



УДК: 330.342.24

**Ткачова О.А.***молодший науковий співробітник**Інституту економіки та прогнозування НАН України***НАУКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ РОЗВИТКУ ВІТЧИЗНЯНОЇ СФЕРИ НАНОТЕХНОЛОГІЙ**

*Досліджено організаційно-економічні передумови здійснення розробок у сфері нанотехнологій. Проаналізовано результати наукової діяльності установ – продуцентів нанотехнологій Національної академії наук України як на національному, так і на міжнародному рівнях, а також їхню педагогічну практику. Виокремлено найбільш перспективні напрями наукових досліджень та визначено можливі "точки зростання" нанонауки і нанотехнологій України. Виявлено характерні риси, притаманні вітчизняній науковій сфері нанотехнологічних досліджень і розробок. Встановлено, що розвиток сегмента нанотехнологічних досліджень і розробок вітчизняної науки значною мірою залежить від міжнародного науково-технологічного та інноваційного співробітництва. Обґрунтовано, що ключовим важелем впливу має бути державна підтримка цього наукового напрямку<sup>1</sup>.*

*Ключові слова:* нанотехнології, державна політика, наукові дослідження у сфері нанотехнологій, установи НАН України.

**J E L : E600, Q330**

**Постановка проблеми.** Розбудова нанотехнологічної сфери в Україні може стати потужним інструментом інтеграції вітчизняного промислового комплексу до міжнародного ринку високих технологій та забезпечення конкурентоспроможності наукомісткої продукції. Однак з метою виокремлення найбільш перспективних напрямів розвитку нанотехнологічної сфери, що відповідатимуть реальним умовам української економіки, державним пріоритетам розвитку вітчизняної промисловості та забезпечуватимуть вирішення найбільш значних соціально-економічних проблем, необхідно здійснити комплексний аналіз складових розвитку вітчизняної нанотехнологічної сфери і, зокрема, дати об'єктивну оцінку її науково-технологічному потенціалу, спираючись на дані наукових установ, які працюють у сфері нанонауки і нанотехнологій. Це є ключовою передумовою вибору адекватних механізмів державного впливу на розвиток цього сегмента.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблеми реалізації державної політики розвитку нанонауки та здійснення наукових досліджень у згаданій сфері знайшли своє відображення у працях таких вітчизняних науковців, як М.Кизим, Г.Андрощук, О.Саліхова, Б.Мовчан, І.Матюшенко, А.Щебетун та ін. Зокрема, значну увагу в працях перелічених авторів приділено критичному аналізу програмних форм державної підтримки нанотехнологічної діяльності в Україні (розглядаються як програми фундаментальних досліджень НАН України, так і Державна цільова науково-технічна програма "Нанотехнології та наноматеріали", реалізація якої завершилася в 2014 р.), а також висвітленню основних здобутків у нанотехнологічній сфері, отриманих українськими науково-дослідними установами. Водночас поза межами робіт зазначених вище авторів залишився аналіз первинних даних наукових установ – продуцентів нанотехнологій Національної академії наук України.

<sup>1</sup> Публікація підготовлена за виконання НДР відомчої тематики "Імплементация високих технологій в економіку України", державний реєстраційний № 0112U004938.



**Метою статті** є економіко-статистичний аналіз діяльності вітчизняних продуцентів нанотехнологій – наукових установ НАН України на основі їх річних звітів. Це обумовлено результатами авторського дослідження вітчизняних підприємств, що створюють та використовують нанотехнології [1], які показали, що переважну кількість досліджень за цією тематикою в Україні здійснюють саме установи НАН України.

**Виклад основного матеріалу.** Незважаючи на те, що активізація досліджень у сфері нанотехнологій, підвищення обсягів виробництва і споживання нанотехнологічної продукції<sup>2</sup> входять до числа пріоритетів вітчизняної інноваційної діяльності, в Україні дотепер відсутній нормативно-правовий документ, який визначав би основні параметри, цілі та напрями розвитку нанотехнологічної сфери<sup>3</sup>. Крім того, у вітчизняному інституційному середовищі відсутній орган, до функціональних обов'язків якого належать розроблення та реалізація політики у сфері нанонауки і нанотехнологій, – ані Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, ані Міністерство освіти і науки України відповідно до положень про їхню діяльність не виконують цю функцію. Це унеможливує цілеспрямований, стратегічний розвиток нанонауки і нанотехнологій в Україні, результати яких повинні насамперед бути імplementовані у національну промисловість з метою посилення її конкурентоспроможності та підвищення переваг на світовому ринку. Отже, державна політика стимулювання нанотехнологічної діяльності досить епізодична і в результаті є малоефективною. Так, механізми податкового й митного стимулювання (що широко використовуються в багатьох технологічно розвинених країнах) для суб'єктів, які створюють і використовують нанотехнології, в Україні практично не застосовуються. Розміщення державних замовлень на нанотехнологічну продукцію також не відбувається. Єдиною преференцією, передбаченою для розвитку вітчизняної нашої індустрії у законодавстві, а саме у Митному кодексі [2], є звільнення від оподаткування митом матеріалів, сировини та устаткування, що будуть використовуватися у нанотехнологічних виробництвах. Основними ж інструментами державної політики у сфері нанотехнологій в Україні залишаються програмні форми, що передбачають виділення бюджетних коштів на фінансування затверджених проєктів на державному та галузевому рівнях. Починаючи з 2001 р. в Україні було реалізовано низку програм, спрямованих на розвиток нанотехнологічної сфери: україно-російська міжвідомча науково-технічна програма "Нанофізика та наноелектроніка"; цільові комплексні програми фундаментальних досліджень НАН України "Наноструктурні системи, наноматеріали, нанотехнології" на 2003–2009 рр. та "Фундаментальні проблеми наноструктурних систем, наноматеріалів, нанотехнологій" на 2010–2014 рр.; державна цільова науково-технічна програма "Нанотехнології та наноматеріали" на 2010–2014 рр. [3–6]. Однак зазначені програми не було профінансовано у запланованих обсягах, що унеможливило їх повноцінну реалізацію. Слід зауважити, що фінансове забезпечення розвитку нанотехнологій в Україні значною мірою здійснюється за рахунок державних коштів, участь приватного сектора у розбудові нашої індустрії досить обмежена. Встановивши орієнтовний обсяг коштів, необхідних для виконання державної цільової науково-технічної програми "Нанотехнології та наноматеріали" на 2010–2014 роки в обсязі 1,847 млрд грн, фінансування програми за рахунок державного бюджету передбачалось на рівні понад 91%. Проте в усі роки реалізації зазначеної дер-

<sup>2</sup> Термін "нанотехнологічна продукція" запозичений із тексту Концепції цільової комплексної програми фундаментальних досліджень НАН України "Фундаментальні проблеми наноструктурних систем, наноматеріалів, нанотехнологій" на 2010–2014 рр.

