

С. В. Войтко,

д. е. н., професор, Національний технічний університет України "КПІ"

Я. Д. Мельник,

Національний технічний університет України "КПІ"

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕТРОСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ НАНОТЕХНОЛОГІЙ ТА ПЕРЕДУМОВИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОРИВУ УКРАЇНИ У ЦЬЙ СФЕРІ

S. Voitko,

Doctor of Economics, Professor, National Technical University of Ukraine "KPI"

I. Melnyk,

National Technical University of Ukraine "KPI"

RESEARCH OF A RETROSPECTIVE OF DEVELOPMENT OF NANOTECHNOLOGY
AND PREREQUISITES FOR THE TECHNOLOGICAL BREAKTHROUGH OF UKRAINE IN THIS SPHERE

Охарактеризовано основні критерії оцінки нанотехнологічного та інноваційного рівня промислових підприємств. Зазначено фази розвитку нанотехнологій у світі. Проаналізовано співвідношення кількості нанотехнологічних компаній в країнах світу. Здійснено аналіз стану сучасного світового ринку нанотехнологій. Надано порівняння національних програм розвитку у сфері нанотехнологій. Наведено найуспішніші приклади реалізації нанотехнологічних програм. Охарактеризовано та систематизовано державні програми у сфері інноваційного розвитку промислового сектору. Зазначено основні проблеми реалізації державних програм у сфері нанотехнологій та інноваційної діяльності. Надано рекомендації щодо покращення реалізації державної підтримки нанотехнологічного розвитку країни, насамперед, через залучення венчурних інвестиційних фондів та проведення конкурсів талановитої молоді.

The main criteria of an assessment of nanotechnological and innovative level of the industrial enterprises are characterized. The phases of development of nanotechnology in the world are specified. Analyzed the ratio of number of nanotech companies in the world. The analysis of the state of the modern world nanotechnology market is carried out. It is provided comparisons of national development programs in the sphere of nanotechnology. Successful examples of implementation of nanotechnology programs are given. State programs in the sphere of innovative development of industrial sector are characterized and systematized. The main problems of realization of state programs in the sphere of nanotechnology and innovative activity are specified. Recommendations about improvement of realization of the state support of nanotechnology development of the country are given. First of all, they are given by involvement of venture investment funds and carrying out competitions of talented young people.

Ключові слова: нанотехнології, наноіндустрія, інновації, нанотехнологічний розвиток, сфера нанотехнологій.

Key words: nanotechnology, nanotech industry, innovations, nanotechnological development, sphere of nanotechnology.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ У ЗАГАЛЬНОМУ ВИГЛЯДІ І ЇЇ ЗВ'ЯЗОК З ВАЖЛИВИМИ НАУКОВИМИ ТА ПРАКТИЧНИМИ ЗАВДАННЯМИ

Сфера нанотехнологій є однією з перспективних і нових напрямів інновацій у світі. Саме нанотехнології є новим революційним шляхом мислення та виробництва, що використовує традиційний науковий підхід, заснований на прогресивно зменшеному масштабі. Так, наприкінці ХХ і початку ХХІ ст. нанотехнології стали стратегічним напрямом економічного розвитку провідних країн. Таким чином, перехід нашої держави на засади сталого економіко-екологічного та техніко-технологічного розвитку, формування висококонкурент-

ної національної моделі такого розвитку об'єктивно зумовлює доцільність активізації досліджень у нанотехнологічній сфері науковцями не лише природничих (фізики, хімії, біології), а й економічних наук.

ЦІЛІ СТАТТІ

Дослідити розвиток нанотехнологій та передумови технологічного прориву України. Охарактеризувати основні національні програми розвитку у цій сфері. Надати рекомендації щодо покращення реалізації державних програм у сфері інноваційної діяльності та розвитку нанотехнологій через залучення венчурних інвестиційних фондів.

**АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ,
У ЯКИХ ЗАПОЧАТКОВАНО ВИРІШЕННЯ
ПРОБЛЕМИ**

Методологічною основою даного дослідження є системний підхід до вивчення та дослідження ретроспективи розвитку нанотехнологій, опрацювання наукових праць низки вчених-економістів з цієї проблематики, аналіз передумов технологічного прориву України та провідних країн світу.

