і математик О. Хевісайд (про це він сповістив у науковому журналі наступного року). Широкому загалу фізиків це відомо з книги «Олівер Хевісайд» (М.: Наука, 1985), автор якої — видатний дослідник електромагнітного випромінювання (зокрема і випромінювання Вавилова—Черенкова) доктор фізико-математичних наук Б.М. Болотовський [2]. Справа у тому, що О. Хевісайд, як і інші геніальні англійські дослідники (М. Фарадей, Х. Деві і Д. Джоуль), не мав університетської освіти. Крім того, передбачення Хевісайда з'явилося у вигляді пуб-

лікації зовсім не на часі. Адже ще протягом багатьох десятиліть випромінювання заряду, який рівномірно рухається у середовищі (тобто випромінювання «негальмівного» типу), наука вважала неможливим і таке припущення, без будь-якого аналізу, просто відкидалося. А тому і передбачення Хевісайда у тогочасних наукових колах не сприймалося, вважалося хибним. А відсутність наукових обґрунтувань (вони з'явилися з великим запізненням) практично анулювала будь-які претензії Хевісайда на пріоритет і, власне, прирекла його на забуття впродовж багатьох років.

Ще одним важливим чинником стабільного розвитку науки є сприятливі умови для вільного обміну думками з дискусійних проблем, цивілізоване сприйняття навіть жорстких, але доброзичливо сформульованих і справедливих критичних суджень. Саме створення творчої атмосфери вільних дискусій допомогло А. Ейнштейну, запрошеному за ініціативою М. Планка і В. Нернста до Німецької академії наук із патентного бюро Швейцарії, ввести у фізику принципово нові уявлення про рух, простір і час.

За допомогою цих уявлень звичайна механіка була перебудована в механіку, справедливу для доволі високих швидкостей, аж до максимально можливої, яка дорівнює швидкості поширення світла у вакуумі. А. Ейнштейн також показав, що в межах цих уявлень можна пов'язати між собою електродинаміку, оптику і механіку. Отримані результати забезпечили йому подолання кризи того напрямку, котрий розвивали Гельмгольц, Кірхгоф і сам Планк, чим Ейнштейн привів у захват останнього [3].

Однак дискусія між автором теорії відносності і М. Планком набула (вже у Німецькій АН) особливої гостроти щодо висновку, який випливає з цієї теорії, — про можливість експериментального спостере-

ження за низьких температур макроскопічних ефектів квантової природи. А. Ейнштейн вважав, що вже відома (але ще не пояснена на той час) надпровідність деяких металів і є одним із таких ефектів. Окрім того, він стверджував, що за низьких температур має зникати і в'язкість рідини (такої, як рідкий He), і виявлятися її надплинність. З цими висновками А. Ейнштейна М. Планк рішуче не погоджувався [3]. Але розвиток подій перманентно підтверджував усі прогнози Ейнштейна (аж до зміни напрямку поширення світлового променя у полі гравітації), що тільки зміцнювало творчу дружбу цих геніальних представників інтелектуальної еліти, безмежно відданих науці.

#### **НАПІВПРОВІДНИКИ І НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ПРОГРЕС**

Залишаючи розгляд частини дивних властивостей напівпровідників (і приладів, створених на їх основі) для наукових монографій і фахових журналів, оцінити роль фізики напівпровідників і напівпровідникового матеріалознавства для поступу людства можна навіть не напружуючи інтелекту. Так, відкриття транзисторного ефекту і промисловий випуск приладів, розроблених на його основі, привели до революційних змін світового масштабу у галузі радіотехніки, радіолокації і телебачення. Ці зміни сталися за рекордно короткий проміжок часу і цілковито змінили контури багатьох, пов'язаних з ними, галузей промисловості.

