

Декабрь 2024

В декабре обсудим биопечать органов и костных тканей для трансплантологии и восстановления, расскажем о способах сокращения микропластика в окружающей среде и создании нанороботов и молекулярных машин, а также представим ключевые достижения в области катализа для более эффективных химических процессов.

- 02 [ Перовскитные наночастицы под светом убили 90% бактерий  
Хлопья графена и солнечный свет помогут получить пресную воду
- 03 [ Смесь двух полимеров захватила воду из воздуха  
Мемристоры переключились под действием аналога витамина B12
- 04 [ Новые технологии в биопечати  
Нанопласти оксида цинка помогут очистить воду от антибиотиков
- 05 [ Углекислый газ превратили в материал для 3D-печати  
Цеолиты с нанопорами помогли получить электричество из соленой воды
- 06 [ Японские химики разработали водорастворимый пластик, который не образует микропластик  
Российские химики сделали дешевый катализатор для получения водорода
- 07 [ Наночастицы поплыли по крови под действием ультразвука  
Российские ученые создали наночастицы с переключаемой антиоксидантной активностью
- 08 [ Наноробот из ДНК научили захватывать вирус  
Сенсор из нанотрубок и машинное обучение помогут обнаружить вредные вещества за 40 секунд
- 09 [ Британские ученые создали батарею, которая может работать тысячелетиями  
Плавающий робот с гидрофильными зубами очистит воду от микропластика
- 10 [ На МКС впервые изготовили 3D-аналоги костной ткани  
В МФТИ освоили быстрое 3D-протезирование хрящей
- 11 [ В МГУ создали долговечные мембраны для очистки и опреснения воды  
Реакции ракетного топлива помогли получить активированный уголь с рекордной пористостью
- 12 [ Пигменты и электрическое поле улучшили работу фотокатализаторов на основе оксида графена  
Американские химики получили аммиак из воды и азота
- 13 [ В МИФИ «сгустили» свет и увеличили эффективность фотокатализа в десять раз  
В Институте катализа им. Г. К. Борескова разработали простой способ нанесения самоочищающихся покрытий
- 14 [ Магнитные микророботы-муравьи научились вместе поднимать тяжести

## Перовскитные наночастицы под светом убили 90% бактерий



Одна из серьезных проблем современной медицины — резистентность (или попросту устойчивость) бактерий к антибиотикам. Заболевания, вызванные устойчивыми бактериальными штаммами, с трудом поддаются лечению и нередко приводят к осложнениям и даже смерти пациента. Поэтому сейчас медики совместно с хими-

ками активно ищут новые способы борьбы с бактериями.

Например, американские ученые под руководством И Фань Чжу из Университета Райса научились убивать бактерии с помощью света и частиц перовскита.

Перовскиты — материалы, которые хорошо поглощают солнечный свет и используются в фотовольтаике и светоизлучающих диодах. Наночастицы перовскита обладают еще и антимикробными свойствами. Под действием солнечного света каждая частица становится миниатюрным фотокатализатором для получения синглетного кислорода — метастабильной формы кислорода с более высокой энергией. Такой кислород затем атакует бактерии, разрушая их белки и генетический материал.

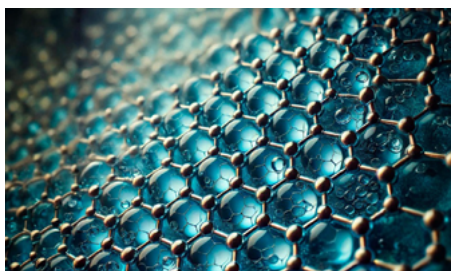
Чтобы стабилизировать частицы перовскита, ученые покрыли их двойным слоем из диоксида кремния. Такая оболочка долж-

на выполнять одновременно две задачи: защищать перовскит от воды и кислорода и не давать ионам свинца вымываться наружу. В то же время слой диоксида кремния нельзя делать слишком толстым: в этом случае он будет мешать образованию синглетного кислорода.

После оптимизации толщины оболочки наночастицы убили 90% бактерий кишечной палочки за шесть часов. При этом активность частиц не снизилась за четверо суток непрерывного использования.

Авторы особо отметили, что перовскит — недорогой и доступный материал. Специального облучения для использования частиц не требуется, достаточно того света, который есть в помещении. Частицы могут быть полезны в больницах и поликлиниках для борьбы с внутрибольничными инфекциями, а также просто в быту для очистки воды. Результаты исследования опубликованы в журнале *Nano Letters*.

## Хлопья графена и солнечный свет помогут получить пресную воду



Сделать морскую воду пригодной для питья на первый взгляд очень просто: достаточно вскипятить воду, а затем сконденсировать

полученный дистиллят в чистой емкости. Но как сделать этот процесс экономически выгодным? Инна Михайлова и ее коллеги из Национального исследовательского университета «МЭИ» научились эффективно нагревать и испарять воду без использования внешнего источника энергии.

Для этого ученые использовали графеновые хлопья — небольшие частицы графена размером до 100 нанометров и толщиной в 3–5 слоев графенового листа. После этого воду с графеном облучали светом с разной длиной волны и следили за ее нагреванием и испарением.

Оказалось, что дальний инфракрасный свет поглощается преимущественно самой водой, поэтому добавка графена на темпера-

туру почти не влияла. А вот при облучении ближним инфракрасным и видимым светом хлопья графена вносили вклад в поглощение и температура воды с графеном росла быстрее. В среднем скорость испарения с поверхности воды с графеном была на 68–95% выше, чем в случае чистой воды. Графеновые хлопья можно будет использовать не только в системах опреснения, но и для переработки сточных вод. Результаты исследования опубликованы в журнале *Solar Energy*.

## Смесь двух полимеров захватила воду из воздуха



С нехваткой чистой пресной воды сегодня сталкивается каждый четвертый житель нашей планеты. Опреснение — только один из способов решения этой проблемы.

