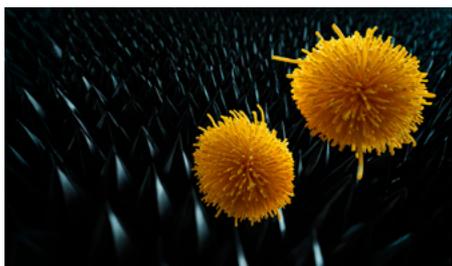


Октябрь 2024

В октябре расскажем вам о новых способах добычи лития и защиты аккумуляторов на их основе, поговорим о новых разработках в области 3D-печати, а также затронем ключевые достижения в междисциплинарных областях.

- 02 [ Хлопья графена разрезали бактерии на части  
Китайские ученые получили искусственную паутину для медицинских повязок
- 03 [ В России впервые получили 50-кубитный квантовый компьютер  
Эффективность тандемов кремний-перовскит поднялась до 33,89 процента
- 04 [ Магнитные нанороботы очистили и отполировали поверхность полупроводника  
Китайские ученые получили микробный топливный элемент с рекордной эффективностью
- 05 [ Солнечный свет и фосфат железа помогут в добыче лития  
Политиофен защитит литий-ионные аккумуляторы от короткого замыкания
- 06 [ «Слабые места» помогли ученым получить пористые ион-селективные мембраны  
Нанодиски германия заставили свет растечься по поверхности материала
- 07 [ Российские ученые получили фотонную интегральную схему из микролазера и волноводного фотодетектора на одной пластине  
Ученые выяснили, как получить самую дешевую искусственную паутину
- 08 [ Американские и нидерландские материаловеды разработали новую технологию 3D-печати, имитирующую глажку утюгом  
В МИСИС освоили бездефектную печать алюминием
- 09 [ Ученые научились у осьминогов захватывать объекты под водой  
Клетка Фарадея помогла сделать производство графена на 22 процента эффективнее
- 10 [ Трибоэлектрический шов из биополимеров выработал электричество и помог залечить раны  
В Уральском федеральном университете создали биосовместимые магнитные феррогели для медицины
- 11 [ Наноцветы из меди и энзимов помогут бороться с грибковыми инфекциями  
В Новосибирском государственном университете разработали ранозаживляющие повязки из хитозана с бактериофагами
- 12 [ Китайские ученые разработали стабильные полимерные мембраны для извлечения лития  
Из хитозана и оксида графена сделали материалы для интерфейсов «компьютер — человек»
- 13 [ Пористый пластик на основе целлюлозы разложился быстрее, чем бумага  
Американские ученые заставили бактерии доставить микроиглы с лекарством
- 14 [ В МФТИ, ИТМО и Сколтехе сделали мемристоры для искусственного зрения  
Графен продлит жизнь мемристорам
- 15 [ Литий отделили от магния с селективностью 99,85 процента  
Лазер помог получить кремниевые солнечные элементы с рекордной эффективностью
- 16 [ Ковалентный органический каркас поглотил углекислый газ из воздуха  
В УРФУ научились печатать жаропрочными сплавами на основе алюминидов титана

## Хлопья графена разрезали бактерии на части



В середине месяца мы рассказывали о серебряных наночастицах, которые эффективно уничтожали пленки бактерий. Но еще лучше было бы, если бы пленки и вовсе не успевали образоваться, правда ведь? Для этих целей ученые разрабатывают специальные антибактериальные покрытия — материалы, которые затрудняют прикрепление бактерий или вовсе уничтожают их «на подлете».

Большой шаг в разработке подобных материалов сделали шведские ученые под руководством Роланда Кадара из Технологического университета в Гётеборге. Результаты их работы [опубликованы](#) в журнале *Advanced Functional Materials*.

В более ранних работах ученые уже показали, что если разместить хлопья [графена](#) — графитовых листов толщиной в один атом — перпендикулярно поверхности, то такая поверхность будет надежно защищена от бактерий. Острые края графеновых хлопьев буквально разрежут бактерии на части, не дав приблизиться к поверхности.

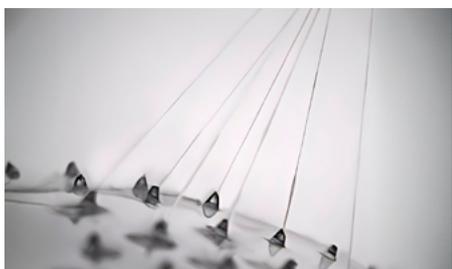
Однако такой материал был доступен только в лабораториях и оказался слишком дорог для использования в реальных больницах. Кадар и его коллеги нашли более доступный и дешевый способ его получения. Расположив магниты по кругу, ученые создали прямолинейное магнитное поле внутри массива и убрали его с другой

стороны. В физике такой эффект называется [магнитной сборкой Хальбаха](#). Это поле, в свою очередь, позволило добиться равномерной ориентации хлопьев графена перпендикулярно поверхности гибкой полимерной подложки. Эксперименты показали, что такой материал может уничтожить до 99,99 процента бактерий еще до того, как они прикрепятся к поверхности этой подложки.

Подобные материалы будут востребованы в медицине — для изготовления хирургического оборудования и отделки операционных. Они позволят эффективно бороться с бактериями и защищаться от внутрибольничных инфекций без использования антибиотиков.

Также Кадар и его коллеги полагают, что новый материал с ориентированными хлопьями графена может иметь и интересные электромагнитные свойства.

## Китайские ученые получили искусственную паутину для медицинских повязок



Паутина — один из прочнейших материалов на нашей планете. Зачастую нить паутины выдерживает больший вес, чем

стальная нить такой же толщины. Ученые давно планировали использовать паутину как основу для рукотворных материалов и даже пробовали разводить пауков искусственно, однако коммерческого успеха такие проекты не имели.

Китайские ученые под руководством Бин Бина Гао из Нанкинского технологического университета создали искусственный аналог паутины для медицинского применения. Соответствующая научная статья [вышла](#) в журнале *ACS Nano*.

Ученые получили нужные белки с помощью бактериального синтеза, а для того, чтобы предотвратить преждевременное слипание, добавили к ним пептиды.

Затем, используя массив крошечных игл, прикрепленных к соплу 3D-принтера, Гао

и его коллеги вытянули раствор в тонкие нити и сплели их в более толстые волокна. Эта установка действовала как гигантский искусственный паук, плетущий свою паутину.

Из полученных волокон ученые изготовили медицинские повязки и использовали их для лечения мышей с остеоартритом и хроническим воспалением. Оказалось, что повязки хорошо держатся и их легко пропитать лекарством. В обоих экспериментах раны заживались быстрее, чем в контрольных группах с тканевыми повязками.

Авторы полагают, что в дальнейшем искусственную паутину можно будет использовать и для изготовления более сложных композитных материалов.

## В России впервые получили 50-кубитный квантовый компьютер



Квантовые компьютеры используют для вычислений особый тип битов — [кубиты](#), которые могут одновременно находиться в нескольких состояниях. Это позволяет разрабатывать более эффективные алгоритмы

вычислений (например, гораздо быстрее [раскладывать числа](#) на простые множители). Так, кубиты [позволяют](#) быстрее рассчитывать, как движется электрон в материале. Ученые уже [начали](#) пользоваться кубитами для моделирования новых фотокатализаторов и материалов для водородной энергетики.

