

Г.О. АНДРОЩУК, канд. екон. наук, доцент

## АДИТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ: ПЕРСПЕКТИВИ І ПРОБЛЕМИ 3D-ДРУКУ

**Резюме.** Адитивні технології або технології пошарового синтезу, 3D-друк — сьогодні один із найбільш динамічних напрямів “цифрового” виробництва. Проведений економіко-правовий аналіз показав, що вони дозволяють значно прискорити виконання НДДКР і вирішення задач підготовки виробництва, виготовлення продукції. Технології можуть збільшити в середньому на 23% прибутковість виробництва окремої одиниці продукції і зменшити бар’єри для організації виробництва на 90%. 3D-друк здатний здійснити революцію в багатьох сферах життя. За динамікою розвитку ринок адитивних технологій випереджає інші галузі виробництва. Водночас персональний 3D-друк потенційно викликає проблеми у вигляді великомасштабного порушення користувачами прав інтелектуальної власності. За оцінками фахівців, економічні збитки від використання 3D-друку, завдані інтелектуальній власності, до 2018 р. становитимуть 100 млрд доларів США. Відставання України від держав, що лідирують у цій галузі, продовжує наростати, особливо якщо взяти до уваги скоординовані зусилля урядів, промисловості та академічних інститутів країн-лідерів, спрямовані на поширення адитивного виробництва в промисловості. Впровадження цих технологій неможливе без інвестицій у фундаментальні й прикладні дослідження. Досвід інших країн показує, що таке завдання не може бути вирішене без істотної участі уряду і продуманих фінансових стимулів. Розвиток цієї наукомісткої галузі є основою технологічної безпеки і незалежності країни.

**Ключові слова:** адитивні технології, відкриті інновації, винахідницька активність, 3D-друк, інтелектуальна власність, патентний ландшафт.

*3D-друк потенційно може зробити революцію в тому, як ми робимо майже все.*

*Барак Обама,  
44-й президент США*

### ВСТУП

Винаходи третьої промислової революції стрімко увірвалися в наше повсякдення, змінивши попутно фундамент світової економіки та філософію ведення бізнесу. Вже зараз можна стверджувати, що розробки шостого технологічного укладу відкривають величезні перспективи та створюють передумови для вирішення глобальних проблем людства. Розвиток нанотехнологій, робототехніки, домінування цифрового середовища, перехід до відновлюваних джерел енергії та використання композитних матеріалів відкривають нові горизонти для комфортного існування людини та гармонії з природою, що сприятиме появі вільного часу і подальшому зміцненню духу інноваційного суспільства в розвинутих державах.

Флагманом передових досягнень є адитивне виробництво (АВ), іншими словами — 3D-друк. Адитивні технології (Additive Manufacturing — АМ) або технології пошарового синтезу сьогодні є одним із найбільш динамічних напрямів “цифрового” виробництва [1]. Вони дозволяють прискорити виконання НДДКР і вирішення задач підготовки виробництва, активно застосовуються і для виготовлення продукції.

### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Актуальність цього дослідження зумовлена потребою наукового осмислення значних соціально-економічних можливостей, змін і впливу 3D-промисловості й необхідністю розвитку цієї галузі в Україні, приведення національного законодавства відповідно вимогам часу. Вивченню окремих питань, зокрема, впливу 3D-друку на інноваційний розвиток, інтелектуальну власність, присвячені публікації іноземних учених. Зокрема, такі проблеми вивчали С. Бехтольд, А. Гурко, К. Джуелл, Б. Депортер, Д. Мендіс, Д. Колесников, В. Смірнов, С. Толкачов, Б. Токарев. Є праці вітчизняних науковців: Г. Андрощука, А. Гречко, Д. Дубова, О. Кронди, С. Чернишова, О. Штефан та інших. Але багатогранність і комплексність проблематики потребує подальших науково-технічних і економіко-правових досліджень.

**Метою статті** є генезис, аналіз стану та тенденцій розвитку адитивних технологій 3D-друку, дослідження їхнього впливу на економіку та галузі промисловості у світі і в Україні, патентного ландшафту, проблем інтелектуальної власності на ринку 3D-друку та шляхів їх вирішення.

### ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

**З історії індустрії.** Хоча про 3D-принтери стали активно говорити лише останніми роками, історія розвитку тривимірного друку налічує близько 30 років: перше застосування було за-

фіксовано в 1980-х роках. Родоначальником адитивних технологій вважається американець Чарльз Халл (Charles W. Hull), який у 1986 р. запатентував спосіб стереолітографії, заснував компанію 3D Systems і розробив перший 3D-принтер Stereolithography Apparatus. Термін “стереолітографія” був визначений Чарльзом Халлом в патенті від 1984 р. як “система генерування тривимірних об’єктів за рахунок пошарового формування”. Удосконаливши в 1988 р. колишню модель, компанія почала перше серійне виробництво 3D-принтерів SLA-250. Другою віхою розвитку 3D-друку стало відкриття в 1988 р. технології пошарового наплавлення FDM Скоттом Крампом і заснування ним же компанії Stratasys [2]. Спочатку терміну “3D-друк” не існувало, інноваційні технології називалися “швидке прототипування”. Новий термін з’явився в 1995 р. завдяки двом студентам Массачусетського технологічного інституту — Джиму Бредту і Тіму Андерсону. Вони придумали перебудувати роботу звичайного струменевого принтера так, щоб він робив об’ємне зображення в спеціальній ємності, після чого запатентували розробку і відкрили компанію Z Corporation. Ця технологія, в основі якої лежить пошарове склеювання порошку, нині використовується для промислового моделювання.

За стандартами ASTM (American Society for Testing and Materials) рекомендовано застосовувати два основні терміни — Additive Fabrication (AF), і Additive Manufacturing (AM), а також синоніми — additive processes, additive techniques, additive layer manufacturing, layer manufacturing і freeform fabrication, які можуть бути коректно перекладені як “адитивні технології”. Термін Rapid Prototyping або “швидке прототипування” рекомендовано вилучити з обігу, як такий, що втратив сенс розуміння сучасних адитивних технологій.

**Тенденції розвитку 3D-друку.** Розвиток наукомістких галузей і високих технологій є основою технологічної безпеки і незалежності країни. 3D-друк здатний здійснити революцію в багатьох сферах життя.