Для тех, кто живет вдали от морского побережья, лучше подойдет другой способ — захват воды из воздуха.

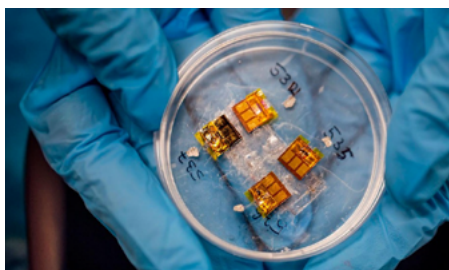
Для этого ученые разрабатывают гигроскопичные материалы. В холодное и влажное время суток они впитывают воду из воздуха. Потом эту воду можно извлечь, нагрев материал с помощью внешнего нагревателя или просто под солнцем.

Например, японские химики под руководством Масахидэ Такахаша из Университета Осаки разработали эффективный впитывающий материал на основе смеси двух полимеров.

К сополимерам полиэтиленгликоля, который очень активно поглощает воду, уче-

ные добавили менее активный сополимер полипропиленгликоля. Получился материал, который быстро напитывается водой, но также позволяет быстро ее извлечь. Для этого достаточно температуры в 35 °С, которой можно достичь простым нагреванием на солнце. Авторы отметили, что материал может быть полезен в том числе и для получения чистой воды во время природных катастроф, кораблекрушений и других чрезвычайных ситуаций. Соответствующая статья вышла в журнале *ACS ES&T Water*.

## Мемристоры переключились под действием аналога витамина B12



Мемристоры — это резисторы, которые способны «запоминать» протекший электрический заряд, меняя свое сопротив-

ление. Инженеры уже активно разрабатывают энергонезависимые устройства памяти на основе мемристоров. В будущем их можно будет использовать также для создания искусственных нейронных систем.

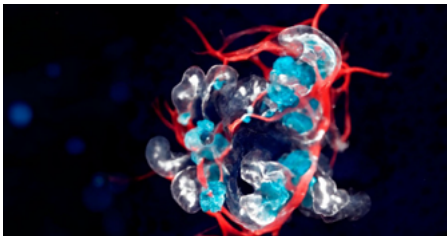
Никита Прудников вместе с коллегами из НИЦ «Курчатовский институт» и Ивановского государственного химико-технологического университета работает с органическими мемристорами на основе полианилина, которые можно будет использовать в биологических системах.

В новой работе ученые выяснили, что можно менять напряжение, при котором происходит переключение мемристора, добавляя к электролиту аквацианокоби-

намид (аналог витамина B12). При этом зависимость оказалась почти линейной: чем выше концентрация вещества в растворе электролита, тем ниже напряжение переключения устройства. При самой высокой концентрации напряжение снизилось более чем в пять раз — с 500 до 100 милливольт. Это особенно важно для работы с биологическими системами, в которых возникают напряжения как раз такой величины. Для переключения стандартного мемристора это слишком мало, а при использовании электролита с добавками аквацианокобинамида — вполне достаточно.

Полученные результаты будут полезны для настройки свойств органических мемристоров. Соответствующая статья вышла в журнале *Nanotechnology*.

## Новые технологии в биопечати



Печать живых тканей и органов — задача очень важная. Донорских органов не хватает, и даже в случае успешной пересадки могут возникнуть проблемы с отторжением или аутоиммунными реакциями. Орган, напечатанный на принтере из собственных клеток, мог бы стать спасительным решением для многих пациентов.

У ученых уже хорошо получается печатать простые ткани, например хрящи и стенки мочевого пузыря. С сердцем и почками пока что сложнее, но определенные успехи есть и там.

Американские материаловеды под руководством Ибрагима Озболата из Университета штата Пенн научились печатать в 10 раз быстрее с помощью массива сопел.

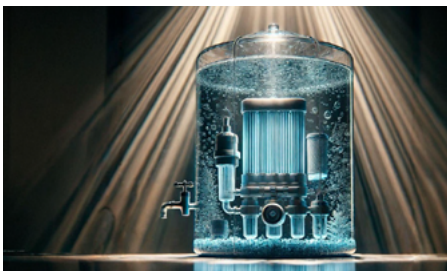
Ученые приготовили чернила на основе сфероидов — трехмерных клеточных конгломератов. Такие структуры лучше сохраняют форму, чем отдельные клетки, а система сопел позволяет отдельно фиксировать каждый сфероид.

Из стволовых клеток, полученных из жировой ткани крыс, ученые напечатали хрящи и кости свода черепа. В экспериментах с животными все полученные ткани хорошо приживались. Массив сопел позволил печатать быстрее с сохранением жизнеспособности 90% клеток. Скорость в биопечати очень важна: если процесс растягивается на часы и сутки, то сохранение уже отпечатанных клеток становится отдельной сложной задачей. Новая методика позволила напечатать один хрящ всего за 40 минут, поэтому проблемы с сохранением у авторов не возникло.

А корейские ученые под руководством Ким Дон Суна из Пхоханского университета науки и технологии напечатали ткань почек. Для печати ученые использовали трехмерную мембрану из нановолокон в 100 раз тоньше человеческого волоса. Такая мембрана позволяет формировать однородные органоиды — трехмерные клеточные конструкции, которые воспроизводят функции органа. А доставка питательных веществ через поры мембраны помогает органоидам развиваться и созревать так же, как в организме человека.

Ким и его коллеги полностью воспроизвели ткань почек со структурами нефронов и кровеносными сосудами. Ее можно использовать для замещения части органа, а также для тестирования препаратов и планирования операций. В дальнейшем ученые хотят напечатать и целый орган. Соответствующие статьи вышли в журнале *Nature Communications*.

