

Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького

Scientific Messenger of Lviv National University
of Veterinary Medicine and Biotechnologies

ISSN 2519–268X print
ISSN 2518–1327 online

doi: 10.32718/nvlvet9102
<http://nvlvet.com.ua/>

UDC 355.577

DARPA programs and biological technologies – in the interests of national security

K.V. Marinicheva, L.V. Pchelinskaya, D.A. Zubritsky

Research Center of the Armed Forces of Ukraine “State Oceanarium”, Odessa, Ukraine

Article info

Received 16.07.2018
Received in revised form
20.08.2018
Accepted 21.08.2018

Research Center of the Armed
Forces of Ukraine “State
Oceanarium”, st. Fontanka road,
b. 4, Odessa, 65009, Ukraine.
Tel.: +38-067-997-43-54
E-mail: k.marinicheva@ukr.net

Marinicheva, K.V., Pchelinskaya, L.V., & Zubritsky, D.A. (2018). Darpa programs and biological technologies – in the interests of national security. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, 20(91), 9–13. doi: 10.32718/nvlvet9102

The purpose of our article is to review and analyze the main areas, projects and developments in the management of promising research projects of the US Department of Defense DARPA. The dynamics of funding revealed an increase in interest in such areas as materials technology and biotechnology, promising aerospace systems, technology centric armed struggle, etc. The object of the research is – the development of the DARPA agency, and its influence on world scientific activity. As a subject of research in the article the possibilities of the DARPA Biological Technology Department and the perspective directions of research are considered. The Agency for Advanced Defense Research Projects DARPA (USA) was established in 1958. Over the past decade, success has led to the creation of analogues of this organizational structure in other countries: DRDO (India), MAFAT (Israel), SASTIND (China), GDA (France). DARPA Technology Priorities for 2020: 1. human technology; 2. technology of robotics; 3. network technologies; 5. technologies of automatic switching of events of real and virtual worlds; 6. technologies of integration and mutual empowerment of human and computer networks; 7. integrated network technologies for the transformation of the real world through the interaction of man and robots. In 2014, DARPA announced the creation of a new department – Biological Technology. The Department of Biological Technologies (DBT) is created to study the complex mechanisms of natural processes, and to implement their use in solving the problems of national defense. The task of DBT is to put biology at the service of national security. Among the priorities of the new department: 1) Survivability and ability to survive military service; 2) Synthetic biology of animals and living systems; 3) Integration of biochemical and omics data on human health. A feature of the direct line will be the overcoming of moral and ethical constraints on the way to improving the physical and intellectual abilities of a person. The appearance in Ukraine of the DARPA analogue is of the utmost importance for future technological development. Such a structure, called GARDA, should become a platform that brings together developers, startups, investment funds and military. The GARDA project was developed last year, but it requires professional expertise, resources, and serious political support at the government level. The creation in Ukraine of the domestic prototype of the DARPA Agency has a number of prerequisites: 1) the presence of high-tech institutions in the areas of defense and dual use; 2) the need for technological advantages of the Armed Forces of Ukraine and other armed formations of the state; 3) the importance of high-tech export on the world market of armaments and consolidation of the image of Ukraine as a high-tech state.

Key words: national security, biological technologies, DARPA, neurotechnologies, synthetic biology, GARDA, department of biological technologies, Ukroboronprom.

Програми DARPA та біологічні технології – в інтересах національної безпеки

К.В. Марінічева, Л.В. Пчелінська, Д.О. Зубрицький

Науково-дослідний центр Збройних сил України “Державний океанаріум”, м. Одеса, Україна

Метою нашої статті є розгляд та аналіз основних напрямків, проектів і розробок управління перспективних дослідницьких проектів Міністерства оборони США DARPA. З динаміки фінансування виявлено зростання інтересу до таких напрямків, як технології матеріалів і біотехнології, перспективні аерокосмічні системи, технології мережецентричної збройної боротьби і т. п. Об'єктом дослідження є – розвиток агентства DARPA, та його вплив на світову наукову діяльність. Як предмет дослідження в статті розгля-