<sup>3</sup> У контексті цього дослідження автор під терміном "нанотехнологічна сфера" розуміє сукупність наукових установ – продуцентів нанотехнологій та господарюючих суб'єктів, які створюють і використовують нанотехнології.



жавної програми відбувалося значне недофінансування її проектів – з державного бюджету було виділено кошти у розмірі 5,7–11,2% від необхідного обсягу [7, 8].

Окрім того, програми з розвитку нанотехнологій не є системними, вони, як правило, тимчасові і працюють упродовж короткого періоду часу, не є комплементарними та не мають пролонгуючого характеру, адже в Україні відсутня стратегія розвитку нанонауки і нанотехнологій, яка б визначала відповідні напрями та цілі. До того ж зазначені програми не орієнтовані на вирішення технологічних проблем промисловості. При затвердженні тематики проектів відсутнє чітке розуміння поточних і майбутніх потреб українських споживачів нанопродукції. Програмами з розвитку нанотехнологій не передбачається доведення науково-технічної продукції до її кінцевого використання, тобто програми не забезпечують взаємодії науки та промисловості, впровадження результатів досліджень здебільшого досить формальне. Можна назвати лише поодинокі приклади імплементації інновацій у галузі нанотехнологій у виробництво.

Незважаючи на низьку абсорбційну здатність економіки до впровадження нанотехнологій, наукові дослідження і розробки у цій сфері ведуться та створюються доволі активно. Узагальнення даних річних звітів наукових установ Національної академії наук України дозволило встановити, що протягом останніх років в Україні наукові дослідження й розробки, пов'язані з нанотехнологіями, виконували понад 70 організацій, або близько 35% загальної кількості організацій, підпорядкованих НАНУ. Виявлено, що ця тематика для установ не є новою, оскільки впродовж багатьох років у Національній академії наук України виконувалися фундаментальні та прикладні дослідження, що безпосередньо стосуються розробок у сфері нанотехнологій. Це роботи в галузі мікроелектроніки, фізики і хімії поверхні, тонкоплівкових і порошкових технологій, атомних і молекулярних моношарів, з'єднання і зварювання елементів конструкцій, каталізу, фізики і хімії колоїдів і атомних кластерів, сорбентів різноманітного призначення, фізики металів і сплавів з нанорозмірною структурою тощо. Таким чином, можна стверджувати, що першими розробками у нанотехнологічній сфері Україна могла похвалитися задовго до започаткування державних програм із розвитку нанотехнологій.

Як показав аналіз, найбільша кількість установ, що здійснювали дослідження у зазначеній сфері, належать до таких відділень НАН України:

- відділення фізики і астрономії;
- відділення фізико-технічних проблем матеріалознавства;
- відділення хімії.

Усі науково-дослідні установи, залучені до формування вітчизняної наноіндустрії, агреговано автором за трьома категоріями:

- установи, які реалізують поодинокі дослідження у сфері нанотехнологій;
- установи, які у сфері нанотехнологій здійснюють декілька досліджень;
- профільні установи, однією з основних сфер діяльності яких є проведення досліджень у нанотехнологічній сфері.

З огляду на динаміку співвідношення категорій наукових інститутів, які здійснювали нанотехнологічну діяльність упродовж досліджуваного періоду, можна констатувати: частка наукових установ, задіяних у дослідженнях у сфері нанотехнологій, щорічно збільшується (табл. 1).

Водночас кількість установ, для яких проведення наукових робіт у сфері нанотехнологій є одним із основних видів діяльності, впродовж 2008–2012 рр. практично не зазнала змін. Це є свідченням того, що в Україні вже сформувалося ядро розбудови національної наноіндустрії, а ця група наукових установ є локомотивом нанонауки в Україні. Задля прискореного розвитку нанонауки необхідно запровадити персоналізований підхід при наданні державних преференцій. Запровадження механізму

селективної підтримки зазначених лідерів сприятиме оптимізації ресурсів держави, спрямувавши їх на стимулювання діяльності саме тих установ, які забезпечуватимуть створення та випуск високотехнологічних товарів на базі вітчизняних нанотехнологічних розробок.

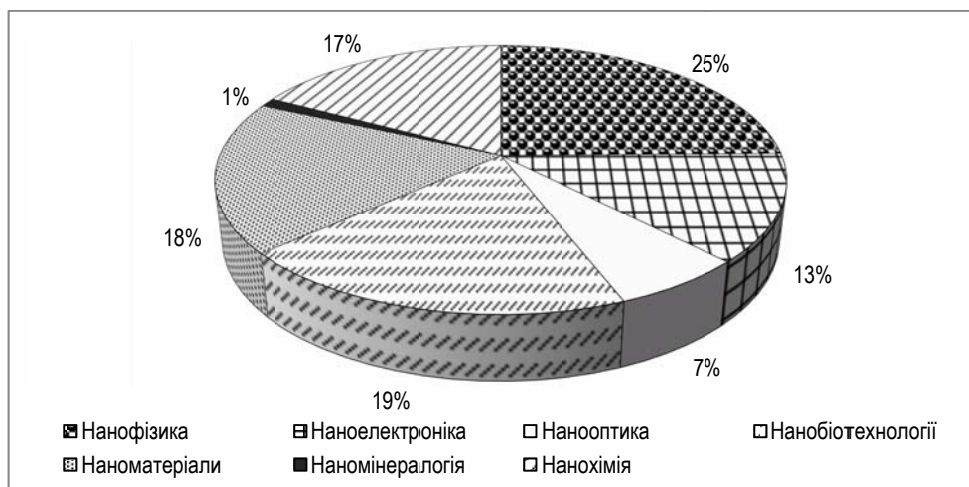
Таблиця 1

**Розподіл наукових установ НАНУ за здійсненням досліджень у сфері нанотехнологій, %**

Категорія установ	2008	2009	2010	2011	2012
Установи, які реалізують поодинокі дослідження у сфері нанотехнологій	16,3	17,3	16,0	16,5	15,6
Установи, які здійснюють декілька досліджень у сфері нанотехнологій	8,9	7,4	11,2	12,9	13,6
Профільні установи	9,4	9,4	8,3	8,2	8,5
Установи, які не надали дані	2,0	2,0	3,9	6,2	8,0
Установи, не задіяні у дослідженнях у сфері нанотехнологій	63,4	63,9	60,7	56,2	54,3
Загальна кількість організацій, підпорядкованих НАНУ	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Джерело: розраховано автором на основі річних звітів наукових установ Національної академії наук України.

