

От Китая до США – обзор инноваций Проф. О. Фиговский

Развитие инноваций – неперенное условие прогресса постиндустриального общества. Как пишет в своей статье профессор Вячеслав Соловьёв, наука как средоточие, концентрация знаний является наиглавнейшим инструментом, который человечество использует для постижения окружающего мира и далее его преобразования в своих интересах. В то же время и практика постижения, и практика преобразования мира свидетельствуют об ограниченности нашего познания и о необходимости его углубления и его коррекции. Научные исследования позволяют нам приблизиться к истине, однако, являются источниками новых задач и проблем, как правило, близких проблемам жизнеобеспечения, как отдельного человека, так и социума в целом.

Усложнение и глобализация таких проблем в части экономики и сохранения благоприятной для жизни окружающей среды требует внимания к разработке новых методов социального, экономического и политического управления. При этом приходится учитывать, что, так или иначе, эти методы берут свое начало из научного обобщения результатов многотысячелетнего опыта взаимодействия человека с окружающей средой и попыток найти возможности переходить от преимущественно индивидуальной к коллективной интеллектуальной деятельности, стержнем которой является институализированная научная, а теперь уже и инновационная деятельность. В связи с этим важно понять, какова социальная и экономическая основа научной и инновационной деятельности. Попробуем сделать это, ссылаясь на некоторые высказывания выдающихся в мировой истории личностей, имеющих свое мнение по этому поводу, а также с помощью ссылок на исторические источники, содержащие такие сведения. Начнем с того, что к первому тысячелетию до новой эры научное мировоззрение стало достаточно распространенным. Достижения философов этого периода позволило осмыслить тот факт, что для жизнеобеспечения человека «знать» так же необходимо, как видеть, слышать, осязать. «Метафизика» Аристотеля начинается фразой: «Все люди по своей природе стремятся к знаниям». И далее Аристотель утверждает, что стремление к знанию у человека имеет то же происхождение, что и его стремление слышать, видеть, осязать, и он будет пользоваться этим стремлением как естественным рефлекторным инструментом для того, чтобы обеспечить свою безопасность и благополучие.

Проблема бедности огромного количества населения во многих уголках планеты Земля и в настоящее время остается в повестке дня экономической науки и социальных преобразований. Подтверждением современной важности данной проблемы является присуждение в 2015 году нобелевской премии в области экономики Ангусу Дитону «за анализ проблем потребления, бедности и социального обеспечения» - продолжает профессор Вячеслав Соловьёв. Он предполагает, что данная проблема настолько сложна, что для ее решения недостаточно базироваться только на научном мировоззрении. Здесь следует обратиться к идеям В. И. Вернадского, который показал, что научное мировоззрение, в целом, связано также и с другими формами отражения действительности – философией, религией, искусством, социальной мыслью, общей культурой и другими формами духовного творчества, с материальной практикой и социальными условиями бытия человечества. Все эти проявления человеческой жизни тесно сплетены между собой и могут быть разделены только в воображении. Эта связь исторически изменяется, как изменяются и сами эти формы. Они имеют объективное основание и в историческом процессе различаются своим содержанием, структурой понятий и методами познания, анализа. Каждая из этих форм имеет свою, исторически изменяющуюся линию развития.

Наиболее действенным способом влияния на научную и инновационную деятельность является их прямое или опосредованное финансирование. При этом институциональное оформление управления наукой и инновациями остается привязанным к

традициям и пониманию политической роли науки и инноваций в том или ином государстве. При желании использовать науку и инновации как реальный инструмент роста экономики руководство государства часто пытается скопировать методы и подходы более развитых стран, справедливо полагая, что, повторяя опыт успешных стран, можно быстрее достичь успеха. Однако, за пределами внимания реформаторов часто остаются некоторые объективные особенности восприятия обществом науки и инноваций, зависящего от сложившихся социально-психологических отношений, которые могут измениться только опосредовано, а никак не по жесткому плану.

Считается, что во второй половине XX века при совокупном финансировании науки в размере менее 0,5% от ВВП государство могло рассчитывать только на то, чтобы с помощью науки поддерживать у населения общее представление о научно-техническом прогрессе, распространять основную информацию о достижениях науки и обучать население использованию современных механизмов и приборов. При совокупном финансировании науки в размере от 0,5% до 1% от национального ВВП государство могло рассчитывать на то, что в государстве появляется достаточно много высококвалифицированных специалистов, способных решать сложные научно-технические задачи на современном уровне. Однако приложения своим знаниям в конкретной экономике в странах бывшего СССР эти специалисты почти не находили и довольно часто мигрировали в технологически более развитые страны. В диапазоне финансирования от 1% до 1,5% от национального ВВП начинает проявляться экономическая функция науки. При финансировании более 1,5% от ВВП наука становится потенциально самокупаемой, то есть проявляется инновационная функция науки. В странах-лидерах финансирование науки может достигать 3% и более от ВВП и в этом случае наблюдается опережающее экономическое развитие этих стран. К сожалению, даже в условиях промышленно развитых стран планировать перспективу финансирования науки не просто. В марте 2000 года Европейский Совет, в Лиссабоне, одной из главных стратегических задач определил достижение к 2010 году уровня финансирования науки и научно-технической деятельности в размере 3% от совокупного (по Евросоюзу) ВВП. Однако эта задача оказалась невыполненной. Данный показатель в 2010 году составил всего лишь 1,95% от ВВП, в то время, как в 2000 году он был на уровне 1,85% от ВВП. Из этого следует, что стремление к некоторым стандартам финансирования не обязательно реализуемо.