У ході дослідження, використано комплекс наукових методів досліджень, серед яких, абстрактно-логічний (теоретичні узагальнення і формування висновків), статистико-економічний (співвідношення кількості нанотехнологічних компаній в країнах світу) та порівняння розвитку нанотехнологічної сфери в окремих країнах світу. У цьому контексті слід зауважити, що науковими дослідженнями питань, яким присвячена дана робота різного часу займалися: Дж. Чілокотт [1], Н. Кобаяси [2], А. Хільман [4], П. Танланчук [8], О. Собкевич [9] та інші.

**ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ
ДОСЛІДЖЕННЯ З ПОВНИМ
ОБГРУНТУВАННЯМ ОТРИМАНІХ
НАУКОВИХ РЕЗУЛЬТАТІВ**

Нанотехнології відносяться до нового покоління проблемних інновацій, що володіють усіма основними властивостями інновації, з метою фінансування характеризуються як "виключно високо затратні інновації з невизначеним потенціалом і дуже високими ризиками" [1] зважаючи на складність проходження шляху: від лабораторних досліджень до випуску комерційних продуктів. Нанотехнології мають практично необмежену сферу застосування — від аерокосмосу до видобутку нафти, тому вони являють собою базис для абсолютно нового етапу розвитку економіки країни [2].

Зазначимо, що основними критеріями оцінки нанотехнологічного або інноваційного рівня промислових підприємств є: критерії якості й конкурентоспроможності продукції; наукомісткості виробництва; інноваційності; техніко-економічного рівня продукції; оновлення, самоокупності та експортоспроможності продукції, а також, показник технологічного розриву. Саме виявлення основних тенденцій та проблем у зазначених сферах і є комплексною оцінкою за наведеними критеріями.

Дослідницька компанія Lux Research виділяє три фази розвитку нанотехнологій у світі [3]:

- фаза 1 (до 2004 р.): часткове застосування нанотехнологій тільки у високотехнологічних продуктах;
- фаза 2 (2005—2009 рр.): прорив у нанотехнологічних інноваціях при домінуванні наноелектроніки;
- фаза 3 (2010 р. та далі): широкомасштабне поширення нанотехнологій, особливо, в медицині та фармацевтиці.

Сучасний світовий ринок нанотехнологій оцінюється від 30 до 100 млн дол. / рік [4], при цьому його вважають одним з найбільш швидкозростаючих у світі. За оцінкою Національного Наукового Фонду США (2010 рік), до 2016 року оборот світового ринку нанотехнологій складе 1 трлн дол. / рік [3]. Так, аналізуючи останні дані за 2015 р., по-

Таблиця 1. Співвідношення кількості нанотехнологічних компаній в країнах світу в 2015 р.

Країна	Нанотехнологічні компанії, шт	Кількість малих нанотехнологічних компаній (менш ніж 50 співробітників), шт	Відсоток малих нанотехнологічних компаній, %
1	2	3	4
США	10 341	7 531	72,8
Німеччина	1 110	800	75,0
Франція	649	435	67,0
Корея	504	312	61,9
Мексика	188	106	56,4
Швейцарія	141	76	53,9
Італія	136	67	49,3
Бельгія	125	66	52,8
Бразилія	121	21	17,4
Фінляндія	98	58	59,2
Ірландія	79	56	70,9
Польща	71	34	47,9
Норвегія	69	30	43,5
Чеська Республіка	64	30	46,9
Данія	54	40	74,1
Португалія	31	21	67,7
Словенія	15	6	40,0
ПАР	10	2	20,0
Словачія	5	4	80,0

Джерело: складено авторами на основі [4].

рівняно з 2013 р., кількість нанотехнологічних компаній у різних країнах світу збільшилась майже в 3 рази (табл. 1).

Світова наноіндустрія є порівняно молодим сектором економіки. Про динаміку її розвитку можна судити на основі бази NanoInvestorNews, що містить дані по компаніям у світовому секторі нанотехнологій (рис. 1).