Аналіз напрямів діяльності, за якими науково-дослідні установи здійснюють дослідження і розробки у сфері нанотехнологій, показав, що в Україні найбільший потенціал зберігається у нанофізиці – чверть організацій з-поміж установ, підпорядкованих НАН України, що задіяні у нанотехнологічній діяльності, проводила різноманітні дослідження за згаданою тематикою, в т.ч. за такими напрямками, як фізика твердого тіла, фізика м'якої матерії, фізика поверхні, фізика багаточастотних структур (рис. 1).



**Рис. 1. Структура наукових установ за видами нанотехнологічних досліджень, 2008–2012 рр.**

Джерело: розраховано автором на основі річних звітів наукових установ Національної академії наук України.

Понад те, вітчизняні вчені мають потенціал до здійснення робіт у сфері нанобіотехнологій, нанохімії та розробки різноманітних наноматеріалів – дослідження за цією тематикою здійснювало 19%, 17 та 18% наукових інститутів НАН України відповідно. Науково-дослідні роботи за таким напрямом, як наноелектроніка, проводять 12 установ, або 13% від загального числа задіяних у нанотехнологічних дослідженнях організацій НАНУ. Водночас в Україні лише незначна частина установ здійснювала розробки в такій перспективній галузі, як нанооптика. Як показує аналіз, в Україні не надається належної уваги питанням безпеки застосування нанотехнологій – на



сьогодні в рамках програм розвитку нанотехнологій не виконується жодного проекту з вивчення їх впливу на здоров'я людини та навколишнє середовище.

Проте за іншими переліченими вище напрямками нанотехнологічної діяльності позиції України досить високі. Свідченням цього твердження є узагальнення висновків, поданих у роботах [9–14] щодо найбільш вагомих розробок українських науковців, які можуть конкурувати з нанотехнологічною продукцією світового ринку продукції у сфері нанотехнологій. До них віднесено:

- біосумісні покриття гідроксиапатиту кальцію на титанових і сапфірових медичних імплантатах (Донецький фізико-технічний інститут та Інститут монокристалів);
- пористу нанокераміку з гідроксиапатиту кальцію для кісткової хірургії (Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М.Францевича);
- магнітокеровані нанокомпозити медико-біологічного призначення (Інститут експериментальної патології, онкології і радіобіології ім. Р.Є.Кавецького та Інститут хімії поверхні ім. О.О.Чуйка);
- біомаркери, які допомагають розпізнавати пошкодження тканин і органів (Інститут сцинтиляційних матеріалів);
- нанокapsули з функціями нанороботів, що використовуються з метою створення нової лікарської форми онкопрепарату (Інституту хімії поверхні ім. О.О.Чуйка);
- захисно-стимулюючі суміші для насіння рослин; кріосередовища для зберігання репродуктивних клітин (Інституту хімії поверхні ім. О.О.Чуйка);
- установку для отримання 25–30 т нанопорошків різноманітних оксидів для потреб електроніки та фотокаталітичних покриттів у рік;
- технологію багат шарових керамічних мініконденсаторів (Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М.Францевича);
- пілотну лінію для отримання діоксиду цирконію та інших оксидних матеріалів "мокрим" хімічним синтезом;
- мамологічний сканер з підвищеною майже вдвічі просторовою розподільною здатністю (Донецький фізико-технічний інститут ім. О.О.Галкіна);
- тепловізор на основі великоформатної мікроболометричної матриці, що не охолоджується (Фізико-технічний інститут низьких температур ім. Б.І.Веркіна);
- наносупутник формату "Cubesat" (НТУУ "КПІ");
- суперміцне і стійке до корозії покриття для бойової техніки (Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут");
- захисні антипорізні вироби (Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М.Францевича НАН України);
- композитна броня на основі кераміки (Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М.Францевича НАН України);
- наномігнетит – матеріал, який призначений для збагачення залізних руд за допомогою спеціального обладнання;
- терморозширений графіт – високоефективний сорбент, здатний вбирати нафту та нафтопродукти, в т.ч. і з водної поверхні;
- біобензин – паливо, вироблене завдяки додаванню спеціальних нанокомпонентів до етанолу.

Таким чином, на думку експертів, Україна має наукові розробки, що дозволять їй у майбутньому посісти лідируючі позиції у синтезі порошків, виробництві біоімплантів, біомаркерів, аморфних матеріалів. Окрім того, в Україні є необхідна сировинна база (родовища графіту з необхідними характеристиками для нанотехнологічної діяльності, а також оксиду марганцю та кремнію), необхідна для здійснення прориву в технології літєвих джерел живлення.



## Інноваційно-інвестиційна політика

Визнанням високого рівня здійснюваних українськими вченими досліджень у сфері нанонауки і нанотехнологій є їх затребуваність світовою науковою спільнотою. Так, протягом досліджуваного періоду з 2008 по 2012 рр. науковими установами, підпорядкованими НАН України, було отримано понад 150 міжнародних грантів у сфері нанотехнологій. Практично всі проекти виконувались інститутами відділення фізики і астрономії, відділення фізико-технічних проблем матеріалознавства та відділення хімії НАНУ.

Переважну кількість виконаних нанотехнологічних проектів було реалізовано спільно із країнами – членами ЄС, зокрема, з Францією (24 проекти), Німеччиною (10 проектів), Польщею (9 проектів), Іспанією та Великою Британією (по 6 проектів). Іншим партнером України у спільному проведенні досліджень з розвитку нанотехнологій є США, за участі яких вітчизняними науковцями було виконано понад 20 проектів. Співробітництво українських вчених з країнами Митного союзу також характеризується достатньо значною кількістю спільних проектів у сфері нанотехнологій (з Російською Федерацією – 11 проектів, з Білоруссю – 6 проектів).