## Наночастицы оксида цинка помогут очистить воду от антибиотиков



В прошлом дайджесте мы рассказывали о наночастицах перовскита, которые под действием света генерируют синглетный кислород и уничтожают бактерии. Похо-

жие методики можно использовать и для очистки воды от синтетических органических загрязнений, например от красителей и антибиотиков.

Российские химики под руководством Ольги Осмоловской из Санкт-Петербургского государственного университета разработали наночастицы оксида цинка.

Оксид цинка ученые синтезировали из раствора сульфата цинка, а для того, чтобы получить частицы нужной формы, добавляли хлорид натрия. Ионы натрия и хлора могут окружать растущую частицу и влиять на ее форму.

Эксперименты показали, что для очистки воды хорошо подходят плоские наночастицы, так как они лучше всего связываются

с молекулами загрязнений. В то же время важную роль в борьбе с загрязнениями играет боковая поверхность листа. Именно на ней образуется больше всего синглетного кислорода, который атакует молекулы загрязнений, превращая их в безвредный углекислый газ и воду.

Подобрав оптимальную форму наночастиц, Ольга Осмоловская и ее коллеги всего за час облучения сумели уничтожить 94 модельных загрязнений. Оксид цинка известен также своей антибактериальной активностью, поэтому полученные наночастицы можно будет использовать для комплексной очистки сточных вод. Соответствующая статья опубликована в журнале *Ceramics International*.



## Углекислый газ превратили в материал для 3D-печати



Мы уже рассказывали о различных способах захвата углекислого газа из атмосферы.

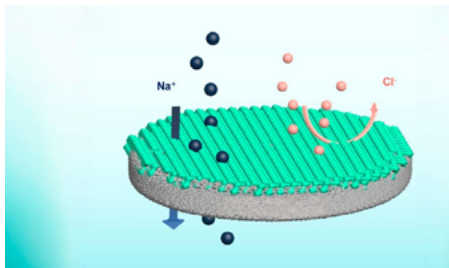
Это нужно для того, чтобы снизить парниковый эффект и замедлить антропогенное изменение климата. Конечно, предпочтительнее те методики, которые позволяют сразу же превращать углекислый газ в какой-то полезный продукт или материал. В этом случае процесс становится не только полезным для экологии, но и экономически выгодным.

Американские материаловеды под руководством Келвина Фу из Университета штата Делавэр превратили углекислый газ в материал для 3D-печати. Сначала его восстановили до угарного газа с помощью электрохимической ячейки. Затем угарный газ пропустили над катализатором при

температуре 550 °C и превратили в углеродные нанотрубки — полые цилиндрические структуры диаметром до нескольких десятков нанометров. Наконец, полученные нанотрубки добавили к углеродному композиту для 3D-печати, и его прочность увеличилась в полтора раза.

Авторы провели экономический анализ и выяснили, что масштабирование их технологии может сделать синтез углеродных нанотрубок на 90 процентов дешевле. Полученный углеродный композит можно будет использовать в строительстве и автомобилестроении. Результаты исследования опубликованы в журнале *Nature Communications*.

## Цеолиты с нанопорами помогли получить электричество из соленой воды



Ион-селективными называют мембраны, которые пропускают только ионы с определенным зарядом, положительным или отрицательным. Такие мембраны используются для очистки воды и защиты электродов при работе с агрессивными электролитами.

А еще с их помощью можно получать электричество. Если взять мембрану, которая пропускает только положительно заря-

женные ионы, залить с одной стороны от нее соленую воду, а с другой — пресную, то постепенно положительно заряженные ионы натрия перейдут через мембрану на сторону с пресной водой. Отрицательно заряженные ионы хлорида останутся на стороне с соленой водой. Между двумя растворами возникнет разность потенциалов электрического поля.

Эффективную и недорогую мембрану для получения электричества разработал Чжи Пин Лай и его коллеги из Научно-технологического университета имени короля Абдаллы.

За основу взяли пористый минерал цеолит — алюмосиликат натрия. Благодаря особому строению кристаллической решетки все цеолиты имеют упорядоченную систему пор диаметром порядка 1 нанометра. Сравнивая разные цеолиты, Лай и его коллеги выяснили, что вокруг иона алюминия в цеолитной решетке образуется частичный отрицательный заряд. Подобрал нужное количество алюминия, можно сделать заряженной всю поверхность мембраны. В этом

случае отрицательно заряженные ионы хлорида будут отталкиваться от мембраны, а вот положительно заряженные ионы натрия смогут легко проходить сквозь нее.

Затем полученный цеолит соединили с подложкой из углеродных нанотрубок. Получилась легкая и прочная мембрана с рекордной емкостью. Эффективность тоже оказалась высокой. Например, на границе воды из Красного моря и пресной цеолитная мембрана показала мощность 29,1 ватта на квадратный метр.

Главное преимущество цеолитных мембран — в их доступности. Цеолиты встречаются в природе, их несложно получить в лаборатории, при этом поры в них не надо проделывать искусственно: они возникают сами благодаря строению кристаллической решетки. Авторы полагают, что цеолитные мембраны будут востребованы для получения электричества из соленой воды. Соответствующая статья вышла в журнале *Nature Communications*.

## Японские химики разработали водорастворимый пластик, который не образует микропластик



Мы уже много раз говорили о проблеме микропластика: способах его детектирования и переработки. Но можно ли решить проблему на корню и сделать такой пластик, который при разрушении совсем не образует микрочастиц? Ответ на этот вопрос нашли японские химики под руководством Такузо Айды из Университета Токио.

Ученые собрали полимерную цепь из двух мономеров — пищевой добавки гексаметафосфата натрия и сульфата гуанидиния. С точки зрения химии новый материал скорее является комплексной солью, фрагменты в нем соединяются ионными связями, такими же, как и в солях. При этом внешне он выглядит как привычный пластик, подходит для изготовления тонких изделий и стабилен до температуры 100 °С. Более того, используя разные соли гуанидиния,

можно управлять механическими свойствами материала: сделать его более жестким, более тянущимся или более пластичным, пригодным для 3D-печати.