Ці нові технології можуть у середньому на 23% збільшити прибутковість виробництва окремої одиниці продукції і зменшити бар’єри для організації виробництва на 90%. Як тільки він став комерційно доступним, одразу ж вплинув на виробничі процеси в різних галузях промисловості. Нині існує широкий вибір методів адитивного виробництва (табл. 1). Основні відмінності полягають у методі нанесення шарів і використовуваних витратних матеріалах.

Таблиця 1

Основні методи адитивного виробництва

Метод	Технологія	Використовувані матеріали
Екструзійний	Моделювання методом пошарового наплавлення (FDM або FFF)	Термопластики (такі як полілактид (PLA), акрилонітрилбутадієнстирол (ABS) та ін.)
Дротовий	Виробництво довільних форм електронно-променевим плавленням (EBF)	Майже будь-які металеві сплави
Порошковий	Пряме лазерне спікання металів (DMLS)	Майже будь-які металеві сплави
	Електронно-променеве плавлення (EBM)	Титанові сплави
	Вибіркове лазерне плавлення (SLM)	Титанові сплави, кобальт-хромові сплави, нержавіюча сталь, алюміній
	Вибіркове теплове спікання (SHS)	Порошкові термопластики
	Вибіркове лазерне спікання (SLS)	Термопластики, металеві порошки, керамічні порошки
Струйний	Струйний тривимірний друк (3DP)	Гіпс, пластики, металеві порошки, піщані суміші
Ламінування	Виготовлення об’єктів методом ламінування	Папір, металева фольга, пластикова плівка
Полімеризація	Стереолітографія (SLA)	Фотополімери
	Цифрова світлодіодна проекція (DLP)	Фотополімери

Спочатку 3D-друк застосовували у швидкому процесі розробки прототипів. Інженери і промислові дизайнери використовували його, щоб прискорити проведення проектувальних і прототипних операцій, заощаджуючи час і гроші. З появою нових методів і видів сировини 3D-друк почали застосовувати у виробництві компонентів і готової продукції в різних секторах економіки, включаючи аерокосмічну, авіаційну та автомобільну промисловість, будівництво, промисловий дизайн, медичні вироби і сферу оборони [2]. 3D-друк використовується також для створення споживчих товарів: одягу, взуття, ювелірних виробів, окулярів та їжі. Компаніям у цих галузях 3D-друк дозволяє виготовляти невелику кількість товарів за низькими цінами. Це робить 3D-друк привабливим для тих, хто працює з дрібносерійним виробництвом. У багатьох випадках 3D-друк скорочує для компанії як час, так і вартість виробництва.

У динаміці розвитку ринок адитивних технологій випереджає інші галузі виробництва. Його середній щорічний приріст оцінюється в 27% і, за оцінкою компанії IDC, до 2019 р. становитиме 267 млрд доларів США порівняно з 11 млрд в 2015 р. Застосування адитивних технологій за галузями економіки розподіляється так: 21% — виробництво споживчих товарів і електроніки; 20% — автомобілебудування; 15% — медицина,

включаючи стоматологію; 12% — авіабудування і космічна галузь виробництва; 11% — виготовлення засобів виробництва; 8% — військова техніка; 8% — освіта; 3% — будівництво.

За останні п'ять років динаміка зростання адитивних технологій становить 27%. Недарма такі гіганти, як Boeing, Nike, Adidas, Hewlett Packard, Ford, Coca-Cola, GE та інші активно адаптують 3D-друк і сканування під свої потреби. Всі нормативні документи з адитивних технологій нині затверджує спеціальний міжнародний комітет, створений альянсом Global Alliance of Rapid Prototyping Associations (GARPA), до якого входять національні асоціації з АМ-технологій 22 країн, які активно їх розвивають.

Світовий ринок АМ-технологій в 2013 р. становив близько 3,8 млрд доларів США [3]. Перше місце в цій сфері належить США, потім йдуть Японія, Німеччина і Китай, хоча і з чотирикратним відставанням. Росія ділить 11 місце з Туреччиною (табл. 2) і насправді перебуває на початковому етапі розвитку цього напрямку. З таблиці видно, що більше 50% ринку належить США та країнам ЄС.

Згідно з експертними оцінками, економія коштів від використання 3D-друку у виробництві запасних частин для обслуговування, ремонту та експлуатації в аерокосмічному секторі світового ринку може становити до 3,4 млрд доларів. Оцінки росту і впливу 3D-друку швидко змінюються. Галузеві оглядачі прогнозують, що до 2020 р. ринок 3D-друку буде генерувати виручку в розмірі понад 20 млрд доларів. Фінансовий вплив цієї технології до 2025 р. оцінюється між 230 і 550 млрд доларів на рік. Найбільший вплив здійснюватиметься на споживача (від 100 до 300 млрд доларів), на прямих виробників (від 100 до 200 млрд доларів) та на створення інструментів і прес-форм (від 30 до 50 млрд доларів) [5]. Про перспективи 3D-друку свідчать також прогнози провідної світової дослідницької і консалтингової компанії у сфері інформаційних технологій Gartner. Згідно з її оцінками в 2019 р. ринок адитивних технологій становитиме 14,6 млрд доларів [5].

Зовнішня простота 3D-друку поєднується з дуже високим рівнем вимог до фахівців, які повинні володіти знаннями в галузі матеріалознавства, обробки матеріалів концентрованими потоками енергії, міцності, метрології тощо. У багатьох країнах починають навчати 3D-друку вже в школах. Наприклад, в США компанія Pitsco Education розробляє програми для навчання школярів різного рівня складності. Те саме робить видавнича група VBD в Індії. Вважається, що раннє ознайомлення дітей із передовими інноваціями в науці і техніці сприяє розвитку їх

Таблиця 2

**Частка АМ-технологій у провідних країнах світу**

Місце	Країна	Частка АМ-обладнання, %
1	США	38
2	Японія	9,7
3	Німеччина	9,4
4	Китай	8,7
5	Велика Британія	4,2
6	Італія	3,8
7	Франція	3,2
8	Республіка Корея	2,3
9	Канада	1,9
10	Тайвань	1,5
11	Росія	1,4
	Туреччина	1,4
12	Іспанія	1,3
13	Швеція	1,2
14	Інші країни	12

Примітка: Складено за даними [4].