Спостерігається значне покращення позицій українських установ щодо участі в європейських рамкових програмах за пріоритетом "Нанонаука, нанотехнології, матеріали та нові виробничі технології". Якщо в шостій рамковій програмі (РП6) вітчизняними науковцями було подано лише 115 заявок і взято участь у 7 проектах загальною вартістю 31,2 млн євро, то в РП7 кількість поданих заявок зросла до 186, а кількість проектів, в яких брали участь українські дослідники, збільшилась до 13 загальною вартістю 60,6 млн євро.

Це є доказом прогресу вітчизняних науковців у частині нанотехнологічних досліджень, а отже, і відповідно більшої зацікавленості країн-лідерів у спільних дослідженнях з установами НАН України.

У результаті дослідження діяльності інститутів, виокремлених у категорію "профільні установи", було оцінено ситуацію, що склалася в науково-технологічному співробітництві з зарубіжними країнами у сфері нанотехнологій (табл. 2).

Таблиця 2

### Показники міжнародної діяльності установ НАНУ, для яких дослідження у сфері нанотехнологій є одним із основних напрямів роботи (2008–2012 рр.)

№	Установи НАНУ, для яких дослідження у сфері нанотехнологій є одним із основних видів діяльності	Кількість госпдоговорів і контрактів			Обсяги фінансування, тис. грн		Кількість отриманих патентів, од.	
		всього	у т.ч. на замовлення організацій		всього	у т.ч. контрактів з іноземними замовниками	всього	з них іноземних
			СНД	далекого зарубіжжя				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Відділення фізики і астрономії</b>								
1	Інститут металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАНУ*, Київ	12	0	0	1609,3	0	9	0
2	Інститут фізики НАНУ, Київ	29	10		1271,1	869,3	18	2 (РФ)
3	Донецький фізико-технічний інститут ім. О.О. Галкіна НАН України, Донецьк	87	0	15	3839,8	777,46	20	0
4	НТЦ "Реактивелектрон" НАНУ, Донецьк	74	13		11690,6	661,233	16	0
5	Інститут магнетизму НАН України та МОН України, Київ	4	0	0	4439	0	3	0



Продовження табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
6	Фізико-технічний інститут низьких температур ім. Б.І.Веркіна, Харків	39	8		3857,3	1622,2	6	0
7	Інститут прикладних проблем фізики і біофізики, Київ	11	0	0	240,43	0	15	4 (2-СНД, 1-ЄС)
<b>Відділення фізико-технічних проблем матеріалознавства</b>								
8	Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М.Францевича НАН України, Київ	184	29	22	18763,1	5462,4	141	0
9	Інститут сцинтиляційних матеріалів, Харків	270	151		113722	86979,6	74	3 (США)
10	Інститут монокристалів, Харків	215	157		23483,5	19645,7	32	0
11	Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М.Бакуля, Київ	1287	508	133	34108,5	15805,6	126	2 (РФ)
12	Державна наукова установа "Науково-технологічний комплекс "Інститут монокристалів", Харків	759	245	89	109326	83339,3	123	3-РФ, 1-США
<b>Відділення хімії</b>								
13	Інститут хімії поверхні ім. О.О. Чуйка, Київ	66	43		3037,5	2053,9	46	4 (США, ЄС, Китай, РФ)
14	Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І.Вернадського НАНУ, Київ	51	8	7	3096	1518,3	56	3 (1-КНР, 1-ЄС, 1-США)
15	Інститут фізичної хімії ім. Л.В.Писаржевського НАН України **, Київ	71	6		5190,3	250,6	25	2 (США, РФ)
16	Інститут біологічної хімії ім. Ф.Д.Овчаренка НАНУ, Київ	30	1		1428,21	118,1	17	0
17	Інститут сорбції та проблем ендоекології, Київ	37	5		1882,35	296,9	21	1 (СНД)
18	Інститут хімії високомолекулярних сполук, Київ	357	7		4086,2	179,4	149	0

Примітки: \* дані за 2008–2009 рр.

\*\* дані за 2008–2009, 2012 рр.

Джерело: розраховано автором на основі річних звітів наукових установ Національної академії наук України.

Проведене дослідження показало, що протягом дослідженого періоду (2008–2012 рр.) науково-дослідними інститутами було виконано понад 3,5 тис. господарств та контрактів, практично 1,5 тис. з яких – на замовлення іноземних організацій. Відповідно частка господарств та контрактів, виконаних на замовлення іноземних організацій, у їх загальній кількості становить 40,7% (табл. 3). Натомість отриманий за їх виконання обсяг фінансування становить понад 63% від загального обсягу фінансування. Таким чином, вітчизняні науково-дослідні уста-

нови зацікавлені у виконанні договорів на іноземне замовлення, оскільки це приносить більше коштів, ніж співробітництво з українськими організаціями та виконання НДР на замовлення держави, що особливо відчутно в умовах постійного недофінансування нанотехнологічних програм, забезпечує розвиток цього виду досліджень і впровадження нанотехнологій у виробництво та підтримує оплату праці вітчизняних науковців на достатньому рівні.

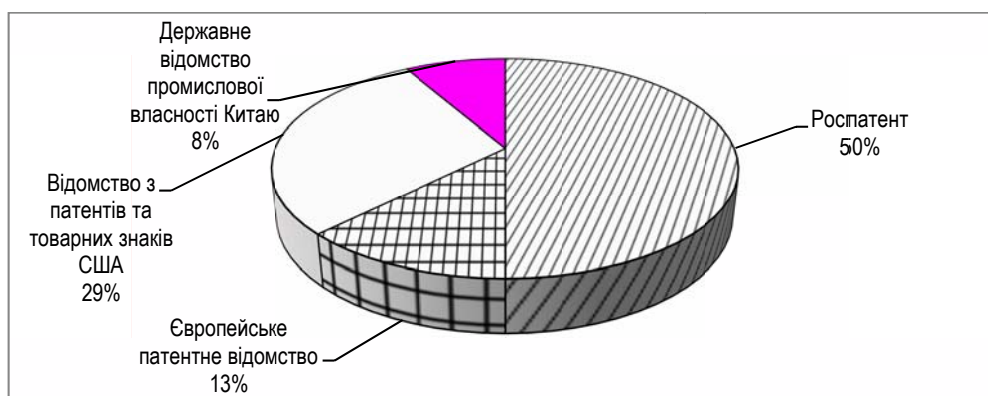
Слід зазначити, що, незважаючи на значну кількість досліджень, виконаних на замовлення іноземних партнерів, частка патентів, отриманих провідними вітчизняними науковими установами в інших країнах, залишається дуже низькою – впродовж 2008–2012 рр. їх питома вага становила в середньому менше 3% від загальної кількості охоронних документів, отриманих спеціалізованими на дослідженнях в сфері нанотехнологій установами. На рис. 2 представлена структура міжнародних патентів, отриманих установами НАНУ, для яких дослідження у сфері нанотехнологій є одним з основних напрямів роботи.