Використання планарної технології для виготовлення інтегральних схем (ІС) на базі кремнію забезпечило передумови для глобальної мініатюризації напівпровідникових приладів (і їхніх комплексів у вигляді великих та надвеликих ІС), дало змогу створити компактні за розмірами і високоефективні ЕОМ. А це, в свою чергу, забезпечило:

- бурхливий розвиток кібернетики [4];
- автоматизацію складних систем керування космічною технікою та освоєння космічного простору [5];
- створення високоефективної системи міжнародної комунікації (Інтернет) і розробку систем наддалекого зв'язку;
- широку (або часткову) автоматизацію спеціалізованих виробництв;
- перехід до освоєння гетероструктур, відзначених Нобелівською премією з фізики за 2000 рік, прорив у лазерній техніці і техніці НВЧ, що детально описано в книзі нобелівського лауреата академіка РАН Жореса Івановича Алфьорова [6].

Цей, далеко не повний перелік найважливіших досягнень науки, «чималою мірою, — на думку Ж.І. Алфьорова, — визначив технічний, технологічний і навіть соціальний прогрес людства у другій половині ХХ століття».

#### **НАПІВПРОВІДНИКИ У МАЛІЙ І ВЕЛИКІЙ ЕНЕРГЕТИЦІ**

У деяких випадках незначна вага й автотомність джерел електроенергії є важливішими, ніж їхня потужність. Зокрема, на космічних кораблях живлення всіх систем електроенергією забезпечується напівпровідниковими (здебільшого кремнієвими) сонячними батареями.

Незамінними виявилися напівпровідники при створенні високоефективних і довготривалих у роботі термоелектроперетворювачів, коли необхідно теплову енергію перетворювати на електричну (за рахунок значних термоелектрорушійних сил, що виникають за відповідних умов у напівпровідниках), або навпаки — електроенергію перетворювати на тепло чи холод, використовуючи для цього ефект Пельтьє [7–10].

Ще більш відповідальним, на наш погляд, є застосування напівпровідникових (зокрема кремнієвих) сенсорів у ядерній спектроскопії [11], без якої немислима експлуатація

будь-якого ядерного реактора. А велика енергетика ХХІ століття поки що орієнтується на масштабне виробництво передовсім ядерної енергії. Широко використовуються напівпровідникові сенсори і в інших галузях техніки і промисловості [12].

#### **НАНОФІЗИКА ТА НАНОТЕХНОЛОГІЇ І ПРОБЛЕМИ НАПІВПРОВІДНИКОВОГО МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА**

Відомо, що за просторового обмеження, розміром у кілька постійних кристалічної ґратки, енергетичний спектр носіїв заряду квантується: виникає ефект розмірного квантування. 1D-розмірне квантування досягається шляхом створення квантових ям; 2D — за умови реалізації так званих квантових ниток (чи квантових дротів); 3D-розмірне квантування виникає у «квантовому ящику», який домовилися називати квантовою точкою. Актуальність цієї теми підтверджується появою добре відомих у фаховій літературі вітчизняних і зарубіжних монографій. Історія розвитку досліджень у цій галузі висвітлена у праці [6] і загальновідомому огляді академіка РАН Ж.І. Алфьорова [13].

Але зі зменшенням розмірів електронних структур до рівня одиниць і десятків нанометрів (нм) (тобто в наноструктурах) починає різко зростати статистичний розкид їх параметрів [14], істотно виявляється неоднорідність у просторовому розподілі як речовини [15–20], так і механічних напружень [21–23] у їхніх межах.

Раніше було показано, що лише в центральній частині КТ або нанокластерів (нКЛ) атоми перебувають у положенні, яке відповідає об'ємному. А радіальне переміщення від центру нКЛ до його периферії монотонно наближатиме (за величиною міжатомної взаємодії) атоми, які трапляються на цьому шляху, до властивостей поверхневих [24].

З огляду на зазначені обставини автори праці [25] стверджують, що зі зміною сил

міжатомної взаємодії на шляху вказаного переміщення змінюватимуться за величиною і міжатомні відстані: від характерних для об'ємних атомів до суто поверхневих. Із цього випливає, що у нКЛ і КТ не існує, власне, параметра, котрий зазвичай називають постійною кристалічної ґратки. Відсутність трансляційної симетрії диктує необхідність обґрунтування правомірності використання зонної теорії у загальноживаному вигляді.