Важную роль в финансовой поддержке инноваций играет так называемое венчурное финансирование. Но такая система финансирования целесообразна при наличии условий и ресурсов развития принципиально новых технологий, как это было в Калифорнии в 1950-х годах. Однако, успешность этой системы финансирования быстро пошла на убыль и для того, чтобы США могли оставаться лидером технологического развития, им пришлось существенно реконструировать систему законодательного обеспечения научной и инновационной деятельности, приняв в 1980-х – 1990-х годах около 15 законов в поддержку технологического бизнеса и около десяти государственных программ.

Как справедливо считает профессор Вячеслав Соловьёв, безусловно, государства должны поддерживать необходимый уровень научно-технической и инновационной деятельности и стремиться объединить свои усилия в этом стремлении. Именно по этому, хотя инновационные системы США и Китая совершенно различны, именно эти страны являются лидерами научно-технического прогресса. На конкретных примерах их достижений мы и остановимся далее.

Hanergy — крупнейший производитель тонкопленочных солнечных элементов в Китае. Три вида панелей, выпускаемых дочерними компаниями «Hanergy — Alta Devices, Solibro и MiaSole», — побили мировой рекорд по энергоэффективности. Это одноsegmentный солнечный модуль GaAs, двойные стеклянные

солнечные модули CIGS и солнечные модули CIGS на гибкой подложке, которые имеют рекордную эффективность преобразования энергии в 25,1%, 18,72% и 17,88% соответственно. Новая технология может использоваться для беспилотных летательных аппаратов, работающих на солнечной энергии, а также в панелях на крышах домов, новых транспортных средствах и различной электронике. По словам представителей компании, возможности применения «бесконечны», так как технология может использоваться практически во всех инновационных областях. Кроме того, компания выпустила дрон на солнечных батареях. Без подзарядки он способен находиться в воздухе 6 — 10 часов, тогда как время работы беспилотников, оснащенных только литий-ионными батареями составляет всего полтора — два часа. Ожидается, что в ближайшие три года рынок солнечных панелей в КНР увеличится до \$15,1 млрд и станет дополнительным стимулом для роста экономики Китая. По словам представителей, за последние месяцы дрон китайской компании Ehang совершил более 1000 тестовых полетов, причем даже с пассажирами на борту. Электрический квадрокоптер поднимался на высоту 300 метров, транспортировал грузы массой 230 кг, совершал полет по заданному маршруту протяженностью 15 км, а также развивал скорость до 130 км/ч. Испытания Ehang 184 проходили в условиях густого тумана, сильной жары и мощных порывах ветра. В полетах принимали участие до двух пассажиров, один из которых выполнял функции пилота, но в будущем компания Ehang будет совершать полеты на автопилоте. Перед вылетом достаточно будет указать координаты пункта назначения. В компании уверяют, что квадрокоптер уже сейчас способен летать в автономном режиме, а также самостоятельно приземляться и распознавать препятствия. Стартап планирует использовать квадрокоптеры для транспортировки пассажиров в крупных городах. В феврале Ehang продемонстрирует возможности своих авиатакси на World Government Summit в Дубае. Также компания [получила](#) лицензию на испытания Ehang 184 в штате Невада, США.

