

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ 3D-ПЕЧАТИ В МЕДИЦИНЕ

Егоров Иван Александрович

Курсант

Семенчук Ольга Вениаминовна

Кандидат химических наук,

доцент кафедры естественно-научных и специальных дисциплин

Дальневосточная пожарно-спасательная академия – филиал

Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России, г. Владивосток

APPLICATION OF 3D PRINTING TECHNOLOGY IN MEDICINE

Egorov Ivan Aleksandrovich

Cadet

Semenchuk Olga Veniaminovna

Ph.D. on Chemistry,

Associated professor of the Department of natural science and special subjects

Far-Eastern Fire Academy, Branch of the

St. Petersburg University of Emercom of Russia, Vladivostok

Аннотация. В настоящее время технология 3D-печати находит практически всеобъемлющее применение в различных сферах деятельности, а перечень используемых в 3D-печати материалов становится всё обширнее. Одним из самых востребованных направлений для применения данной технологии является медицина, а точнее трансплантология. Возможность создавать макеты с учетом индивидуальных анатомических особенностей, точность соответствия виртуальному аналогу и высокая скорость изготовления делают 3D-печать чрезвычайно перспективной при пересадке органов. В настоящее время уже есть опыт создания данным способом искусственных органов и частей тела. Расширение спектра использования 3D-печати в медицине позволит излечивать многие заболевания, что улучшит качество жизни людей. Данная статья даёт краткий обзор истории возникновения 3D-печати и её применения в медицине.

Annotation. Currently, 3D-printing technology is almost universally used in various fields, and the list of materials used in 3D-printing is becoming more and more extensive. One of the most popular and important areas for the application of this technology is medicine, or rather transplantology. The ability to create layouts based on individual anatomical features, the accuracy of the virtual analogue and the high production speed make 3D-printing extremely promising in organ transplantation. At present, there is already experience of creating artificial organs and body parts using this method. Expanding the range of use of 3D-printing in medicine will make it possible to cure many diseases, which will improve the quality of people's lives. This article provides a brief overview of the history of 3D printing and its application in medicine.

Ключевые слова: 3D-печать, стереолитография, биочернила, 3D-принтеры, искусственные органы и ткани.

Key words: 3D printing, stereolithography, bioink, 3D printers, artificial organs and tissues.

Краткая история возникновения и развития технологий 3D-печати

В 1984 г. Чарлз Халл разработал технологию стереолитографии. Через два года было изобретено и запатентовано устройство для печати с применением данной технологии. Для изготовления таких устройств была основана компания 3D Systems. Метод стереолитографии был предшественником современной 3D-печати, а соответствующее устройство – прототипом 3D-принтера. Компания 3D Systems успешно производит оборудование для 3D-печати до наших дней. А за данной технологией в то время закрепился термин «прототипирование».

Развитие технологии происходило в нескольких направлениях: Михаил Фейген предложил использовать метод ламинирования (1985 г.); Карл Декард и Джо Биман – технологию селективного лазерного спекания (1986 г.); Скотт Крамп – метод послойного наплавления (1988 г.). Последний в 1991 г. основал компанию Stratasys и организовал выпуск FDM-принтеров (англ. fused deposition modeling – метод послойного наплавления).

Еще один способ печатать объемные предметы – технология трехмерной печати был создан в 1993 г. в технологическом институте города Массачусетса. Принцип данной технологии тот же, что и в струйной печати

в обычных принтерах. В 1995 году компания ZCorporation приобрела патент и с тех пор производит промышленные 3D-принтеры на основе 3DP-технологий. Для обозначения применяемого технологического процесса стало употребляться выражение «трехмерная печать».

В 2010 году впервые были напечатаны кровеносные сосуды. В это же время созданы 3D-принтеры Cornicopia (англ. «Рог изобилия»), печатающие различные блюда из пищевых продуктов. Вскоре были созданы принтеры, печатающие фигурки из шоколада.

2013 год ознаменовался важными событиями в 3D-печати:

1. Компания Microsoft разработала приложение «3D Builder» для 3D-печати.
2. Началось создание индивидуальных протезов для имплантации взамен поврежденных костных тканей на основе 3D-технологий.
3. Для 3D-печати стал употребляться материал наподобие резины, затвердевающий под воздействием лазера. 3D-принтер, работающий на основе данной технологии, мог выполнять функции 3D-сканера. По сути, было создано первое 3D-МФУ (многофункциональное устройство).
4. Был разработан принтер для производства пиццы.

