

*Кокорев Игорь Владимирович, институт дистанционного образования,  
направление строительство, кафедра ТОСП  
НИУ «Московский государственный строительный университет», Москва,  
Россия*

## **АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ 3D ПЕЧАТИ**

**Аннотация:** 3D-печать - сегодня являются одним из самых динамических направлений инновационного строительства. Комплексный анализ 3Dпечати показал, данное направление позволяет значительно ускорить выполнение работ и решить сложнейшие задачи подготовки строительства. Технологии могут в среднем сократить расходы на 23%. 3D-печать совершает революцию во многих сферах жизни. Развитие аддитивных технологий максимально инновационное на сегодняшний день и опережает по развитию другие отрасли производства. Персональный 3D-принтер, создает и ряд сложностей. Основные сложности, связаны с интеллектуальной собственностью. По оценкам специалистов, экономический ущерб от использования 3D-печати, причиненный интеллектуальной собственности, до 2022 г.. составит 100 млрд долларов США. Россия находится на этапе становления рынка аддитивных технологий, она активно развивает перспективные технологии, но заметно отстает от стран-лидеров. Активное внедрение технологий требуют значительных финансовых инвестиций и развитие исследовательской базы. От правительства требуется активная разработка программ финансирования перспективных направлений, а также способствование исследованиям в данной области.

**Ключевые слова:** 3D – печать, строительство, патентный ландшафт, инновации, изобретения, аддитивные технологии.

**Annotation:** 3D printing is one of the most dynamic areas of innovative construction today. A comprehensive analysis of 3D printing has shown that this direction can significantly speed up the work and solve the most difficult tasks of preparation for construction. Technology can reduce costs by 23% on average. 3D printing is revolutionizing many areas of life. The development of additive technologies is the most innovative today and is ahead of other industries in development. A personal 3D printer also creates a number of difficulties. The main difficulties are associated with intellectual property. According to experts, the economic damage from the use of 3D printing caused to intellectual property by 2022 will amount to 100 billion US dollars. Russia is at the stage of formation of the market for additive technologies, it is actively developing promising technologies, but it lags far behind the leading countries. The active introduction of technologies requires significant financial investments and the development of a research base. The government is required to actively develop funding programs for promising areas, as well as to promote research in this area.

**Keywords:** 3D printing, construction, patent landscape, innovation, inventions, additive technologies.

## **Введение**

Изобретения третьей промышленной революции стремительно ворвались в нашу повседневность, попутно изменив фундамент мировой экономики и философию ведения бизнеса.

Уже сейчас можно утверждать, что разработки шестого технологического уклада открывают огромные перспективы и создают предпосылки для решения глобальных проблем человечества.

Развитие нанотехнологий, робототехники, доминирование цифровой среды, переход к возобновляемым источникам энергии и использования композитных материалов открывают новые горизонты для комфортного существования человека в гармонии с природой, что способствуют инновационному строительству.

Флагманом передовых достижений является аддитивное производство (АП), то есть - 3D-печать.

Аддитивные технологии (Additive Manufacturing -AM) или технологии послойного синтеза сегодня является одним из наиболее динамичных направлений "Цифрового" производства [1]. Они позволяют ускорить выполнение технологических задач и решения задач подготовки строительства.

#### Постановка проблемы

Актуальность данного исследования обусловлена потребностью научного осмысления значительных социально-экономических возможностей, изменений и влияния 3D-индустрии в целом на производство и на строительство, в частности. Необходимостью развития этой отрасли в нашей стране, приведения национального законодательства в соответствии с требованиями времени.

Изучению отдельных вопросов, таких как влияния 3D-печати на инновационное развитие, интеллектуальную собственность, посвященные публикации иностранных ученых.

Такие проблемы изучали С. Бехтольд, А. Гурко, К. Джуэлл, Б. Депортере, Д. Мендис, Д. Колесников, В. Смирнов, С. Толкачёва, Б. Токарев. Есть труды отечественных ученых: Г. Андрощука, А. Гречко, Д. Дубова, А. Кронд, С. Чернышева, А. Штефан и других. Но многогранности комплексность проблематики требует дальнейших научно-технических и экономико-правовых исследований.

