

# 3D-печать В МЕДИЦИНЕ



Рождается индустрия, выходящая за пределы полимерной отрасли и делающая нас частью сюжета фантастического романа

Петр Степаненко

**П**ервоначально техника 3D-печати разрабатывалась с целью организации оперативной печати, не требующей создания дорогостоящих литейных форм. Так, опытные образцы до утверждения в серию требовали удешевления выпуска.

От макетов и прототипов пользователи 3D-печатных устройств перешли к выпуску расходных материалов, когда нужно в единичном экземпляре или малым тиражом напечатать запасные детали для ретро-коллекций или просто механизмов, снятых с производства.

Затем 3D-аналоги стали использоваться для ускорения поставки и одновременно удешевления комплектующих электроприборов, машин и самолетов, и, наконец, — для изготовления медицинских приборов.

Речь шла об использовании неорганических материалов — полимеров, стекла, металла, керамики.

Вероятно, на рубеже 2000-х годов создатели 3D-принтеров и представит

**Австралия выделила Технологическому университету Квинсленда на развитие технологий 3D-печати в медицине 1 млрд долларов.**

себе не могли, что через их руки, столы и экраны в реальную жизнь переключаются сюжеты фантастических фильмов, посвященные печати настоящих человеческих органов.

## Хирургические инструменты

В 2006 году студенты биоинженерного факультета из Университета Британской Колумбии получили награду за 3D-печать эффективного хирургического эвакуатора дыма. Ранее в трехмерном формате были напечатаны и получили практическое применение щипцы, гемостаты, рукоятки и зажимы скальпеля.

Инструменты выпускаются теперь новым способом серийно, выходят из принтера стерильными и стоят одну десятую часть прототипов предыдущего поколения, выполненных из нержавеющей стали.

## Импланты костей

Нетрудно представить, что технология 3D-сканирования и печати быстро завоевала сектор краниальных и других

имплантов, изготавливаемых из любых неорганических материалов — сплавов, керамики, пеностекла. Технология позволяет в режиме реального времени

**В 2017 году российское правительство выделит на создание имплантов 705,9 млн рублей (14 млн долларов).**

создать контуры отверстия или костного дефекта до операции или же в ходе операции, сразу после удаления поврежденных участков. Затем — быстро напечатать имплант и разместить его точно по контуру отверстия.

В 2013 году в США была сделана операция, в ходе которой 75% черепа пациента были заменены после двухнедельной работы с отсканированной моделью. Результат повторяет мельчайшие подробности формы.

По данным Oxford Performance Materials, от 300 до 500 человек в США ежемесячно могут стать пациентами, которым требуются подобные операции. К ним относятся жертвы дорожно-транспортных происшествий,

военнослужащие и онкологические пациенты с опухолью в черепе.

По данным российского НИИ Склифосовского, ежегодно в России более 2 тысяч черепно-мозговых травм требуют применения трансплантации, и до 20% этих операций в дальнейшем требуют повторного вмешательства хирургов из-за плохой приживаемости или неправильного расположения импланта в ткани.

В 2014 году состоялись первые операции в Китае, в ходе которых пациентам имплантировали напечатанные на 3D-принтере ключицу, лопатку и правую подвздошную кость таза. Показания к операции — раковые опухоли.

В том же 2014 году в США появился первый человек, которому имплантировали коленный сустав, напечатанный по разработке компании Conformis на 3D-принтере. В отличие от серийных стальных и пластиковых протезов колена, этот образец не придется менять через 10 лет эксплуатации.

Одновременно в Британии провели операцию по замене тазобедренного сустава напечатанным — 71-летней пациентке.

В 2016 году учеными Пекинского университета была проведена операция на позвоночнике у 12-летнего мальчика. Позвонок, полученный с помощью

3D-печати, позволил эффективно заменить поврежденный, точно повторил контуры прилегающих позвонков и превосходит титановые аналоги в прочности и долговечности.