нито можливості відділу біологічних технологій DARPA та перспективні напрями досліджень. Агентство передових оборонних дослідницьких проектів DARPA (США) було створено в 1958 році. За останні десятиліття досягнуті успіхи стали причиною створення аналогів цієї організаційної структури в інших країнах: DRDO (Індія), MAFAT (Ізраїль), SASTIND (Китай), GDA (Франція). Технологічні пріоритети DARPA до 2020 року: 1. технології людини; 2. технології робототехніки; 3. мережеві технології; 5. технології автоматичної комутації подій реального та віртуального світів; 6. технології інтеграції і взаємного посилення можливостей людини і комп'ютерних мереж; 7. інтегровані мережеві технології перетворення реального світу за рахунок взаємодії людини і роботів. У 2014 році DARPA оголосила про створення нового відділу – Біологічних технологій. Відділ біологічних технологій (ББТ) створений для вивчення складних механізмів природних процесів, і реалізації їх використання в рішенні задач національної оборони. Завдання ББТ – поставити біологію на службу національній безпеці. Серед пріоритетів нового відділу: 1) надвитривалість і здатність до виживання військовослужбовців; 2) синтетична біологія тварин і живих систем; 3) інтеграція біохімічних і омічних даних про здоров'я людини. Особливістю напрямку стане подолання морально-етичних обмежень на шляху поліпшення фізичних та інтелектуальних здібностей людини. Поява в Україні аналогу DARPA має виключне значення для майбутнього технологічного розвитку. Така структура під назвою GARDA має стати майданчиком, який об'єднає розробників, стартапи, інвестиційні фонди і військових. Проект щодо створення GARDA розроблений минулого року, але для його реалізації потрібна професійна експертиза, ресурси, серйозна політична підтримка на рівні уряду. Створення в Україні вітчизняного прототипу Агентства DARPA має низку передумов: 1) наявність високотехнологічних закладів у сферах оборони та подвійного призначення; 2) необхідність технологічних переваг Збройних сил України та інших збройних формувань держави; 3) важливість високотехнологічного експорту на світовому ринку озброєнь та закріплення іміджу України як високотехнологічної держави.

Ключові слова: національна безпека, біологічні технології, DARPA, нейротехнології, синтетична біологія, GARDA, відділ біологічних технологій, Укроборонпром.

Вступ

Створення небачених раніше технологій, як правило, являється важкою для людського розуму проблемою – уявити собі те, чого раніше ніколи не існувало. Творчість – абсолютно особливий вид діяльності людини, що не піддається жорсткій формалізації і вимагає особливих умов, а технічна творчість і наукова думка – тим більше. Втілення найсмівливіших ідей вимагає не тільки зухвалості і волі однієї людини, а й певного середовища для можливості плідної роботи. Таке середовище не утворюється саме по собі – необхідна рушійна сила, що організує простір в своєму оточенні. На практиці ця рушійна сила може бути реалізована у формі системних агентств перспективних досліджень – небачених “машин наукових революцій”, завдання яких побачити і зрозуміти те, що ще ніхто і ніколи не бачив. По суті, це створення “технологічного чуда”, поставлене на потік (Altman, 2008).

Метою нашої статті є розглянути та проаналізувати основні напрями, проекти і розробки управління перспективних дослідницьких проектів Міністерства оборони США DARPA. З динаміки фінансування виявлено зростання інтересу до деяких напрямів, таких, як технології матеріалів і біотехнології, перспективні аерокосмічні системи, технології мережецентричної збройної боротьби і т. п.

Один із найцікавіших, на нашу думку, напрямів роботи DARPA є біологія – розробка проривних технологій для здолання інфекційних захворювань, прискорення прогресу у синтетичній біології та вивчення нових нейротехнологій.

На теперішній час на перший план виходять фундаментальні дослідження в області інформаційно-комунікаційних технологій, нанотехнологій і матеріалів, біомедицини, когнітивних технологій, універсальних систем зв'язку, систем інтелектуального аналізу даних, інформаційної безпеки та нової електроніки.

Проведений аналіз програм DARPA надає можливість визначити реалізацію створюваних технологій в декількох конкретних напрямках – підпорядкування тіла людини його намірам, розширення можливостей людини в реальному світі за рахунок робототехнічних

засобів, використання людиною віртуального світу як повністю керованої частини, “доповненої реально” (Suvorov et al., 2015; Klabukov et al., 2015).

Об'єктом дослідження є – розвиток агентства DARPA, та його вплив на світову наукову діяльність. Як предмет дослідження в статті розглянуто можливості відділу біологічних технологій та перспективні напрями досліджень.

Матеріал та методи досліджень

Прототипи таких організацій були відомі з давніх часів – школи в Стародавній Греції, гурток Леонардо-да-Вінчі, Французька академія наук, Німецький Генеральний штаб кінця XIX століття. Вони об'єднували абсолютно певний тип людей, кожен етап розвитку такої організації вимагав залучення все більшої кількості все більш різнобічних учасників.