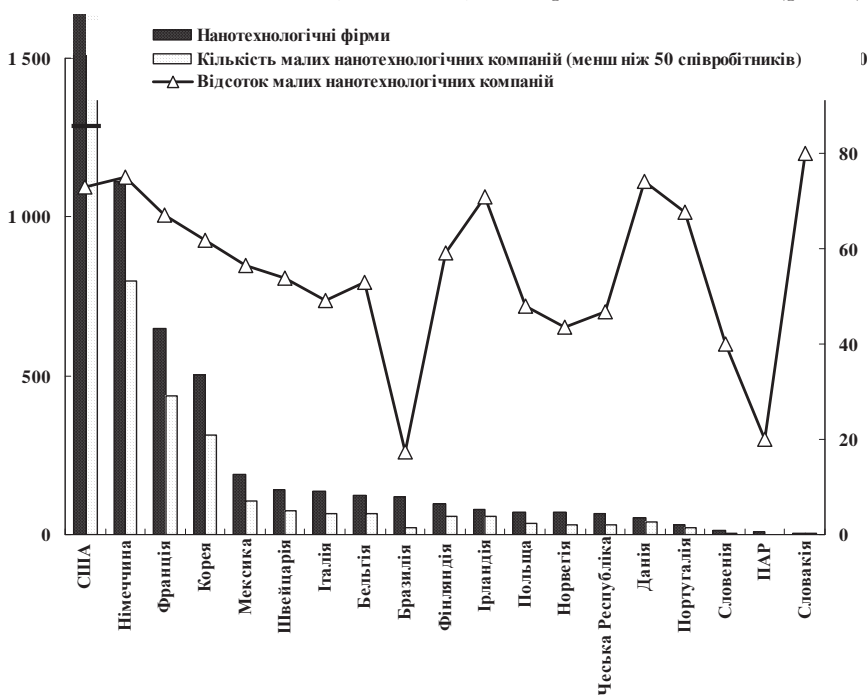


Рис. 1. Кількість великих і малих нанотехнологічних компаній в різних країнах світу, 2015 р.

Джерело: розроблено авторами на основі [4].

Аналізуючи дані за 2015 р., можна побачити, що лідером за кількістю нанотехнологічних компаній є США — 10341 компанія, із значним відривом друге місце посідає Німеччина, яка є лідером серед країн членів ЄС — 1110 компаній [4].

Як правило, оборот у компанії у секторі нанотехнологій невеликий — це малі або середні компанії. Так, у Німеччині близько 60 % компаній мають оборот менше 10 млн дол. США (станом на 2013 рік), у США, навпаки, розмір компаній від 10 до 500 млн дол. Інтерес представляє Японія, у якій більшість компаній має обсяг обороту вище 500 млн дол. Станом на 2013 р. приблизно одна третина компаній займалася розробками в галузі наноматеріалів, інша третина — в сфері нанобіотехнологій. Решта компаній були активні в сфері наноприладів (nanodevices) і Наноінструменти (nanotools) [5]. Насамперед, такий стрімкий розвиток нанотехнологій пов'язаний із розробкою та впровадженням національних програм розвитку у цій сфері. Зауважимо, що національні програми з розвитку нанотехнологій прийняті більше, ніж у 50 країнах світу. Найуспішнішими прикладами є:

1. США — "Національна нанотехнологічна ініціатива (ННІ)". Дана програма була створена для підтримки розвитку науки, техніки та технологій, дослідження і розробки нанорозмірних проектів. ННІ служить центральною точкою взаємодії, співробітництва, а також співпраці для всіх федеральних відомств, що займаються нанотехнологічними дослідженнями, об'єднуючи знання, що необхідні для просування цієї широкої та складної сфери [6]. Основні цілі програми: просування нанотехнологічних досліджень і розробок (R&D) у світі; сприяння передачі нових технологій у продукції для комерційного та суспільного блага; розвиток і підтримка освітніх ресурсів, кваліфікованої робочої сили, а також, інфраструктури та необхідних інструментів для просування нанотехнологій; сприяння нанотехнологічному розвитку через підписання нових програм.