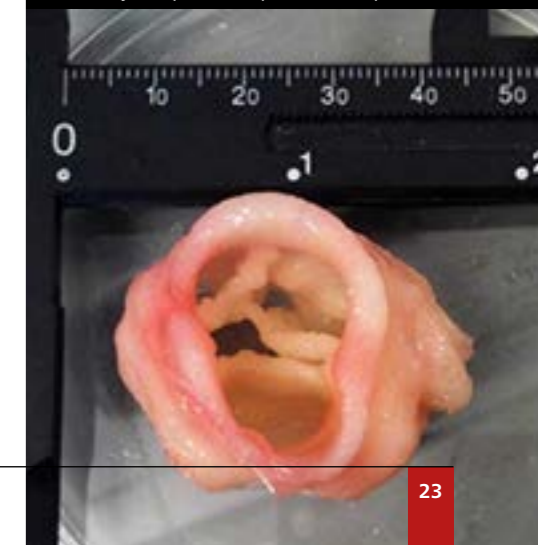
Новый метод позволяет ускорить сроки реабилитации и значительно снижает болевой синдром после операции. Как и обычный позвонок, 3D-аналог является полым в центре, чтобы нервы могли проходить в ствол мозга и соединяться с периферическими окончаниями.

## Ушная раковина

Сначала эксперименты в этом направлении вылились в создание бионического уха, которое пока существует отдельно от человека. Устройство, выполненное с участием живых клеток кожи человека, содержит индуктивную радиоантенну. Концепт создан для апробации использования нанoeлектроники в 3D-печати.

В 2016 году Технологическим университетом Квинсленда (Австралия) была разработана технология печати анатомически верных ушей из собственных клеток хрящевой ткани пациента. После нескольких недель вы-

Исследователи из Корнельского университета использовали 3D-печать для создания живых сердечных клапанов, которые пересаживаются пациенту во время операции на сердце.







В 2016 году Технологическим университетом Квинсленда (Австралия) была разработана технология печати анатомически верных ушей из собственной хрящевой ткани человека, выращенной *in vitro*.

рашивания такое ухо хирургическим путем было пересажено 2-летней пациентке.

По планам разработчиков, такое лечение будет обходиться в ближайшем будущем в 200 долларов на каждого ребенка.

### Стоматология

Технология 3D-печати в стоматологии используется с 1999 года. Пионер этой области — компания Align Technology,

**Выращивание клеток кожи пациента *in vitro* в ожоговых центрах занимает около 2 недель. Новая технология печати на 3D-принтере позволяет решить ту же задачу за 2 дня.**

начавшая производство и продажу кап для зубов как альтернативы брекетам.

Что касается протезирования зубов, то 3D удешевило процесс в несколько раз и сделало эту манипуляцию доступной для широких масс населения.

3D-принтеры избавляют стоматологов от сложного и трудоемкого ручного моделирования. Клиентам больше не нужно проходить сложный процесс от первого визита до установки окончательной конструкции, проходя через череду примерок и доработок. Зубные техники полагались раньше на твердость руки и хорошее зрение, их работа трудоемкая и занимает много времени. Теперь достаточно сделать сканирование ротовой полости — и вскоре получить прекрасный результат.

Уникальную форму каждого зуба невероятно сложно передать с помощью ручного изготовления или фрезерного станка.

Стоматологические 3D-принтеры делают ненужными сложные и устаревшие методы производства. Благодаря новейшим технологиям и самым

современным материалам вы получаете готовую продукцию в несколько раз быстрее, чем раньше. Но главное — стоматологические модели, напечатанные на 3D-принтере, в точности повторяют нюансы исходного образца.

Трехмерная печать обеспечивает стабильную точность и выводит стоматологический бизнес на индустриальные мощности. Теперь вы можете использовать снимки и сканирование ротовой полости для быстрого моделирования CAD/CAM и 3D-печати ред-

ких ортодонтических инструментов, гипсовых моделей, моделей коронок и мостовидовых протезов.