В 2014 году при 3D-печати стало возможным сочетать разные цвета и материалы. Для получения нужного цвета используется та же самая технология сочетания цветов, что и в обычных принтерах [1, 2, 3].

Области применения технологий 3D-печати

С каждым годом оборудование для 3D-печати становится доступнее и дешевле, процесс печати совершеннее, а материалы для печати – разнообразнее. Поэтому 3D-печать активно проникает во многие сферы жизни.

В архитектуре на 3D-принтерах печатают объемные модели зданий или других элементов застройки с использованием дешевого гипсового композита.

В сфере строительства предпринимаются попытки распечатывать настоящие здания и архитектурные сооружения. Так в 2009 г. был напечатан трехметровый павильон. Эта работа была выполнена на двадцати широкоформатных 3D-принтерах за 30 дней. В разных странах методом 3D-прототипирования производят дома. В Южной Калифорнии научились использовать 3D-технологии для возведения крупных объектов. При этом удается построить скелет здания за 20 часов.

Промышленные 3D-принтеры для строительства в настоящее время производятся в США, Китае, Великобритании, Словении, Нидерландах и России. Вообще же 3D-технологии применяются в 250 странах для производства более мелких объектов.

Таким образом изготавливаются, например, фигурки людей или животных, другие предметы, которые могут быть использованы как наглядный материал в учебных заведениях, в том числе университетах и научно-исследовательских центрах.

Имеются экспериментальные разработки по 3D-печати одежды и обуви. Сейчас появилась возможность сочетать в напечатанных моделях разные материалы, но в массовое производство такие модели одежды и обуви пока не вошли. Причиной этого являются их специфический внешний вид и высокая цена.

В ювелирном деле с помощью 3D-печати создают восковые модели украшений, что очень упрощает работу мастеров.

3D-модели бутылок оригинальной формы изготавливаются в натуральном виде перед тем, как запустить их в производство. Это позволяет согласовать с заказчиком все элементы изделия.

Большое применение находят 3D-технологии в производстве игрушек и сувениров [3, 4, 5].

Применение технологий 3D-печати в медицине

Область применения 3D-технологии в медицине очень широка. Первые попытки использования 3D-печати в медицине были предприняты в сфере стоматологии. В конце 1990-х годов американская компания «Align Technology» начала изготавливать этим методом зубные капы. В 2012 году были напечатаны и установлены зубной имплант и титановая челюсть. Впоследствии 3D-печать стала применяться для изготовления искусственных костей с целью их последующей трансплантации. В 2013 году в США человеку, пострадавшему в ДТП, восстановили череп с помощью изготовленных на 3D-принтере титановых костей, заменив 70% тканей черепа. Ниже перечислены основные современные направления медицинского применения 3D-печати.

1. Прежде всего востребована 3D-печать органов и тканей.

При биопечати в качестве расходного материала используется не пластик, а биочернила (слои живых клеток или структурирующая основа для них), из которых методом струйной печати формируется орган. Эта методика применяется для регенерации тканей и даже для печати органов непосредственно на пациенте.

В 2006 году ученые из США удачно напечатали мочевые пузыри из донорской ткани, которые формировались в течение восьми недель в условиях, близких к условиям нахождения внутри человеческого тела.

Российские ученые тем же методом напечатали модель щитовидной железы и пересадили ее подопытной мыши. Искусственная железа доказала свою жизнеспособность.

В 2019 г. американские врачи имплантировали пациенту напечатанные на 3D-принтере кости пальца.

Российские ученые создали пластичный, быстро затвердевающий биоматериал для 3D-печати из костей животных, который можно трансплантировать человеку, со временем он растворяется. Применение такого материала при сращении поврежденных эффективнее, чем применение титановых конструкций.

Ученые из Южной Кореи разработали метод печати искусственных глазных роговиц из тканевого материала пациента. Напечатанная и заполненная биоматериалом роговица затем четыре недели культивировалась в инкубаторе при температуре 37 °С. Такие роговицы применяются, если нет донорских.

2. Объемные модели органов создаются не только для трансплантации, но, например, для лабораторных экспериментов, планирования операций и т.п. С этой целью, например, в 2019 году в США была создана 3D-модель сердца.

3. При помощи 3D-технологий создаются разнообразные изделия медицинского назначения. Российская компания «Tempogum» в 2020 года выпускает медицинские маски, изготовленные с применением 3D-технологии. Отечественные ученые на основе той же технологии разработали ортопедические корсеты для пациентов, проходящих курс реабилитации после серьезных травм или операций.