Материал нерастворим в пресной воде, но в соленой воде ионные связи разрушаются, и полимер растворяется за несколько часов. Никаких микрочастиц при этом не образуется: только отдельные ионы солей, который могут переварить живущие в океане бактерии. На суше пластик тоже можно переработать: достаточно нагреть его до температуры 120 °С. При этом более 90 процентов гексаметафосфата и более 80 процентов гуанидиния можно выделить и использовать повторно. Авторы надеются, что новый материал станет заменой традиционному пластику. Результаты исследования опубликованы в журнале *Science*.

## Российские химики сделали дешевый катализатор для получения водорода



Водород — практически идеальное топливо: он легкий, его удобно хранить и перевозить, а при сгорании выделяется только безвредный водяной пар. Одна из перспективных областей современной энергетики — получение водорода с помощью солнечных батарей. В таких устройствах

энергия солнечного излучения превращается в электроэнергию, которая сразу же тратится на электролиз воды и получение водорода. Этот процесс вдвойне выгоден: можно не только получить удобное и экологичное топливо, но и запастись впрок энергией нестабильных солнечных генераторов. Однако пока что у солнечного водорода есть существенный недостаток — высокая цена. Катализаторы для электролиза делают из платины, рутения и других металлов платиновой группы.

Доступные и эффективные катализаторы для получения водорода разработали российские химики под руководством Яна Волошина из Института общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН.

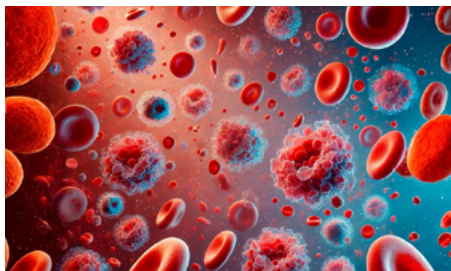
Ученые использовали стандартные пористые подложки для катализаторов — активированный уголь и оксид графена. Но вместо металлов платиновой группы

сверху нанесли клатрохелаты железа и кобальта — это такие комплексы металлов, в которых каждый атом металла находится в собственной отдельной «клетке» из органических молекул.

Эксперименты показали, что клатрохелаты хорошо держатся на подложках, а по эффективности не уступают своим более дорогим аналогам. Каждый атом металла в клатрохелате становится самостоятельным каталитическим центром, что позволяет превращать молекулы воды в водород.

Авторы планируют уже в ближайшее время испытать новые катализаторы в полупромышленных электролизерах воды. Они отметили, что можно приготовить и клатрохелат на основе рутения. В этом случае расход ценного металла будет значительно ниже, а эффективность может повыситься. Соответствующая статья вышла в журнале *Process Safety and Environmental Protection*.

## Наноцветы поплавали по крови под действием ультразвука



Терапия наночастицами — одна из перспективных областей на стыке медицины и материаловедения. Наночастицы и устройства на их основе можно использовать и для диагностики, и для адресной доставки лекарств, и для гипертермии — лечения

локальным нагреванием. Мы уже рассказывали вам об управлении частицами с помощью магнитного поля. Однако, этот способ не универсален, так как подходит только для частиц из магнитных материалов.

Швейцарские и немецкие инженеры под руководством Даниэля Разански из Университета Цюриха научились направлять частицы иначе — с помощью ультразвука.

Ученые синтезировали миниатюрные пластинки оксида цинка, а затем собрали их более крупные частицы в форме цветов хризантемы размером от 1 до 5 микрон — чуть меньше размера красной кровяной клетки. Такая форма частиц позволяет им наиболее эффективно поглощать ультразвук. Ученые изготовили пять разных вариантов наноцветов помимо оксида цинка оксида висмута, оксида титана, полиме-

ров и органических каркасных структур с добавками никеля. Эксперимент показал, что траектория и скорость движения практически не зависят от материала и определяются только размером частиц.

Наноцветы успешно прошли первое тестирование в кровотоке живых мышей. Однако, Даниэль Разанский и его коллеги хотят провести еще несколько экспериментов на животных прежде, чем переходить к испытаниям на добровольцах. Еще одним возможным применением таких частиц может стать обеззараживание сточных вод. Результаты исследования опубликованы в журнале *Advanced Materials*.

Источник: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/adma.202404514>

## Российские ученые создали наночастицы с переключаемой антиоксидантной активностью



В прошлом месяце мы рассказывали о применении оксида церия в медицине. Российские медики из МГМУ им. И.М. Сеченова выяснили, что наночастицы оксида церия обладают противовоспалительным

и антиоксидантным действием. Кроме того, оказалось, что оксид церия помогает повреждениям и ранам быстрее заживать. В то же время наночастицы оксида церия вступают в реакции гидролиза, что затрудняет их использование в медицине.

Решить эту проблему сумели химики из Института общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН и Института теоретической и экспериментальной биофизики РАН под руководством Владимира Иванова. Они стабилизировали частицы оксида церия с помощью оболочки из яблочной кислоты.

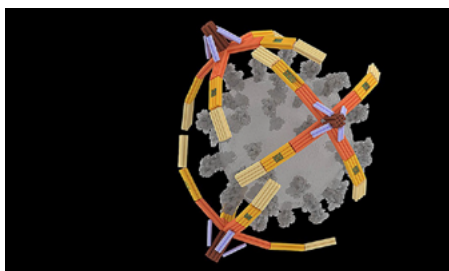
Авторы осадили частицы размером 3–10 нанометров, а затем погрузили их в раствор яблочной кислоты. Последующие эксперименты показали, что такая оболочка надежно защищает частицы от гидролиза как в кислой, так и в щелочной среде, а также предотвращает слипание.