Эффективность квантового компьютера тем больше, чем больше кубитов в него входит. Некоторые ученые считают, что для обеспечения квантового [превосходства](#) достаточно уже 50 кубитов.

Этот предел в конце сентября преодолели российские ученые из Российского квантового центра и Физического института им. П. Н. Лебедева РАН. Об их результатах пишет портал [«Наука.рф»](#).

Разработкой квантовых компьютеров в России начали заниматься в 2020 году, таким образом, достижение 50-кубитного результата заняло всего четыре года.

«Все ключевые технологии для нашего квантового компьютера мы сделали сами. Также в нем довольно много оригинальных идей. Например, наша ионная ловушка выполнена из меди. Насколько мы знаем, ни в одной лаборатории в мире никто такого не делает», — отметил Илья Семериков, руководитель группы «Масштабируемые ионные квантовые вычисления» в Российском квантовом центре.

<https://наука.рф/news/v-rossii-vpervye-sozdali-50-kubitnyy-kvantovyy-kompyuter/>

## Эффективность тандемов кремний-перовскит поднялась до 33,89 процента



Тандемные солнечные элементы кремний-перовскит состоят из двух частей, расположенных друг под другом. Такая

конфигурация позволяет поглощать более широкий диапазон солнечного света: горячие фотоны поглощаются в верхнем слое с более широкой запрещенной зоной, менее горячие — в нижнем слое. Поэтому эффективность тандема выше, чем у его частей по отдельности.

Летом китайские ученые из Центра зеленой энергетики LONGI [поставили](#) новый рекорд эффективности тандемов, сумев превратить в электричество 33,9 процента солнечной энергии. А на этой неделе в журнале *Nature* вышла и [статья](#), более подробно описывающая строение элементов-рекордсменов.

Для нижней части тандема авторы выращивали кремниевый монокристалл, слегка

текстурировали его верхнюю поверхность и более значительно — нижнюю поверхность. Это позволило увеличить поглощение и добиться высоких значений фототока. Сверху нанесли полупрозрачную перовскитную часть, а для того, чтобы сделать ее стабильнее, использовали тонкий слой фторида лития с добавками диоксида диаммония.

В результате ученые добились рекордной эффективности в 33,89 процента. Это почти на пять процентов больше, чем можно получить на кремниевых солнечных элементах в идеальном случае, и более чем на десять процентов больше, чем эффективность коммерческих солнечных элементов.

## Магнитные нанороботы очистили и отполировали поверхность полупроводника



Человечеству известно множество способов полировки: можно полировать вручную с помощью абразива, можно исполь-

зовать магниты, ультразвук и даже ионную плазму. Но как быть, если нужна супергладкая поверхность и даже дефекты нанометрового размера могут все испортить? В этом случае способов остается не так много, а полировка становится сложной и дорогостоящей.

Простой способ высокоточной полировки нашли корейские и китайские ученые под руководством Сахны Кима из Корейского института передовых наук и технологий. Соответствующая статья [опубликована](#) в журнале *Small Structures*.

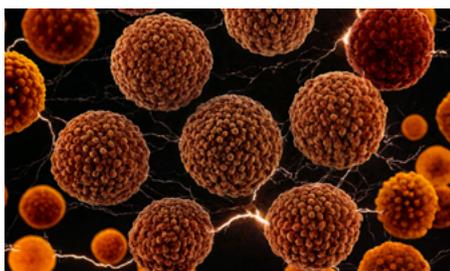
Ученые привлекли к полировке магнитных нанороботов. Такие нанороботы состоят из частиц магнетита в тонкой полимерной оболочке, а направлять их можно с помощью комбинации обычных постоян-

ных магнитов. Частицы могут двигаться по круговым траекториям разного диаметра и вращаться вокруг своей оси, приподнимая или опуская один край.

Подобрав оптимальную форму нанороботов и режим работы, авторы смогли удалить с поверхности полупроводника до 99,6 процента загрязнений и сгладить все неровности менее 1–2 нанометров размером. Ранее такого эффекта удавалось добиться только с помощью полировки ионным пучком, но новый метод значительно дешевле и быстрее в исполнении.

Авторы надеются, что методика будет востребована в полупроводниковых технологиях, производстве электроники и солнечных батарей.

## Китайские ученые получили микробный топливный элемент с рекордной эффективностью



Микробный топливный элемент — это устройство, которое преобразует энергию химических связей в электроэнергию с по-

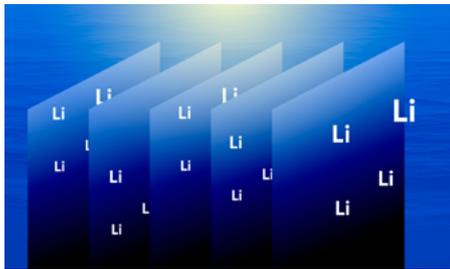
мощью микроорганизмов. Внутри ячейки находятся живые микроорганизмы (чаще всего бактерии), которые окисляют какие-то органические вещества и передают полученные электроны на анод. Пищей для бактерий может служить практически что угодно, поэтому с помощью микробных топливных элементов можно решить сразу две задачи — получать электричество и перерабатывать вредные отходы. Однако пока что мощность таких ячеек не превышает один милливатт на квадратный сантиметр, и для промышленного использования этого недостаточно.

Улучшить эффективность микробных топливных элементов смогли китайские материаловеды под руководством Хуана Юя из Хэнаньского университета. Соответствующая статья [вышла](#) в журнале *Nature Communications*.

Ученые работали с морскими бактериями *Shewanella*, а в качестве топлива использовали лактат. Но главный вклад в успех обеспечила оригинальная конструкция ячейки. Углеродный анод Юй и его коллеги сделали пористым, сконструировав ячейку так, чтобы бактерии могли проплывать сквозь поры. Также в электролит добавляли редокс-медиаторы — вещества, которые облегчают перенос электронов. Подобрав оптимальный медиатор, авторы добились мощности в десять милливатт на квадратный сантиметр — это тоже не так много по сравнению с традиционными источниками тока, но уже очень заметное продвижение вперед.

В ближайших планах ученых — адаптировать технологию для работы с реальными сточными водами.

## Солнечный свет и фосфат железа помогут в добыче лития



Рынок литий-ионных аккумуляторов постоянно растет и, по прогнозам, к 2026 году достигнет 139 миллиардов долларов. А вот количество лития на нашей планете сокращается, и его получение становится все более дорогим. Поэтому ученые сейчас активно ищут дешевые и эффективные способы добычи лития. Мы уже рассказывали об извлечении лития из старых аккумуляторов и применении мембранного электролиза для добычи лития в прудах-испарителях.

Сегодня на очереди две новые статьи о получении лития, которые вышли одновременно в главном научном журнале мира — *Science*.

Янь Сун и его коллеги из Нанкинского университета [научились](#) извлекать литий из растворов с помощью использования солнечной энергии. Их устройство внешне напоминает плот, который может плавать на поверхности соленой воды. Нижняя часть «плота» выполнена из пористого оксида алюминия с вкраплением частиц алюминия. Под действием солнечного света в материале создается градиент давления: этот процесс похож на транспирацию — движение воды через растения. Мембрана из оксида пропускает ионы лития, но не пропускает воду и ионы натрия. Извлеченный литий поднимается выше и накапливается в пористом кремниевом слое. Устройство работает только на солнечной энергии, его можно использовать не только в прудах-испарителях, но и в морях, например в Мертвом море.