творчих здібностей і мотивує вибрати у майбутньому інженерні та технологічні напрями діяльності.

**Науково-технічна та винахідницька активність.** Зауважимо, що 3D-друк — це наукомістка галузь. Компанії, які спеціалізуються на 3D-друці, в середньому витрачають майже 20% від своїх доходів на дослідження і розробки. З часу отримання першого патенту на 3D-друк було створено безліч технологій, де використовуються різні матеріали і процеси. Попит на кожен із видів технології 3D-друку залежить від потреб і видів застосування. Отож, вони безпосередньо не конкурують один з одним і не можуть зачіпати права один одного у патентуванні технологій. Компанії, що займаються 3D-друком, застосовують свої запатентовані винаходи в промисловому сегменті ринку. До цих компаній належать і такі гіганти, як 3D Systems, DuPont, EOS, Envisiontec і Stratasys [2].

У середині 2000-х років цей сегмент ринку створили такі вищі навчальні заклади, як Університет Бата, Массачусетський технологічний інститут (MIT), Корнельський університет і Стенфорд, фокусуючись на створенні умов, за яких 3D-друк стане легкодоступним. Їх метою було розробити 3D-принтери, які були б компактними і широко застосовувались. Один з цих проектів — принтер RepRap [англ. Replicating Rapid Prototyper] — був задуманий з метою створення 3D-принтера з відкритим вихідним кодом, який міг би відтворювати сам себе. Разом з підтримкою продуктів і послуг це суттєво скоротило витрати на персональні 3D-принтери, роблячи їх більш доступними для зацікавлених споживачів. REPRAP також створив процвітаючу еко-систему для виробників обладнання, програмістів і постачальників послуг, кожен з яких підтримує споживчий ринок 3D-принтерів. Деякі з персональних 3D-принтерів, які доступні нині, засновані на відкритому вихідному коді і апаратних засобах RepRap і містять його програмне забезпечення, обладнання і технології [2]. Сьогодні існує близько 100–200 тисяч безкоштовних розробок в галузі 3D-друку.

**Патентний ландшафт 3D-друку.** Побудова патентного ландшафту або патентне картування (patent landscaping, patent mapping) — це послуги та інструменти машинного і експертного аналізу, сфокусовані не на конкретному винаході, а на певній технології або певному продукті загалом. Ці послуги базуються на інформаційних системах і базах даних патентної інформації, розроблених патентними відомствами та комерційними компаніями, і полягають у візуалізації логічних зв'язків між різними показниками

у великих патентно-інформаційних масивах, що значно полегшує їх розуміння.

Відомство інтелектуальної власності Сполученого Королівства — Intellectual Property Office (IPO) опублікувало звіт щодо патентного ландшафту 3D-друку [6]. Його аналіз надає унікальну можливість зрозуміти суть і дифузії інновацій. Команда IPO Patent Informatics проаналізувала 9000 зареєстрованих патентів, розбитих на 4000 патентних груп, з 1980 по 2013 рр. і виявила, що кількість патентів, пов'язаних з 3D-друком, значно зросла з 2000 р. Основними сферами їх застосування є біомедична індустрія, електричні схеми і виробництво електродів. Патентний ландшафт 3D-друку населений досить щільно: з 1980 р. опубліковано близько 30000 патентних заявок (а подано ще більше, оскільки латентний період патентної заявки зазвичай становить 18 місяців). На кінець 2013 р. було опубліковано 9100 патентів (близько 4000 патентних сімейств, оскільки заявники часто отримують однакові або дуже близькі за обсягом охорони патенти в різних країнах), абсолютна більшість з яких продовжує діяти.

Кількість нових патентних заявок на винаходи 3D-друку зростає в геометричній прогресії, що вказує на збільшення конкуренції на цьому ринку, особливо серед молодих і активних підприємств. У перспективі можна очікувати подальших інтеграційних змін — створення альянсів, нових злиттів і поглинань, а також нових патентних позовів. Порівняльний аналіз даних щодо основних заявників за 2000 і 2010 рр. вказує на помітне збільшення серед них частки наукових та навчальних організацій і скорочення частки фізичних осіб.

Серед власників патентів в першу десятку входять: Fujitsu і NEC (в основному з патентами 80-х і першої половини 90-х років); 3D Systems, Boeing, Corp Z, LG Philips LCD, Matsushita Denki Sangyo, Objet Geometries, Samsung (в основному з патентами 2000–2010 рр.); і Stratasys, велика частина патентів якій видана за останні п'ять років. За кількістю патентів у США провідні позиції показує компанія 3D Systems, почасти завдяки її стратегії придбання інших інноваційних компаній.

Оскільки патент надає можливість заборонити використання заявленого методу, гарантоване чинним законодавством, то зазвичай заявники прагнуть захистити важливу для себе тематичну галузь широким покриттям від можливого застосування іншими претендентами. Тим самим захищається перспективна сфера досліджень і розробок, а конкуренти змушені шукати інші можливості для роботи в цьому напрямі.