Изучая биоактивность частиц, ученые получили неожиданный результат. При высоком содержании яблочной кислоты наночастицы замедляли образование радикалов, то есть показывали антиоксидантную активность, присущую оксиду церия. Но вот при уменьшении количества яблочной кислоты частицы резко меняли свойства на противоположные: они увеличивали скорость образования свободных радикалов. Таким образом, меняя содержание яблочной кислоты, можно переключать их свойства. Это можно будет использовать, например в антираковой терапии.

Результаты работы опубликованы в журнале *Nanomaterials*.

Источник: <https://www.mdpi.com/2079-4991/14/23/1908>

## Наноробота из ДНК научили захватывать вирус



Уже существуют наномшины и роботы, способные выполнять довольно сложные медицинские задачи — например, доставку лекарств в определенные ткани и органы или уничтожение вирусов.

Например, американские химики под руководством Брайана Каннингема из Университета Иллинойса разработали наноробота из ДНК, который может захватывать вирусы.

Ученые сделали миниатюрную руку с четырьмя сгибаемыми пальцами и ладонью, вырезав всё из одной цепочки ДНК. Каждый палец имеет три сустава, а угол и степень изгиба можно настраивать, меняя состав ДНК. Противоположную часть — «запястье» наноруки — можно прикрепить к более крупному устройству для манипуляций.

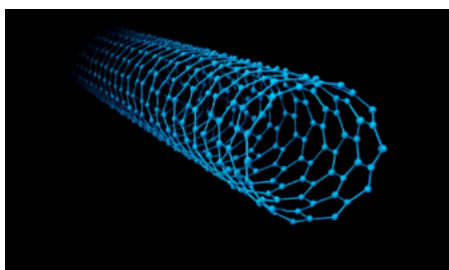
Пока что ДНК-хватавателя использовали для детектирования вируса COVID-19. Захватывая вирус, робот активирует флуоресцентную молекулу. Когда большое количество

флуоресцентных молекул концентрируется на одном вирусе, он становится достаточно ярким для обнаружения. Однако, в дальнейшем похожие устройства можно будет применять и для блокирования клеточных рецепторов — то есть своеобразной прививки против вируса. Еще одна возможная область использования ДНК-хватавателя — адресная доставка лекарств.

Результаты исследования опубликованы в журнале *Science Robotics*.

Источник: <https://www.science.org/doi/10.1126/scirobotics.adi2084>

## Сенсор из нанотрубок и машинное обучение помогут обнаружить вредные вещества за 40 секунд



Химическим сенсором называют устройство, которое реагирует на появление в воздухе определенного вещества. Такие приборы размещают в местах возможных утечек ядовитых и огнеопасных химикатов: например, на химическом производстве и в салонах транспорта. Высокая точность измерения для сенсоров не обязательна, гораздо важнее чувствительность прибора,

скорость реакции, доступность и простота использования.

Российские химики из Сколтеха под руководством Альберта Насибулина разработали полупроводниковый химический сенсор на основе углеродных нанотрубок.

Ученые изготовили ткань из нанотрубок и поместили ее между двумя золотыми электродами на подложке из оксида алюминия. В присутствии газов электрическое сопротивление нанотрубок меняется, и сенсор может быстро определить их присутствие по величине протекающего тока.

Авторы настроили сенсор на обнаружение сразу трех газов: ацетона, сероводорода и диоксида азота. Чтобы не путать газы между собой, измерения проводили при разных температурах, а полученную информацию затем обрабатывали с помощью нейросети.

Расположенная между электродами ткань нанотрубок быстро нагревается, что позволяет сенсору всего за 40 секунд сделать 400

измерений в диапазоне 25–125 °С. Данные температурной зависимости сопротивления создают собственный «паттерн» каждого из трех газов, по которым их можно отличить друг от друга. Ученые научились определять газы с точностью 90% как при одиночном, так и при совместном присутствии. При этом точность можно повысить до 99%, сделав 2 измерения подряд.

В дальнейшем авторы планируют настроить сенсор и на обнаружение других веществ. Также новое устройство можно будет использовать в медицине, например для диагностики диабета первого типа. По количеству ацетона в выдохе можно понять, когда пациенту необходима инъекция инсулина.

Соответствующая научная статья вышла в журнале *Sensors and Actuators B: Chemical*.

Источник: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925400524008463?via%3Dihub>



## Британские ученые создали батарею, которая может работать тысячами лет



Выбирая смартфоны и другие гаджеты, многие обращают внимание на емкость и время работы аккумулятора. Но есть области, в которых долгоживущие источники

электричества особенно важны. Например, чтобы перезарядить кардиостимулятор, чаще всего нужно делать операцию под общим наркозом. В случае космических разведчиков, луноходов и марсоходов, замена аккумулятора и вовсе невозможна.

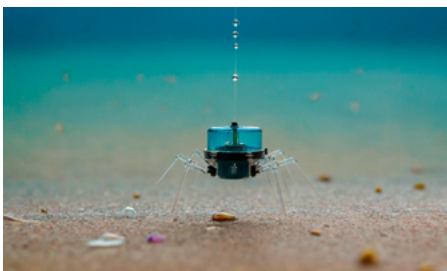
Британские химики под руководством Тома Скотта из Университета Бристолья создали батарейку, которая может проработать несколько тысяч лет.

Источником энергии в батарейке выступает радиоактивный углерод-14. Батарея работает аналогично солнечным панелям, но вместо света использует поток электронов от радиоактивного распада. Период полураспада углерода-14 составляет 5700 лет, поэтому, авторы предположили, что батарея сможет питать небольшие устройства в течение сотен лет и даже тысячелетий.