Чжэнь Ли и его коллеги из Научно-техно-

логического университета имени короля Абдаллы пошли другим путем и [использовали](#) электрохимический метод. В этом случае можно обойтись вовсе без испарения и мембранных устройств. Ученые использовали железо-фосфатный электрод (аналогичный тем, которые используются в самих литий-ионных аккумуляторах) и серебряно-галогенидный противозлектрод. В решетке фосфата железа есть полости, в которые могут проникать небольшие ионы лития. Поэтому такой электрод может захватывать литий из соленой воды, а после переключения потенциала высвобождать его в пресную воду.

Фосфат железа реагирует только с литием, не пропуская ионы натрия, магния и других металлов. Поэтому даже из раствора с высоким содержанием магния и низким содержанием лития Ли и его коллеги смогли получить литий аккумуляторного качества с чистотой более 99,95 процента. Также ученые сумели извлечь до 84 процентов лития из рассола Мертвого моря.

## Политиофен защитит литий-ионные аккумуляторы от короткого замыкания



Пока одни ученые учатся добывать литий для новых аккумуляторов, другие улучшают работу уже имеющихся устройств.

Например, корейские материаловеды и инженеры из компании LG Chem под руководством Ким Кигхвана создали

полимерный материал, который предохраняет литий-ионные аккумуляторы от короткого замыкания. Результаты исследования [опубликованы](#) в журнале *Nature Communications*.

Иногда при механическом повреждении аккумулятора анод и катод литий-ионного аккумулятора опасно приближаются друг к другу или соприкасаются. Происходит короткое замыкание: батарейка быстро нагревается и может даже загореться.

Для предотвращения такого в батарею добавляют термоэлектронные датчики, но они громоздкие и дорогие. Кроме того, они могут срабатывать не только при коротком замыкании, но и если аккумулятор просто перегрелся в процессе длительной работы.

Ким Кигхван и его коллеги поступили иначе: они вставили между анодом и коллектором тонкий (толщиной в один микрометр)

слой проводящего полимера на основе политиофена. Этот материал хорошо проводит ток при комнатной температуре, но при повышении температуры до некоторого порога его сопротивление резко возрастает. В результате ток прекращает течь через батарейку, и она отключается. Немного изменяя состав полимера, ученые подобрали оптимальную температуру переключения (120 градусов Цельсия) и скорость роста сопротивления.

Для того чтобы доказать надежность материала, авторы работы забили в работающую батарейку гвоздь, и она не загорелась. При этом емкость и скорость зарядки изменились только незначительно. Авторы надеются, что доступность политиофенов позволит быстро внедрить новый способ стабилизации в промышленное производство.

## «Слабые места» помогли ученым получить пористые ион-селективные мембраны



Пористые материалы востребованы повсюду — в производстве фильтров, мембран, топливных аккумуляторов, теплоизолято-

ров и множества других устройств. В то же время способов получения материалов с нужным размером и формой пор ученые знают не так много. Особенно трудно получать самые мелкие поры — диаметром нанометр и меньше.

Новый подход к созданию нанопористых материалов нашли американские ученые под руководством Чонга Лю из Университета Чикаго. Результаты их исследования [опубликованы](#) в журнале *Nature Communications*.

Ученые работали с дисульфидом молибдена — материалом для ион-селективных мембран.

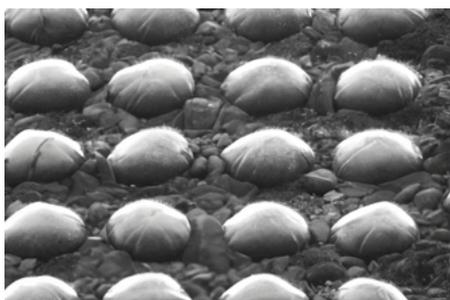
Совмещая кристаллиты и прослеживая, где пролегают границы зерен, ученые научились создавать материал с заранее

определенными «слабыми местами». После этого достаточно обработать материал электрическим полем — и можно получить несколько наноразмерных пор одновременно. Более того, метод позволяет контролировать концентрацию пор и даже их размер: от одного нанометра до четырех.

Мембраны, приготовленные с помощью новой методики, имеют большую плотность пор, поэтому могут очищать больший объем жидкости за то же время, при этом селективность остается на прежнем высоком уровне.

Кроме того, Лю и его коллеги предполагают, что их методика подойдет и для создания других пористых материалов.

## Нанодиски германия заставили свет растечься по поверхности материала



Ученые давно знают, что гладкие поверхности хорошо отражают свет. Шершавые и рельефные поверхности, наоборот, хорошо поглощают свет: фотоны, которые отразились от одного края впадины, могут вновь отразиться на другом. Но можно ли заставить свет растечься по поверхности?

Ответ на этот вопрос нашел Александр Шкляев вместе со своими коллегами из Новосибирского государственного университета. О первых результатах их работы рассказал портал «Наука.рф» со ссылкой на пресс-службу университета.

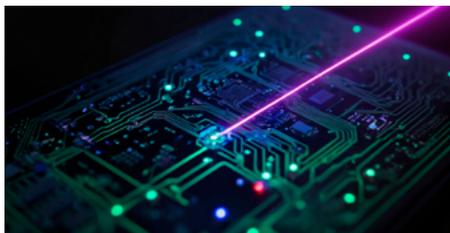
Ученые нанесли слой индия и олова, а затем покрыли его массивом нанодисков германия. Германий является диэлектри-

ком и изначально обладает большим показателем преломления, а варьируя размер частиц и расстояние между ними, можно перенаправлять свет в разные стороны.

После оптимизации размера частиц авторы сумели перенаправить вдоль поверхности подложки примерно 10 процентов падающего света. Еще примерно 40 процентов распространялось под малыми углами к ней. Такие материалы будут полезны в различных оптических приборах, например в фотодетекторах и солнечных батареях.

<https://hayka.pf/news/antiotrazhayushchie-pokrytiya-so-svoystvami-metapoverkhnostey-sozdali-v-ngu/>

## Российские ученые получили фотонную интегральную схему из микролазера и волноводного фотодетектора на одной пластине



Фотонная интегральная схема — это микрочип, содержащий два или более фотонных компонента. Такая схема об-

наруживает, генерирует, транспортирует и обрабатывает свет, то есть работает так же, как и стандартная интегральная схема, но вместо электронов использует фотоны. На основе таких схем функционирует оптическое волокно и другие современные способы передачи данных.

Для эффективной работы фотонным интегральным схемам нужны миниатюрные источники света, например микродисковые лазеры на основе арсенида галлия.

В устройстве, созданном Натальей Крыжановской и ее коллегами из НИУ ВШЭ в Санкт-Петербурге, диаметр лазера составляет всего 30–40 микрон. Соответствующая статья [опубликована](#) в журнале «Физика и техника полупроводников».