В 2012 году состоялась первая операция по вживлению имплантата нижней челюсти, напечатанного на 3D-принтере. Материал — титан. Исполнитель — компания LayerWise.

### Трансплантация в России и в мире

Ежегодно в мире выполняется 100 тысяч трансплантаций органов и более 200 тысяч — тканей и клеток человека.

Из них до 26 тысяч приходится на трансплантации почек, 8-10 тысяч — печени, 2,7-4,5 тысячи — сердца, 1,5 тысячи — легких, 1 тысяча — поджелудочной железы.

Лидером среди государств мира по количеству проводимых трансплантаций являются США: ежегодно американские врачи выполняют 10 тысяч пересадок почек, 4 тысячи — печени, 2 тысячи — сердца.

В России ежегодно производится 4-5 трансплантаций сердца, 5-10 трансплантаций печени, 500-800 трансплантаций почек. Этот показатель в сотни раз ниже потребности в данных операциях.

Согласно исследованию американских экспертов, расчетная потребность количества трансплантаций органов на 1 млн населения в год составляет: почка — 74,5; сердце — 67,4; печень — 59,1; поджелудочная железа — 13,7; легкое — 13,7; комплекс сердце-легкое — 18,5.

В 2014 году еще два пациента стали обладателями новой челюсти. Один из них лишился ее из-за опухоли, а второй сломал челюсть. Дальше — больше.

### Суставы из заполняемого полимера

Исследователи Северо-Западного университета разработали полимерную композицию, которую используют для печати гибкой пористой структуры с внешним контуром заменяемого костного дефекта. Созданные на 3D-принтере пластиковые импланты не отторгаются, постепенно заполняются клетками и окостеневают. При этом пластиковая составляющая со временем растворяется.

Новый расходный материал для 3D-печатных костей содержит два компонента:

- гидроксипапатит — минерал, который присутствует в обычной костной ткани, обеспечивая ее прочность и жесткость;

- поликапролактон — полимер, который не вызывает ответной реакции иммунной системы и широко используется для медицинских целей.

В результате имплант лишь на 10% объема состоит из растворимого полимера (остальной объем — полости). Искусственная кость не просто является эластичной и может быть введена через небольшой разрез; ее можно растягивать практически в два раза без разрушительного эффекта.

### Внутренние органы

В начале 2017-го специалисты из американской Organovo объявили, что через шесть лет начнут пересаживать

Возможности 3D-печати поражают воображение медиков и дизайнеров, но еще не дошли до массового сознания.

Тем временем, новая технология полностью перевернет наше представление о медицине и сохранении жизни.

3D-печать человеческих тканей, полноценных органов, мышц, протезов, имплантов позволит преодолеть травмы, несовместимые с жизнью; сделает высокотехнологичную медицинскую помощь доступной для сотен тысяч людей.







Для печати кожи используются биочернила, содержащие плазму, первичные фибробласты и клетки эпителиальной ткани человека. Новый способ в 7 раз сокращает сроки получения «родной» кожи, чтократно повышает выживаемость пациентов с обширными ожогами.

пациентам ткани, полученные методом 3D-печати из живых человеческих клеток. Для трансплантации будут создаваться как части поврежденных тканей, так и органы целиком.

В данный момент искусственные ткани, выращенные специалистами компании в лабораторных услови-

находится рядом с капиллярами, которые печатать пока не научились.

### Сердце и сосуды

Исследователи из Университет Ростока в Германии, Гарвардский медицинский институт и Сиднейский университет

**Расчетная потребность трансплантаций органов на 1 млн населения в год составляет: почка – 74, сердце – 67, печень – 59, поджелудочная железа – 13, легкое – 13, комплекс сердце–легкое – 18.**

ях, используются фармацевтами для тестирования новых лекарственных препаратов. 3D-печатные ткани функционируют так же, как и обычные, и позволяют наблюдать реакцию, характерную для человеческого организма, в отличие от приближенной реакции подопытных животных.