2. ЄС — "Стратегія розвитку нанотехнологій у Європейському Союзі" та "Нанобезпека в Європі 2015—2025 рр.". Дані програми являють собою план дій з розвитку нанотехнологічної сфери ЄС. Це підкреслює стратегічну важливість нанотехнологій для Європи, а також, способи, в яких нанотехнології можуть поліпшити якість життя і економічний добробут європейців, зробивши значний внесок у здоров'я, навколишнє середовище та, зокрема, безпеку. Слід зауважити, що, також, була розроблена нова програма ЄС з досліджень та інновацій "Горизонт 2020" [7]. Це рамкова програма з наукових досліджень та інновацій, яка створена Європейським Союзом з метою реалізації флагманської ініціативи розвитку інновацій та нанотехнологій в ЄС, заохочуючи і підтримуючи спільні R&D та конкурентоспроможні інновації EU39. Програма буде працювати з 2014 до 2020 року і має бюджет у 80 млрд євро. Дана програма являється одним з найбільших науково-дослідних фондів, відкритих для всього світу.

3. Японія — "Державна програма розвитку нанотехнологій у Японії"; Азіатські країни — державні програми зі створення центрів з питань нанотехнологій та фінансування пріоритетних інноваційних проектів. Насамперед, такі програми були направлені на підтримку регіонів, що мають певний потенціал для розвитку кластерів "світового класу". Нанотехнологічні кластери були територіально розташовані поблизу дослідних інститутів, таких як університети та науково-дослідні інститути, що працюють у сфері R&D з компаніями, малими та середніми підприємствами, а також венчурним бізнесом. Прикладами таких кластерів є: Кіотський нанотехнологічний кластер, Нагано, Хамамацу, Аїті / Нагоя.

Власні нанопрограми реалізують практично усі корпорації — світові лідери у галузі наноелектроніки: IBM, Hewlett-Packard, Hitachi, Lucent, Mitsubishi, Motorola,

NEC, 3M та багато інших. Науковці твердять, що обсяги інвестування у сферу нанотехнологій у цих компаній у найближчі часи сягнуть 50 % від загального. Сьогодні усі компанії без винятку, які входять у Fortune 500, фінансують НДДКР у галузі нанотехнологій [8, с. 3].

Слід зазначити, що успіх будь-якого нанотехнологічного сектора економіки залежить від ефективності взаємодії двох секторів: наукового та підприємницького. Підприємницький сектор здійснює застосування наукових знань у виробництві нових товарів, які мають цінність для кінцевого споживача. При цьому основним стимулом для використання нових технологій підприємцем є можливість отримання максимального прибутку за рахунок володіння монополією на новий продукт. Ця монополія перебуває під постійною загрозою того, що конкуренти скопіюють розроблену технологію. Тому в більшості країн право на застосування нової технології закріплюється у вигляді патенту та охороняється законодавством із захисту інтелектуальної власності.

Світовий досвід показує, що сектор нанотехнологій отримує від держави тільки початковий імпульс для розвитку, інше робить приватний бізнес. Так, у США, Японії, Південної Кореї з 2000 по 2014 рр. приватні інвестиції в наноіндустрію зросли в 10 разів. При цьому першість належить найбільшим транснаціональним корпораціям. У США лідерами є IBM і Hewlett-Packard. У Південній Кореї — це Samsung Electronics [5].

На жаль, у нашій країні неповною мірою розроблено спеціальне законодавство стосовно нанотехнологій. Інноваційне законодавство виконує функцію своєрідного полігону для відпрацювання нових категорій права інтелектуальної власності та високих технологій, що можуть бути складовими в переліку вже закріплених законодавством об'єктів. Розвиток важливих напрямів інноваційної діяльності у промисловості має забезпечуватися завдяки реалізації відповідних державних програм [9]. На сьогодні у сфері інноваційного розвитку промислового сектору України реалізуються програми, які наведено у таблиці 2.

Таким чином, реалізація державних програм у сфері інноваційної діяльності та розвитку нанотехнологій стає важливою через відсутність постійного державного фінансування та ефективних механізмів залучення коштів приватних інвесторів.

Саме тому, на нашу думку, слід залучати венчурні інвестиційні фонди. Яскравим прикладом такого фінансування інноваційних проектів є конкурс "Sikorsky Challenge", який був створений на базі НТУУ "КПІ" та Наукового парку "Київська політехніка" [11]. Він спрямований на виявлення кращих інноваційних проектів вітчизняної молоді, наукової та бізнес-спільноти та стимулювання інноваційного підприємництва і процесів комерціалізації результатів наукових досліджень. Саме така організація вдало поєднує в собі генерацію нових інноваційних ідей, запуск та розвиток відповідних стартапів, а також, трансфер технологій.