Китайские учёные поставили перед собой новую амбициозную задачу — к 2020 году завершить разработку суперкомпьютера Тяньхэ-3, чья вычислительная мощность сможет достигать до квинтиллиона операций в секунду, — сообщает сайт Китайской академии наук. Квинтиллион операций в секунду — это очень много, и сейчас в мире ни в одной стране нет настолько быстрых суперкомпьютеров. Китай продолжает лидировать в гонке суперкомпьютеров, создавая очень мощные машины быстрее всех и обгоняя Японию и США. Самое главное — суперкомпьютеры всегда находят применение в различных отраслях. Так, выпущенный несколько лет назад Тяньхэ-1 обслуживает 1600 исследовательских команд из разных городов и помогает вести 1200 инновационных китайских проектов, попутно помогая создавать лекарства, прогнозируя погоду и выполняя другие важные задачи. Несмотря на введённый США запрет на экспорт чипов для китайских суперкомпьютеров, китайцы вскоре смогли создать собственные чипы, поэтому увеличение мощностей суперкомпьютеров продолжается, и раз нет необходимости поставок зарубежных комплектующих, суперкомпьютеры строятся гораздо быстрее. В 2018 году собираются ввести в эксплуатацию Sunway Exascale, который придет на смену самому быстрому компьютеру Поднебесной Sunway TaihuLight. Сейчас на долю Китая приходится самое большое количество суперкомпьютеров — 202. Китай продолжает прикладывать все возможные усилия к переходу на возобновляемые источники энергии. Новый отчет Institute for Energy Economics and Financial Analysis (IEEFA) отчетливо показывает, насколько явно Поднебесная стремится стать лидером производства энергии из возобновляемых источников. В опубликованных документах заявляется, что общие инвестиции Китая в проекты производства чистой энергии составили в 2017 году более 44 миллиардов долларов, что существенно превосходит показатель 2016 года — 32 миллиарда долларов. Согласно ведущему автору отчета Тиму Бакли, главе отдела исследований вопросов энергетического финансирования в IEEFA, решение США отказаться от Парижского соглашения стало важным катализатором роста Китая на растущем мировом рынке возобновляемых

источников энергии. «Это необязательно должно значить, что теперь Китай заполнит абсолютно все ниши оставленного США лидерства в результате отказа от Парижского соглашения, но это определенно предоставит стране технологическое превосходство и финансовые возможности, позволив доминировать в таких быстрорастущих секторах, как солнечная энергия, электромобили и производство аккумуляторов».

И хотя старания страны в пользу использования возобновляемой энергии весьма похвальны, Китай до конца так пока и не избавился от зависимости от горючих видов топлива, говорят аналитики. Страна по-прежнему полагается на уголь – уж слишком большие у Поднебесной энергетические потребности. Но ассортимент используемых источников энергии здесь за последние годы заметно расширился, и теперь в качестве ресурсов Китай использует не только уголь, но и полагается на гидроэнергетику, ветряную энергетику, солнечную энергию, биоэнергетику и другие источники возобновляемой энергии. Аналитики отмечают существенный рост перехода на альтернативные виды энергии за последние несколько десятилетий, тем не менее страна по-прежнему испытывает высокий уровень загрязнения окружающей среды. В последние несколько лет китайское правительство предприняло серьезные шаги для изменения такого положения вещей, что привело в том числе к закрытию до 40 процентов заводов, не соответствующих новым стандартам, регулирующим уровень выбросов вредных веществ в атмосферу. Эксперты из Международного энергетического агентства (IEA) считают, что зависимость Китая от угля продолжит сокращаться, в то время как инвестиции страны в мировые проекты альтернативной энергии продолжат расти.

Группа ученых Китайской академии наук и Принстонского Университета открыла металлический сплав, способный проводить электричество с нулевым сопротивлением в огромном диапазоне давления — от окружающей среды до давления в центре ядра Земли. Материал принадлежит к новой группе высокоэнтропийных сплавов (ВЭС), состоящих из случайной, атомной смеси элементов из раздела переходных металлов в периодической таблице. ВЭС любопытны с нескольких точек зрения, включая структуру — она у них простая металлическая, но металлы расположены случайным образом на решетке, то есть каждый сплав обладает свойствами как стекла, так и кристалла. Уникальность данного ВЭС заключается в том, что он может являться сверхпроводником при любом давлении, от низкого до очень высокого. Сам сплав при этом состоит из тантала, ниобия, гафния, циркония и титана. Мы провели наблюдения, которые показали, что этот ВЭС пребывает в состоянии нулевого электрического сопротивления на всем диапазоне от давления в один бар до давления внешнего ядра Земли», — говорит один из руководителей исследовательского проекта, профессор Лилин Сунь. Другой такой материал науке не известен. При испытании сплава ученые использовали алмазную наковальню, состоящую из двух отполированных граней бриллианта, между которыми был зажат образец. Для создания нужного давления калетта (острие) каждого камня равнялась 40 микронам, то есть примерно половине диаметра человеческого волоса. А для сбора данных был использован метод дифракции рентгеновских лучей в сочетании с измерением удельного сопротивления и магнетосопротивления. Результаты показали, что ВЭС сохранил базовую кристаллическую структуру несмотря на приложенное давление.