Теперь компания сосредоточила силы на создании жизнеспособных органов, пригодных для трансплантации. Первыми в сотрудничестве с Королевской детской больницей в Мельбурне будут созданы функциональные почки и печень.

Метод создания структуры человеческой почки из стволовых клеток уже разработан. В перспективе искусственная почка будет пригодна для трансплантации.

Только в США в списке на трансплантацию почек – 120 тысяч пациентов.

Основной проблемой технологии в ее нынешнем виде является длительность печати одного органа, измеряемая несколькими месяцами, и кровоснабжение. Каждая клетка в тканях

разрабатывают биологические клетки, трехмерный струйный принтер и лазер для восстановления сердца, в частности, наложением полученной 3D-методом органической заплатки. Теми же специалистами создаются искусственные (полученные инструментально из живых клеток или с использованием полимерной сетки) кровеносные сосуды.

### Кожа

Тем временем, группа испанских ученых из Университета Карлоса III (Мадрид), Центра по исследованиям

**По планам компании Organovo, к 2023 году начнется пересадка печени и почек, полученных методом 3D-печати из живых человеческих клеток.**

в сфере энергетики, окружающей среды и технологий (SIEMAT), а также мадридского Университетского госпиталя Грегорио Мараньона представила 3D-биопринтер, который способен послойно воспроизводить человеческую кожу, идентичную натуральной.

Последнее было доказано гистологическими и иммуногистохимическими исследованиями.

3D-биопринтер использует инжекторы с биологическими компонентами человека и биочернила, запатентованные SIEMAT и лицензированные компанией BioDan Group, которая планирует выводить на рынок данную технологию. Кожа человека печатается слоями, а весь процесс контролируется компьютером.

Для печати используются биочернила, содержащие плазму, первичные фибробласты и кератиноциты (клетки эпителиальной ткани) человека. Поскольку для печати применяются живые клетки, то напечатанная кожа является биологически активной и сама начинает вырабатывать коллаген.

В практике ожоговых центров выращивание из собственных клеток пациента кожи in vitro занимает около 2 недель. Новая технология печати на 3D-принтере позволяет решить ту же задачу за 2 дня.

В планах научного коллектива — печатать трахеи, сердечных клапанов и кровеносных сосудов.

### Помощь во время операций

Имея перед глазами объемную 3D-модель, хирургам будет гораздо проще ориентироваться внутри живого человека во время операции.

Например, когда операция проходит у двенадцатилетней девочки, чья раковая опухоль признана неоперабельной. Опухоль находилась слишком близко к позвоночнику, а также была окружена здоровыми тканями, органами, венами и артериями. Опаснейшая операция прошла успешно, поскольку врачи использовали распечатанную 3D-модель и тщательно спланировали все манипуляции.

Кардиологи всего мира собирают сейчас библиотеку 3D-макетов сердец. Распечатанное сердце помогает врачам планировать операцию, ведь одно

дело — видеть результаты сканирования, а другое — держать орган в руках в натуральную величину.