Автори стартапів можуть розраховувати на різні форми фінансування від Фонду, а саме: венчурні інвестиції, seed investments, онлайн-краудфандінг. Також, авторські колективи проектів-переможців конкурсу інноваційних проектів "Sikorsky Challenge" отримують можливість реалізувати свої проекти в середовищі Наукового парку "Київська політехніка" за підтримки грантових і венчурних фондів. Фестиваль проходить за фінансової підтримки "Президентського фонду Леоніда Кучми "Україна", Міжнародної інвестиційної компанії Noosphere, інвестиційної компанії I Land Management, венчурних фондів ім. В. С. Міхалевича, Kalinin Invention Fund, Sikorsky Challenge Ventures Fund, AVentures, Detonate Ventures, корпорації Intel, Благодійного фонду України "Відкриті серця", Незалежної асоціації банків України, CRDF Global та ряду міжнародних компаній. Так, у минулому році, лауреати конкурсу отримали більше 23 млн грн. інвестицій на реалі-

зацію своїх проєктів. Таким чином, саме аналогічні конкурси та фестивалі зможуть допомогти в реалізації програм у сфері інноваційної діяльності та розвитку нанотехнологій через підтримку талановитої молоді та їх стартапів.

ВИСНОВКИ

Підсумовуючи усе вищезазначене, можна сказати, що успіх будь-якого інноваційного сектора економіки залежить від ефективності взаємодії двох секторів: наукового та підприємницького. Саме тому, для країн лідерів стратегічний характер розвитку світового ринку нанотехнологій сприяв прийняттю власних програм розвитку у цій сфері. Таким чином, національні програми з розвитку нанотехнологій прийняті більше, ніж 50 країн світу. В Україні також були розроблені та прийняті державні програми у сфері інноваційного розвитку. Зокрема це: "Державна цільова науково-технічна програма розроблення новітніх технологій створення вітчизняних лікарських засобів для забезпечення охорони здоров'я людини та задоволення потреб ветеринарної медицини на 2011 — 2015 рр." та "Програма розвитку інвестиційної та інноваційної діяльності в Україні — 2015 р.". Однак реалізація даних програм здійснюється лише частково через брак державного фінансування.

Таким чином, інституційне забезпечення державної інноваційної політики у нанотехнологічному секторі має сприяти розвитку відповідних складових інноваційного процесу. Насамперед, державна підтримка нанотехнологічного розвитку країни повинна бути направлена на підтримку та здійснення наукових досліджень та розробок; налагодити організаційну та фінансову підтримку нанотехнологічних та інноваційних підприємств, а також, створити систему трансферу технологій з метою їх комерціалізації, спираючись на досвід провідних країн світу. Саме для цього ефективним буде створювати та розвивати такі конкурси або фестивалі інноваційних проєктів, як, наприклад, "Sikorsky Challenge".

Література:

1. Chilcott J. Nanotechnology: Commercial Opportunity / J. Chilcott, A. Jones, M. Mitchell // London: Evolution Capital Ltd., 2001 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://tuta.aalto.fi/fi/tutkimus/strateginen_johdaminen_julkaisut/tyopaperit/meyer_wp_2006_1.pdf
2. Кобаяси Н. Введение в нанотехнологию / Н. Кобаяси. — М.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2007. — 134 с.
3. Hullman A. The Economic Development of Nanotechnology — An Indicators Based Analysis / A. Hullman // — European Commission. — DG Research. — 2006 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/nanoarticle_hullmann_nov2006.pdf
4. Statnano [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://statnano.com/>
5. Воробьев П.В. Экономические аспекты развития нанотехнологий в условиях глобализации / П.В. Воробьев [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://ecomind.narod.ru/Publications/VorobyevPV-Nanotechnology Globalization.pdf>
6. National Nanotechnology Initiative [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.nano.gov/>
7. Horizon 2020 — The Framework Programme for Research and Innovation (2014—2020) [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [http://ec.europa.eu/research/horizon2020/pdf/proposals/com\(2011\)_809_final.pdf](http://ec.europa.eu/research/horizon2020/pdf/proposals/com(2011)_809_final.pdf)
8. Таланчук П. Становлення й розвиток нанотехнологій у світі і в Україні: використання інтелектуального капіталу, тенденції розвитку / П. Таланчук, В. Малишев. — К.: Газета "Університет "Україна" — 2009. — № 10—11. — С. 3—5.