Найвідомішою організацією з цього “супертехнологічного пулу” є Агентство передових оборонних дослідницьких проектів DARPA (США). Воно було створено в 1958 році, коли національні еліти Сполучених Штатів перебували в панічному жаху від того, що відбувається в Радянському Союзі – народження космічної індустрії. Сьогодні DARPA ставить перед собою завдання досягнення і підтримки технологічної переваги та запобігання раптової появи в світі несподіваних для Збройних сил США новітніх військових засобів боротьби. За останні десятиліття феномен DARPA і досягнуті успіхи стали причиною створення аналогів цієї організаційної структури і в інших країнах. Наприклад, DRDO (Індія), MAFAT (Ізраїль), SASTIND (Китай), GDA (Франція).

Американське Агентство передових оборонних дослідницьких проектів (DARPA) щороку надає кілька десятків новин, які з часом набувають реальних обрисів і нікого не може залишити байдужим факт відсутності в Україні навіть близького за духом аналога DARPA. Дивний той факт, що наша новітня історія ще не знає прикладів успішного створення таких агентств.

Вперше за 4 роки, 1 квітня 2014 року DARPA оголосила про створення нового відділу – Біологічних технологій, який являється зразком мінливих пріоритетів агентства. Відділ біологічних технологій (ВБТ) створений для вивчення складних механізмів природних процесів, і реалізації їх використання в рішенні задач національної оборони. Починаючи з цього дня, біологія займе своє місце серед основних наук, які визначають майбутнє військової техніки.

За напрямом фундаментальних досліджень “Екстерені технології медичної допомоги” були оголошені дві нові програми – “Використання біологічних систем” і “Аналіз та адаптація виживання людини”. Продовжується робота за програмою “Масштабоване застосування біологічної складності” (Applying Biological Complexity at Scale)

Програма “Використання біологічних систем” (Harnessing Biological Systems) пропонує скористатися еволюційними досягненнями природи, замість наслідування їй. Наприклад, розробка засобів боротьби зі стійкими до антибіотиків патогенними бактеріями за рахунок використання бактерій-хижаків, безпечних для людини. Однак мета програми виходить за межі цього завдання. У програмі вивчаються корисні природні механізми і функції, еволюційному вдосконаленню яких в прикладних цілях могла б посприяти людина. У майбутньому році на програму буде виділено 10,103 мільйона доларів.

Програма “Аналіз та адаптація виживання людини” (Analytics and Adaptation of Human Resilience) спрямована на вивчення генетики життєздатних тварин і природи їх фізіологічної відповіді на несприятливі фактори навколишнього середовища, такі як інфекційні захворювання. Метою програми є виявлення нових постгеномних методів аналізу геномних і постгеномних (транскриптомних і метаболомних) даних для забезпечення виживання людини в умовах впливу небезпечних для здоров’я чинників. У майбутньому році на програму виділено 13,041 мільйона доларів.

Програма “Масштабоване застосування біологічної складності” (Applying Biological Complexity at Scale) передбачає визначення мішеней нового типу для терапії інфекційних захворювань – заснованих на біологічній взаємодії і міжклітинних комунікаціях. В рамках програми заплановані роботи по виявленню стабільних і варіабельних ділянок геному інфекційних агентів, виявлення зв’язків між складом мікробіоти людини і її здоров’ям або катаболізмом. У майбутньому році на програму виділено 10 мільйонів доларів.

Сучасна синтетична (системна) біологія являє собою інженерний інструментарій для проектування функціональних і керованих живих систем із заданими властивостями – енергетичного, промислового і виробничого характеру (рис. 1).

Яскравою PR-подією цього напрямку стало створення в 2010 р. американським біологом Крейгом Вентером першої клітини з штучно синтезованим геномом, змодельованих *in silico*. Значно менше уваги отримали роботи по вивченню подій регуляції транскрипції і трансляції в клітинах, що дозволяють створювати “живі логічні схеми”.