### Печать пористых таблеток

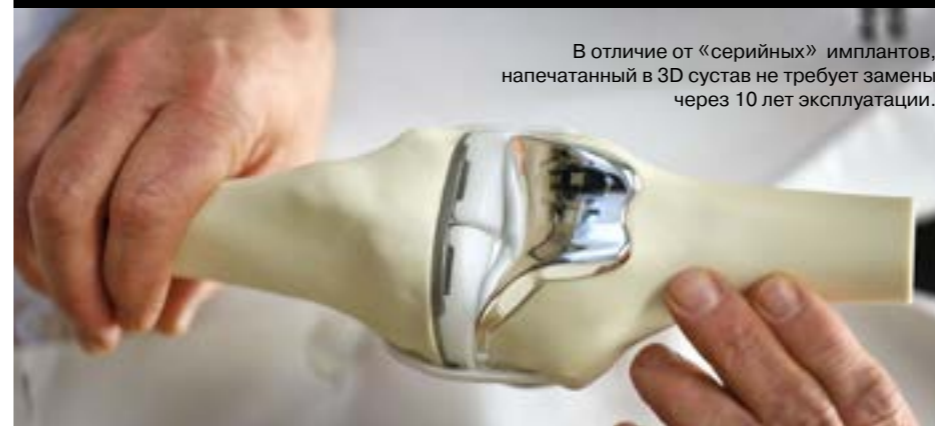
В 2016 году сотрудники американ-



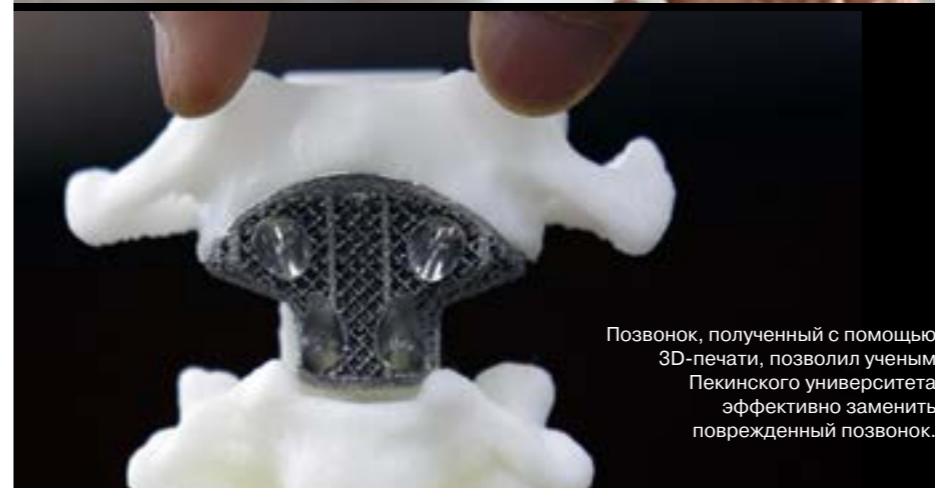
Изготовленный на 3D-принтере титановый имплант для пациента, пострадавшего в аварии.



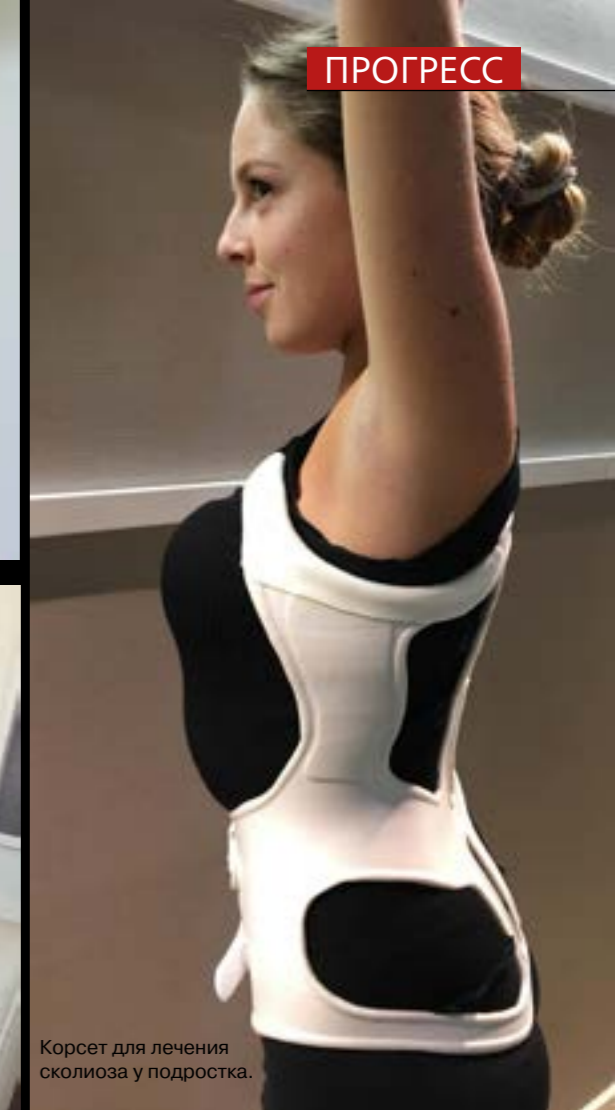
Индивидуальная печать бионических конечностей — значимое направление 3D-индустрии.