Целью статьи является генезис, анализ и тенденции развития аддитивных технологий 3D печати. Исследования их влияния на экономику, патентный ландшафт, проблемы интеллектуальной собственности на рынке 3D-печати и путей их решения.

#### **Изложение основного материала**

Из истории индустрии. Сегодня термин 3D-принтер активно используется в различных сферах, но при этом общая история 3D печати насчитывает около 30 лет. Впервые 3D печать была использована в 1980 годах. Родоначальник

омаддитивных технологий считается американец Чарльз Халл (Charles W.Hull), который в 1986 запатентовал способ стереолитографии.

Второй вехой развития 3D-печати стало открытие в 1988 технологии послойного наплавки FDM Скоттом Крамп и основания им же компании Stratasys [2]. Сначала термина "3D-принтер" не использовался, вместо этого термина использовалось выражение "быстрое прототипирование".

Термин 3D-принтер» появился в 1995г. Студенты Массачусетского технологического института - Джиму Бредту и Тиму Андерсону оптимизировали обычный струйный принтер, под 3Dпринтер и запатентовали данное изобретение. В основе, открытой ими технологии лежит послойное склеивание порошка.

### **Тенденции развития 3D-печати**

Развитие наукоемких отраслей и высоких технологий является основой технологической безопасности и независимости страны. 3D-принтер способен совершить революцию во многих сферах жизни.

В настоящее время существует широкий выбор методов аддитивного производства (табл. 1). Основные отличия заключаются в методе нанесения слоев и используемых расходных материал.

Таблица 1. Основные методы аддитивного производства

Метод	Технология	Использованный материал
Экструзивный	Моделирование методом послойного наплавления (FDM или FFF)	Термопластики (такие как полилактид(PLA), Акрилнитрилбутадиенстирол (ABS) и др.)
Порошковый	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Прямое лазерное спекание металлов (DMLS)</li> <li>- Электронно-лучевое плавление (EBM)</li> <li>- Выборочное лазерное плавления (SLM)</li> <li>- Выборочное тепловое спекания (SHS)</li> <li>-Выборочное лазерное спекание (SLS)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Почти любые металлические сплавы</li> <li>-Титановые сплавы</li> <li>-Титановые сплавы, кобальт-хромовые сплавы, нержавеющая сталь, алюминий</li> <li>Термопластик, металлические порошки, керамические порошки</li> </ul>

Струйный	Струйный тривимировый печать (3DP)	Гипс, пластики, металлические порошки, песчаные смеси
Ламинирование	Изготовление объектов методом ламинирования	Бумага, металлическая фольга, пластиковая пленка
Полимеризация	-Стереолитография (SLA) - Цифровая светодиодная проекция (DLP)	-фотополимеры

Сначала 3D-принтер применяли в высокоскоростном процессе разработки прототипов. Инженеры и промышленные дизайнеры использовали его, чтобы ускорить проведение проектных и прототипных операций, экономя время и деньги. С появлением новых методов и видов сырья 3D-печать начали применять в производстве компонентов и готовой продукции в различных секторах экономики, включая аэрокосмическую, авиационную и автомобильную промышленность, строительство, промышленный дизайн, медицинские изделия и сферу обороны [2].

3D-печать используется также для создания потребительских товаров: одежды, обуви, ювелирных изделий, очков и еды. Компаниям в этих отраслях 3D-печать позволяет изготавливать небольшое количество товаров по низким ценам.

Это делает 3D-печать привлекательным для тех, кто работает с мелкосерийным производством.

В большинстве случаев 3D-печать сокращает для компаний как время, так и стоимость производства.

Рынок 3Dпечати опережает другие отрасли производства.