Однако сегодня США намного опережает Китай в части новых научно-технических разработок. Так, например, электронные устройства, содержащие критическую или секретную информацию, должны иметь функцию дистанционно управляемой самоликвидации на случай, если они попадут не в те руки. Одну из таких технологий дистанционной самоликвидации разработали исследователи из Корнуэльского университета совместно со специалистами компании Honeywell Aerospace. Они изготовили микрочип из диоксида кремния, упакованный в оболочку из поликарбоната. В этой оболочке были изготовлены микрополости, заполненные рубидием и бифлуоридом натрия. Когда такое устройство попадает под

воздействие радиоволн с определенной частотой, открываются крошечные наноклапаны на основе графена и нитридных соединений. Это позволяет смешаться заключенным в полости реагентам и вступить в бурную химическую реакцию, в ходе которой выделяется большое количество тепла, которое испаряет поликарбонат. "Испаренный поликарбонат вступает в реакцию с бифлуоридом натрия и получается плавиковая кислота, которая полностью разрушает любую электронику" – пишут учёные. В отличие от других вариантов реализации самоуничтожающейся электроники, новая технология не требует наличия воды для растворения некоторых компонентов и не нуждается в нагревательном элементе, который поднимает температуру среды до нужного уровня. Исследователи рассчитывают, что разработанная ими технология "разлагающейся" электроники будет востребована не только в области защиты информации. Ее так же с успехом можно использовать для производства электроники, датчиков экологического мониторинга, к примеру, которые будут самоуничтожаться после выполнения своей основной функции.

Инженеры Университета Пердью (США), изменив кристаллическую структуру алюминия, разработали новый сплав, который по прочности не уступает стали и может использоваться в качестве антикоррозийного покрытия. На микроскопическом уровне металлы состоят из кристаллов, расположенных слоями друг над другом. «Дефект укладки» происходит тогда, когда отсутствует один из слоев. Если этот дефект повторяется, он может, в действительности, сделать материал прочнее. Специалисты университета проверили это на практике, создав алюминий с отсутствующими слоями в кристаллической решетке. Но сделать это было непросто, поскольку у алюминия высокая энергия дефекта укладки, то есть металл сам способен исправлять эти дефекты. Для того чтобы обойти сопротивление металла, ученые применили две техники: во-первых, они использовали лазер, чтобы бомбардировать ультратонкие пленки алюминия частицами диоксида кремния. Так они добились деформации шириной в десятки нанометров. «Результаты показали, как изготавливать алюминиевые сплавы, которые сравнимы или даже прочнее, чем нержавеющая сталь, — говорит профессор Синхан Чжан. — Это открытие обладает большим коммерческим потенциалом». Второй способ, который описали ученые — магнетронное распыление, которое позволяет ввести в кристаллическую структуру алюминия атомы железа. Вместе оба этих процесса создают такой сплав, который оказался одним из самых прочных, сделанных когда-либо человеком, и эту технологию можно запустить в серийное производство для создания антикоррозийных покрытий электронных устройств и транспортных средств.

Американские учёные разработали метод 3D-печати, позволяющей создавать металлические объекты с разрешением на уровне ста нанометров. Для этого они предложили печатать структуры из насыщенного металлом органического фоторезиста, а затем пиролизом удалять полимерную часть, оставляя только металл, из-за чего размеры объекта многократно уменьшаются. Часто для 3D-печати с высоким разрешением используют фоторезист – изначально жидкий полимер, который затвердевает под действием лазерного луча. В отличие от других популярных методов, к примеру, подачи капель расплавленного материала из сопла или спекания заранее уложенных частиц, разрешение фотолитографии может быть высоким, потому что оно больше зависит от фокусировки лазера, а не от самого материала или диаметра сопла. Но поскольку в этих методах используется полимер, в металлической 3D-печати его не используют. Исследователи под руководством Джулии Грир (Julia Greer) из Калифорнийского технологического института разработали новый метод фотолитографии, позволяющий создавать полностью металлические детали. Для этого они предложили использовать комплексное соединение, состоящее из никеля и акрилатного лиганда. Затем к нему добавляется акриловая основа и фотоинициатор, отвечающий за полимеризацию смеси под действием лазера.

Как и при обычной лазерной литографии, лазер проходит через жидкую смесь и заставляет ее затвердевать в определенных местах. Поскольку при этом образуется по

большой части полимерная деталь, инженеры добавили в процесс еще два этапа. Сначала деталь выдерживают в атмосфере инертного аргона при тысяче градусов Цельсия. При этом почти вся полимерная часть удаляется и линейные размеры объекта уменьшаются в пять раз. После этого объект снова нагревают, но уже до 600 градусов Цельсия и в формовочном газе. Во время этого этапа из детали окончательно удаляются полимеры, а также кислород. Помимо этого на этом этапе происходит рост зерен, которые в итоге имеют средний размер около 20 нанометров. Инженеры продемонстрировали метод, напечатав объемную решетку. До термообработки размер одной ячейки в ней составлял примерно десять микрометров, а толщина каждого луча два микрометра. После того, как из решетки удалили всю полимерную часть размер ячейки стал равен двум микрометрам, а толщина лучей примерно 300–400 нанометров. Инженеры признают, что из-за удаления полимеров качество конструкции ухудшается и пористость в ней повышается до 10–30 процентов. На фотографиях со сканирующего электронного микроскопа можно видеть, что поверхность после обработки становится гораздо менее ровной. Вместе с этим напечатанные таким методом изделия получаются достаточно прочными. Исследователи считают, что после доработки метода разрешение печати можно будет довести до 25 нанометров, а вместо никеля можно использовать и другие металлы.