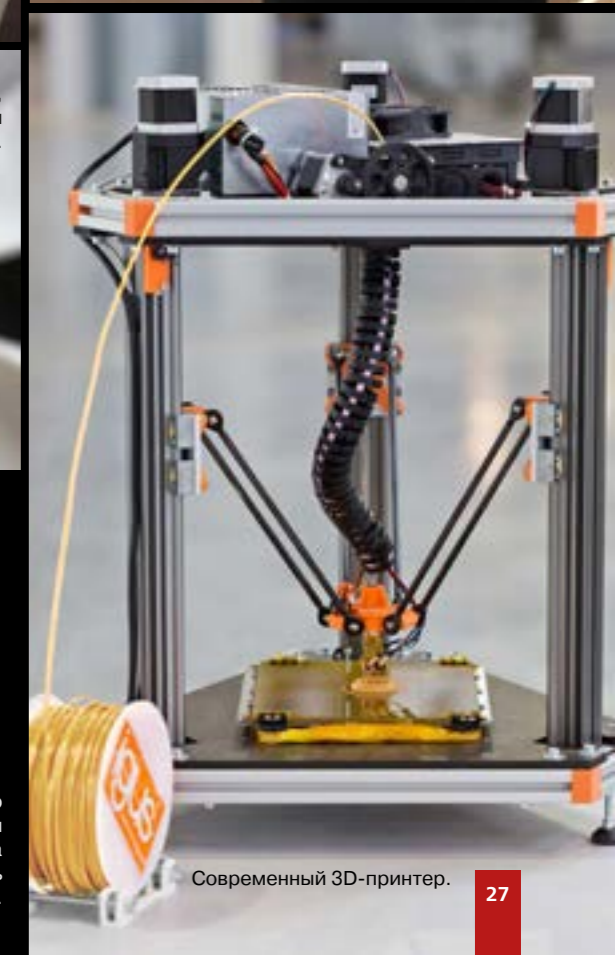
В отличие от «серийных» имплантов, напечатанный в 3D сустав не требует замены через 10 лет эксплуатации.



Позвонок, полученный с помощью 3D-печати, позволил ученым Пекинского университета эффективно заменить поврежденный позвонок.