Его средний ежегодный прирост оценивается в 27% и, по оценке компании IDC, к 2019 составит 267 млрд долларов США по сравнению с 11 млрд в 2018.

Применение аддитивных технологий в различных сферах приведен в таблице 2.

Таблица 2. Применение аддитивных технологий

№	Сфера деятельности	Процент использования, %
1	производство потребительских товаров и электроники	21
2	автомобилестроение	20
3	медицина, включая стоматологию	15
4	авиастроения космическая отрасль производства	12
5	изготовление средств производства	11
6	военная техника	8
7	образование	8
8	строительство	3

За последние пять лет динамика роста аддитивных технологий составляет 27%.

Все нормативные документы по аддитивным технологиям сейчас утверждает специальный межотраслевой комитет, созданный альянсом Global Alliance of Rapid Prototyping Associations (GARPA). Альянс входят национальные ассоциации 22 стран.

Первое место в этой сфере принадлежит США, затем идут Япония, Германия и Китай. Россия занимает 11 место и находится на начальном этапе развития этого направления.

Более 50% рынка принадлежит США и странам ЕС.

Оценки роста и влияния 3D-печати быстро меняются. Отраслевые обозреватели прогнозируют, что в 2021 рынок 3D-печати будет генерировать выручку в размере более 20 млрд долларов. Финансовое влияние этой технологии к 2025 оценивается между 230 и 550 млрд долларов в год.

О перспективах 3D-печати свидетельствуют также прогнозы ведущей мировой исследовательской и консалтинговой компании в сфере информационных технологий Gartner. Согласно ее оценкам в 2021 рынок аддитивных технологий составит 14600000000 долларов [5].

Внешняя простота 3D-печати сочетается с очень высоким уровнем требований к специалистам, которые должны обладать знаниями в области материаловедения, обработки материалов концентрированными потоками энергии, метрологии и тому подобное.

## **Научно-техническая и изобретательская активность**

Заметим, что 3D-печать - это наукоемкая отрасль. Компании, которые специализируются на 3D-печати, в среднем тратят почти 20% от своих доходов на исследования и разработки.

Со времени получения первого патента на 3D-принтер было создано множество технологий, где используются различные материалы и процессы. Спрос на каждый из видов технологии 3D-печати зависит от потребностей и видов применения.

Итак, они непосредственно не конкурируют друг с другом и не могут затрагивать права друг друга в патентовании технологий. Компании, занимающиеся 3D-печатью, применяют свои запатентованные изобретения в промышленном сегменте рынка. К таким компаниям относятся и такие гиганты, как 3D Systems, DuPont, EOS, Envisiontec и Stratasys [1].

В середине 2000-х годов этот сегмент рынка создали такие высшие учебные заведения, как Университет Бата, Массачусетский технологический институт (МТИ), Корнельский университет и Стэнфорд, фокусируясь на создании условий, при которых 3D-принтер станет доступным. Их целью было разработать 3D-принтеры, которые были бы компактными и широко применялись.

Один из этих проектов - принтер RepRap [англ. Replicating Rapid Prototyper] - был задуман с целью создания 3D-принтера с открытым исходным кодом, который мог бы воспроизводить сам себя. Вместе с поддержкой продуктов и услуг это существенно сократило расходы на персональные 3D-принтеры, делая их более доступными для заинтересованных потребителей. REPRAP также создал процветающую эко-систему для производителей оборудования, программистов и поставщиков услуг, каждый из которых поддерживает потребительский рынок 3D-принтеров. Некоторые из персональных 3D-принтеров, которые доступны сейчас, основанные на открытом исходном коде и аппаратных средствах RepRapa и содержат его программное обеспечение, оборудование и технологии [2].

Сегодня существует около 100-200 тысяч бесплатных разработок в области 3D-печати.