Ранее американские инженеры [разработали](#) новую технологию металлической 3D-печати, многократно ускоряющую ее по сравнению с обычными методами. В их методе используется не обычный лазерный луч, который последовательно перемещается по каждому слою, а динамический трафарет, позволяющий спекать весь слой металла одновременно. Металлическая 3D-печать уже используется в серийном производстве, позволяя печатать изделия сложной формы. Однако скорость такой печати все еще остается невысокой, и печать одной детали может занимать несколько дней. Это сильно ограничивает ее применение. Обычно металлическая 3D-печать происходит следующим образом: лазерный луч последовательно перемещается по рабочей поверхности принтера, спекая нанесенный на нее металлический порошок. После прохождения лучом всей поверхности на нее добавляется новый порошок и процесс повторяется для каждого слоя. При высоком разрешении печати луч проходит большое количество полос в слое и большое количество слоев.

Ученые решили создать технологию, которая была бы лишена этого недостатка, и радикально повысить за счет этого скорость печати. Представленная технология основана на использовании лазерного модулятора из жидких кристаллов, который служит динамическим «трафаретом» для лазерного излучения. Метод можно описать следующим образом. В систему загружается файл с трехмерной моделью печатаемого изделия, которое разбивается на слои. Затем массив синих светодиодов проецирует на фотопроводящую пластину изображение печатаемого слоя. За пластиной находится массив из жидких кристаллов. При проецировании изображения пластина начинает проводить электричество в областях, облученных светом, из-за чего жидкие кристаллы поворачиваются, давая лазерному лучу возможность распространяться. Таким образом, для каждого слоя изделия формируется подобие трафарета. Затем на систему подается мощное лазерное излучение, которое спекает одновременно весь слой металлического порошка. Описанная процедура повторяется для каждого слоя порошка до момента, когда изделие будет полностью сформировано. Таким образом, исследователи смогли заменить последовательный процесс печати на параллельный. Ученые утверждают, что их технология позволит производить металлическую деталь объемом в один кубический метр за несколько часов, тогда как для текущих методов срок изготовления такой детали может составлять несколько лет.

Недавно концерн Boeing [заявил](#), что планирует использовать металлическую 3D-печать для производства некоторых деталей самолета Boeing 787 Dreamliner. По их оценке,

использование таких деталей позволит экономить до трех миллионов долларов при создании каждого лайнера.

Американские ученые совершили научный прорыв, способный открыть двери к новому способу добычи и источнику ядерного топлива – Мировому океану, в котором содержится накопившееся за долгое время химическое вещество. Проверка специального созданного волокна, позволяющего извлекать из морской воды природные следы урана, позволила ученым добыть первые 5 граммов радиоактивного вещества – порошковообразного уранового концентрата, используемого в качестве топлива при производстве ядерной энергии. «Это очень важное достижение, указывающее на то, что такой подход способен обеспечить коммерчески привлекательный способ добычи ядерного топлива из океанов – крупнейшего источника урана на Земле», — говорит биохимик Гэри Гилл из Тихоокеанской северо-западной национальной лаборатории (PNNL, США). Для добычи вещества команда из PNNL (принадлежащая Министерству энергетики США) объединилась с учеными из компании LCW Supercritical Technologies. Последние разработали специальное акриловое волокно, с помощью которого извлекается растворенный в воде природный уран.

«Мы химически модифицировали недорогое волокно и превратили его в эффективный и многоразовый абсорбент, притягивающий и захватывающий уран», — объясняет президент компании LCW Supercritical Technologies Чиен Вай. «Возможности PNNL в усовершенствовании и испытании этого материала оказали неоценимую поддержку в развитии этой технологии». В рамках более ранних исследований Вай помог разработать процесс экстракции, в рамках которого уран абсорбируется лигандом (молекулой, взаимодействующей с комплементарным участком определенной структуры), химически связанным с акриловым волокном. Для сбора молекул урана волокно помещают напрямую в океаническую воду (либо воду закачивают в лабораторию), откуда оно через определенное количество времени начинает экстрагировать плавающий в ней уран. Ученые долгое время работали над оптимизацией подобного метода добычи радиоактивного вещества и считают, что однажды это принесет огромную выгоду. Не просто потому, что добывать уран из океана будет проще – не нужно будет рыть наземные урановые шахты, — но еще и потому, что в Мировом океане может содержаться практически бесконечный запас этого вещества. Концентрации на первый взгляд очень малые, эквивалентные одному кристаллу соли, разбавленному в одном литре воды. По словам Чиен Вая абсорбирующий материал недорог в производстве, а расширение масштабов этого производства по стоимости будет ниже затрат на добычу урана на суше. В перспективе существенно ниже: ученые подсчитали, что на дне Мирового океана может находиться как минимум 4 миллиарда тонн урана, что примерно в 500 раз больше всех известных запасов, имеющих в наземной руде. Ученые планируют продолжить работу и хотят посмотреть, какие типы других химических веществ способны абсорбировать разработанное ими волокно.