Ученые работали с [квантовыми точками](#) арсенида галлия, допированного индием. Чтобы уменьшить размер и повысить ста-

бильность, ученые объединили компоненты в одну эпитаксиальную структуру — набор кристаллических слоев, выращенных один поверх другого.

Сначала ученые нанесли все нужные слои из газовой фазы, а затем прямо на подложке сформировали из полученной структуры лазеры и волноводы — каналы, в которых может распространяться световая волна.

В перспективе это технологическое решение поможет значительно ускорить передачу данных и уменьшит вес техники без потери качества.

<https://наука.рф/news/mikrolazer-dlya-kompyuterov-budushchego-sobrali-v-sankt-peterburge/>

## Ученые выяснили, как получить самую дешевую искусственную паутину



В прошлом дайджесте мы рассказывали о повязках из искусственной паутины. Материалам из паутины пророчат применение в самых различных областях — от высокой моды до медицины и авиастроения. Но насколько интерес к паутине экономически оправдан?

Разобраться в этом запутанном вопросе попробовали четверо молодых ученых под руководством Гиты Гуэссоус. Соответствующий научный обзор [опубликован](#) в журнале *ACS Biomaterials and Engineering*.

Гуэссоус и ее коллеги изучили более 2400 патентов, связанных с производством паутины и материалов из нее, а также проконсультировались с экспертами — как учеными, так и сотрудниками различных индустрий. Ученые попробовали взглянуть на проблему комплексно: с точки зрения биологии, химии, физики и экономики.

Главными проблемами получения материалов из паутины, безусловно, являются масштабирование и воспроизводимость.

Несколько лет назад разные научные группы всерьез размышляли об искусственном разведении пауков ради паутины, подобно тому, как разводят шелковичных червей. Однако от этой идеи отказались: в отличие от червей, пауки оказались слишком агрессивны, чтобы жить вместе на большой территории.

Сейчас эту проблему решают с помощью генной инженерии. Живым организмам подсаживают гены пауков для того, чтобы они производили нужные белки и аминокислоты. Чаще всего в качестве таких «биореакторов» используют бактерии (в прошлом дайджесте мы рассказывали как раз

о такой, бактериальной паутине). Однако в других работах нужный ген подсаживали дрожжам, шелкоичным червям, люцерне и даже козам (в последнем случае нужные белки можно получить прямо из молока).

Получение паутинных белков такими способами — непростой процесс. Например, нередко паутинные белки оказываются ядовитыми для организма-хозяина. Приходится редактировать геном еще раз, уже для того, чтобы сделать белки безопаснее. Кроме того, чтобы превратить спидроины в полноценный материал, нужно еще вытянуть из раствора нити и спрядать из них волокно, а это отдельная технологическая задача, даже несколько.

Проанализировав литературу, Гуэссоус и ее коллеги пришли к выводу, что бактериальная паутина — наиболее дешевый и удобный вариант для массового производства. Составить ей конкуренцию на рынке сможет только паутина, сделанная дрожжами. Она появилась позже и пока изучена не так хорошо. Все остальные варианты могут стать коммерчески успешными, только если паутина будет обладать какими-то уникальными свойствами, например для применения в медицине.

## Американские и нидерландские материаловеды разработали новую технологию 3D-печати, имитирующую гладкую утюгом



Аддитивные технологии, или 3D-печать, уже давно не воспринимаются как сюжет из фантастического фильма и прочно вошли в нашу жизнь. Однако ученые все еще продолжают придумывать новые техники печати и улучшать уже имеющиеся.

Например, Мехмед Оздемир и его соавторы из Технического университета Дельфта и Массачусетского технического института разработали новый способ печати, вдохновившись гладкой утюгом. Об их результатах [рассказал](#) портал *techxplore* со ссылкой на пресс-службу Массачусетского технического института.

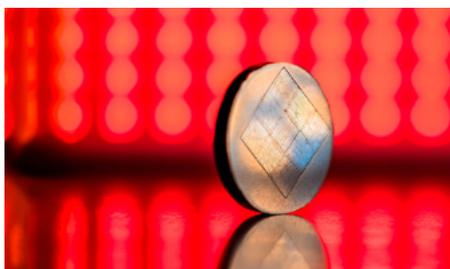
Ученые использовали 3D-принтер с двумя насадками. Первая насадка наносит термочувствительный материал, а вторая проходит по уже напечатанному объекту, как утюг по белью, активируя измене-

ние непрозрачности или шероховатости с помощью нагрева.

Оздемир и его коллеги выяснили, что результат в большой степени зависит от скорости движения второй насадки. Если двигать ее быстро, то можно воздействовать на материал высокими температурами, но не разрушить его, а получить интересные и полезные эффекты.

Например, новая технология позволяет в одну стадию получать объекты с разными цветами и текстурами. Ученые смогли создать объекты из полилактида и композитов на основе пробковых и деревянных опилок, однако они полагают, что при правильном выборе температуры и скорости способ подойдет и для других материалов, в том числе металлов и керамики.

## В МИСИС освоили бездефектную печать алюминием



Алюминий — один из самых популярных металлов современности. Благодаря сочетанию легкости, доступности и коррозионной стойкости алюминий востребован в самых разных отраслях. Из этого металла делают все — от банок для напитков до криогенных резервуаров и деталей двига-

телей. В то же время 3D-печать алюминием все еще не так распространена. Дело в том, что при затвердевании в материале возникают дефекты, которые в процессе эксплуатации постепенно вырастают до микротрещин. Поэтому тонкие детали из алюминия получаются очень хрупкими.

Решить эту проблему сумели специалисты из МИСИС под руководством Ирины Логиновой. Ученые запатентовали метод, который позволяет предотвратить образование дефектов при печати алюминием. Более подробно о методе рассказал портал «*Наука.рф*».

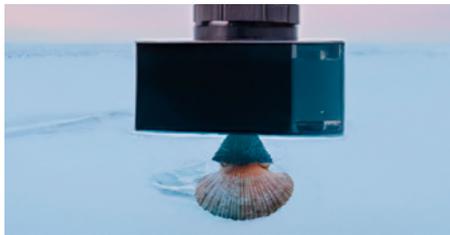
Логинова и ее коллеги добавили к алюминию модификаторы, которые ускоряют рост кристаллов. Ученые предположили, что если рост ускорится, то кристаллизация будет более однородной.

Кристаллы станут меньше, а сам материал — прочнее.

В поисках идеального состава модификатора авторы испробовали разные добавки и остановились на сочетании циркония, скандия, титана и бора. Это сочетание давало самое большое повышение скорости кристаллизации, а как следствие — и прочности. Кроме того, добавки препятствовали образованию столбчатых кристаллов, которые часто становятся местом зарождения трещин.

Запатентованная методика подходит не только для алюминия, но и для сплавов на его основе. Авторы полагают, что с помощью новых добавок можно будет печатать детали для двигателей внутреннего сгорания.

## Ученые научились у осьминогов захватывать объекты под водой



Живущие в океанских глубинах осьминоги — животные загадочные. Биологи до сих пор дискутируют об их интеллекте и способах охоты. А вот инженеров и материаловедов больше волнуют щупальца и присоски, которые осьминоги используют, чтобы ма-

нипулировать объектами под водой.