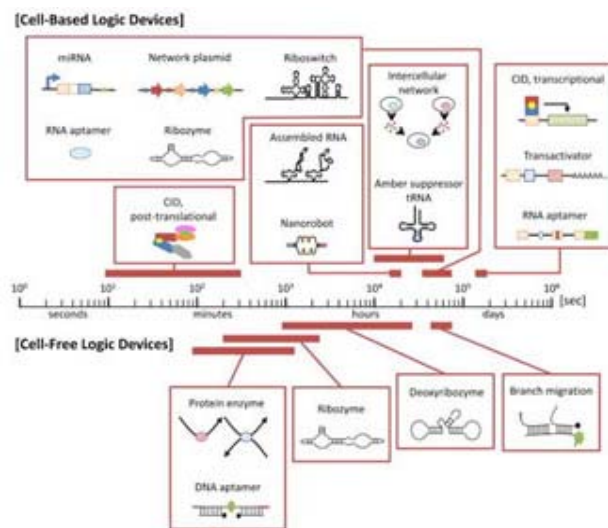


Рис. 1. Інструментарій інженерного біолога: компоненти і приблизний час їх активації для створення клітинних і безклітинних логічних пристроїв на основі біологічних молекул (MiyamotoT, etc., 2013).

Подібні роботи, що мають відношення швидше до реалізації алгоритмів, ніж до генної інженерії, привернули увагу корпорацій (BBN Technologies Raytheon, Autodesk, DuPont, Lockheed Martin і ін.).

Початковий портфель програм ВБТ містить в собі програми, передані з відділів DSO і МТО, так і нові – наприклад, НАРТИХ, яка передбачає створення систем протезування і надійних нейроінтерфейсів. Перспективні програми будуть розроблені на основі ідей керівників програм та за рахунок комунікацій з науковим співтовариством. До створення ВБТ в DARPA працювала жменька біологів, неврологів і інженерів, зацікавлених в синтезі результатів своєї роботи, але розподілених по різних відділах.

Завдання ВБТ – поставити біологію на службу національної безпеки. Пріоритетним напрямком стало підвищення виживаності військовослужбовців, які отримали важку травму. За даними Інституту хірургічних досліджень армії США, основна причина смерті бійців на полі бою – врата крові. Особливо актуальна розробка засобів, що вводяться всередину у випадку сильної внутрішньої кровотечі, які підвищують згортання крові, і уможливають госпіталізацію потерпілого.

Оборонні дослідження:

Програма Bio Interfaces. Створення нових систем моделювання розвитку біологічних процесів. Програма досліджує вивчення проблеми часу в біологічних системах, зокрема циркадних ритмів. Передбачається, що знайдені закономірності повинні знайти своє застосування в таких напрямках:

- 1) створення інженерних штамів мікроорганізмів для виробництва біопалива;
- 2) створення тестів для визначення циркадних ритмів людини по краплі крові;
- 3) комп’ютерне моделювання клітин, перш за все клітинної динаміки.

Програма Quantitative Models of the Brain (QMOB). Кількісні моделі мозку. Найважливіше значення для

розвитку неврології має можливість виявляти з трансформаційних змін в мозку на клітинному і на мережевому рівні, виведені під час формування нових, ієрархічно організованих спогадів і класів пам'яті, і віднести ці зміни з функцією пам'яті тварин під час виконання поведінкових завдань. Програма QMOV передбачає створення функціональної математичної основи, на якій в подальшому можуть будуватися досягнення в галузях когнітивної неврології, підвищення обчислювальних можливостей обробки сигналів. Зокрема, проведуться кількісні дослідження просторово-часових паттернів нейрохімічної активності, що лежить в основі формування пам'яті, а також використання отриманих паттернів для моделювання ієрархічної організації пам'яті і демонстрації працездатності схеми на клітинних моделях.

Результати та їх обговорення

Під контроль нового відділу (ВТБ) повністю переходить програма по розробці передових протезів. Вона була запущена в 2006 році і має багатообіцяючу назву – “революційне протезування”. Розробки в галузі управління протезом з використанням нейроінтерфейсів – тобто зусилля думки за останній час, зробили великий крок вперед. Досягнення в технології кортикальних мікроелектродів зробили зв'язок нервової системи і кібернетичних частин тіла настільки міцним, що роботизованому протезу доступні складні комбінації рухів, які мало відрізняються від рухливості біологічних кінцівок. Однак нейрофізіологи працюють над тим, щоб сигнал йшов в обох напрямках – щоб протез не тільки контролювався розумом, а й сам відсилав тактильні сигнали назад нервовій системі, викликаючи відчуття справжнього фізичного дотику.