Таблиця 3

**Зміни розмірів патентних портфельів основних гравців ринку 3D-принтинга**

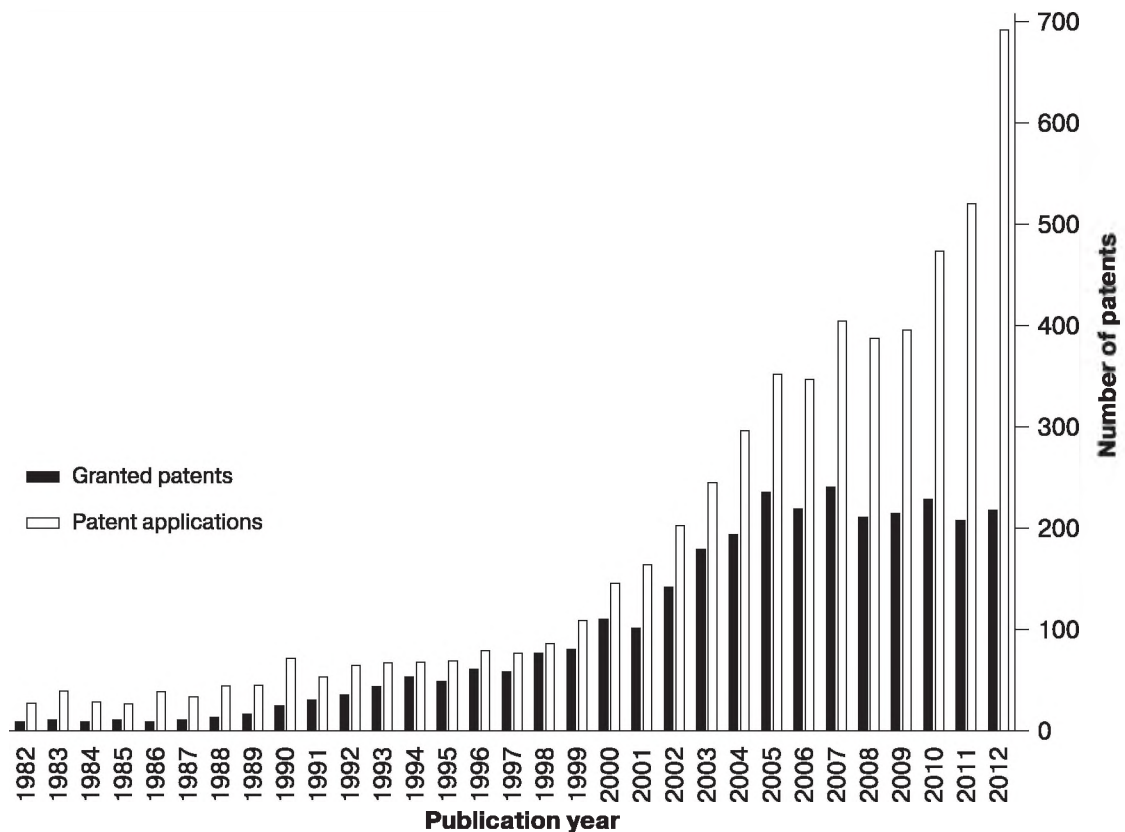
Компанія-патентовласник	Кількість заявок і патентів у 2013 р., -> заявок і патентів станом на 2015 р., (зростання %)
3D Systems	932 -> 1140 (22%)
Stratasys	506 -> 847 (67%)
Z Corp (належить 3D Systems)	175 -> 192 (10%)
Voxeljet	106 -> 226 (113%)
Makerbot	10 -> 88 (880%)

Аналіз конкуренції показує, що ключові гравці на ринку виробників 3D-принтерів залишаються постійними. Вони дещо зміцнили свої позиції за рахунок придбання невеликих перспективних компаній і стартапів, але загалом їх частки на ринку скорочуються [6]. Компанії, за якими виконано моніторинг динаміки зміни по патентах (заявки, патенти), і по всіх юрисдикціях на листопад 2015 р., показані в **табл. 3**.

Відзначимо формально продовження всіма ключовими гравцями цього ринку розробок з 3D-друку. Лідер 3D Systems з Z Corp мають по-

над 1330 (!) патентів і заявок на патенти. Це становить приблизно половину від суми всіх інших патентів і заявок на патенти в світі. При цьому найбільший приріст патентів і заявок на патенти за два роки у компанії Makerbot — 880%!

Графік на **рис. 1** ілюструє динаміку винахідницької та патентної активності сучасних технологічних процесів адитивного виробництва (3D-друку) за останні три десятиліття. Особливий інтерес представляє збільшення різниці між кількістю поданих заявок на винаходи та виданими патентами.



**Рис. 1.** Порівняння виданих патентів і опублікованих патентних заявок (“UK Intellectual Property Office”, 2013)

На початку 1980-х років у поданні заявок на патенти в галузі 3D-друку лідирували японські винахідники, але до 2000-х років їх обійшли заявники з США. До 2010 р. велику кількість заявок на 3D-друк — майже стільки ж, скільки японські та американські заявники разом, подали китайські заявники. Більшість патентних заявок на 3D-друк подають малі та середні підприємства.

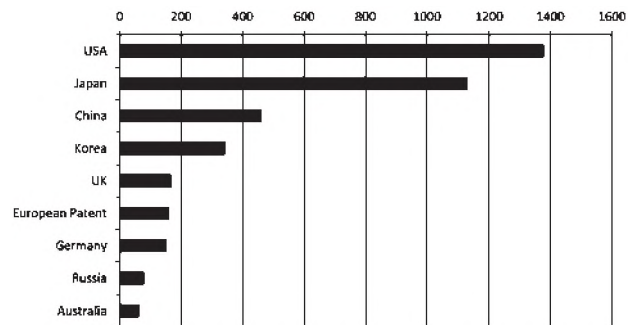
Значну частину заявок у сфері 3D-друку одержує США — понад 60% патентів. Китай та Європа також отримують велику кількість заявок (близько 40–60%) [2].

На **рис. 2** показано розподіл опублікованих заявок у сфері 3D-друку за країнами подання. Росія займає восьме місце з приблизно сотнею заявок.

Кількість російських публікацій з питань АВ становить усього 0,76% від загальносвітового. За кількістю публікацій у цій сфері Росія займає 26 місце в світі, розділяючи його з Грецією, Ізраїлем, Фінляндією і Польщею. За останні 15 років в Росії було видано 131 патент із різних аспектів АВ (0,14% від світової кількості), причому 14 з них отримано російськими заявниками, а 117 — іноземними. Для порівняння: Південна Корея, США, Японія і Китай спільно володіють 90% патентів у цій сфері.

Країни з середнім доходом — такі, як Аргентина, Бразилія, Малайзія і Південна Африка — отримують менше 20%. Патентування винаходів у галузі 3D-друку вже поширюється в країнах із середнім рівнем доходу, хоча і набагато повільніше ніж у чотирьох передових країнах, в яких і виникли перші патенти на 3D-друк (Китай, Японія, Німеччина і США).