Воспроизвести осьминожий подход к захватыванию объектов попробовали специалисты Virginia Tech под руководством Мишеля Баретта. Статья с результатами их работы вышла в журнале *Advanced Science*.

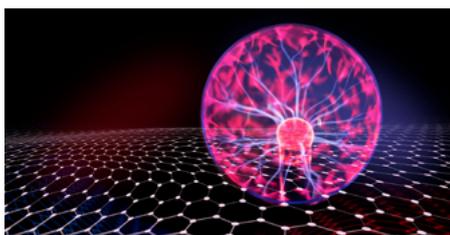
Чтобы изготовить аналог щупальца, ученые покрыли упругий изогнутый стержень пластиковой мембраной, которая может менять форму для адгезии (прилипания) к разным поверхностям. Мембрану Баретт и его коллеги напечатали на 3D-принтере из полидиметилсилоксана — силиконового полимера с широким спектром применения. Стержень сделали прочным и упругим, а мембрану — более мягкой и деформируемой. Управляя изгибами стержня, ученые отдавали щупальцу команду «Держать» или «Отпустить».

Подобрав правильную форму мембраны, Баретт и его коллеги добились эффективного захвата предметов разной формы даже под водой.

При этом хватка искусственного осьминога была надежной и не ослабевала со временем. Например, авторы отдавали команду «Держать» и «Отпустить» сто раз подряд, и на сотом цикле захват оставался таким же надежным. В другом эксперименте щупальце непрерывно удерживало камень в течение семи суток, а затем выпустило его по команде.

Баретт и его коллеги полагают, что такие щупальца с присосками будут особенно полезны подводным спасателям и археологам.

## Клетка Фарадея помогла сделать производство графена на 22 процента эффективнее



Этой осенью научное сообщество отметило двадцать лет со дня открытия графена. Пока что этот материал не произвел ожидаемой революции в энергетике и электронике. Однако область его применения расширяется — например, он неожиданно хорошо показал себя в медицине.

В одном из прошлых дайджестов мы рассказывали об антибактериальном покрытии из размещенных вертикально хлопьев графена. А вот испанский стартап InBrain уже [испытывает](#) нейростимуляторы на основе этого материала. Большинство экспертов [считают](#), что полный потенциал графена нам еще предстоит раскрыть.

Но вот как быть с массовым производством этого материала? Как известно, будущие нобелевские лауреаты Андрей Гейм и Константин Новоселов отслаивали графен на обычную липкую ленту (скотч). Этот метод прост и изящен, но не подходит для массового получения.

Эффективный и недорогой способ синтеза графена предложил Франциско Хавьер Моралес вместе со своими коллегами из Университета Кордовы. Новый метод уже запатентован, также с его описанием можно ознакомиться в статье, которая [вышла](#) в журнале *Chemical Engineering Journal*.

Моралес и его коллеги усовершенствовали свою собственную методику получения графена с помощью плазмы — частично ионизированного газа с высокой плотностью энергии. В качестве источника углерода ученые использовали обыкновенный этиловый спирт. Если правильно подобрать условия, то молекулы спирта в плазме разламываются пополам, а полученные атомы углерода соединятся в графеновую сеть.

Однако более 40 процентов энергии плазмы тратилось впустую. Чтобы использовать энергию более эффективно, ученые поместили установку в [клетку Фарадея](#) — металлическую сетку, которую ученые используют для защиты от внешних магнитных полей. Но у Моралеса и его коллег цель была другая: они хотели сохранить энергию плазмы. В результате за то же время и при тех же затратах энергии им удалось получить на 22 процента больше готового продукта.

## Трибоэлектрический шов из биополимеров выработал электричество и помог залечить раны



Для лечения открытых ран и хирургических разрезов в современной медицине используются рассасывающиеся и нерассасывающиеся шовные материалы. Они весьма надежны, но при движениях и трении в них возникает натяжение, которое

может приводить к воспалению и инфицированию.

Китайские ученые под руководством Хунчжи Вана из Университета Дунхуа нашли способ использовать энергию натяжения для заживления ран. Результаты их работы опубликованы в журнале Nature Communications.

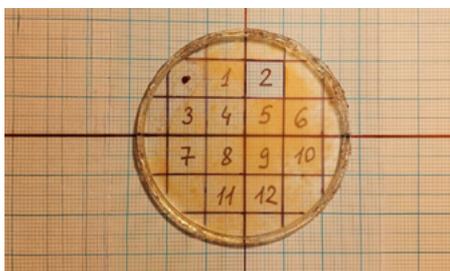
Ван и его коллеги взяли за основу уже известный метод электротерапии — воздействие на пораженные участки кожи слабыми электрическими разрядами. Этот метод хорошо зарекомендовал себя в лечении различных ран и хронических воспалений. Для получения электроэнергии ученые использовали трибоэлектрический эффект — возникновение зарядов в материале из-за трения. Таким образом потенциально вредное натяжение, возникающее в шве, сразу же использовали для получения полезного электричества.

Сам шов ученые выполнили из двух биоразлагаемых полимеров. Шов постепенно рассасывается в ткани, уступая место клеткам кожи и мышц.

Испытание на крысах показало, что за десять дней использования трибоэлектрического шва закрывалось в среднем 96,5 процента раны (при использовании стандартного хирургического шва — 82,2 процента, без шва — 60,4 процента). Кроме того, при электрическом воздействии образовывалось меньше рубцовой ткани.

Авторы особо отметили, что полимерные материалы вполне доступны, какого-то специального оборудования для изготовления такого шва не требуется. Поэтому Ван и его коллеги надеются, что электрический полимерный шов уже в ближайшем будущем найдет применение в хирургии и травматологии.

## В Уральском федеральном университете создали биосовместимые магнитные феррогели для медицины



Российские ученые тоже разрабатывают материалы для эффективного заживления ран, но не снаружи, а внутри организма. Галина Курляндская и ее коллеги из Ураль-

ского федерального университета уже несколько лет работают над созданием жидких магнитных композитов.

О новых результатах работы ученых сообщает портал «Наука.рф» со ссылкой на пресс-службу университета.

Ученые работали с наночастицами оксида железа, маггемита — недорогими магнитными наноматериалами с высокой степенью биосовместимости. На их основе синтезировали [феррогели](#) — полужидкие композиты из природных полимеров с наночастицами.

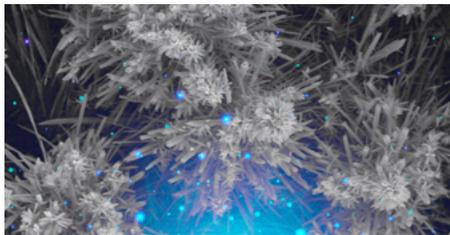
Курляндская и ее коллеги уже давно знают, что феррогели можно направлять с помощью магнитного поля извне. Сейчас ученые также изучают, как частицы взаимодействуют с собственным магнитным полем организма, и учатся детектировать поле частиц через слой мышц и кожи.

В результате с помощью частиц Курляндская и ее коллеги научились определять размер, форму и положение злокачественных опухолей. Те же самые частицы можно использовать и для безоперационной деактивации опухолей, заживления язв желудка и лечения тромбоза. Например, можно проводить лечение гипертермией — быстрым локальным нагревом. В магнитном поле окружающие опухоль частицы быстро нагреваются, в результате клетки опухоли погибают, а здоровые клетки по соседству остаются живы.