Углерод-14 можно выделить из отходов работы АЭС, поэтому такие батареи могут стать вполне доступными. В то же время углерод-14 содержится во всех живых организмах, так что небольшие его количества не будут опасны для человека, даже если защитный корпус аккумулятора выйдет из строя. Это открывает перспективы для применения новых батарей в медицине. О первых результатах исследования рассказал портал [techxplore](https://techxplore.com/news/2024-12-scientists-world-carbon-diamond-battery.html) со ссылкой на пресс-службу Университета Бристолья.

Источник: <https://techxplore.com/news/2024-12-scientists-world-carbon-diamond-battery.html>

## Плавающий робот с гидрофильными зубами очистит воду от микропластика



Загрязнение воды микропластиком — одна из главных экологических проблем современного мира. Мы уже несколько раз писали о способах детектирования

пластика и новых биополимерах, которые разлагаются в морской воде без образования микрочастиц.

Сегодня расскажем о способе извлечения микропластика из водоемов, который разработали корейские инженеры под руководством Мён-Вун Муна из Корейского института науки и технологии.

Ученые собрали плавучего робота с вращающимся колесом, покрытым гидрофильными зубчиками из полимолочной кислоты. Такая конструкция увеличивает поверхностное натяжение воды, из-за чего микропластик быстрее прилипает к зубам.

Робот извлекал из воды частицы полистирола, полиэтилена и полипропилена размером от 1 микрометра до 4 милли-

метров. Более 80 процентов собранного микропластика удалось регенерировать.

Авторы рассчитывают, что их устройство можно будет использовать для очистки диких водоемов: рек, озер и даже прибрежных районов океана. Робота можно будет выпустить на поверхность водоема и включить подобно тому как мы включаем робот-пылесос. Он будет двигаться по заданному маршруту до тех пор, пока его внутренние емкости для пластика не заполнятся. Впрочем, технология гидрофильных зубов подходит и для использования на стационарных станциях очистки воды, а также в домашних условиях. Результаты исследования опубликованы в журнале *Advanced Science*.

## На МКС впервые изготовили 3D-аналоги костной ткани



Длительные космические экспедиции могут потребовать квалифицированных медицинских вмешательств непосредственно в условиях космоса. Например, при переломах и других повреждениях костей космонавтам потребуются аналоги костной ткани. Такие материалы уже используются в клинической практике в земных условиях: их устанавливают, чтобы заменить по-

врежденную ткань и ускорить заживление кости. Однако в условиях микрогравитации получить их пока не удавалось.

Ученые из Института металлургии и материаловедения имени А.А. Байкова РАН (Москва) под руководством Владимира Комлева впервые в мире синтезировали трехмерные аналоги костной ткани на борту российского сегмента МКС.

Для этого использовался магнитный био-ассемблер — устройство, в котором под действием магнитных полей молекулы собираются в полноценную ткань.

Авторы поместили в установку неорганический раствор фосфата кальция — вещества, которое входит в состав человеческих костей. В качестве контроля такой же эксперимент провели на Земле. Единственным отличием была земная гравитация, которая отсутствовала на МКС.

Под действием магнитных полей из фосфата кальция сформировались образцы ткани размером около пяти миллиметров.

Образцы доставили на Землю и подробно изучили их микроструктуру и физические свойства. Оказалось, что условия микрогравитации положительно влияют на свойства материала: по сравнению с земными, образцы с МКС имели более упорядоченную кристаллическую структуру. Более того, эксперименты на лабораторных крысах показали, что «космические» материалы активнее земных аналогов стимулируют восстановление поврежденной ткани. Авторы предположили, что более регулярная структура «космического» материала оказывается лучшей основой для роста и деления клеток. О результатах эксперимента рассказал портал «Научная Россия» со ссылкой на пресс-службу, также статья вышла в журнале *Biomedical Technology*.

## В МФТИ освоили быстрое 3D-протезирование хрящей



Операция по замене коленного сустава достаточно сложна технически и требует точности при определении формы протеза. Даже незначительные погрешности могут привести к серьезным осложнениям.

Приоритетным направлением в развитии ортопедии сегодня считается использование сфероидов — трехмерных клеточных структур, которые имитируют условия окружающей среды живой клетки. Искусственно полученные сфероиды можно внедрить непосредственно в поврежденный участок хряща. Там они начинают выделять биологически активные вещества, ускоряющие регенерацию ткани.

Быстрый способ получения сфероидов предложили российские ученые под руководством Ильи Зубарева из Московского физико-технического института.

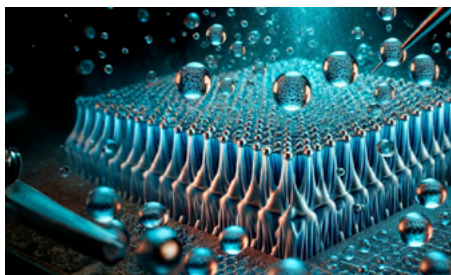
Ученые использовали аддитивные технологии — 3D-моделирование и 3D-принтер. В качестве основы для штампов взяли двухкомпонентный литевой силикон.

Новый способ позволяет масштабировать процесс, параллельно выращивая сфероиды в большом количестве ячеек.

Подобрав оптимальные условия, можно «вырастить» новый хрящ в сфероидах за две недели в лаборатории и всего за месяц внутри пациента.

В ближайших планах у ученых — тестирование в Национальном медицинском исследовательском центре травматологии и ортопедии имени Н. Н. Приорова, а также в Институте пластической хирургии и косметологии в Москве. О первых результатах исследования рассказал журнал «За науку».

## В МГУ создали долговечные мембраны для очистки и опреснения воды



Человечеству известно множество способов превращения морской воды в пресную. Можно вскипятить и перегнать воду, можно ее охладить, можно использовать осмос или ионообменные мембраны. Уже

несколько десятилетий ученые ищут новые эффективные способы опреснения и улучшают уже известные, и это отнюдь не абстрактный научный интерес. Запасы пресной воды на нашей планете истощаются, и опреснение уже в ближайшие годы может стать промышленно значимым процессом.