4. Еще одно востребованное направление 3D-печати в медицине – это создание персонализированных хирургических инструментов, позволяющих проводить операции с наименьшей травматичностью. Так, лапароскопический зажим был впервые напечатан и применен в 2016 году.

5. В фармации при помощи 3D-печати создаются препараты, лекарственное вещество в которых должно высвобождаться постепенно, с течением времени. Кроме того, на 3D-принтерах можно создавать таблетки индивидуально, с учетом пола, веса, возраста пациентов. Так, в 2016 году американская компания начала производство данным методом препарата от эпилепсии «Spritam».

6. Метод 3D-печати активно используется в протезировании, что объясняется необходимостью индивидуального подхода в каждом случае.

В Сьерра-Леоне была создана модель протеза руки, которая легко адаптировалась для каждого пациента. стоимость напечатанного 3D-принтере протеза составляет всего 50 долларов США.

Ведутся разработки по изготовлению экзоскелетов с помощью 3D-технологий селективного лазерного спекания [1, 2, 6, 7, 8].

Заключение

На наших глазах происходит история возникновения и формирования технологии 3D-печати. Перспективы развития данной технологии чрезвычайно велики в разных сферах жизни. Особенно востребована она в медицине, потому что позволяет при относительно небольших затратах создавать уникальные, подобранные индивидуально для каждого пациента, высокоточные объекты – органы, протезы, лекарства, инструменты и др.

В настоящее время эта область применения энергично осваивается, но технология еще далека от совершенства. Пока удастся создавать только простые органы и ткани. Попытки создать жизнеспособные сердце, легкие или печень пока не приводят к значимым результатам. В 2014 году американской компании «Organovo» удалось воссоздать ткани человеческой печени и почек, но они сохранили свою жизнеспособность всего нескольких недель.

Работа по развитию 3D-технологий проводится во всем мире. Можно предположить, что в обозримом будущем появятся новые, экологичные, наиболее приемлемые для организма материалы, будут созданы методики 3D-печати более сложных органов, разработаны способы конструирования сложных систем организма. И, разумеется, будут возникать новые способы применения данных технологий в медицине.

Итогом широкого внедрения 3D-печати в медицинскую практику станут повышение эффективности лечения, снижение количества осложнений, рост производительности труда врачей, снижение затрат на лечение. А самое главное, многие пациенты получают шанс на исцеление и нормальную жизнь.

Библиографический список

1. Derakshanfar S. et al. 3D bioprinting for biomedical devices and tissue engineering: A review of recent trends and advances // Derakshanfar S., Mbeleck R., Xu K., Zhang X., Zhong W., Xing M. *Bioactive Materials*. 2018. Vol. 3. P. 144 – 156.
2. Xia Z., Jin S., Ye K. Tissue and organ 3D bioprinting // *SLAS Technology*. 2018. Vol. 23 (4). P. 301 – 314.
3. Новости технологий, обзоры гаджетов, смартфонов, бытовой техники и автомобилей [электронный ресурс]. URL: https://www.ixbt.com/printer/3d/3d_common.shtml
4. Акимов А.В., Зарипов И.Р., Леонтьев А.Д. Производство домов для МЧС методом 3D прототипирования // *Национальная ассоциация учёных (НАУ)*. 2015. № 4-2 (9). С. 38-39.
5. Покатилов А.В., Хохлова А.О. Анализ строительных 3D-принтеров и материалов для 3D печати // *Проблемы строительного производства и управления недвижимостью: Материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., Кемерово: ФГБОУ ВО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева*. 2016. С. 22-26.
6. Li P. et al. The potential role of 3D-bioprinting in xenotransplantation // Li P., Zhang W., Smith L.J., Ayares D., Cooper D.K.C., Ekser B. *Current opinion on organ transplantation*. 2019. Vol. 24(5). P. 547–554.

7. Сайт научно-популярного интернет-журнала «Биомолекула» [электронный ресурс]. URL: <https://biomolecula.ru/articles/pechat-lekarstv-na-3d-printere> (дата обращения 20.01.2022)

8. Издание о новых технологиях в здравоохранении [электронный ресурс]. URL: [https://zdrav.expert/index.php/Статья:3D-печать в медицине](https://zdrav.expert/index.php/Статья:3D-печать_в_медицине)