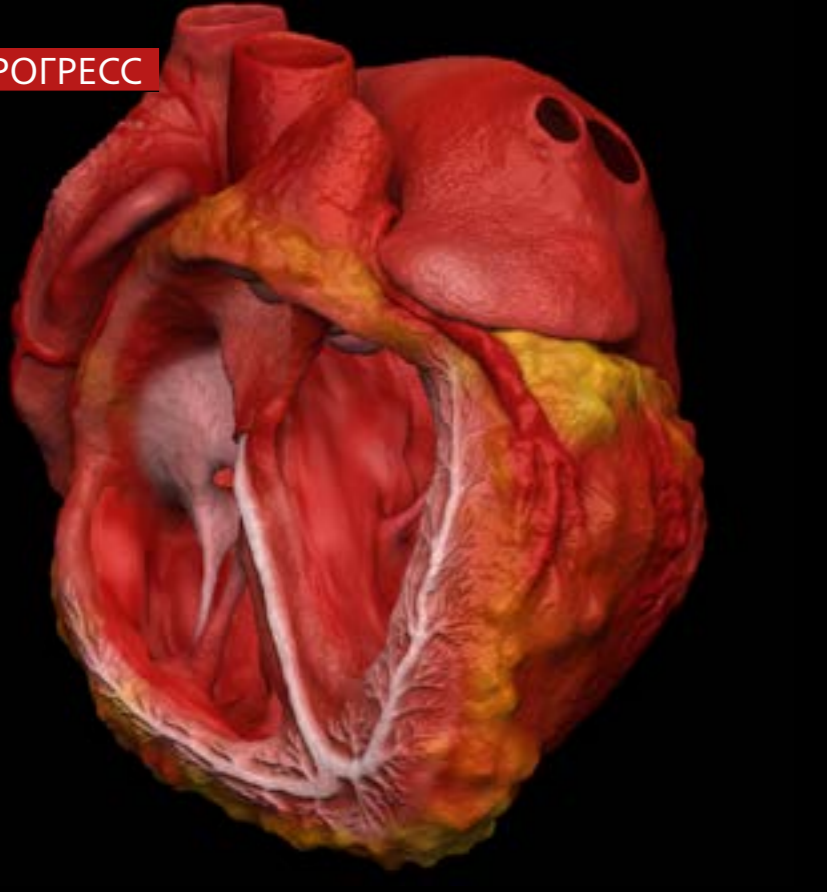


Корсет для лечения сколиоза у подростка.



Современный 3D-принтер.





Кардиологи всего мира собирают сейчас библиотеку 3D-макетов сердец. Распечатанное сердце помогает врачам планировать операцию.

ской фармкомпания «Aргесиа Pharmaceuticals» получили разрешение FDA (Food and Drug Administration – управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов) использовать технологию 3D-печати для создания лекарственных

лекарственного препарата. Данная методика упрощает прием медикамента для пациентов, имеющих сложности с глотанием таблеток.

Дон Везерхолд (Don Wetherhold), генеральный директор Aргесиа Pharmaceuticals, заявил, что технология

**В 2016 году получено разрешение FDA на использование технологии 3D-печати для создания лекарственных средств. В результате таблетки будут не «прессованными», а пористыми.**

ных средств. Спритам (леветирацетам) стал первым препаратом, созданным при помощи 3D-принтера.

Медикамент применяется взрослыми и детьми для предупреждения развития эпилептических припадков. В России леветирацетам входит в список жизненно необходимых и важнейших лекарственных препаратов, утвержденный правительством Российской Федерации.

Новая технология по созданию спритама, носящая название ZipDose, была создана специалистами Массачусетского технологического института (Massachusetts Institute of Technology). В результате ее применения таблетки состоят не из «спрессованных» лекарственных слоев, а обладают пористой структурой. Этот вид производства позволяет добиться более быстрого растворения и лучшего всасывания

может использоваться для пациентов, страдающих шизофренией, болезнью Паркинсона и множеством других расстройств.

**Борьба с раком**

Разработку лекарств против рака осложняет колоссальное количество разновидностей раковых клеток, относящихся как к разным тканям, так и

принадлежащих разным особям, а также находящиеся на различных стадиях индивидуальной эволюции.

Удешевить исследование лекарств для конкретных применений позволит 3D-печать тканей из раковых клеток различных тканей и разных пациентов. Что позволит в несколько раз сократить сроки исследований, клинических испытаний, их стоимость и, возможно, начать выпуск индивидуальных составов для конкретных пациентов, определить наиболее эффективный препарат не последовательным применением на живом человеке, а in vitro.

**Рождение индустрии**

История объемной печати отсчитывает свое существование с 1980-х годов.

Рождаются компании, цель которых — помочь хирургам в проведении операций, сканирование органов, разработка и создание новых видов протезов, исследование и комбинирование материалов, создание для тканей методом биопечати для тестирования лекарств и для трансплантации.