Таблиця 3

**Узагальнені показники міжнародної діяльності установ НАНУ, для яких дослідження у сфері нанотехнологій є одним з основних напрямів роботи (2008–2012 рр.)**

Показник	Значення	Показник	Значення
Загальна кількість госпдоговорів та контрактів	3 583	у т.ч. на замовлення іноземних організацій	1 457
Загальні обсяги фінансування госпдоговорів та контрактів, тис. грн	345 070,92	у т.ч. контрактів з іноземними замовниками	219 580,0
Кількість отриманих патентів, од.	897	з них іноземних	25
Показник		Значення	
Частка госпдоговорів та контрактів, виконаних на замовлення іноземних організацій, у їх загальній кількості, %		40,7	
Співвідношення обсягів фінансування контрактів з іноземними замовниками до загальних обсягів фінансування госпдоговорів та контрактів, %		63,6	
Частка отриманих іноземних патентів й їх загальній кількості, %		2,8	

Джерело: розраховано автором на основі річних звітів наукових установ Національної академії наук України.



**Рис. 2. Розподіл міжнародних патентів, отриманих установами НАНУ, для яких дослідження у сфері нанотехнологій є одним з основних напрямів роботи (2008–2012 рр.)**

Джерело: розраховано автором на основі річних звітів наукових установ Національної академії наук України.



Більшість контрактів та проектів установ НАНУ, які спеціалізуються на дослідженнях у нанотехнологічній сфері, було виконано на замовлення Європейського Союзу та США, проте частка патентів, отриманих у патентних відомствах цих країн, не є найбільш суттєвою. Переважна кількість іноземних патентів (50%) видані Федеральним інститутом промислової власності Росії – Роспатентом. Таку ситуацію можна пояснити тіснішими зв'язками, які історично склалися між Україною та Російською Федерацією, значними обсягами торгівлі технологічними товарами та простішою процедурою отримання патентів.

Оскільки одним із найважливіших показників рівня розвитку науково-технологічної складової наноіндустрії є кількість науково-педагогічних кадрів, які покликані здійснювати дослідження за цією тематикою, готувати фахівців для наноіндустрії, поширювати інформацію про отримані результати як у вітчизняних наукових школах, так і репрезентувати їх міжнародному співтовариству, буде доцільним проаналізувати педагогічну діяльність, що здійснювалася профільними науковими установами у сфері нанотехнологій (табл. 4). З огляду на здійснені розрахунки можна констатувати низький рівень співробітництва досліджуваних установ з вітчизняною системою освіти. Кількість вчених-викладачів (які займалися викладацькою діяльністю) відносно загальної чисельності працівників є абсолютно несуттєвою. Кількість проектів, реалізованих спільно з ВНЗ, також незначна. Разом з іншими кадровими проблемами, притаманними вітчизняній нанотехнологічній сфері (недостатня кількість підготовлених спеціалістів за названим профілем, навчання студентів лише за одним напрямом підготовки, недостатньо розгалужена система закладів освіти, що здійснюють підготовку за нанотехнологічними спеціальностями тощо), це призведе до подальшого погіршення якості підготовки спеціалістів за нанотехнологічними спеціальностями.

Таблиця 4

**Основні показники педагогічної діяльності установ НАНУ, для яких дослідження у сфері нанотехнологій є одним з основних напрямів роботи (2008–2012 рр.)**

№	Установи НАНУ, для яких дослідження у сфері нанотехнологій є одним з основних видів діяльності	Середньорічна кількість договорів про співробітництво, які були укладені між науковою установою та ВНЗ, <i>шт.</i>	Середня кількість вчених наукової установи, які працювали викладачами в системі освіти, <i>осіб</i>
1	2	3	4
<b>Відділення фізики і астрономії</b>			
1	Інститут металофізики ім. Г.В.Курдюмова НАНУ	3,0	7,0
2	Інститут фізики НАН України	13,3	12,0
3	Донецький фізико-технічний інститут ім. О.О.Галкіна НАН України	3,0	14,2
4	НТЦ "Реактивелектрон" НАН України	1,8	1,6
5	Інститут магнетизму НАН України та МОН України	-	13,0
6	Фізико-технічний інститут низьких температур ім. Б.І.Веркіна	13,6	34,4
7	Інститут прикладних проблем фізики і біофізики	3,3	2,8
<b>Відділення фізико-технічних проблем матеріалознавства</b>			
8	Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М.Францевича НАН України	3,6	17,4
9	Інститут сцинтиляційних матеріалів	1,8	7,4
10	Інститут монокристалів	2,6	2,0
11	Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М.Бакуля	8,8	13,2

Продовження табл. 2

1	2	3	4
12	Державна наукова установа "Науково-технологічний комплекс "Інститут моно-кристалів"	8,4	11,8
<b>Відділення хімії</b>			
13	Інститут хімії поверхні ім. О.О.Чуйка	13,0	5,8
14	Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І.Вернадського НАН України	10,3	3,8
15	Інститут фізичної хімії ім. Л.В.Писаржевського НАНУ	1,3	3,7
16	Інститут біологічної хімії ім. Ф.Д.Овчаренка НАНУ	4,3	2,5
17	Інститут сорбції та проблем ендоекології	3,2	2,0
18	Інститут хімії високомолекулярних сполук	18,6	4,4

Джерело: розраховано автором на основі річних звітів наукових установ Національної академії наук України.