У Китаї уряд здійснив величезні стратегічні інвестиції в технології 3D-друку, що значно сильніше впливає на розвиток цієї інновації ніж дослідження приватних компаній. Великі інвестиції китайського уряду в сферу 3D-друку відобразилися і на кількості патентних заявок, поданих китайськими університетами. У деяких випадках кількість внесених до реєстру заявок перевищила заявки європейських і американських університетів. Вражають досягнення китайських винахідників, які сконструювали 3D-принтер, що в змозі створити 10 будинків за добу площею 200 м<sup>2</sup>. При чому вартість кожного нового об'єкта нерухомості не перевищує 5000 доларів США [7]. Заслугує на увагу прорив вчених Каліфорнійського університету в Сан-Дієго, які максимально точно відтворили тканини людської печінки, що створює передумови для подальшого розвитку адитивного друку органів і можливість прискореного випробування нових медичних препаратів. Ще більш амбітне завдан-



**Рис. 2.** Розподіл опублікованих заявок у сфері 3D-друку за країнами подання

ня ставить перед собою компанія Airbus — побудову до 2050 р. літака за допомогою лише 3D-принтера. Але найбільш революційними є розробки дослідників Гарвардського університету, які запропонували час як четвертий вимір [2], що дає змогу говорити про перехід від 3D-друку до 4D-адитивних технологій.

Нещодавно науковці Вуллонгонгського університету (Австралія) удосконалили існуючі напрацювання у сфері 3D-друку, створивши технологію 4D-друку. Результати їхніх досліджень опубліковані в журналі *Macromolecular Rapid Communications*. Під 4D-друком розуміється використання не тільки трьох вимірювань для створення реальних об'єктів, а й фактора часу — четвертого виміру. За задумом інженерів, якщо в друковані об'єкти додати матеріали, які можуть реагувати на зовнішні стимулятори (наприклад, підвищення температури чи вологості), то вони будуть рухатися і змінюватися з часом, подібно до людських м'язів або мастики у рослинах [6].

**Розвиток 3D-друку в Україні.** Вперше в Україні в 2001 р. унікальну технологію Rapid Prototyping, відому як технологія 3D-друку, впровадив винахідник і меценат Сергій Іванович Чернишов. Він уклав угоду з провідною світовою компанією в цій сфері 3D Systems і придбав установку лазерної стереолітографії вартістю 600 тисяч доларів, яка до 2014 р. не мала аналогів в Україні. Устаткування було встановлено на кафедрі інтегрованих технологій машинобудування в Харківському національному технічному університеті "Харківський політехнічний інститут". У створеному ним для цього Навчально-науково-виробничому центрі "Високі технології в машинобудуванні" було виконано понад 500 науково-технічних розробок для провідних підприємств України — "Мотор-Січ", ЗМКБ "Прогрес", КБ Антонов, КБ "Південне" та ін. Так виник перший кластер у сфері науки і виробництва, що дало можливість об'єднати науку, навчальний процес

і виробництво. Запроваджена й удосконалена українськими винахідниками технологія викликала прорив у вітчизняному виробничому процесі в різних галузях економіки. У 2006 р. С.І. Чернишов захистив першу в Україні кандидатську дисертацію, що порушує проблеми 3D-друку, на тему: “Підвищення ефективності інтегрованих технологій пошарового вирощування виробів на основі статистичного прогнозування” [8]. Нині в Україні захищено всього три дисертації на тему підвищення ефективності технологій 3D-друку, всі вони були виконані на цій кафедрі.

У 2008 р. за наукову роботу “Розробка і впровадження інтегрованих комплексних технологій для виробництва наукоємної продукції машинобудування (авіаційних двигунів нового покоління)” С.І. Чернишов разом із групою розробників був удостоєний Державної премії України в галузі науки і техніки. Один із перших патентів № 46418 на винахід “Спосіб пошарової побудови виробів на базі вихідної триангуляційної 3D-моделі” був виданий ще 25.12.2009 р. Сергій Чернишов був автором 40 винаходів і понад 55 наукових робіт у галузі приладобудування, математичного моделювання. 30 січня 2015 р. С.І. Чернишов трагічно загинув.

Інтерес до сфери 3D-друку зростає, що привело до появи в Україні перших компаній, які працюють в цьому напрямі — вітчизняний ринок зумів узяти хороший старт. Нині тут представлено кілька профільних компаній, що займаються продажем 3D-обладнання, а також сервісів, які надають послуги 3D-друку і 3D-сканування. Наприклад: 3D Factory, Imatek, Fabbers, 3dprinting, 3dprinto, 3dreams, KLONA, 3dfly, Smartprint тощо. Почалися поставки промислових 3D-принтерів від 3D Systems (найбільшого розробника), які працюють за технологіями SLA, SLS, DMLS (метал). Вітчизняні компанії, що використовують у своєму виробництві технології 3D-друку, вже відчували їх переваги. Серед власників 3D-обладнання: держпідприємство “Антонов”, “Укрзалізниця”, компанії “БМК Планета-Буд”, “Рошен”, один із підрозділів “Укравтодору”, Банкотно-монетний двір Національного банку, приватні архітектурні майстерні.

В Україні перший 3D-принтер п’ять років тому створив інженер Олександр Мустафаєв. Він приніс власноруч зроблений пристрій засновнику Naskerspace І. Пасічнику. Після цього в Києві було створено спеціальну лабораторію, де всі бажаючі могли зібрати власний 3D-принтер [9].

За оцінками компанії “СІНТ”, що спеціалізується на 3D-друку, річний обсяг ринку 3D-друку в Україні може досягати 1 млн доларів. Свої послуги у цій сфері нині активно рекламує

близько 10 компаній, у розпорядженні яких є від 1 до 10 принтерів, а загалом на ринку працює понад 20 компаній. Є компанії, які продають готові персональні принтери і друкують продукцію на замовлення. Серед них — 3D Printer, 3D Factory, Smart Print, 3D Device, Witbox Ukraine. Існують також компанії, які завозять в Україну і продають промислові принтери, наприклад Prostir 3D. Деякі учасники ринку, наприклад 3D Printer, одеська Revera Technology, налагодили власне виробництво домашніх принтерів. Обсяг продажів у них невеликий — у середньому до 20 принтерів на рік [9].

Популярною сферою застосування 3D-технологій в Україні є ремонт і безпосередньо виробництво техніки. А саме: друк деталей пристроїв і механізмів, які потребують невідкладної заміни. “Приватбанк” придбав 3D-принтер і почав друкувати шестерні для банкоматів. Завдяки 3D-друку вартість їх виробництва зменшилась у 20 разів. Крім того, банку більше не потрібно підтримувати складський запас — шестерні друкуються в міру необхідності.