Специфіка у структурі нКЛ і КТ, а також суттєві зміни їх компонентного складу на надзвичайно малих відстанях (співмірних або менших від борівських радіусів чи довжин електронних хвиль де-Бройля) призводять не тільки до утворення у наноб'єктах гігантських неоднорідностей (див., наприклад, [26]), а й до координатної залежності ефективної маси [27]. Ці обставини, стверджують автори роботи [25], спонукають до обґрунтування правомірності використання як загальноживаного для звичайних умов рівняння Больцмана при теоретичному розгляді кінетичних явищ, так і самого методу ефективної маси. Крім того, аналізуючи електрофізичні, оптичні та інші явища, які розвиваються у наноб'єктах, слід враховувати не тільки особливості внутрішньої структури (беручи до уваги, звичайно, специфіку потенціального бар'єра, що їх оточує), а й особливості їхньої геометричної форми. Вона, як правило, поки що (через технологічні труднощі) характеризується зовсім небажаною строкатістю і високим рівнем порушень. А про тотожність КТ, нКЛ й окремих елементів надґраток говорити вже не доводиться.

### **ВЗАЄМОДІЯ ЛЮДИНИ З НАВКОЛИШНІМ СЕРЕДОВИЩЕМ**

**К**оли хтось звинувачує фізиків у тому, що вони прирекли людство на загибель, створивши смертоносну атомну зброю, то цим добродіям слід нагадати не-

спростовні факти. Країни антигітлерівської коаліції змушені були розробляти цю страшну зброю, знаючи, що перші дані про поділ ядер урану нейтронами отримали саме німецькі вчені О. Ган і Ф. Штрасман ще до війни, у 1938 році. За ці досягнення О. Ган, перебуваючи в роки Другої світової війни в Англії, був удостоєний Нобелівської премії з хімії (1944 р.). І саме під час війни вчені Німеччини широким фронтом розгорнули роботи зі створення атомної зброї. Та, на щастя, ті, від кого залежить використання цієї згубної зброї масового знищення, на варварських і нічим не виправданих бомбардуваннях Хіросіми і Нагасакі переконалися в тому, що вона не може бути засобом для розв'язання міжнародних конфліктів. Особливо з урахуванням перенасичених ядерними зарядами арсеналів найбільших держав світу і великої кількості атомних електростанцій, кожна з яких, за умов ядерної війни, може стати новим Чорнобилем. У цьому зв'язку варто нагадати фрагменти розмови більш ніж 20-річної давнини академіка РАН Ж.І. Алфьорова з колишнім міністром оборони США Робертом Макнамарою, що працював тоді в уряді Кенеді. Цитуємо за книгою Жореса Івановича «Фізика и жизнь»: «*Однажды он мне сказал: «Жорес, одну вещь нужно понимать четко. В 1962 г., когда разразился Карибский кризис, соотношение ядерных боеголовок США и Советского Союза было 17:1. И я считал, что это уже паритет, потому что вашей 1/17 части было совершенно достаточно для того, чтобы от Соединенных Штатов и от нашей планеты не осталось «мокрого места...»*» [6]. Так ось чому світ уже понад 60 років живе без тотальної (ядерної) війни! Але сама наявність ядерних арсеналів у кількох країнах (з урахуванням різних випадковостей) є страшною загрозою для існування нашої планети. Саме тому світова прогресивна громадськість, і передусім наукова спільнота, має

неухильно боротися за повне знищення ядерної і термоядерної зброї.

Доречно нагадати застереження Бернарда Лауна й академіка Є.І. Чазова – співголів міжнародного руху «Лікарі світу за відвернення ядерної війни», організованого ще в 1980 р.: «Її (ядерну зброю) не можна використати, не спричинивши загальної катастрофи» [28]. Хочеться висловити впевненість у тому, що слова, викарбувані на пам'ятнику жертвам Хіросіми: «Спіть спокійно, помилка більше не повториться», людство завжди сприйматиме як звернення мертвих до живих із закликом до гуманності помислів, поміркованості і розсудливості дій.