### Висновки

Результати дослідження дозволили встановити особливості сучасного етапу розвитку нанотехнологій в Україні :

- основними продуцентами нанотехнологій в Україні є установи академічного сектора науки – переважно вони здійснюють дослідження цього напрямку, а отже, їх подальший розвиток можливий лише за умов державної підтримки, зокрема, використання персоналізованого підходу у фінансуванні;

- споживання економікою України результатів нанотехнологічних досліджень нижче за пропозицію. Це вимагає від держави запровадження механізмів стимулювання попиту через інструменти інноваційної політики, зокрема, державних закупівель нанотехнологічних інноваційних продуктів та активізації технологічних інновацій у промисловості;

- низька імплементація нанотехнологічних інновацій обумовлена тим, що підприємства промислового сектора для вирішення своїх завдань часто потребують дуже специфічних знань, які є складовою їх загальної компетенції. Через це результати академічних досліджень, проведених автономно, є занадто теоретичними чи фундаментальними, що унеможливує їх швидке впровадження у виробництво. Для вирішення цієї проблеми доцільно запроваджувати програми спільних досліджень промислової орієнтації між академічними установами та промисловими підприємствами [16, ст. 578];

- за наявності доволі значної кількості розробок у сфері нанотехнологій, готових до впровадження, в Україні практично відсутня інфраструктура для їх комерціалізації. Це обумовлює необхідність налагодження в НАНУ маркетингових і патентних досліджень, необхідних для ефективної комерціалізації наукових результатів у сфері нанонауки і нанотехнологій, а також створення відповідних інноваційних підрозділів на рівні відділень, до функцій яких також необхідно віднести надання консультаційних послуг науковцям щодо створення та розвитку інноваційних стартапів;

- науковці не мають можливості використовувати сучасне технологічне і дослідницьке устаткування, працювати в контрольованих умовах, у так званих "чистих зонах", і це негативно впливає на результативність досліджень. З метою вирішення цього питання необхідно розвивати відповідну інфраструктуру – як за рахунок імпорту, так і шляхом відновлення на базі наукових установ конструкторських і інструментальних виробництв. Враховуючи унікальність і високу вартість устаткування, що використовується у нанонауці, його необхідно зосередити у центрах колективного користування приладами при НАН України.

- достатньо високий рівень кваліфікації вітчизняних кадрів у нанотехнологічній сфері та широкий спектр досліджень, які здійснюються вітчизняними науковцями, що підтверджується досить значною кількістю спільних проектів (у т.ч. і з країнами – лідерами з розвитку нанотехнологій) і великою кількістю виграних міжнародних грантів, має бути використаний для подальшої підготовки кадрів для науки.



З метою збереження рідкісних знань і навичок вчених з великим досвідом роботи доцільно запровадити систему їх передачі молодим спеціалістам, яка повинна підтримуватись державою через фінансові та соціальні стимули.

Вирішення зазначених вище проблемних питань повинно відбуватися в рамках Стратегії розвитку нанонауки і нанотехнологій в Україні, яку необхідно розробити найближчим часом з метою посилення конкурентних переваг та забезпечення високої доданої вартості вітчизняної промисловості за рахунок широкомасштабного впровадження нанотехнологічних інновацій [17].

#### Список використаних джерел

1. Ткачова О.А. Нанотехнології як об'єкт статистичного моніторингу: світова та вітчизняна практики / О.А. Ткачова // Економіка та прогнозування. – 2014. – № 2. – С. 105–124.
2. Митний кодекс України. Розділ IX, глава 42, стаття 282, п. 1, підп.16 джерело Офіційний портал Верховної Ради України [Електронний ресурс]. – Доступний з : <http://www.rada.gov.ua>
3. Международная украинско-российская научно-техническая программа "Нанофизика и наноэлектроника" [Електронний ресурс]. – Доступний з : <http://nauka.kiev.ua>
4. Постанова Президії НАН України № 129 від 05.05.2010 "Про затвердження концепції цільової комплексної програми фундаментальних досліджень НАН України "Фундаментальні проблеми наноструктурних систем, наноматеріалів, нанотехнологій" на 2010–2014 рр. Головний портал НАН України [Електронний ресурс]. – Доступний з : <http://www.nas.gov.ua>
5. Постанова КМУ № 1231 від 28.10.2009 р. "Про затвердження Державної цільової науково-технічної програми "Нанотехнології та наноматеріали" на 2010–2014 роки" [Електронний ресурс] / офіц. портал Верховної Ради України. – Доступний з : <http://www.rada.gov.ua>
6. Розпорядження Президії НАН України № 524 від 20.08.2010 "Про затвердження на 2010 рік переліку наукових проєктів державної цільової науково-технічної програми "Нанотехнології та наноматеріали" на 2010–2014 роки" [Електронний ресурс] / Головний портал НАН України. – Доступний з : <http://www.nas.gov.ua>
7. Аналітична довідка "Стан розвитку науки і техніки, реалізації пріоритетних напрямів розвитку науки і техніки та результати наукової, науково-технічної, інноваційної діяльності та трансферу технологій у 2011 році" / Державне агентство з питань науки, інновацій та інформатизації України. – К., 2012. – 70 с.
8. Аналітична довідка "Стан розвитку науки і техніки, результати наукової, науково-технічної, інноваційної діяльності, трансферу технологій за 2012 рік" / Державне агентство з питань науки, інновацій та інформатизації України. – К., 2013. – 217 с.
9. Таланчук П. Становлення й розвиток нанотехнологій у світі і в Україні: використання інтелектуального капіталу, тенденції розвитку / П. Таланчук, В. Малишев // Університет "Україна". – 2009. – № 10–11. – С. 3–5.
10. Кизим М.О. Перспективи розвитку і комерціалізації нанотехнологій в економіках країн світу та України : монографія / М.О. Кизим, І.Ю. Матюшенко. – Х. : ВД "ІНЖЕК", 2011. – 392 с.
11. Волинська М. Нанотехнології в Україні: відшукаємо свої ніші? / Волинська М. // Світ. – 2010. – № 45–46 (648–649). – С. 2, 4.
12. Перший український наносупутник, створений у КПІ, вже на орбіті [Електронний ресурс] // Українська правда. – Доступний з : <http://life.pravda.com.ua/technology/2014/06/26/173275>
13. Офіційний сайт Інституту проблем матеріалознавства ім.І.М.Францевича НАН України [Електронний ресурс]. – Доступний з : <http://www.materials.kiev.ua>
14. Українські вчені винайшли унікальний сплав, який відновлює стару військову техніку [Електронний ресурс] // Ракурс. – Доступний з : <http://ua.racurs.ua/news/35951-ukrayinski-vcheni-vynayshly-unikalnyu-splav-yakuu-vidnovluie-staru-viyskovu-tehniku-video>
15. Нанотехнології та наноматеріали: найбільш значущі розробки українських науковців у 2010–2014 рр. Матеріали прес-служби НАН України [Електронний ресурс]. – Доступний з : [http://www.nas.gov.ua/text/pdfNews/nanotechnologii\\_btb.pdf](http://www.nas.gov.ua/text/pdfNews/nanotechnologii_btb.pdf)
16. Саліхова О. Б. Високотехнологічне виробництво: від методології оцінки до піднесення в Україні : монографія / О.Б. Саліхова ; НАН України, ДУ "Ін-т економіки та прогнозування". – К., 2012. – 621 с.