Однією з перших сфер бізнесу в Україні, де 3D-технології вже масово застосовуються, є стоматологія. За допомогою 3D-сканера створюється комп’ютерна модель щелепи або зуба пацієнта, а потім на 3D-принтері роздруковується протез. Частина українських зуботехнічних лабораторій використовує свої власні 3D-технології, інші ж користуються послугами спеціальних CAD/CAM центрів. (Абревіатура CAD/CAM означає керований комп’ютером дизайн і кероване комп’ютером виробництво) Відповідно CAD/CAM центри — це компанії, які встановлюють у себе потужне цифрове обладнання і надають послуги зуботехнічним лабораторіям і стоматологам. Такі CAD/CAM центри вже діють у багатьох великих містах України. Більшість сучасних зуботехнічних лабораторій і стоматологій перейшли в “цифровий” режим роботи. Кількість цифрових лабораторій і стоматологій вимірюється сотнями і збільшується з кожним місяцем. Найбільш затребуваною послугою в 3D-стоматології є CAD\CAM фрезерування зубних каркасів і коронок, виготовлених із віртуальної 3D-щелепи пацієнта. Її отримують за допомогою стоматологічних 3D-сканерів. Великим попитом користується послуга друку хірургічних шаблонів і моделей щелепи пацієнта. 3D-технології дозволяють виготовляти більш складні й точні вироби порівняно з традиційними технологіями протезування. Нині майже в кожній стоматології використовуються 3D-протези. Принтер може друкувати їх з точністю до 25 мікронів.

Аналізуючи вітчизняні успіхи в цій сфері, слід відзначити такі досягнення. В Україні збільшу-

ється кількість компаній, що надають послуги 3D-друку. Зараз він розвивається у швидкому темпі. Принтери стали дешевшими, тому вони доступні навіть для стартапів. Використання цифрових систем “без креслення” при створенні складних технічних об’єктів — вимога часу і умова успішної інтеграції в індустрію світового літакобудування. Українські літаки тепер будують за допомогою 3D-технологій. Нові технології вже застосували при створенні Ан-178. За допомогою 3D-технологій будуються Ан-132, Ан-188 і безпілотні літальні апарати. Щоб відмовитись від креслень і застосовувати 3D-технології, компанії довелося перенавчити понад 1,5 тисячі співробітників [2].

Перспективним є застосування адитивних технологій в оборонно-промисловому комплексі. Незабаром в Україні у рамках спільного з Норвегією проекту вартістю у 450 млн євро розпочнеться виготовлення з допомогою 3D міношукачів нового покоління.

Зазвичай 3D-друк здійснюють із щільністю матеріалу 200–300 мікрон, але українці вже освоїли друк із щільністю 20 мікрон. Слід згадати також український стартап Kwambio (сума залучених у проект інвестицій становить 1 млн доларів США), який дозволяє створювати на 3D-принтері унікальні персональні продукти. У квітні 2015 р. стартап Kwambio створив 3D-принтер UNIQUE One вартістю 1000 доларів. Цей пристрій має закритий корпус і 3D-інтерфейс, що дозволяє відстежувати процес друку за допомогою голограми. Розробники запевняють, що український UNIQUE One друкує зі швидкістю 300 мм за секунду. Планується серійне виробництво цих принтерів.

Вітчизняні фахівці ще в 2013 р. роздрукували протез механічної руки, який допоміг шестирічному хлопчику повноцінно жити та розвиватися. На виставці “Охорона здоров’я 2015” кілька українських компаній, що спеціалізуються на 3D-технологіях, здійснили демонстрацію друку частин людського тіла: щелепи, черепа, фаланги пальців рук, зубів і навіть серця. Все це створили не з живих клітин, а з пластика і фотополімеру. Мета — показати, що 3D-друк стає цілком доступною послугою (5–12 грн за грам готового виробу), а також — що він може застосовуватись і в медицині. 3D-друк використовується також для виготовлення протезів (рук, ніг, суглобів тощо), в стоматології: друкують зубні протези з фотополімерів, які ідеально підходять до щелепи пацієнта. Такі операції вже поширені в Україні. Наприклад, виготовлення протеза частини руки звичайним способом обходиться в 3,5–5 тисячі грн, а її друк — до 1 тисячі грн. [1]. Цікавою є розробка Андрія Барни (таких

принтерів в світі налічується всього п’ять), завдяки якій можна друкувати шоколадні вироби будь-якої складності.

Важливо, що Україна самостійно виробляє такі пристрої. Це є свідченням наявності необхідної науково-технічної бази, а головне — кваліфікованого персоналу з гідним рівнем людського інтелектуального капіталу. Отже, можна стверджувати про повноцінне формування в Україні виробничих потужностей та інфраструктури ринку послуг, що створює сприятливі умови для виходу вітчизняних розробок на передові позиції глобального ринку. Однак усе це здійснюється без жодного впливу і підтримки держави!

Серед проблем у сфері 3D-друку слід виділити: немає обладнання в навчальних закладах, наукових центрах, підприємствах, відсутність стандартизованої програми підготовки фахівців (більшою мірою зараз це “кустарне” навчання), а найголовніше — недостатній рівень державної підтримки. Розвиток цієї галузі держава повинна тримати під контролем, всіляко підтримуючи нові виробництва та інноваційний адитивний бізнес, щоб потім не довелося наздоганяти. В умовах дефіциту фінансових ресурсів дуже важливо забезпечити комплексний підхід і координацію робіт у галузі фундаментальних і прикладних досліджень у країні.

*(Продовження статті  
читайте в наступних номерах)*

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Андрощук Г.О. 3D-друк в епоху інноваційних технологій: проблеми регулювання / Г.О. Андрощук, Я.В. Копил // Інтелектуальна власність в Україні. — 2016. — № 5. — С. 17–26.
2. World Intellectual Property Report Breakthrough Innovation and Economic Growth [electronic resource]. — Access: [http://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo\\_pub\\_944\\_2015.pdf](http://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_944_2015.pdf)
3. Wohlers T. Wohlers report 2014: Additive manufacturing and 3D-printing state of the industry: Annual world-wide progress report, Wohlers Associates, 2014. — 276 p.
4. Смирнов В.В. Перспективы развития аддитивного производства в российской промышленности. Опыт ФГБОУ УГАТУ / В.В. Смирнов, В.В. Барзали, П.В. Ладнов // Новости материаловедения. Наука и техника. — № 2 (14). — 2015. — С. 23–27.
5. 3D Printer Market Sales Will Exceed \$14.6 billion in 2019 [electronic resource]. — Access: <http://blogs.gartner.com/pete-basiliere/2015/09/29/3d-printer-market-sales-will-exceed-14-6-billion-in-2019/>.
6. 3D Printing. A patent overview. November 2013. [electronic resource]. — Access: [https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/445232/3D\\_Printing\\_Report.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/445232/3D_Printing_Report.pdf)
7. Chinese Company Builds Houses Quickly With 3D Printing [electronic resource]. — Access: <http://>