Группе ученых из Массачусетского технологического института удалось получить сверхпрочные нановолокна с уникальными свойствами. Глава лаборатории Грегори Рутледж в публикации на [сайте MIT](#) указывает, что в области сверхпрочных нитей крайне редко происходят по-настоящему прорывные открытия. Например, «золотым стандартом» для бронежилетов до сих пор является кевлар, полученный еще в 1960-х годах. Материал с тех пор неоднократно улучшали, но эволюционным путем. Так происходит потому, что ученым в своих опытах приходится балансировать между жесткостью, легкостью и прочностью на разрыв. Волокна из пластика, на основе стекла или стали — выберите любые два свойства, третье придется зачеркнуть. Кроме того, изобретение кевлара привлекло

в сегмент деньги военных ведомств, и потенциал механических методов воздействия уже во многом исчерпан, считает он.

При механическом воздействии на полимеры приходится искать баланс между нагревом и скоростью вращения «червяков», из которых получаются нити. Чем выше нагрев и скорость, тем тоньше волокна, но растет и риск разрыва связей между молекулами. Рутледж говорит, что его команда потратила годы на поиски новых способов обработки волокон и, в итоге, изобрела новый процесс — гель-электроспиннинг. Отдельные нити при этом формируются не с помощью механического воздействия в два этапа, а при помощи электричества в одной камере. Ученый утверждает, что это позволило получить полиэтиленовые нанонити потрясающей прочности — и толщиной всего в сотни нанометров против «обычных» 15 микрометров. «Нынешние высокопрочные полиэтиленовые волокна, как Spectra или Dyneema, уже в ряду самых жестких и прочных в пересчете на вес. Эти новые волокна на один-два порядка меньше в диаметре и (за счет этого) при том же весе могут абсорбировать даже больше энергии, не разрываясь», — заявил Рутледж. Он ожидает, что по мере отработки технологии волокна найдут применение во многих сферах: «Некоторые области приложения мы сейчас даже не представляем, потому что только сейчас получили материал такой степени жесткости». С другой стороны, исследователь признает, что в своей лаборатории получил очень скромное количество революционного материала. И на пути к коммерческому применению надо преодолеть целый ряд препятствий: «Мы над этим работаем, и гель-электроспиннинг — важный шаг в этом направлении».

Другая группа учёных МТИ обнаружила способ в 3 раза повысить эффективность термоэлектрических устройств при помощи топологических материалов с уникальными, превосходящими современные аналоги свойствами. «Мы обнаружили, что можем раздвинуть границы этого нано-структурного материала таким образом, что он станет хорошим термоэлектрическим материалом, лучшим, чем традиционные полупроводники вроде кремния, — говорит член коллектива исследователей Тэхуань Лю. — В конце концов, он может стать чистым способом превращения тепла в электричество, что уменьшит эмиссию углекислого газа». Термоэлектрические устройства превращают разницу температур в электричество и наоборот, меняя температуру под воздействием электричества. Сегодня они применяются в относительно маломощных системах, например, в датчиках трубопровода, в качестве аккумуляторов автономной подпитки в космических зондах и для охлаждения мини-холодильников.

Для того чтобы ответить на вопрос, можно ли увеличить мощность этих устройств и как это согласуется с топологическими свойствами их материалов, Лю и его коллеги изучили теплоэлектрические свойства теллурида олова, смоделировав движение электронов через него и измерив показатель средней длины свободного пробега, расстояния, которое электрон с данной энергией свободно пройдет в материале, прежде чем будет рассеян каким-нибудь объектами или дефектами. Результаты измерений показали, что у высокоэнергетических электронов короче средняя длина свободного пробега, а более низкоэнергетических она длиннее. Кроме того, ученые обнаружили, что способность материала

проводить электричество при градиенте температур сильно зависит от энергии электрона. В частности, что низкоэнергетические электроны негативно влияют на разницу напряжения.

Следующим шагом для исследователей стало уменьшение диаметра отдельных частиц теллурида олова до 10 нм, что привело к увеличению разницы напряжения и в 3 раза увеличило объем выработанного электричества. Теллурид олова — всего лишь один из примеров топологических материалов. Если ученым удастся определить идеальный размер частиц для каждого из них, они скоро станут практичной и экономически выгодной технологией получения чистой энергии. Топологический металл с [уникальной](#) электронной структурой обнаружили в 2016 году американские физики. Тетрастаннид платины отличается не только высокой плотностью электронов, но и множеством близко расположенных точек Дирака.