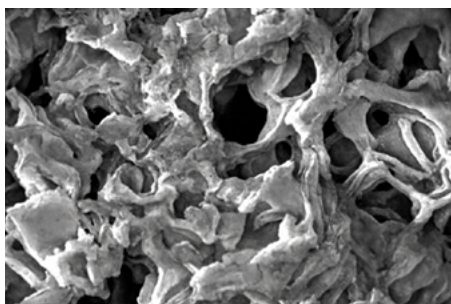
Российские и австрийские материаловеды под руководством Андрея Елисеева из Московского государственного университета изготовили стабильные мембраны для переработки.

Первапарация — это разделение жидких смесей через мембраны с помощью вакуумной или газовой продувки. При этом соли задерживаются в порах мембраны, а вода испаряется. Образующийся пар можно сконденсировать в отдельной чистой емкости.

Для мембраны ученые взяли анодный оксид алюминия — пористый материал, который образуется в результате анодирования (электрохимического окисления) алюминия в кислой среде. Подготовив пластинки оксида алюминия с порами размером от 25 до 200 нанометров, ученые наносили сверху тонкие слои оксида графена.

Эксперименты с разным давлением и скоростью показали, что мембраны с селективным слоем оксида графена эффективно удаляют соли из воды и могут работать на протяжении длительного времени. Результаты исследования опубликованы в журнале *Desalination*.

## Реакции ракетного топлива помогли получить активированный уголь с рекордной пористостью



Пористые материалы сегодня востребованы не только в опреснении воды, но и в других технологиях — от теплоизоляции до изготовления конденсаторов

и аккумуляторов. Для их создания ученые используют разные подходы: отверстия можно проделать в уже готовом материале, можно вспенить его на стадии синтеза, а можно выбрать такое вещество, в котором поры образуются сами благодаря строению кристаллической решетки.

Американские материаловеды под руководством Эммануэля Джианнелиса из Университета Корнелла в штате Нью-Йорк сумели получить углеродный материал с рекордным объемом пор.

Ученые использовали реакции, похожие на те, которые происходят при сгорании гипергольного ракетного топлива. Они взяли обычную сахарозу, смешали ее с окислителем и получили углеродные нанотрубки, но не обычные, а богатые реакционно активными циклами из пяти атомов углерода. После этого материал обработали концентрированным раствором щелочи. Это позволило вытравить такие активные циклы

и создать сложную сеть микро- и нанопор.

Внешне и по химическому составу материал напоминает обыкновенный активированный уголь. Но его удельная площадь составила 4800 квадратных метров на грамм. Это вчетверо больше, чем площадь пор стандартного активированного угля, и больше, чем у всех пористых материалов, описанных в литературе. Всего чайная ложка нового материала имеет систему пор общей площадью в полтора футбольных поля.

Высокопористый уголь уже испытали в экспериментах по захвату углекислого газа из воздуха. Он захватывает почти вдвое больше газа, чем стандартный активированный уголь, при этом все поры заполняются и опустошаются всего за 2 минуты. Также Эммануэль Джианнелис и его коллеги надеются, что материал будет востребован и в энергетике, например в создании суперконденсаторов. Соответствующая научная статья вышла в журнале *ACS Nano*.

## Пигменты и электрическое поле улучшили работу фотокатализаторов на основе оксида графена



Фотокатализом называют ускорение химических реакций с помощью совместного действия катализаторов и света. Обычно в качестве катализаторов используют вещества, которые поглощают излучение

и генерируют электрон-дырочные пары. Полученные электроны могут вступать в химические превращения, ускоряя их. Всем известный пример фотокатализа — реакции фотосинтеза в листьях растений. Фотокатализатором в этом случае выступает зеленый пигмент хлорофилл.

Фотокатализ уже активно используется в разных технологиях — от уничтожения бактерий до получения водородного топлива. Например, далее в дайджесте мы расскажем о самоочищающихся фотокаталитических покрытиях, которые тоже разработали российские ученые. Однако эффективных и в то же время стабильных катализаторов до сих пор известно не так много.

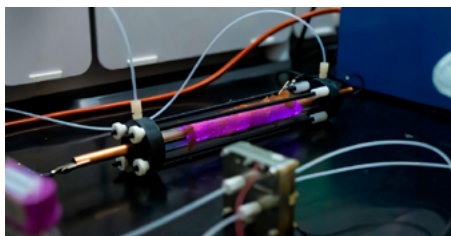
Российские химики под руководством Марии Калининой из Института физической химии и электрохимии имени А.Н. Фрум-

кина РАН улучшили фотокатализаторы на основе графена.

Чтобы повысить поглощение света, они добавили к материалу порфириновые красители — циклические ярко окрашенные молекулы, которые в том числе входят в состав хлорофилла. А для того, чтобы ускорить передачу электронов в химическую реакцию, к материалу приложили внешнее электрическое поле.

В результате скорость разложения органических загрязнителей в воде увеличилась более чем в 2 раза. При этом катализатор оставался стабильным после недели работы. Оксид графена — один из наиболее доступных наноматериалов, так что у новой технологии есть все шансы стать коммерческой. Результаты исследования опубликованы в журнале *Journal of Materials Chemistry A*.

## Американские химики получили аммиак из воды и азота



Превращение молекулярного азота в аммиак обеспечивает нас всеми сельскохозяйственными удобрениями. Эта важнейшая для человечества реакция также является одной из самых энергозатратных.

Ежегодно на получение аммиака из азота уходит около 2% от всей потребляемой в мире энергии. Дело в том, что молекула азота очень прочная: два атома в ней связаны тройной связью. Чтобы разорвать эту связь, нужно много энергии, поэтому молекулярный азот вступает в химические реакции только при высокой температуре и давлении. Ученые постоянно ищут способы получения аммиака в более мягких условиях.