- mashable.com/2014/04/28/3d-printing-houses-china/#UPXPvZAbCiqC
8. Чернишов Сергій Іванович. Підвищення ефективності інтегрованих технологій пошарового вирощування виробів на основі статистичного прогнозування : дис. ... канд. наук: 05.02.08 — 2006.
  9. Власенко В. Шкатулка с сюрпризом: как 3D-печать в Украине из игрушки превратилась в бизнес [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://daily.rbc.ua/rus/show/shkatulka-syurprizom-3d-pechat-ukraine-igrushki-1477311053.html>
  10. Joan T. Kluger and Andrew Chou 3D printing : Protecting Intellectual property rights. / Philadelphia Business Journal. October 31, 2013 [electronic resource]. — Access: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:H8DOptCVfcsJ:www.bizjournals.com/philadelphia/blog/guest-comment/2013/10/3d-printing-protecting-intellectual.html+&cd=1&hl=uk&ct=clnk&gl=ua&client=opera>
  11. Maya M. Eckstein Let's look closer at 3D printing and IP issues / Inside Counsel Magazine. February 9, 2016 [electronic resource]. — Access: <http://www.insidecounsel.com/2016/02/09/lets-look-closer-at-3d-printing-and-ip-issues?slreturn=1461486797>
  12. 3D Printing and Intellectual Property Law : Key Considerations. April, 2015 [electronic resource]. — Access: <http://www.qlegal.qmul.ac.uk/docs/157017.pdf>.
  13. Штефан О.О. Захист прав інтелектуальної власності в умовах використання 3D-технологій. Права людини в Україні і світі : охорона, реалізація, захист : матеріали III Всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Київ, 3 грудня 2015 р.) / О.О. Штефан // НДІ інтелектуальної власності НАПрН України. — К. : Інтерсервіс, 2015. — С. 82.
  14. Economic Research. Working paper №28. 3D Printing and the Intellectual Property System. Stefan Bechtold. Industrial 3D printing. Other IP rights. 2015. — [electronic resource]. — Access: [http://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo\\_pub\\_econstat\\_wp\\_28.pdf](http://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_econstat_wp_28.pdf)
  15. Japanese man becomes first person to be jailed for making gun with 3D printer [electronic resource]. — Access: <http://www.telegraph.co.uk/technology/news/11187481/Japanese-man-becomes-first-person-to-be-jailed-for-making-gun-with-3D-printer.html>
  16. New South Wales, Australia : Parliament passes law banning possession of 3D filed for guns. [electronic resource]. — Access: <https://3dprint.com/106940/australia-ban-3d-files-guns/>
  17. To prawdziwy boom. Do końca tego roku sprzeda drukarek 3D wzrośnie o 100 procent [electronic resource]. — Access: <http://next.gazeta.pl/next/7,151243,20844612,to-prawdziwy-boom-dokonca-tego-roku-sprzedaz-drukarek-3d-wzrosnie.html>
  3. Wohlers T. (2014) Wohlers report 2014: Additive manufacturing and 3D-printing state of the industry: Annual world-wide progress report, Wohlers Associates, 276 p.
  4. Smirnov V.V., Barzali V.V., Ladnov P.V. (2015) Perspektivy razvitiya additivnogo proizvodstva v rossiyskoy promyshlennosti. Opyt FGBOU UGATU [Prospects of development of additive manufacturing in the Russian industry. Experience FGBOU USATU] Novosti materialovedeniya. Nauka i tekhnika [Materials News. Science and Technology], no. 2 (14), pp. 23–27.
  5. 3D Printer Market Sales Will Exceed \$14.6 billion in 2019. Available at: <http://blogs.gartner.com/pete-basilieri/2015/09/29/3d-printer-market-sales-will-exceed-14-6-billion-in-2019/>.
  6. 3D Printing. A patent overview. November 2013. Available at: [https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/445232/3D\\_Printing\\_Report.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/445232/3D_Printing_Report.pdf)
  7. Chinese Company Builds Houses Quickly With 3D Printing. Available at: <http://mashable.com/2014/04/28/3d-printing-houses-china/#UPXPvZAbCiqC>.
  8. Chernishov Sergiy Ivanovich (2006). Pidvishchennya efektyvnosti integrovanih tekhnologiy posharovogo viroshchuvannya virobiv na osnovi statistichnogo prognosuvannya [Improved integrated technologies layered cultivation products based on statistical forecasting]. Abstract of PhD dissertation: 05.02.08.
  9. Vlasenko V. Shkatulka s syurprizom: kak 3D-pechat v Ukraine iz igrushki prevratilas v biznes [Casket with a surprise: As 3D-seal IZ in Ukraine of toys has become a business]. Available at: <https://daily.rbc.ua/rus/show/shkatulka-syurprizom-3d-pechat-ukraine-igrushki-1477311053.html>
  10. Joan T. Kluger and Andrew Chou 3D printing: Protecting Intellectual property rights. Philadelphia Business Journal. October 31, 2013. Available at: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:H8DOptCVfcsJ:www.bizjournals.com/philadelphia/blog/guest-comment/2013/10/3d-printing-protecting-intellectual.html+&cd=1&hl=uk&ct=clnk&gl=ua&client=opera>
  11. Maya M. Eckstein Let's look closer at 3D printing and IP issues. Inside Counsel Magazine. February 9, 2016. Available at: <http://www.insidecounsel.com/2016/02/09/lets-look-closer-at-3d-printing-and-ip-issues?slreturn=1461486797>
  12. 3D Printing and Intellectual Property Law: Key Considerations. April, 2015. Available at: <http://www.qlegal.qmul.ac.uk/docs/157017.pdf>.
  13. Shtefan O.O. (2015) Zakhyst prav intelektualnoi vlasnosti v umovakh vykorystannia 3D-tekhnolohii. Prava liudyny v Ukraini i sviti: okhorona, realizatsiia, zakhyst: materialy III Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii (m. Kyiv, 3 hrudnia 2015 r.) [Protection of intellectual property rights in the use of 3D technology. Human rights in Ukraine and the world: security, implementation, protection materials III All-Ukrainian scientific and practical conference (Kyiv, December 3, 2015.)] IP NAPrN Ukraine. Kyiv (Ukraine): Interservice, p. 82.
  14. Economic Research. Working paper № 28. 3D Printing and the Intellectual Property System. Stefan Bechtold. Industrial 3D printing. Other IP rights. 2015, p. 14. Available at: [http://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo\\_pub\\_econstat\\_wp\\_28.pdf](http://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_econstat_wp_28.pdf).