З метою підвищення виживаності солдат за допомогою методів реабілітації ведуться дослідження в області, що традиційно викликає колосальний інтерес і безліч питань, – вивчення особливостей нейронної роботи мозку. Відповіддю на фундаментальні питання, пов'язані з функціональними картами головного мозку, стане можливим відновлення втраченої в результаті черепно-мозкової травми пам'яті, зняття або полегшення посттравматичного стресового розладу, нормалізація поведінкових функцій. Перераховані фундаментальні дослідження будуть використані для створення портативного імплантату, що вживлюється в мозок військовослужбовця, який буде записувати весь обсяг спогадів. У разі сильної травми мозку імплантат відновлює спогади. Найбільш цікавим є те, що результати проведених досліджень мозку планується застосовувати не тільки для відновлення втрачених здібностей, але і поліпшення наявних, що не піддавалися порушенням, якостей військовослужбовця.

Для вдосконалення когнітивних якостей, важливих на полі бою, таких, як пам'ять, здобуття нових навичок, прийняття рішень, буде застосовуватися стимуляція гіпокампа. Наділення клітини функціями, раніше їй не властивими, стимуляція мозку – всі ці революційні втручання в живу природу ставлять перед людиною фундаментальні моральні питання: як дале-

ко ми готові зайти шляхом “поліпшення” людини? Де проходить межа індивідуальних якостей особистості, чи має людина право настільки розширювати набір цих якостей, чи не означає це фактично створювати нову особистість?

Обов'язково треба згадати про використання властивостей тварин, їх можливостей для маскування військової техніки та військового обладнання.

Для більш розширеного усвідомлення можливостей DARPA наведемо прогноз технологічних пріоритетів до 2020 року:

1. Технології людини
 - а) захист людства від невідомих раніше патогенів;
 - б) терапія нейротравм центральної нервової системи;
 - в) фундаментальні механізми старіння організму;
 - г) системи автоматизованого проектування живих істот.
2. Технології робототехніки
 - а) високоефективні транспортні засоби доставки персоналу і вантажів;
 - б) автономні операції роботів (підводні, наземні, повітряні);
 - в) енергозабезпеченість тривалих автономних дій;
 - г) навігація в умовах радіоелектронної протидії;
 - д) робототехнічний транспорт для повітряного і водного простору, пересіченої місцевості і шляхів загального користування.
3. Мережеві технології
 - а) обробка структурованих і неструктурованих даних величезних обсягів і значного різноманіття для отримання результатів, що усвідомлюються людиною;
 - б) програмні реалізації концепції “системи систем”;
 - в) гейміфікація управління операціями на бойовому просторі.
- 4 Технології інтеграції можливостей людини і робота для дій в реальному світі
 - а) роботи для зниження фізичного навантаження на людину;
 - б) автоматичні засоби моніторингу та корекції здоров'я;
 - в) розширення можливостей органів чуття за рахунок використання електронних сенсорних систем.
- 5 Технології автоматичної комутації подій реального та віртуального світів
 - а) групове управління “роєм” роботів;
 - б) “інформаційні мережі речей”;
 - в) адаптивні виробничі лінії і “мікрофабрики”
 - г) системи доповненої реальності і електростимуляції ЦНС
- 6 Технології інтеграції і взаємного посилення можливостей людини і комп'ютерних мереж
 - а) системи прискореного навчання людини;
 - б) системи підтримки прийняття рішень в науці та медицині;
 - в) системи штучного інтелекту в проведенні кібероперацій;
 - г) нестандартні апаратні засоби (нейроморфні чіпи, і ін.) обробки складноструктурованих даних.
- 7 Інтегровані мережеві технології перетворення реального світу за рахунок взаємодії людини і роботів

а) управління конфігурацією когніктома мозку людини і тварин;

б) єдиний бойовий простір (об'єднує як віртуальне, так і реальне) з універсальним протоколом проведення операцій;

в) автономна ресурснезалежна робототехніка і забезпечення інфраструктурою.

Поява в Україні аналогу DARPA мала б виключне значення для майбутнього технологічного розвитку. У вересні 2017 р. в ході I Всеукраїнського форуму приватних підприємств оборонної промисловості ректор Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського” Михайло Згуровський висловив думку про доцільність створення українського прототипу DARPA, який готував би системні рішення та здійснював відбір найкращих, найбільш перспективних оборонних технологій. До сфери діяльності такої структури могла б увійти й розбудова національної системи сертифікації озброєнь і військової техніки за стандартами НАТО.

У жовтні 2017 р. подібне питання обговорювали Віце-прем'єр-міністр з питань європейської та євроатлантичної інтеграції України Іванна Климпуш-Цинцадзе і радник Генерального директора Державного концерну “Укроборонпром” з питань довгострокового розвитку, колишній керівник DARPA Ентоні Тетер. Така структура під назвою GARDA має стати майданчиком, який об'єднує розробників, стартапи, інвестиційні фонди і військових. Проект щодо створення GARDA розроблений ще минулого року, але для його реалізації потрібна професійна експертиза, ресурси і серйозна політична підтримка на рівні уряду.