Детальнішу інформацію з цих питань можна знайти, наприклад, у збірниках праць [29, 30].

Другою загрозою для людства (за порядком розгляду, а не актуальністю) є екологічна криза, спричинена науково-технічним прогресом й антропогенним навантаженням на навколишнє природне середовище. Справді, протягом тривалого періоду людство вважало природні ресурси невичерпними, а зовнішнє середовище – вічно придатним до життя. Але після майже двохсотлітньої ейфорії, породженої антропоцентричною парадигмою, уявленнями про всемогутність науково-технічних можливостей, людство опинилося на краю прірви. Деградація довкілля під пресингом бурхливого розвитку виробництва набуває загрозливих масштабів, а запаси деяких корисних копалин й енергоносіїв на межів'ї ХХ–ХХІ століть виявилися ледь не повністю вичерпаними. Тобто руйнівний вплив людини на природне середовище досяг планетарних вимірів. Орієнтуючи людство на забезпечення енергетичних потреб за рахунок атомної енергії, не слід забувати про відсутність ще й досі ефективних і надійних методів нейтралізації

(поховання) радіоактивних відходів. Одним із вірогідних альтернативних джерел енергії, на думку вчених, можуть бути у майбутньому напівпровідникові перетворювачі світлової енергії Сонця безпосередньо на електричну.

З другого боку, якщо припустити, що проблеми енергетики зусиллями вчених і інженерів будуть розв'язані, натомість постануть інші. Зокрема, це неминучий (і вже не такий далекий) дефіцит питної води, істотне порушення складу атмосфери Землі внаслідок прогресуючого використання кисню (як окиснювача) металургійною, хімічною й іншими галузями промисловості, наземним і повітряним транспортом, запусків супутників і космічних кораблів тощо. Колосальні і безповоротні втрати атмосферного кисню вже не зможуть відновити ліси, нещадно знищені урбанізованим суспільством під забудову міст і селищ, прокладання шляхів.

Здавалося б, що суспільство, яке володіє безмежними запасами енергії (а ми це вже припустили), зможе легко впоратися із значеними проблемами, опріснюючи солону воду морів і океанів, розгортаючи мережу хімічних виробництв, які генерують у потрібних кількостях кисень і збагачують ним атмосферу. Але на цьому шляху людство підстерігає інша проблема: необхідність зниження, а не зростання енергоспоживання, отже, вилучення з промислової сфери енергоємних виробництв – щоб запобігти явищам зміни клімату планети [30]. Адже відомо, що підвищення температури навколишнього середовища у глобальному масштабі лише на кілька градусів загрожує таненням льодовиків (і льодових айсбергів) у відповідних широтах з неконтрольованим підняттям рівня води в морях і океанах. Окрім того, дистильована вода ще не придатна для пиття. Після дистиляції морської води потрібно коригувати її сольовий склад введенням

до неї солей жорсткості (тобто солей кальцію, магнію, натрію і калію), а також інших елементів, необхідних для нормальної життєдіяльності людського організму. Так що стосовно цієї складної проблеми можна разом з академіком НАН України В.В. Гончаруком констатувати, що поверхневі води «хворі» (тут порушені процеси самоочищення). Так само, як і суспільство, яке сьогодні не здатне знайти колективні рішення, щоб досягти збалансованості між економічним зростанням, соціальним поступом й охороною навколишнього середовища — основними компонентами процесу стійкого розвитку цивілізації [31].

Названі проблеми (і наслідки, які впливають з них) комплексні, розв'язувати їх доведеться об'єднаними зусиллями світової наукової спільноти. І тут без нових напрацювань у галузі напівпровідників, твердотільної електроніки, високотемпературної надпровідності, ЕОМ надвисокої швидкодії не обійтись.