## REFERENCES

1. Androshchuk G.A., Kopyl Y.V. (2016) 3D-druk v epokhu innovatsiynykh tekhnolohij: problemy reguliuvannya [3D-printing technology in the era of innovation, regulatory issues] Intelektualna vlasnist v Ukraini [Intellectual property in Ukraine], no. 5, pp. 17–26.
2. World Intellectual Property Report Breakthrough Innovation and Economic Growth. Available at:

15. Japanese man becomes first person to be jailed for making gun with 3D printer. Available at: <http://www.telegraph.co.uk/technology/news/11187481/Japanese-man-becomes-first-person-to-be-jailed-for-making-gun-with-3D-printer.html>
16. New South Wales, Australia: Parliament passes law banning possession of 3D filed for guns. Available at: <https://3dprint.com/106940/australia-ban-3d-files-guns/>.
17. It is a real boom. By the end of this year, sales of 3D printers will grow by 100 percent. Available at: <http://next.gazeta.pl/next/7,151243,20844612,to-prawdziwy-boom-do-konca-tego-roku-sprzedaz-drukarek-3d-wzrosnie.html>

**H.O. ANDROSHCHUK**, PhD in Economics, Associate Professor

### ADDITIVE TECHNOLOGY: PROSPECTS AND CHALLENGES 3D-PRINT

**Abstract.** Additive technology, or layered synthesis technology, 3D-printing — today is one of the most dynamic areas of the digital production. Conducted economic and legal analysis showed that they allow to accelerate the R & D orders, solving problems of production preparation. Additive technology can increase the profitability of individual units by an average of 23% and reduce barriers for production by 90%. 3D-printing is able to make a revolution in many spheres of life. According to the dynamics of the, additive technology is ahead of other technology industry. At the same time, personal 3D-printing potentially causes problems in the form of large-scale infringements of intellectual property rights by users. Experts estimate the economic damage from the use of intellectual property caused by use of 3D-printing, will amount to 100 billion \$ USA by 2018. The lag of Ukraine from countries leading in this area continues to grow, especially if we take into account the concerted efforts of government, industry and academic institutions, leading countries, aimed at the wide distribution of the additive in the production industry. The introduction of these technologies is impossible without investment in basic and applied research. Experience of other countries shows that this problem can not be solved without significant government involvement and thoughtful financial incentives. The development of the knowledge-based industry is the basis of technological security and independence.

**Keywords:** additive technology, open innovation, inventive activity, 3D-printing, intellectual property, patent landscape.

**Г.А. АНДРОЩУК**, канд. экон. наук, доцент

### АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРОБЛЕМЫ 3D-ПЕЧАТИ

**Резюме.** Аддитивные технологии или технологии послойного синтеза, 3D-печать — сегодня одно из наиболее динамичных направлений “цифрового” производства. Проведенный экономико-правовой анализ показал, что они позволяют на порядки ускорить исполнение НИОКР, решения задач подготовки производства, изготовления продукции. Технологии могут увеличить в среднем на 23% доходность производства отдельной единицы продукции и уменьшить барьеры для организации производства на 90%. 3D-печать способна совершить революцию во многих сферах жизни. По динамике развития рынок аддитивных технологий опережает другие отрасли производства. В то же время персональная 3D-печать потенциально вызывает проблемы в виде крупномасштабного нарушения пользователями прав интеллектуальной собственности. По оценкам специалистов экономический ущерб от использования 3D-печати, причиненный интеллектуальной собственностью, к 2018 г. составит 100 млрд долл. США. Отставание Украины от стран, лидирующих в этой области, продолжает нарастать, особенно если принять во внимание скоординированные усилия правительств, промышленности и академических институтов стран-лидеров, направленные на распространение аддитивного производства в промышленности. Внедрение этих технологий невозможно без инвестиций в фундаментальные и прикладные исследования. Опыт других стран показывает, что данная задача не может быть решена без существенного участия правительства и продуманных финансовых стимулов. Развитие этой наукоемкой отрасли является основой технологической безопасности и независимости страны.

**Ключевые слова:** аддитивные технологии, открытые инновации, изобретательская активность, 3D-печать, интеллектуальная собственность, патентный ландшафт.

#### ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРА

**Андрощук Геннадій Олександрович** — канд. экон. наук, доцент, головний науковий співробітник, завідувач лабораторії правового забезпечення розвитку науки і технологій НДІ інтелектуальної власності НАПрН України, вул. Казимира Малевича, 11, корп. 4, м. Київ, Україна, 03680; +38 (044) 200-08-76; [h.androshchuk@ndiiv.org.ua](mailto:h.androshchuk@ndiiv.org.ua)

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

**Androshchuk H.O.** — PhD in Economics, Associate Professor, Chief research scientist, Head of Laboratory of Legal Support of Science and Technology Research Institute of the National Academy of Legal Sciences of Ukraine intellectual property, 11, Kazymira Malevycha Str., Bldg. 4, Kiev, Ukraine, 03680; +38 (044) 200-08-76; [h.androshchuk@ndiiv.org.ua](mailto:h.androshchuk@ndiiv.org.ua)

#### ІНФОРМАЦІЯ ОБ АВТОРЕ

**Андрощук Г.А.** — канд. экон. наук, доцент, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией правового обеспечения развития науки и технологий, Научно-исследовательский институт интеллектуальной собственности Национальной академии правовых наук Украины, ул. Казимира Малевича, 11, корп. 4, г. Киев, Украина, 03680; +38 (044) 200-08-76; [h.androshchuk@ndiiv.org.ua](mailto:h.androshchuk@ndiiv.org.ua)