Таблиця 2. Державні програми у сфері інноваційного розвитку промислового сектору*

Назва програми	Документ, яким затверджено програму	Термін виконання програми
1	2	3
Державна цільова науково-технічна програма «Нанотехнології та наноматеріали» на 2010-2014 рр.	Постанова КМУ № 1231 від 28.10.2009 р.	2010-2014 рр.
Програма розвитку інвестиційної та інноваційної діяльності в Україні	Постанова КМУ № 389 від 02.02.2011 р.	2011-2015 рр.
Державна цільова науково-технічна програма розроблення новітніх технологій створення вітчизняних лікарських засобів для забезпечення охорони здоров'я людини та задоволення потреб ветеринарної медицини на 2011–2015 рр.	Постанова КМУ № 725 від 22.06.2011 р.	2011-2015 рр.

Джерело: систематизовано авторами за даними Державної служби статистики України [10]

9. Собкевич О.В. Інноваційний розвиток промисловості як складова структурної трансформації економіки України / О.В. Собкевич. — К.: НІСД, 2013. — 71 с.

10. Державна служба статистики України [Електронний ресурс] — Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/>

11. Конкурс інноваційних проєктів "Sikorsky Challenge" [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://startup.kpi.ua/sc2015/>

References:

1. Chilcott, J. Jones, A. and Mitchell, M. (2001), Nanotechnology: Commercial Opportunity, London: Evolution Capital Ltd., available at: http://tuta.aalto.fi/fi/tutkimus/strateginen_johdaminen_julkaisut/tyopaperit/meyer_wp_2006_1.pdf (Accessed 4 September 2015).
2. Kobayashi, N. (2007), Vvedenie v nanotekhnologiju [Introduction to Nanotechnology], Moscow: Binom.
3. Hullman, A. (2006), The Economic Development of Nanotechnology — An Indicators Based Analysis. European Commission. DG Research., available at: ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/nanoarticle_hullmann_nov2006.pdf (Accessed 28 September 2015).
4. Statnano, available at: <http://statnano.com/>. (Accessed 1 October 2015).
5. Vorob'ev, P.V. (2008), "Economic aspects of nanotechnology development in terms of globalization", Problemy sovremennoj jekonomiki [Online], vol. 1, available at: <http://ecomind.narod.ru/Publications/VorobyevPV-Nanotechnology Globalization.pdf> (Accessed 20 September 2015).
6. National Nanotechnology Initiative, available at: <http://www.nano.gov/> (Accessed 10 October 2015).
7. Horizon 2020 — The Framework Programme for Research and Innovation (2014—2020), available at: [http://ec.europa.eu/research/horizon_2020/pdf/proposals/com\(2011\)_809_final.pdf](http://ec.europa.eu/research/horizon_2020/pdf/proposals/com(2011)_809_final.pdf). (Accessed 11 September 2015).
8. Talanchuk, P. and Malyshev, V. (2009), "Formation and development of nanotechnology in the world and in Ukraine: the use of intellectual capital trends", Hazeta "Universytet "Ukraina", vol. 10—11, pp. 3—5.
9. Sobkevych, A.V. (2013), Innovatsijnyj rozvytok promyslovosti iak skladova strukturnoi transformatsii ekonomiky Ukrainy [Innovative development of the industry as part of the structural transformation of the economy of Ukraine], NISS, Kyiv, Ukraine.
10. The State Statistics Service of Ukraine, available at: <http://www.ukrstat.gov.ua/> (Accessed 19 September 2015).
11. Competition of innovative projects "Sikorsky Challenge", available at: <http://startup.kpi.ua/sc2015/>. (Accessed 17 October 2015).

Стаття надійшла до редакції 19.10.2015 р.