По всему миру и в России появилась профессия «био-архитекторы в области 3D-печати». Количество специалистов и объем рынка 3D-печати в последние 5 лет увеличиваются экспоненциально.

В 2017 году российское правительство выделит на разработку и клинические испытания имплантируемых медицинских изделий 705,9 млн рублей (14 млн долларов). Соответствующее постановление подписал премьер-министр России Дмитрий Медведев. Согласно документу, производители смогут компенсировать 80% расходов на разработку имплантов за счет субсидий (в предыдущей версии документа было 50%), а максимальный размер субсидий одному предприятию увеличен с 5 млн рублей до 200 млн рублей.

Субсидии выделяются по госпрограмме «Развитие фармацевтической и медицинской промышленности» на 2013–2020 годы.



Исследователи Северо-Западного университета (США) разработали полимерную композицию для печати гибкой пористой структуры с внешним контуром заменяемого костного дефекта. Использование «нерастворимого» имплантата предыдущего поколения у детей невозможно: по мере роста ребенок будет обречен на страшные муки, ему будут нужны все новые и новые операции.



**КОМПЗИТ-ЭКСПО**

Десятая международная специализированная выставка

28 февраля - 2 марта 2017

Москва, ЦВК «Экспоцентр», павильон 1

**Основные разделы выставки:**

- Сырье для производства композитных материалов, компоненты: Наполнители и модификаторы
- Стеклопластик (пластик, армированный стекловолокном), углепластик (пластик, армированный углеродным волокном), графитопластик, базальтопластик, базальтовые волокна, древесно-полимерный композит (ДПК), искусственный камень, искусственный мрамор, металлокомпозиты, нанокompозиты, биокompозиты и т.д.
- Полуфабрикаты (препреги)
- Инженерные пластики
- Промышленные (готовые) изделия из композитных материалов
- Оборудование и технологическая оснастка для производства композитных материалов
- Инструмент для обработки композитных материалов
- Измерительное и испытательное оборудование
- Компьютерное моделирование

**Специальный раздел выставки: КЛЕИ И ГЕРМЕТИКИ**

**Информационная поддержка:**



**Дирекция:**

Выставочная Компания «Мир-Экспо»  
115230, Россия, Москва, Хлебозаводский проезд, дом 7, строение 10, офис 507  
Тел.: 8 495 988-1620 | E-mail: info@composit-expo.ru | Сайт: www.composit-expo.ru

YouTube: youtube.com/user/compoexporus | @compoexporus

**Организаторы:**



**ПОЛИУРЕТАНЭКС**

Девятая международная специализированная выставка

28 февраля - 2 марта 2017

Москва, ЦВК «Экспоцентр», павильон 1

**Основные разделы выставки:**

- Сырье для производства полиуретанов
- Оборудование и станки для производства и переработки полиуретанов
- Обслуживание
- Тестовое оборудование
- Конечная продукция
- Использование полиуретанов в:
  - машиностроении, - автомобилестроении, - строительстве (теплоизоляция),
  - железнодорожном транспорте (вкл. вагоностроение),
  - авиационном транспорте, - трубопроводном транспорте,
  - электротехнике, - изоляции товаров бытового назначения,
  - обувной промышленности, - легкой промышленности, - медицине,
  - мебельной промышленности, - химической промышленности,
  - строительной индустрии, - горнообогатительной промышленности,
  - металлургии.

**Информационная поддержка:**



**Дирекция:**

Выставочная Компания «Мир-Экспо»  
115230, Россия, Москва, Хлебозаводский проезд, дом 7, строение 10, офис 507  
Тел.: 8 495 988-1620 | E-mail: info@polyurethanex.ru | Сайт: www.polyurethanex.ru

YouTube: youtube.com/user/polyexparu | @polyexporus

**Организатор:**