### **Патентный ландшафт в 3D-печати**

Построение патентного ландшафта или патентное картирование (Patent landscaping, patent mapping) - это услуги и инструменты машинного и экспертного анализа, сфокусированы не в конкретном изобретении, а на определенной технологии или определенном продукте в целом. Эти услуги основаны на информационных системах и базах данных патентной информации. Разработанный патентными ведомствами и коммерческими компаниями, патентный ландшафт заключается в визуализации логических связей между различными показателями в больших патентно-информационных массивах, значительно облегчает их понимание.

Ведомство интеллектуальной собственности Соединенного Королевства - Intellectual Property Office (IPO) опубликовало отчет о патентном ландшафте 3D-печати [3]. Его анализ предоставляет уникальную возможность понять суть и диффузию инноваций.

Команда IPO Patent Informatics проанализировала 9000 зарегистрированных патентов, разбитых на 4000 патентных групп, с 1980 по 2013 гг. И обнаружила, что количество патентов, связанных с 3D-печатью, значительно возросло с 2000.

Количество новых патентных заявок на изобретения 3D-печати растет в геометрической прогрессии, что указывает на увеличение конкуренции на этом рынке, особенно среди молодых и активных предприятий. В перспективе можно ожидать дальнейших интеграционных изменений - создание альянсов, новых слияний и поглощений, а также новых патентных исков.

Сравнительный анализ данных по основным заявителям за 2000 и 2010 показывает на заметное увеличение среди них доли научных и учебных организаций и сокращение доли физических лиц.



Анализ производителей 3D-принтеров показывает, что лидирующие производители принтеров стабильно держат свои позиции на рынке, не уступая место новичкам.

График на рис. 1 иллюстрирует динамику исследовательской и патентной активности современных технологических процессов аддитивного производства (3D-печати) за последние три десятилетия.

Особый интерес представляет увеличение разницы между количеством поданных заявок на изобретения и выданным патентами.

В начале 1980-х годов в подаче заявок на патенты в области 3D-печати лидировали японские изобретатели, но до 2000-х годов их обошли заявители с США. К 2010 большое количество заявок на 3D-печать - почти столько же, сколько японские и американские заявители вместе, подали китайские заявители. Большинство патентных заявок на 3D-печать подают малые и средние предприятия.