Агентство повинно створюватися не у складі ДК “Укроборонпром” або оборонного відомства, а як самостійний орган виконавчої влади зі спеціальним статусом, який буде займатися розподілом перспективних досліджень чи дослідно-конструкторських робіт, але не мати функції підготовки або розвитку виробництва.

Саме слово “гарда” означає захист руки від зброї супротивника. Агенція працюватиме над технологіями, які дозволять запобігати негативним викликам у майбутньому, наприклад, катастрофам. Організація шукатиме проривні можливості у різноманітних сферах життя. Впровадження таких технологій дозволить Україні випереджати у розвитку інші країни та захоплювати нові ринки. Планується, що GARDA буде працювати окремо від “Укроборонпрому”, вона буде підзвітна парламенту та уряду. Агенція буде шукати проблему, шляхи її вирішення, і потім надаватиме інформацію про це президенту України і Кабміну. Бюджет DARPA дорівнює кількості проектів, які вона веде. В США ці проекти затверджуються Конгресом, в Україні – парламентом, президентом, міністром оборони та міністром економіки”.

Висновки

Розвиток наукового прогресу неблаганний, співробітники відділу ВБТ, переносять нас у майбутнє. Відділ ВБТ покликаний дослідити все більш тісний перетин біології та фізики. Місією відділу є використання сили біологічних систем, застосування жорст-

ких інструментів інженерії та суміжних дисциплін, а також розробка наступного покоління технологій, які, натхнені досвідом, набутим в області наук про життя. Програми ВБТ будуть працювати в широкому діапазоні просторових і часових масштабів. Серед пріоритетів нового відділу:

1) надвтривалість і здатність до виживання військовослужбовців – найближчим часом будуть розглядатися проблеми забезпечення витривалості і стійкості до стресу до факторів зовнішнього впливу виключно за рахунок нервової регуляції органів і тканин, не зачіпаючи питання стійкості до стресу окремої клітини.

2) Синтетична біологія тварин і живих систем – створення нових штамів-продуцентів за рахунок проектування регуляторних ділянок ДНК прокариот серією підходів, інструментів і методів обробки структурованих і неструктурованих даних величезних обсягів і значного різноманіття для отримання людиною усвідомлюваних результатів.

3) Інтеграція біохімічних і оміксних даних про здоров'я людини – комплексна клінічна інтерпретація даних геномного, транскриптомного, метаболічного і протеомного аналізу, біохімічного складу біологічних рідин, вивчення впливу складу мікробіоти на імунну та інші системи, а також системне виявлення біомаркерів ранніх станів захворювань.

Особливістю наряду стане подолання морально-етичних обмежень на шляху поліпшення фізичних та інтелектуальних здібностей людини

Перспективи подальших досліджень. Переважна більшість фахівців у сфері безпеки, оборонної промисловості та економіки переконані, що створення в Україні вітчизняного прототипу Агентства передових оборонних дослідницьких проектів (DARPA) США може мати позитивний вплив на розвиток технологій, а у перспективі, й на розвиток усієї економіки. Для цього є низка передумов: 1) наявність високотехнологічних закладів у сферах оборони та подвійного призначення; 2) необхідність технологічних переваг Збройних сил України та інших збройних формувань держави; 3) важливість високотехнологічного експорту на світовому ринку озброєнь та закріплення іміджу України як високотехнологічної держави.

References

- Altman, Yu. (2008). *Viiskovi nanotekhnologii. Mozhlivosti zastosuvannia ta preventyvnoho kontroliu ozbroien.* 2-e vyd., Dop. i vypr. M.: Tekhnosfera (in Russian).
- Suvorov, A.E., Bocharov, L.Ju., Korchak, V.Ju., Tuzhikov, E.Z., Reulov, R.V., & Volkovskij, N.L. (2015). *DARPA i nauka Tret'ego rejha: oboronnye issledovanija CShA i Germanii.* M.: TEHNOSFERA. <http://www.technosfera.ru/lib/book/387?read=1> (in Ukrainian).
- Klabukov, I., Alekhin, M.D., Nekhina, A. (2014). *Issledovatel'skaja programma DARPA na 2015 god (Review of DARPA FY 2015 Research Programs)* SSRN. doi: 10.2139/ssrn.2439081 (in Ukrainian).