Группа исследователей, возглавляемая Национальной лабораторией Oak Ridge Министерства энергетики (Department of Energy's Oak Ridge National Laboratory), использовала метод неупругого рентгеновского рассеяния с высоким разрешением для измерения сильной связи атома водорода, зажатым между двумя атомами кислорода. Эта водородная связь является квантовомеханическим явлением, ответственным за различные свойства воды, включая вязкость, которая определяет сопротивление жидкости течению или изменению формы. «Несмотря на все, что мы знаем о воде, это таинственная, нетипичная субстанция, которую нам нужно лучше понять, чтобы разблокировать ее огромный потенциал, особенно в области информационных и энергетических технологий», — сказал Такеши Эгами, Университет Теннесси-ORNL.

Исследование этой группы показало, что можно изучать динамику воды и других жидкостей в реальном времени. «Водородная связь оказывает сильное влияние на динамическую корреляцию между молекулами по мере их перемещения по пространству и времени, но до сих пор данные, в основном благодаря оптической лазерной спектроскопии, дали «туманные» результаты с нечеткой специфичностью», — сказал Эгами. Для более четкой картины совместная команда ORNL-UT использовала рентгеновскую усовершенствованную методику, известную как неупругое рентгеновское рассеяние, для определения молекулярного движения. Они обнаружили, что динамика кислород-кислородной связи между молекулами воды неожиданно не случайна, а чрезвычайно скоординирована. Когда связь между молекулами воды нарушается, сильные водородные связи работают для поддержания стабильного состояния в течение определенного периода времени. «Мы обнаружили, что количество времени, которое требуется молекуле для изменения ее «соседней» молекулы, определяет вязкость воды», — сказал Эгами. Он рассматривает текущую работу в качестве плацдарма для более продвинутых исследований, которые будут использовать методы рассеяния нейтронов, чтобы дополнительно определить вязкость и другие динамические свойства жидкостей. Подход исследователей можно было бы также использовать для характеристики молекулярного поведения и вязкости ионных или соленых жидкостей и других жидких веществ, что помогло бы в разработке новых типов полупроводниковых приборов с жидкими электролитными изолирующими слоями, улучшенных батарей и смазочных материалов.

Нитрид галлия (GaN), полупроводниковый материал, обычно используемый для производства светодиодов, полупроводниковых лазеров и силовых приборов, может стать основой для электроники следующего поколения, предназначенной для использования в

космической технике. В рамках программы Hot Operating Temperature Technology (HOTTech) американского космического агентства НАСА исследователи из Аризонского университета (Arizona State University, ASU) приступили к разработке и созданию первого опытного микропроцессора из нитрида галлия, "потомки" которого будут управлять исследовательскими аппаратами, работая в чрезвычайных условиях космического пространства.

Нитрид галлия обладает высокой электронной проводимостью, в тысячу раз превышающей проводимость кремния. Помимо проводимости, полупроводниковые приборы на основе нитрида галлия опережают кремниевые аналоги по быстродействию, по рабочей температуре и ряду других параметров. В связи с этим, нитрид галлия уже давно рассматривается в качестве альтернативного варианта на случай, когда кремниевая электроника полностью исчерпает все свои резервы. "Использование нитрида галлия позволит создавать электронные устройства, работающие с большей эффективностью, имеющие меньшие габаритные размеры и способные работать при высокой температуре окружающей среды" - рассказывает Юджи Жао (Yuji Zhao), руководитель научной группы. В соответствии с задачами программы HOTTech группа из Аризонского университета должна разработать нитрид-галлиевый микропроцессор, способный функционировать при температуре порядка 500 градусов Цельсия. В основе этого процессора будет лежать один из видов высокотемпературного нитрида галлия, а в его работе будут использованы физические и электрические эффекты и явления, которые не используются в технике, работающей в обычных условиях.

Отметим, что создание электроники, способной функционировать при высокой температуре и других чрезвычайных условиях, позволит НАСА производить исследования самых горячих и неприветливых планет Солнечной системы, включая Венеру и Меркурий. Однако, дело создания нитрид-галлиевого микропроцессора, как ожидается, будет сложным и длительным мероприятием. И сейчас даже трудно оценить, когда НАСА получит возможность отправить в космос миссию, оборудованную высокотемпературной электроникой на основе нитрида галлия. "Однако, с учетом всех прогнозируемых сложностей, удачей можно будет считать, если полностью работоспособная нитрид-галлиевая электроника появится в течение следующих десяти лет" - рассказывает Юджи Жао, - "Руководство НАСА прекрасно понимает все это и согласно ждать столько, сколько для этого может потребоваться".