Например, американские химики под руководством Криса Ли из Университета Буффало получили аммиак из азота и воды при комнатной температуре.

Для того чтобы разорвать связи в молекуле

азота, ученые использовали электрохимическую ячейку и медный катализатор с добавками палладия. Еще одно преимущество нового метода — замена водорода на воду. Для стандартного синтеза аммиака водород предварительно получают из метана, что делает весь процесс еще более сложным и дорогим. Методика, предложенная Ли и его коллегами, позволяет обойтись без этой стадии.

Сейчас ученые работают над масштабированием синтеза. Они хотят сконструировать полупрозрачные реакторы объемом порядка десяти кубических метров с солнечными батареями на крыше. Результаты исследования опубликованы в журнале *Journal of the American Chemical Society*.



## В МИФИ «сгустили» свет и увеличили эффективность фотокатализа в десять раз



Российские ученые из Инженерно-физического института биомедицины НИЯУ МИФИ тоже использовали свет для ускорения химических реакций.

Чтобы усилить действие света, ученые сконструировали фотореактор на основе

интерферометра Фабри — Перо. Это прибор, состоящий из двух параллельных тонких зеркал, расположенных на расстоянии около 10 нанометров. Попав внутрь, свет начинает циркулировать между зеркалами, отражаясь от них снова и снова почти без потерь энергии.

Если поместить между зеркалами микроскопические доли веществ, их молекулы под действием такого «сгущенного» света перейдут в возбужденное состояние и останутся в нем. Эксперимент показал, что взаимодействие между возбужденными молекулами протекает быстрее и эффективнее: на выходе получается примерно в 10 раз больше продукта, чем в контрольном эксперименте без зеркал.

Кроме того, оказалось, что фотореактор позволяет получать конкретные изомеры продукта — химики так называют органические вещества одинакового состава, но разного строения. Изомерная чистота

очень важна для фармацевтики и медицинской химии. Нередко нужным лечебным эффектом обладает только один изомер вещества, а другой может быть даже вреден для организма. Некоторые пары так похожи, что их почти невозможно разделить. Однако созданный в МИФИ поляритонный фотореактор позволяет решить эту проблему и получить только полезный продукт без примеси вредного.

Новое устройство может быть востребовано в фармацевтике. Однако, поскольку сильно увеличить объем реактора нельзя, для получения промышленных количеств надо будет собирать каскады реакторов. Впрочем, никаких дорогостоящих материалов для зеркал не требуется, поэтому эта идея выглядит вполне реализуемой. О результатах исследования рассказал портал «Научная Россия» со ссылкой на пресс-службу института.

## В Институте катализа им. Г. К. Борескова разработали простой способ нанесения самоочищающихся покрытий



Самоочищающиеся и антибактериальные покрытия сегодня используются не только в медицине, но и далеко за ее предела-

ми. Можно встретить антибактериальные соски, детские игрушки и даже корпуса смартфонов и других гаджетов. Механизмы очищения бывают разными: одни материалы просто отталкивают бактерии и загрязнения благодаря гидрофобному рельефу, другие могут уничтожать их с помощью встроенных бактериофагов и уже известного нам фотокатализа.

Простой способ создания фотоактивных самоочищающихся покрытий разработал Дмитрий Селищев и его коллеги из Института катализа им. Г. К. Борескова Сибирского отделения Российской академии наук.

За основу ученые взяли наночастицы диоксида титана — хорошо известного фотокатализатора для окислительной деструкции загрязняющих химических веществ и бактерий. Однако диоксид титана поглощает

в основном ультрафиолетовый свет. Чтобы расширить область поглощения, ученые заменили часть кислорода в оксиде титана на азот. А для того, чтобы быстрее уничтожать загрязнения и микроорганизмы, добавили частицы вольфрамата висмута.

После этого ученые разработали аэрозольный способ нанесения фотоактивных покрытий на разные поверхности. После высыхания аэрозоля формируется тонкопленочное фотоактивное покрытие, которое самоочищается под действием света. Этот метод не только значительно проще существующих, но и подходит для любых поверхностей, в том числе тканевых. О результатах работы рассказал портал «Научная Россия» со ссылкой на пресс-службу института.

## Магнитные микророботы-муравьи научились вместе поднимать тяжести



Разрабатывая новые технологии, ученые нередко заимствуют идеи у природы. Мы уже рассказывали вам о роботе с кошачьи-ми глазами и материалах на основе паутины. Сегодня расскажем о микророботах-муравьях, которых создали корейские

инженеры под руководством Чжона Чжэ Ви из Ханьянского университета в Сеуле.

Микроробот-муравей представляет собой продолговатую частицу магнитного сплава железа с неодимом и бором в полимерной оболочке. Длина каждого робота — порядка 1 мм, для их создания использовали методы 3D-печати. Группой роботов можно управлять с помощью магнитного поля: под действием разных импульсов они могут катиться, шагать, забираться на возвышенности и даже «помогать» друг другу в этом. Кроме того, ученые выяснили, что если роботов изначально намагничивать под разным углом, то они будут по-разному вести себя под действием поля.

Большой рой из 1000 микророботов собрался в своеобразный плавучий «плот» Такой плот не только сам отлично держался на поверхности воды, но и удерживал

на плаву тяжелую таблетку, весившую в 2000 раз больше, чем каждый отдельный микроробот.

На суше рой смог перенести груз в 350 раз тяжелее каждого отдельного робота. Также микророботы-муравьи сумели аккуратно удалить загрязнения изнутри тонких пластиковых трубок. Такой эксперимент ученые провели, чтобы оценить перспективы технологии для удаления бляшек внутри кровеносных сосудов.

Наконец, с помощью вращательных и орбитальных тяговых движений рой роботов могли направлять движения мелких организмов.

Авторы полагают, что в будущем такие микророботы будут востребованы в медицине. Результаты исследования опубликованы в журнале *Device*.