«Усе, що створило людство, воно створило завдяки науці» [6]. Добре, коли б ці слова академіка РАН Ж.І. Алфьорова усвідомили також і ті, від кого безпосередньо (передовсім фінансово) залежить розвиток науки, а отже, тісно пов'язаний з нею суспільний поступ і виживання людської цивілізації.

1. Катица П.Л. Письма о науке (1930–1980 гг.). — М.: Моск. рабочий, 1989. — 400 с.
2. Болотовский Б.М. Оливер Хевисайд. — М.: Наука, 1985. — 256 с.
3. Кларе Г. Революционер физики // Наука и жизнь. — 1979. — № 9. — С. 37–45.
4. Глушков В.М. Кибернетика. Вопросы теории и практики. — М.: Наука, 1986. — 478 с.
5. Космос: технологии, материаловедение, конструкции / Под ред. акад. Б.Е. Патона. — Киев: ИЭС им. Е.О. Патона НАН Украины, 2000. — 527 с.
6. Алферов Ж.И. Физика и жизнь. — Спб.: Наука, 2000. — 255 с.
7. Анатычук Л.И. Термоэлементы и термоэлектрические устройства (справочник). — Киев: Наук. думка, 1979. — 767 с.

8. Баранский П.И., Буда И.С., Савяк В.В. Термоэлектрические и термомагнитные явления в многодолинных полупроводниках. — Киев: Наук. думка, 1992. — 269 с.
9. Anatychuk L.I. Physics of Thermoelectricity. V. 1. — Kyiv. — Chernivtsi: Institute of Thermoelectricity, 1998. — 376 p.
10. Анатычук Л.И. Термоэлектрические преобразователи энергии. Термоэлементы, элементная база термоэлектричества. — Киев—Черновцы: Ин-т термоэлектричества, 2003. — 376 с.
11. Khivrich V.I., Varentsov M.D., Litovchenko P.G. et al. High Purity Silicon as a Basic Material For Manufacturing of Radiation Detectors and Integral Neutron Radiation Dosimeters // IEEE Trans. on Nuc. Sci. — 1996. — V. 43, 6. — P. 2687–2692.
12. Байцар Р.І., Варшава С.С. Напівпровідникові мікросенсиори. — Львів: Вид-во ЛьвЦНТЕІ, 2001. — 290 с.
13. Алферов Ж.И. История и будущее полупроводниковых гетероструктур // ФТП. — 1998. — Т. 32, 1. — С. 3–18.
14. Драгунов В.П., Неизвестный И.Г., Гридчин В.А. Основы нанoeлектроники. — Новосибирск: Центр интеграции, 2000. — 331 с.
15. Блонский И.В., Бродин М.С., Вахнин А.Ю. и др. Влияние неоднородности структуры на люминесцентные свойства кремниевых нанокристаллов // Физика низких температур. — 2002. — Т. 28. — № 8–9. — С. 978–987.
16. Блонский И.В. Отображения размерности среды в процессах локализации электронных возбуждений // Наносистемы, наноматериалы, нанотехнологии. — 2003. — Т. 1, 2. — С. 383–426.
17. Стрельчук В.В., Кладько В.П., Валах М.Я., Мачулин В.Ф. та ін. Дослідження самоіндукованих квантових точок // Наносистемы, наноматериалы, нанотехнологии. — 2003. — Т. 1, 1. — С. 309–327.
18. Blonskyi I.V., Kadan V.M., Kadashchuk A.K., Vakhnin A.Yu. et al. New Mechanism of Charge Carriers Localization in silicon Nanowires // Phys. Low – Dim. Struct. — 2003. — V. 7–8. — P. 25–34.
19. Liu N., Tersoff J., Baklenov O., Holmes A.L. et al. Nonuniform Composition Profile in  $\text{In}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$  Alloy Quantum Dots // Phys. Rev. Lett. — 2000. — V. 84, 2. — P. 334 (4).
20. Rosenauer A., Gerthsen D., Van Dyck D. et al. Quantification of segregation and mass transport in  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}/\text{GaAs}$  Stranski – Krastanow layers // Phys. Rev.B. — 2001. — V. 64. — P. 245334 (15).
21. Chen Y., Washburg J. Structural Transition in Large – Lattice – Mismatch Heteroepitaxy // Phys. Rev. Lett. — 1996. — V. 77, 19. — P. 4046–4049.
22. Qianghna Xie, Chen P., Madhukar A. InAs island – induced – strain driven adatom migration during