Также при необходимости к феррогелю можно добавлять тромболитики, противовоспалительные компоненты, фактор роста и другие вещества, ускоряющие восстановление.

<https://наука.рф/news/tekhnologiyu-sozdaniya-biosovmestimykhn-magnitnykh-materialov-privdumali-na-urale/>

## Наноцветы из меди и энзимов помогут бороться с грибковыми инфекциями



Грибковые инфекции — причина многих заболеваний. Например, грибковые кератиты — наиболее распространенная причина развивающейся во взрослом возрасте слепоты. Однако противогрибковых препаратов до сих пор известно совсем немного.

Большинство противовоспалительных препаратов против бактериальных и вирусных инфекций значительно менее эффективны в случае грибковых инфекций. Одна из причин — более прочные клеточные стенки грибка, которые мешают действующему веществу попасть внутрь. Поэтому для борьбы с грибами ученые и врачи разрабатывают новые препараты и их комбинации.

Большой шаг вперед в борьбе с грибковыми инфекциями сделали китайские материаловеды под руководством Цяо Цзиня из Чжэцзянского университета. Результаты их работы [опубликованы](#) в журнале *Nature Communications*.

Для уничтожения грибка ученые использовали наночастицы меди в комбинации с энзимами, которые могут растворять стен-

ки грибов. Сначала ученые получили наночастицы двухвалентной меди в оболочке из протокатеховой кислоты, а затем добавили к ним энзим. Получились своеобразные «наноцветы»: в «сердцевине» цветка находились частицы энзима, а вокруг него — «лепестки» из наночастиц меди. Как показали эксперименты, такой цветок легко прикрепляется к оболочке клеток грибка, после чего энзим начинает растворять их. Когда оболочка растворится, частицы меди смогут проникнуть внутрь клетки. Там они нарушают синтез нужных белков, что в конце концов приводит к гибели клетки.

Противогрибковый эффект наноцветов ученые продемонстрировали на примере лечения инфекции кожи и грибкового кератита у мышей.

## В Новосибирском государственном университете разработали ранозаживляющие повязки из хитозана с бактериофагами



Ученые из Новосибирского государственного технического университета под руководством Екатерины Литвиновой также разрабатывают противовоспалительные материалы. Об их первых результатах рассказал портал «*Наука.рф*» со ссылкой на пресс-службу университета.

Ученые работали с природным полимером хитозаном, который давно известен своими ранозаживляющими свойствами. Чтобы усилить свойства хитозана, ученые сделали на его основе пористый гель.

В сухом виде хитозановая повязка представляет собой плотную пористую губку. Если ее намочить, она становится более эластичной, мягкой и при наложении не травмирует кожу. Ученые рекомендуют вымачивать повязки в антисептическом растворе, однако, если рана сильно крово-

точит, повязку можно использовать в сухом виде, чтобы абсорбировать лишнюю жидкость. Такая повязка сначала высушивает рану, а затем «выдает» требуемое лекарство. Когда первый слой геля впитывает влагу, его поры расширяются и открывают каналы для второго слоя, который был предварительно загружен противовоспалительными или заживляющими препаратами.

Сейчас Литвинова и ее коллеги тестируют повязки с бактериофагами — антимикробными препаратами природного происхождения. Хитозановые повязки можно использовать в хирургии и стоматологии.

<https://наука.рф/news/povyazki-dlya-bystrogo-zazhivleniya-ran-na-osnove-khitozana-sozdali-v-novosibirsk/>

## Китайские ученые разработали стабильные полимерные мембраны для извлечения лития



Регенерация лития из отработавших литий-ионных аккумуляторов — это,

несомненно, одна из главных задач современного материаловедения. Ученые продолжают искать недорогие и эффективные подходы, которые позволят извлекать литий и возвращать его в производственные цепочки.

Сегодня рассказываем о полимерных наномембранах для фильтрации, разработанных китайскими учеными под руководством Цзяня Цюаня Ло из Китайской академии наук. Результаты их исследования [опубликованы](#) в журнале *Journal of Membrane Science*.

Ученые попробовали усовершенствовать технику нанофильтрации через полиамидные мембраны. Такие мембраны хорошо захватывали литий из растворов, но были недостаточно стабильными. Для извлече-

ния лития аккумуляторы растворяют в сильных кислотах, а на последующих стадиях используют электродиализ в щелочной среде, поэтому мембраны должны быть устойчивы и к кислоте, и к щелочной среде.

Ло и его коллеги заменили полиамид на более устойчивый поликарбамид, а для того, чтобы замедлить бурную реакцию полимеризации и сделать мембраны более однородными, добавили соли двухвалентной меди. В результате мембраны получились устойчивыми и к кислоте, и к щелочи. Подобрал оптимальный состав мембран и условия реакции, Ло и его коллеги добились селективности извлечения лития свыше 94 процентов.

## Из хитозана и оксида графена сделали материалы для интерфейсов «компьютер — человек»



В прошлом дайджесте мы упоминали испанский стартап Inbrain, который производит нейроэлектроды на основе графена. Действительно, проводимость графена меняется под действием нагрузки, что делает его перспективным материалом для самых различных интерфейсов и сенсоров.

Однако пока что у материалов на основе графена есть общий недостаток: они слишком жесткие, то есть слабо деформируются в ответ на механическое воздействие. Поэтому и чувствительность графеновых сенсоров пока не так высока.

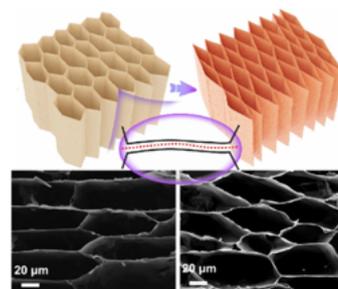
Заметно повысить ее сумели британские ученые под руководством Бена Бина Сю из Университета Нортумбрии. Соответствующая статья [вышла](#) в журнале *Nano Letters*.

Ученые работали с оксидом графена — легким пористым материалом с хорошей проводимостью. Чтобы сделать этот материал мягче, ученые соединили его с хитозаном — уже известным нам природным полимером — и использовали технологию сублимационной сушки (freeze drying), а затем термический отжиг.

В результате структура материала изменилась — гексагональные ячейки сжались

и приобрели форму ромба. Новый материал показал высокую эластичность и устойчивость. После двадцати тысяч циклов нагрузки его проводящие свойства практически не изменились.

Авторы испытали новые материалы в датчиках отслеживания движения человека и гибкой клавиатуре, а также устройстве для управления роботизированной рукой. В будущем такие материалы могут быть также полезны для производства ветроэлектростанций.



## Пористый пластик на основе целлюлозы разложился быстрее, чем бумага



Каждый год мы [выбрасываем](#) на свалки 400 миллионов тонн пластиковых отходов. Немалая часть этого пластика попадает в водоемы и в конце концов в океан. Количество пластика в океане растёт, и, согласно [прогнозам](#) ученых, уже к 2050 году его может стать больше, чем рыбы. А ведь существует еще и микропластик — самые мелкие частицы пластика, который почти

невозможно достать из океана, но который глотают рыбы и киты.