17. Саліхова О. Б. Державна політика у сфері нанонауки та нанотехнологій в Україні з урахуванням орієнтирів ЄС / О.Б. Саліхова // Економіка і прогнозування. – 2014. – № 3. – С. 121–136.

*Надійшла до редакції 27.01.2015 р.*

**Ткачева О.А.**

*младший научный сотрудник Института экономики  
и прогнозирования НАН Украины*

#### **НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ РАЗВИТИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ СФЕРЫ НАНОТЕХНОЛОГИЙ**

Исследованы организационно-экономические предпосылки осуществления разработок в сфере нанотехнологий. Проанализированы результаты научной деятельности учреждений – продуцентов нанотехнологий Национальной академии наук Украины как на национальном, так и на международном уровнях, а также их педагогическую практику. Выделены наиболее перспективные направления научных исследований и определены возможные "точки роста" нанонауки и нанотехнологий Украины. Выявлены характерные черты, присущие отечественной научной сфере нанотехнологических исследований и разработок. Установлено, что развитие сегмента нанотехнологических исследований и разработок отечественной науки в значительной степени зависит от международного научно-технологического и инновационного сотрудничества. Обосновано, что ключевым рычагом воздействия должна быть государственная поддержка этого научного направления.

**Ключевые слова:** *нанотехнологии, государственная политика, научные исследования в области нанотехнологий, учреждения НАН Украины.*

**Oksana Tkachova Junior Researcher,**

*Institute for Economics and Forecasting, NAS of Ukraine*

#### **SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL POTENTIAL IN THE NATIONAL NANOTECHNOLOGY AREA**

The article estimates scientific and technological potential of the domestic sphere of nanotechnology. The study is based on economic and statistical analysis of primary data (reports of research institutions) by the producers of nanotechnology of the National Academy of Sciences of Ukraine.

Also the article investigates the organizational and economic preconditions of research in the implementation of nanotechnology. It is found that the state policy to encourage nanotechnological activities is sporadic and the result is inefficient. The basic tools of public policy in this area remain programmatic forms that provide budget funds, at national and sectoral levels, to finance the approved projects.

Generalization of the annual reports of scientific institutions of the National Academy of Sciences of Ukraine has revealed that, in recent years, in Ukraine, R&D related to nanotechnology have been carried out by more than 70 organizations, representing about 35% of organizations subordinated to NAS. It is found that most of the institutions that conduct research in this area belong to such NAS branches as Department of Physics and Astronomy, Department of Physical and Technical Problems of Materials and Chemistry Department. Analysis of the activities guidelines of the research institutions engaged in nanotechnological R&D shows that the greatest potential in Ukraine is possessed by nanophysics.

In addition, our scientists have a potential to perform works in nanobiotechnologies, nanochemistry and development of various nanomaterials. However, it should be noted that such a sufficiently high level of development has been achieved mainly due to the completed projects and significant legacy of research institutes of NAS of Ukraine for a long time of their operation, as well as very large support of the international scientific community (particularly through grants and joint projects). Most of the contracts and projects of the NASU institutions specialized in research in the field of nanotechnology, were executed by order of the European Union and the United States, and given the complexity of relations with Russia, we can assume that these will continue to deepen cooperation.

In addition, analysis of primary documents leads to the conclusion about the low level of cooperation with of the analyzed domestic institutions with Ukraine's education system (low number of teaching scientists, a small number of projects implemented jointly with universities), which, together



with other personnel problems inherent in the domestic sphere of nanotechnology can lead to further deterioration of the quality of training for nanotechnology specialties.

Results of the study reveal the problematic aspects of the current stage of development of nanotechnologies in Ukraine, whose solution should take place within the framework of the Strategy of Development of Nanoscience and Nanotechnologies in Ukraine, which should be developed in the near future to enhance competitive advantage and provide high value-added in domestic industry at the expense of large-scale introduction of nanotechnological innovation.