- GaAs overlayer growth // Appl. phys. Lett. — 1994. — V. 65, 16. — P. 2051–2053.
23. *Migliorato M.A., Cullis A.G., Fearn M. et. al.* Atomistic Simulation of strain relaxation in  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}/\text{GaAs}$  quantum dots with nonuniform composition // Phys. Rev.B. — 2002. — V. 65, 11. — P. 11531(5).
  24. *Дункан М.А., Роувей Д.Х.* Микрокластеры // В мире науки. — 1990. — № 2. — С. 46–52.
  25. *Baranskii P.I., Gaidar G.P.* Surprises of the super-high gradients of the physical parameters in the nanometer objects (QD, QW and SL – types) for nanophysics and nanotechnology // Physics of Electronic Materials. 2<sup>nd</sup> International Conference Proceedings. — Kaluga, Russia, May 24–27, 2005. — P. 6–9.
  26. *Kegel I., Metzger T.H., Lorke A. et. al.* Nanometr – Scale Resolution of Strain and Interdiffusion in self – Assembled  $\text{InAs}/\text{GaAs}$  Quantum Dots // Phys. Rev. Lett. — 2000. — V. 85, 8. — P. 1694–1697.
  27. *Volkov V.A., Tachtamirov E.E.* Dynamic of electrons with space dependence mass and effective mass method for semiconductor heterostructures // Uspechi Fiz. Nauk. — 1997. — V. 167, 10. — P. 1123–1127.
  28. *Лаун Б., Чазов Е.И.* Всемирное движение врачей / Наука и человечество. — М.: Знание, 1985. — С. 9–17.
  29. Ученые против войны. — М.: Молодая гвардия, 1984. — 191 с.
  30. *Ситник К., Багнюк В.* Глобальне потепління: внесок атомної енергетики // Вісн. НАН України. — 2005. — № 6. — С. 3–16.
  31. *Гончарук В.В.* Вода: проблеми устойчивого розвитку цивілізації в ХХІ веке // Химия и технология воды. — 2004. — Т. 26, 1. — С. 3–25.

Ж. ПОПЛАВСЬКА, В. ПОПЛАВСЬКИЙ

## ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ КАПІТАЛ ЕКОНОМІКИ ЗНАНЬ

*Після тисячоліть існування виробництва суто матеріального характеру наприкінці ХХ століття людство почало переорієнтовуватися на новий, інтелектуально-інформаційний шлях розвитку, формувати економіку знань — джерело економічного і соціального поступу. Тобто у сучасному світі ціну кінцевої продукції дедалі менше визначає вартість матеріалу, натомість у ній зростає інтелектуальна складова. Нині головним джерелом багатства суспільства, нації стають знання, інтелект, завдяки яким додана вартість виникає у процесі генерування і використання нових ідей, нестандартних рішень і технологій. Тільки створення вартості у знаньмісткій економіці може сприяти підвищенню конкурентоспроможності вироблюваного продукту. В цьому контексті значно зростає роль інтелектуально-творчої праці науковців, конструкторів, програмістів, інженерів тощо. Отже, створення вартості в економіці знань пов'язане з радикальними змінами у суспільстві та моделях ведення підприємницької діяльності.*

*Автори статті аналізують ситуацію в Україні щодо розбудови економіки знань, пропонують шляхи розв'язання проблем у процесі переорієнтації виробництва від матеріального до інноваційно-інтелектуального спрямування.*

© ПОПЛАВСЬКА Жанна Василівна. Доктор економічних наук. Професор Національного університету «Львівська політехніка».

ПОПЛАВСЬКИЙ Василь Григорович. Доктор економічних наук. Професор Львівського державного аграрного університету, 2007.