Как решать эту большую проблему? Ученые ищут подходы с разных сторон. Пока одни разрабатывают более эффективные способы фильтрации сточных вод и извлечения пластика из океана, другие синтезируют более экологичные замены традиционным пластиковым материалам.

Среди последних и Колин Вард и его коллеги из Океанографического института в Вудс-Холле. Их новая статья [вышла](#) в журнале *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*.

Вард и его коллеги уже несколько лет работают с диацетатом целлюлозы. Это биоразлагаемый материал на основе природного полимера целлюлозы, который отличается прочностью — из него можно делать даже мембраны.

В новом исследовании Вард и его кол-

леги решили пойти дальше и проверить, как влияет микроструктура материала на скорость его разложения. Ученые вспенили диацетат целлюлозы, сделав его пористым, и предположили, что поры помогут материалу лучше контактировать с водой и быстрее деградировать.

Чтобы сравнить скорость разложения, образцы из разных материалов замачивали в резервуаре с непрерывно текущей морской водой. Освещенность, температура и другие условия ученые постарались сделать максимально приближенными к естественным.

Предположение Варда и его коллег полностью подтвердилось: вспененный диацетат целлюлозы терял 70 процентов первоначальной массы за 36 недель. Это быстрее, чем у всех существующих видов пластика (в том числе в 15 раз быстрее, чем у обычного непористого диацетата целлюлозы), и даже быстрее, чем у бумаги.

## Американские ученые заставили бактерии доставить микроиглы с лекарством



Введение препаратов с помощью растворимых микроигл — один из трендов современной медицины и косметологии. Этот способ может быть эффективен для лечения кожных заболеваний. Он позволяет обойтись небольшой дозой препарата, доставить его быстрее и распределить более равномерно по всему пораженному участку кожи.

Однако пока что у нового способа есть ряд недостатков. Иглы проникают не так глубоко, а процессом высвобождения препарата сложно управлять.

Неожиданный способ доставки микроигл нашли американские ученые под руководством Син Цзя Чжана из Университета Стэнфорда. Результаты их исследования [опубликованы](#) в журнале *Nature Communications*.

Ученые работали с микроиглами из медицинского полимера полиэтиленгликоля диакрилата (PEGDA). На стадии отливки к полимеру добавили бактерии энтеробактер и глюкозу.

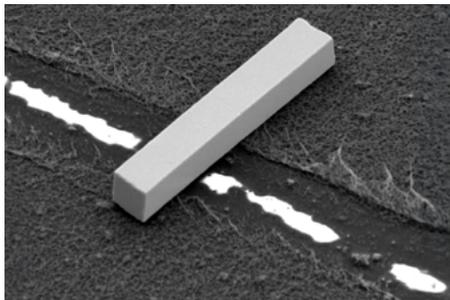
Эти бактерии действуют как живые моторы для микроигл: они поглощают глюкозу и выделяют водород. Легкий водород поднимается к поверхности кожи, а сами иглы в результате реактивного движения продвигаются в противоположную сторону, вглубь кожного покрова.

Подобрав оптимальные количества бактерий и глюкозы, Чжан и его коллеги сумели увеличить глубину доставки лекарств более чем на 200 процентов — до одного миллиметра под кожей. Методику уже испытали на мышцах с псориазом и добились более быстрого облегчения симптомов, чем в случае стандартных микроигл и мази без микроигл.

Пока что Чжан и его коллеги продемонстрировали только принципиальную возможность использования бактерий для доставки микроигл. До испытания такой процедуры на первых пациентах еще далеко.

В ближайших планах авторов — более подробно изучить, как движется газ через ткани и микроиглы и испытать другие виды бактерий. После этого они намерены протестировать доставку более крупных молекул препарата — например, белков и ферментов.

## В МФТИ, ИТМО и Сколтехе сделали мемристоры для искусственного зрения



Мемристор — это резистор, сопротивление которого изменяется при прохождении электрических сигналов и сохраняется в течение некоторого времени. Благодаря этому мемристоры являются отличными кандидатами на роль искусственных синапсов в нейроморфных чипах.

Ученые из МФТИ, ИТМО и Сколтехе смогли создать гибкий мемристор с гибридным электрическим и оптическим управлением. Об их первых результатах рассказывает портал «Наука.рф» со ссылкой на пресс-службу МФТИ.

Ученые работали с монокристаллами полупроводника — галогенидного перовскита — и электродами из углеродных нанотрубок. Из этих материалов они создали мемристор с краткосрочной памятью, который одновременно управляется двумя сигналами — электрическим и световым. Такие мемристоры подходят для обработки зрительной информации и востребованы в устройствах искусственного зрения.

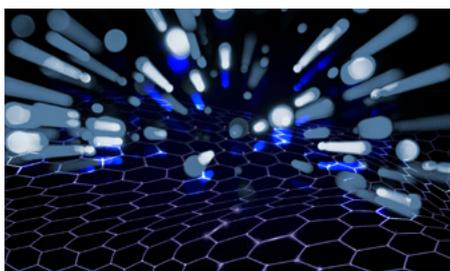
Современные системы искусственного зрения — например, те, что применяются в устройствах автономного вождения или камерах для распознавания лиц, — состоят из нескольких элементов. За ввод зрительной информации отвечает камера —

матрица сенсоров. После ввода информация преобразуется из аналоговой в цифровую, обрабатывается с помощью процессора и хранится в элементах памяти. Использование мемристоров позволит совместить несколько этих функций, то есть заметно упростить и ускорить работу систем искусственного зрения.

Авторы особо отметили, что размеры использованных микрокристаллов совпадают с размерами палочек и колбочек, а в дальнейшем можно рассчитывать на интеграцию мемристоров в массивы на изогнутой поверхности — как в живом биологическом глазе. Это значит, что в будущем такие технологии могут быть использованы и для протезирования.

В ближайшее время ученые планируют перейти к изготовлению именно таких массивов, то есть приблизиться к созданию искусственной сетчатки для зрительных систем.

## Графен продлит жизнь мемристорам



Еще одним перспективным материалом для мемристоров считается графен. Это легкий и гибкий материал, который также можно использовать для создания электрических элементов, чувствительных к свету. Кроме того, многие ученые считают, что

использование графена может продлить жизнь мемристорам. Однако пока что получить такие элементы удавалось только в лабораторных условиях, и результаты экспериментов были плохо воспроизводимыми.

Простой и эффективный способ получения графеновых мемристоров нашли британские материаловеды под руководством Оливера Фенвика из Лондонского университета королевы Марии. Соответствующая статья опубликована в журнале *ACS Applied Electronic Materials*.

Фенвик и его коллеги вырастили слой графена на сапфировой пластине. Для нанесения они использовали метод осаждения металлорганических соединений из газообразной фазы, доступный

и хорошо знакомый всем химикам. Подобрать параметры, авторы смогли получить высококачественный графен без примесей. А интегрировать полученные графеновые электроды в мемристоры помог метод фотолитографии, то есть текстурирования материалов с помощью света.

Мемристоры с графеном демонстрировали высокую стабильность: их характеристики оставались неизменными после трех тысяч циклов включения и выключения.

Авторы надеются масштабировать свою технологию и синтезировать мемристоры и другие устройства на основе графена в промышленном масштабе.