**Keywords:** nanotechnology, public policy, research in nanotechnology, institutions of NAS of Ukraine.

### References

1. Tkachova, O.A. (2014). Nanotekhnolohii iak ob'iekt statystychnoho monitorynhu: svitova ta vitchyzniana praktyky [Nanotechnology as an object of statistical monitoring: global and domestic practice]. *Ekonomika ta prohnozuvannia [Economy and Forecasting]*, 2, 105–124 [in Ukrainian].
2. *Mytnyj kodeks Ukrainy. Rozdil IKh, hlava 42, stattia 282, p. 1, pidp.16 [The customs code of Ukraine. Section IX, Chapter 42, article 282, paragraph 1, sub.16]*. Ofitsijnyj portal Verkhovnoi Rady Ukrainy [Official portal of the Verkhovna Rada of Ukraine]. Retrieved from <http://www.rada.gov.ua> [in Ukrainian].
3. *Mezhdunarodnaja ukrainsko-rossijskaja nauchno-tehnicheskaja programma "Nanofizika i nanoelektronika" [International Ukrainian-Russian scientific-technical program "Nanophysics and nanoelectronics"]*. Retrieved from <http://nauka.kiev.ua> [in Russian].
4. Postanova Prezydii NAN Ukrainy № 129 vid 05.05.2010 "Pro zatverdzhennia kontseptsii tsil'ovoi kompleksnoi prohramy fundamental'nykh doslidzen' NAN Ukrainy Fundamental'ni problemy nanostrukturnykh system, nanomaterialiv, nanotekhnolohij na 2010–2014 rr." [Judgment of the Presidium of NAS of Ukraine No. 129 dated 05.05.2010 "On approving the concept of the targeted integrated basic research program of NASU "Fundamental problems of nanostructured systems, nanomaterials, nanotechnology" for 2010-2014]. *Holovnyj portal NAN Ukrainy [The main portal of the NAS of Ukraine]*. Retrieved from <http://www.nas.gov.ua> [in Ukrainian].
5. Pro zatverdzhennia Derzhavnoi tsil'ovoi naukovu-tehnichnoi prohramy Nanotekhnolohii ta nanomaterialy na 2010–2014 roky (Postanova KМУ № 1231 vid 28.10.2009 r.) [CMU resolution No. 1231 dated 28.10.2009 "On endorsement of State target scientific and technical program "Nanotechnologies and nanomaterials" for 2010-2014"]. *Ofitsijnyj portal Verkhovnoi Rady Ukrainy [Verkhovna Rada's of Ukraine Official Portal]*. Retrieved from <http://www.rada.gov.ua> [in Ukrainian].
6. Pro zatverdzhennia na 2010 rik pereliku naukovykh proektiv derzhavnoi tsilovoyi naukovu-tehnichnoi prohramy "Nanotekhnolohiyi ta nanomaterialy na 2010–2014 roky (Rozporyadzhennia Prezydii NAN Ukrayiny vid 20.08.2010 No. 524) [The decree of the Presidium of NAS of Ukraine No. 524 dated 20.08.2010 "On approval of the 2010 list of research projects of the state target scientific and technical program "Nanotechnologies and nanomaterials" for 2010-2014"]. *Holovnyj portal NAN Ukrayiny [The main portal of the NAS of Ukraine]*. Retrieved from <http://www.nas.gov.ua> [in Ukrainian].
7. Analychna dovidka "Stan rozvytku nauky i tekhniky, realizatsiyi priorytetnykh napryamiv rozvytku nauky i tekhniky ta rezultaty naukovoyi, naukovu-tehnichnoi, innovatsiynoi diyalnosti ta transferu tekhnolohiy u 2011 rotsi" (). [Analytical report "the State of development of science and technology, the implementation of priority directions of development of science and technology and the results of scientific, scientific-technical, innovation and technology transfer in 2011"]. Kyiv: Derzhavne ahentstvo z pytan' nauky, innovatsiy ta informatyzatsiyi Ukrayiny, 2012 [in Ukrainian].
8. Analychna dovidka "Stan rozvytku nauky i tekhniky, rezultaty naukovoyi, naukovu-tehnichnoi, innovatsiynoi diyalnosti, transferu tekhnolohiy za 2012 rik" [Analytical report "the State of development of science and technology, the results of scientific, scientific-technical, innovation, technology transfer for the year 2012]. Kyiv: Derzhavne ahentstvo z pytan' nauky, innovatsiy ta informatyzatsiyi Ukrayiny, 2013 [in Ukrainian].
9. Talanchuk, P., Malyshev, V. (2009)ю Stanovlennia y rozvytok nanotekhnolohiy u sviti i v Ukrayini: vykorystannya intelektualnoho kapitalu, tendentsiyi rozvytku [The formation and development of nanotechnology in the world and in Ukraine: using intellectual capital, development trends]. *Universytet Ukrainy [University "Ukraine"]*, 10-11, 3-5 [in Ukrainian].
10. Kyzym, M. O., Matyushenko, I. Yu. (2011). *Perspektyvy rozvytku i komertsializatsiyi nanotekhnolohiy v ekonomikakh krayin svitu ta Ukrayiny [Prospects for the development and commercialization of nanotechnology in the economies of the world and Ukraine]*. Kharkiv: VD INZhEK [in Ukrainian].



## ***Інноваційно-інвестиційна політика***

---

11. Volynska, M. (2010). Nanotekhnolohiyi v Ukrayini: vidshukayemo svoyi nishi. [Nanotechnology in Ukraine: find your niche?]. *Svit [World]*, 45-46, 2, 4 [in Ukrainian].
12. Pershyu ukrayinskyu nanosuputnyk, stvorenny u KPI, vzhe na orbiti [First Ukrainian nanosatellite created in KPI, already in orbit]. *Ukrayins'ka Pravda [Ukrainian Truth]*. Retrived from <http://life.pravda.com.ua/technology/2014/06/26/173275> [in Ukrainian].
13. Ofitsiyyny sayt Instytutu problem materialoznavstva im.I.M.Frantsevycha NAN Ukrayiny [The official website of the Institute for problems of materials science, name I.M. Frantsevich, NAS of Ukraine]. Retrived from <http://www.materials.kiev.ua> [in Ukrainian].
14. Ukrayinski vcheni vynayshly unikalnyy splav, yakyy vidnovlyuye staru viyskovu tekhniku [Ukrainian scientists have invented a unique fusion that restores old military vehicles]. *Rakurs [Fore-shortening]*. Retrived from <http://ua.racurs.ua/news/35951-ukrayinski-vcheni-vynayshly-unikalnyy-splav-yakyy-vidnovluie-staru-viyskovu-tehniku-video> [in Ukrainian].
15. *Nanotekhnolohii ta nanomaterialy: najbil'sh znachuschi rozrobky ukrains'kykh naukovtsiv u 2010-2014 rr.* [Nanotechnology and nanomaterials: most significant developments of Ukrainian scientists in 2010-2014]. Pres-sluzhba NAN Ukrainy [The press service of the NAS of Ukraine]. Retrived from [http://www.nas.gov.ua/text/pdfNews/nanotekhnologii\\_btb.pdf](http://www.nas.gov.ua/text/pdfNews/nanotekhnologii_btb.pdf) [in Ukrainian].
16. Salikhova, O. B. (2012). *Vysokotekhnolohichni vyrobnytstva: vid metodolohii otsinky do pid-nesennia v Ukraini* [High-tech production: from appraisal methodologies to rise in Ukraine]. Kyiv: NAN Ukrainy, DU In-t ekonomiky ta prohnozuvannia [in Ukrainian].
17. Salikhova, O. B. (2014). Derzhavna polityka u sferi nanonauky ta nanotekhnolohij v Ukraini z urakhuvanniam oriietyriv YeS [State policy in the field of nanoscience and nanotechnologies in Ukraine with EU guidelines]. *Ekonomika i prohnozuvannia [Economy and Forecasting]*, 3, 121-136 [in Ukrainian].