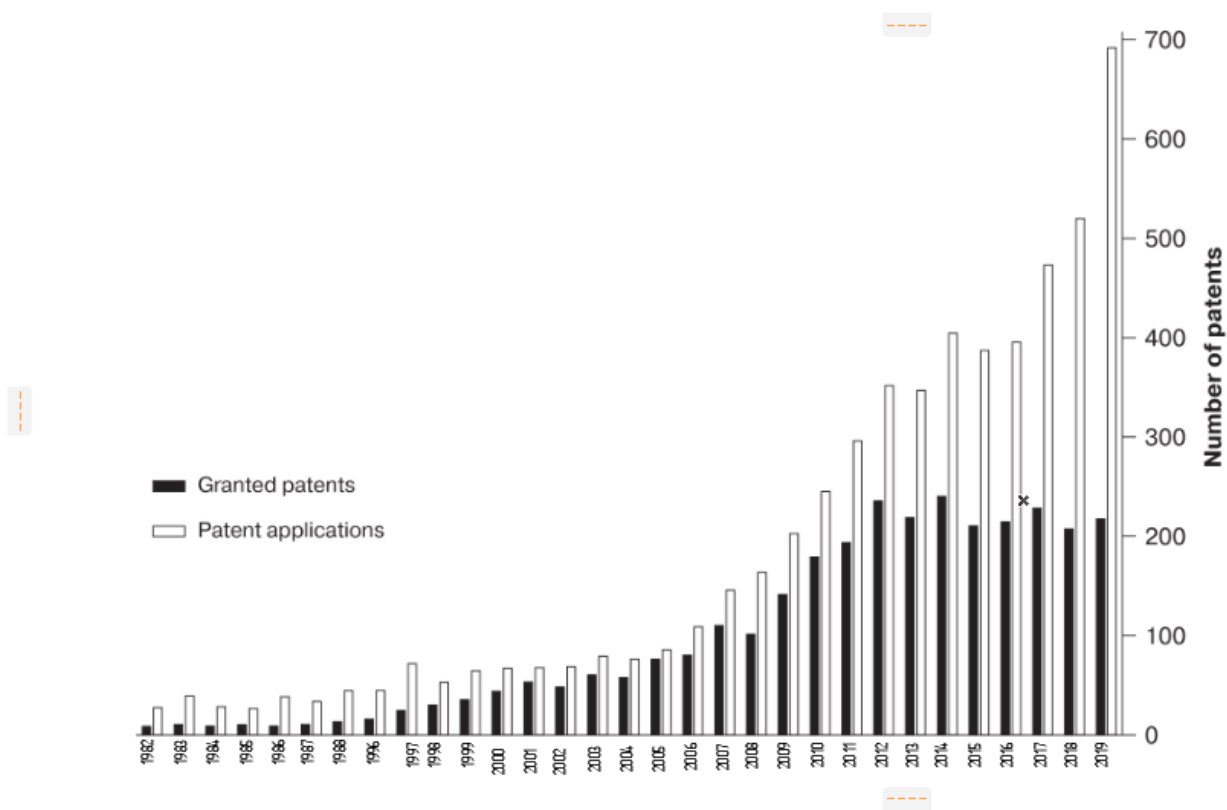


Рис.1 Сравнение выданных патентов

Значительную часть заявок в области 3D-печати получает США - более 60% патентов. Китай и Европа также получают большое количество заявок (Около 40-60%) [4].

На рис. 2 показано распределение опубликованных заявок в области 3D-печати по странам представления.

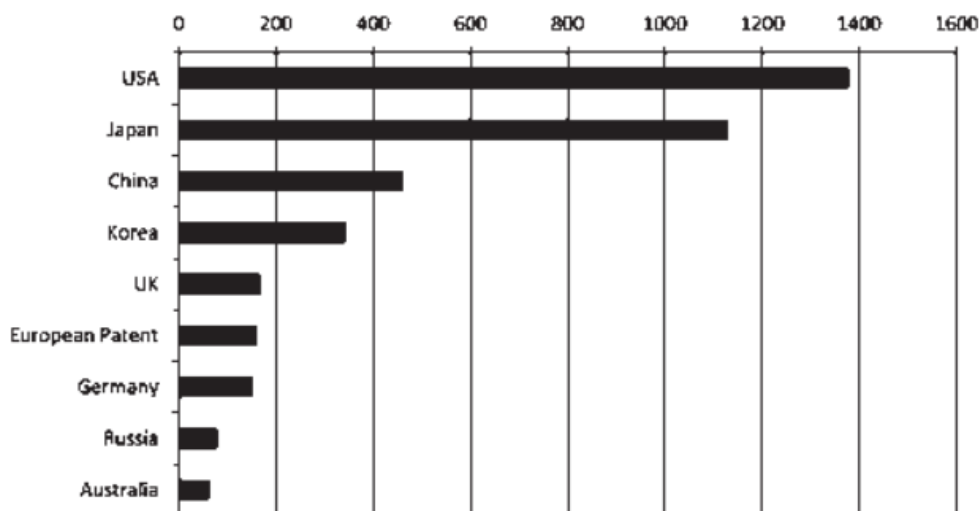


Рис.2 Распределение опубликованных заявок в сфере 3D печати по странам

Россия занимает восьмое место с примерно сотней заявок.

Количество российских публикаций по вопросам 3D печати составляет всего 0,76% от общемирового.

По количеству публикаций в этой сфере Россия занимает 26 место в мире, разделяя его с Грецией, Израилем, Финляндией и Польшей. За последние 15 лет в России было выдано 131 патент из разных аспектов 3D-печати (0,14% от мирового количества), при этом 14 из них получено российскими заявителями, а 117 - иностранными. Для сравнения: Южная Корея, США, Япония и Китай совместно владеют 90% патентов в этой сфере.