Ученые из Университета Пенсильвании порекомендовали воспользоваться новым методом опреснения воды, основанном на известной технологии емкостной деионизации. При помощи конструктивных улучшений системы можно в два раза уменьшить напряжение, которое необходимо для работы опреснителя. Предложенная методика не нуждается в больших потреблении электроэнергии. Кроме того, способ, предложенный исследователями, поможет в решении дефицита питьевой воды в засушливых регионах на Земле. За основу инженеры взяли методику технологии емкостной деионизации. В ней происходит опреснение воды путем электрохимического отделения ионов солей. Электроды, перехватывающие ионы из солевого раствора, подсоединяют к двум сторонам элемента, в котором находится проточный электролит. Когда закрывается цепь и в ней появляется электрический ток, изменяя циклично его направление можно удалить большую часть солей из раствора и чистую воду можно будет пить. Американские инженеры предложили методику, в которой мембрана пропускает только анионы. Поэтому ионы Cl^- из двух каналов остаются на аноде, вследствие чего катионы натрия переходят только из одного канала на катод. Таким образом, происходит опреснение воды, движущейся ближе к катоду. Концентрация солей в потоке около анода наоборот, увеличивается по сравнению с начальной. С помощью такой системы можно снизить напряжение, необходимое для результативной адсорбции до 0,6 вольт.

Американские учёные синтезировали проводящий полимерный материал, в котором проводимость обеспечивается наличием в структуре радикалов, а не системы сопряженных двойных связей. По своей проводимости этот материал не уступает стандартным проводящим полимерам с сопряженными связями, но при этом прозрачен и не требует введения в свою структуру дополнительных источников электронов сообщают учёные. Известно, что некоторые полимерные материалы могут проводить электрический ток, однако перенос электронов в полимерных материалах принципиально отличается от механизмов проводимости в твердых кристаллах: он определяется наличием в молекуле системы сопряженных двойных связей. Типичным примером проводящего полимера служит полианилин, в котором бензольные кольца связаны друг с другом через атом азота, в результате чего образуется система связанных π -орбиталей, которая и способствует транспорту электронов. Однако у анилина и подобных ему материалов есть свои недостатки. В частности, ни один из этих полимеров не прозрачный, что требуется для некоторых применений проводящих материалов. Кроме того, выход реакций во время синтеза проводящих полимерных соединений обычно довольно небольшой. Наконец, для улучшения проводящих свойств такие материалы требуют добавления специальных источников носителей заряда, которые снижают устойчивость работы материалов.

Американские химики под руководством Брайана Будуриса (Bryan W. Boudouris) обнаружили полимерное соединение с другим механизмом проводимости, который не требует наличия сопряженных связей. Таким соединением оказался РТЕО — поли(4-глицидокси-2,2,6,6-тетраметилпиперидиноксил) — радикальный полимер, у которого атом кислорода в каждом мономере содержит неспаренный электрон. Однако если у других известных полимеров такого типа максимальная проводимость не превосходит 0,01 сименса на метр, то у синтезированного вещества она оказалась сразу на три порядка выше — до 28 сименсов на метр, что соизмеримо с показателями лучших полимеров с сопряженными связями. Основная трудность при использовании такого типа полимеров — это необходимость следить за состоянием атомов с незаполненной электронной оболочкой. В проводящее состояние этот полимер переходит при отжиге в течение двух часов при 80 градусах Цельсия, что приводит к взаимодействию радикальных участков молекулы между собой. При этом для того, чтобы эффективность отжига была максимальной, соединение должно обладать довольно низкой температурой стеклования — такой, чтобы при отжиге наличие радикальных групп сохранялось.

Чтобы количественно описать появление проводимости у полимерного материала, ученые смоделировали изменение структуры материала при отжиге с помощью метода Монте-Карло. Оказалось, что такая обработка приводит к взаимному проникновению отдельных полимерных цепочек друг между другом, что в свою очередь становится причиной взаимодействия электронных оболочек с нескомпенсированными электронами, возможности их переноса и образованию единой проводящей цепи. в отличие от всех других проводящих проводников, пленки РТЕО прозрачны. При этом, однако, стоит отметить и важный недостаток полученного материала: максимальная длина проводящего участка, которую удалось получить ученым, пока не превосходила 0,6 микрон. Поэтому для того, чтобы этот полимер действительно можно было использовать в электронных устройствах (например, при производстве сенсорных экранов), химикам необходимо найти способ увеличить эту длину, возможно, за счет создания композитных структур с какими-то другими полимерными соединениями. Объединение в единую систему нескольких веществ с различными функциями часто используется и для улучшения свойств традиционных проводящих полимеров с каркасом из сопряженных связей. Например, если прямо к полимерному каркасу присоединить окислительно-восстановительные участки, то их можно использовать в литий-ионных батареях с высокой скоростью зарядки. А если проводящие полимеры совместить в композитный материал с непроводящим, но упругим соединением, то можно сделать гибкий материал, подходящий для получения накожных электронных устройств.

Как видно из приведённого выше обзора научно-технических достижений США опережает Китай по объёму разработок, но следует обратить внимание, что в американских научных коллективах довольно много китайских специалистов.