## Литий отделили от магния с селективностью 99,85 процента



Почти в каждом дайджесте мы рассказываем о добыче и регенерации лития — незаменимого металла в современной электронике. Сегодня на очереди — двухстадийная нанофильтрация от австралий-

ских химиков под руководством Хуань Тина Вана из Университета Монаша. Результаты их исследования опубликованы в журнале *Nature Sustainability*.

Авторы предложили оригинальное решение одной из главных проблем добычи лития — очистки от магния. Примеси магния часто присутствуют в месторождениях лития — по размеру ионов и свойствам эти металлы тоже очень похожи.

Чтобы разделить два похожих металла, авторы использовали этилендиаминетрауксусную кислоту (ЭДТА), которая преимущественно связывается с магнием. После этого раствор пропустили через наномембрану, поверхность которой имела отрицательный заряд. Положительно заряженные ионы лития легко проходили через мембрану, а вот отрицательно заря-

женные частицы комплекса магния с ЭДТА от него отталкивались. В результате ученым удалось выделить литий с селективностью в 99,85 процента.

Ван и его коллеги особо отметили, что им удалось также выделить магний в форме гидроксида — он пригодится, например, в пищевой промышленности и фармакологии. Оставшуюся ЭДТА авторы тоже сумели регенерировать и использовать повторно. Таким образом, метод оказался не только эффективным, но и экологичным.

Авторы надеются, что новый метод поможет добывать литий из самых труднодоступных месторождений с большим количеством магния.

## Лазер помог получить кремниевые солнечные элементы с рекордной эффективностью



Кремниевые солнечные элементы — абсолютный лидер современного фотовольтаического рынка. Они отлично изучены, предсказуемы и стабильны. В то же время эффективность таких элементов практиче-

ски перестала расти и последние несколько лет оставалась на уровне 26,1 процента.

Удивить всех сумели специалисты из компании LONGI под руководством Гэнь Шуня Вана. Ученые сделали кремниевый солнечный элемент с рекордной эффективностью — 27,09 процента. О рекорде объявили в декабре прошлого года, но всех деталей о новом устройстве тогда не раскрыли. Соответствующая научная статья вышла в журнале *Nature Communications* только на прошлой неделе.

Ученые тщательно проанализировали данные о работе солнечных элементов и сделали вывод, что потери эффективности в основном происходят на двух этапах: во время поглощения света и в процессе рекомбинации электронов и дырок на нижней границе солнечного элемента.

Чтобы справиться с первой проблемой,

на верхнюю часть нанесли антиотражающее покрытие на основе нитридов и оксидов кремния. А чтобы преодолеть рекомбинацию, авторы решили максимально снизить сопротивление нижнего контакта солнечного элемента. Для этого контакт текстурировали с помощью лазера.

В результате удалось превратить в электричество 27,09 процента всей энергии солнечного света. Более того, авторы предполагают, что это не предел и в ближайшее время можно ждать повышения эффективности до 27,7 процента.

Ван и его коллеги работают в компании LONGI — одном из крупнейших мировых производителей кремниевых солнечных элементов. Можно надеяться, что их разработки уже в скором времени будут внедрены в массовое производство и солнечная энергия станет еще немного дешевле.

## Ковалентный органический каркас поглотил углекислый газ из воздуха



За последние двадцать лет концентрация углекислого газа в атмосфере возросла на 11 процентов. Большое количество углекислого газа вызывает парниковый эффект — одну из главных причин антропогенного изменения климата нашей планеты.

Сложную климатическую проблему ученые решают с разных сторон. Пока одни науч-

ные группы ищут способы снизить выбросы (например, через использование возобновляемых источников энергии), другие учатся поглощать тот углекислый газ, который уже находится в атмосфере.

Большой шаг вперед в поглощении углекислого газа сделали американские химики под руководством Омара Ягхи из Калифорнийского университета в Беркли. Результаты их работы опубликованы в журнале *Nature*.

Ученые работали с ковалентными органическими каркасными структурами (covalent organic framework). Это класс пористых органических полимеров с регулярной структурой. Благодаря большому объему пор такие материалы востребованы в разных областях — от катализа до хранения водорода.

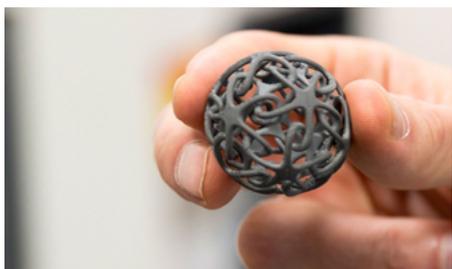
Ягхи и его коллеги спроектировали каркас таким образом, чтобы внутрь каждой поры

было обращено множество аминогрупп, которые могут образовывать связи с молекулами углекислого газа. При контакте с воздухом поры материала постепенно заполняются углекислым газом, а в воздухе его концентрация снижается.

Готовый материал ученые испытали в городских условиях в течение двадцати дней. В среднем им удавалось связать по 1,28 миллимоля углекислого газа на грамм материала. При этом после двадцатидневного эксперимента структура материала не изменилась, активность также осталась на высоком уровне.

Новый материал можно будет использовать для очистки воздуха от углекислого газа вблизи крупных производств и просто на улицах города.

## В УРФУ научились печатать жаропрочными сплавами на основе алюминидов титана



Аддитивные технологии сегодня используются в самых разных сферах нашей жизни — от авиастроения до медицины и современного искусства. Однако печать металлами все еще распространена не так широко. Все дело в большом перепаде между температурами печати и застывания, которая требует более сложного оборудования и длительного времени. А еще из-за пере-

пада температур растет риск образования дефектов — невидимых глазу повреждений кристаллической решетки, которые потом под нагрузкой могут развиться в трещину. У каждого металла или сплава свой температурный режим и свои пути образования и распространения дефектов, поэтому к каждому нужно найти свой подход.

В начале месяца мы рассказывали о печати алюминием, которую освоили в МИСИС, сегодня на очереди — сплавы на основе алюминидов титана. Работать с такими сплавами научились материаловеды из Уральского федерального университета под руководством Анатолия Геннадьевича Илларионова. Результаты исследования опубликованы в журнале *Metallurgist*.

Алюминид титана относится к интерметаллидам, то есть соединениям двух металлов. От сплавов интерметаллиды отличаются строго фиксированным соотношением между компонентами. Материалы на основе алюминидов титана отличаются легкостью и высокой жаропрочностью — они выдерживают рабочую температуру до 700 °С.

Их главная проблема — низкая пластичность, которая затрудняет изготовление тонких деталей традиционными методами.

Илларионов и его коллеги впервые попробовали печатать алюминидом титана. Они использовали технологию печати с селективным лазерным плавлением. Металлы измельчали в порошок, который затем постепенно плавил лазером. Подобрали мощность лазера и скорость нагрева, ученые сумели получить материалы с небольшим количеством дефектов. Сам материал при этом стал пластичнее.

Также сократилось время изготовления изделия: ведь необходимо выполнить одну операцию — сплавление тонкого слоя порошка лазером.

Авторы работы активно сотрудничают с коллегами из Индийского института науки.

Вместе они планируют адаптировать технологию для промышленного внедрения и продолжить работу с другими видами сплавов.