Страны со средним доходом - такие, как Аргентина, Бразилия, Малайзия и Южная Африка получают менее 20%.

Патентование изобретений в области 3D-печати уже распространяется в странах со средним уровнем дохода, хотя и гораздо медленнее, чем в четырех

передовых странах, в которых и возникли первые патенты на 3D-печать (Китай, Япония, Германия и США).

В Китае правительство осуществило огромные стратегические инвестиции в технологии 3D-печати, что значительно сильнее влияет на развитие этой инновации чем достижения частных компаний. Большие инвестиции китайского правительства в сферу 3D-печати отразились и на количестве патентных заявок, поданных китайскими университетами. В некоторых случаях количество внесенных в реестр заявок превысила заявки европейских и американских университетов.

Впечатляют достижения китайских изобретателей, которые сконструировали 3D-принтер, который в состоянии создать 10 домов в сутки площадью 200 м<sup>2</sup>. Причем стоимость каждого нового объекта недвижимости не превышает 5000 долларов США [7].

Недавно ученые Вуллонгонгского университета (Австралия) усовершенствовали существующие наработки в сфере 3D-печати, создав технологии 4D-печати. Результаты их исследований опубликованы в журнале *Macromo lecular Rapid Communications*. В 4D-печати понимается использование не только трех измерений для создания реальных объектов, но и фактора времени четвертого измерения.

По замыслу инженеров, если в печатные объекты добавить материалы, которые могут реагировать на внешние стимуляторы (например, повышение температуры или влажности), то они будут двигаться и меняться со временем, подобно человеческих мышц или тканям в растениях [5].

Все эти разработки влияют на перспективу развития строительной отрасли, не смотря на то, что процент внедрения 3Dпечати в строительство на данный момент не велик, это перспективное, активно развивающееся направление.

Среди проблем в сфере 3D-печати следует вылить:

- нет оборудования в учебных заведениях, научных центрах, предприятиях,

- отсутствие стандартизированной программы подготовки специалистов (В большей степени сейчас это "кустарное" обучение),

- недостаточный уровень государственной поддержки.

Развитие этой отрасли должно контролировать государство, всячески поддерживая новые производства и инновационный аддитивный бизнес.

- В условиях дефицита финансовых ресурсов очень важно обеспечить комплексный подход и координацию работ в области фундаментальных и прикладных исследований в стране.

### **Библиографический список:**

1. И. П. Белецкая, В. П. Анаников, Журн. орган. химии, 2015, 51, 159 [I. P. Beletskaya, V. P. Ananikov, Russ. J. Org. Chem. (Engl. Transl.), 2015, 51, 145].

2. 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).

3. K. Szaciiowski, W. Macyk, A. Drzewiecka#Matuszek, M. Brindell, G. Stochel, Chem. Rev., 2005, 105, 2647; K. Watanabe, D. Menzel, N. Nilius, H.#J. Freund, Chem. Rev. 2006, 106, 4301; V. Ramamurthy, S. Gupta, Chem. Soc. Rev., 2015, 44, 119; F. R. Baptista, S. A. Belhout, S. Giordani, S. J. Quinn, Chem. Soc. Rev., 2015, 44, 4433.

4. «Contrucktion». MegaScale 3D Printing, Group 1 : Final Report, 11th January 2013 / Alwi A., Karayiannis S., Starkey B., Gardner M., Reodique K., Varley Th. ; Faculty of Engineering and Physical Sciences University of Surrey. – 2013.–201 p.

5. Savitskii N.V., Panchenko N.V. Chumak Yu.G., Medgauz B.A. and Chernets V.A. Effektivnaya konstruktivno-tekhnologicheskaya sistema dlya stroitel'stva dostupnogo zhil'ya [Effective structural and technological system for affordable housing]. Stroitel'stvo, materialovedenie, mashynostroenie

[Construction, materials science, mechanicalengineering].Dnepr, 2013, iss.68, pp. 355–357.