



# ДАЙДЖЕСТ ОТКРЫТИЙ УМНОЙ ХИМИИ

Акселератор Mendeleev

**3 КВАРТАЛ 2021**

## Оглавление

Раздел «Инновационная медицина».....	3
Раздел «Экология» .....	8
Раздел «Технологии для повышения качества жизни».....	10
Раздел «Энергетика».....	13
Раздел «Технологии для развития инфраструктуры города» .....	18
Раздел «Электроника будущего».....	20





## Раздел «Инновационная медицина»

### ➤ **Новый способ адресной доставки лекарств**

Учёные из РХТУ им. Д.И. Менделеева совместно с коллегами Германии разработали сравнительно простой и легко масштабируемый для массового производства способ адресной доставки лекарств в сетчатку.

Исследователи использовали для доставки препаратов наночастицы из биоразлагаемых полимеров. Молекулы лекарственных средств заключаются в крохотные частицы, способные пройти сквозь гематоретинальный барьер.

Эти наночастицы безопасно разлагаются в организме, высвобождая лекарственные вещества. Такая форма лекарства позволяет активному веществу "добраться" до своей цели, легко преодолев все барьеры.

В ходе исследования учёные использовали вместо лекарственных средств вещество кумарин-6. Это флуоресцирующий краситель, концентрацию которого в организме можно легко отследить. При этом он плохо растворим в воде, что делает его хорошим модельным веществом для подобных экспериментов.

Суспензию наночастиц, несущих краситель, вводили лабораторным крысам. Затем появление кумарина-6 в сетчатке их глаз отслеживали в режиме реального времени с помощью специального прибора.

Таким образом исследователи выяснили, что сами наночастицы не проходят гематоретинальный барьер. Они остаются внутри сосудов сетчатки, выпуская в них кумарин-6. Оттуда краситель уже проходит сквозь стенки сосудов и распространяется по сетчатке.

На весь процесс ушло около 15 минут. Авторы исследования предполагают, что настоящие терапевтические средства будут доставляться этим способом так же быстро.

Авторы работы планируют в дальнейшем исследовать возможность применения наночастиц в лечении не только офтальмологических, но и неврологических заболеваний, в частности опухолей мозга<sup>1</sup>.

### ➤ **Технология получения кишечнорастворимых капсул для лечения хронических заболеваний кишечника**

Болезнь Крона и язвенный колит — тяжелые хронические заболевания кишечника, против которых пока нет эффективных лекарственных средств. Основной подход в их терапии — это прием препаратов, снижающих воспаление и восстанавливающих слизистую кишечника.

При этом на рынке еще нет средств, которые могут постепенно выделять активное вещество внутри организма, что могло бы значительно повысить эффективность терапии.

Под руководством ФГБУ «ЦСП» ФМБА России ученые факультета ХФТ РХТУ им. Д.И. Менделеева разработали технологию получения такой лекарственной формы: они создали кишечнорастворимые капсулы, содержащие биополимерный комплекс,

<sup>1</sup> <https://www.vesti.ru/nauka/article/2592351>

выделяющий активное вещество с контролируемой скоростью, что обеспечивает пролонгированное действие и высокую биодоступность препарата.

В ближайшее время планируется провести серию доклинических исследований безопасности и эффективности лекарственного средства, что позволит перейти к производству препарата <sup>2</sup>.

#### ➤ **База данных для культивирования клеток млекопитающих**

Базу данных «Система культивирования клеток млекопитающих» разработали ученые Менделеевского университета. Она не только содержит информацию о клетках и условиях проведения процесса культивирования, но и объединяет информацию об оборудовании для культивирования клеточных линий.

Благодаря созданной базе данных исследователь может ознакомиться с паспортом клеточных линий, подобрать на основе данных из паспорта информацию о возможности культивирования клеток на подложке.

«Внедрение базы данных является существенным шагом, приближающим возможность автоматического решения многих высокотехнологичных задач, таких как производство биомедицинских клеточных продуктов различного терапевтического назначения, создание новых тканей и органов для терапевтической реконструкции поврежденных органов, совершенствование клеточной и тканевой инженерии», — заявила ведущий инженер кафедры химического и фармацевтического инжиниринга РХТУ Диана Батыргазиева.

База данных содержит информацию о 273 наименованиях клеточных линий, рассмотрены 30 типов биотехнологического оборудования, 16 различных материалов, из которых изготавливаются подложки, и приведены три способа культивирования <sup>3</sup>.

#### ➤ **Эластичный пластырь, который предупредит об угрозе инсульта и сердечного приступа**

Команда американских и южнокорейских инженеров разработала мягкий и эластичный ультразвуковой пластырь для кожи, который может контролировать кровоток через основные артерии и вены глубоко под кожей.

Контроль за кровеносными сосудами пациента важен потому, что это помогает врачам выявить различные сосудистые заболевания или предупредить сердечные приступы.

Новый ультразвуковой пластырь американских и корейских инженеров может в режиме реального времени контролировать движение крови по сосудам, артериальное давление и работу сердца. Это дает возможность предсказать и предупредить надвигающийся инсульт или инфаркт.

Пластырь можно носить на коже шеи или груди. Особенность его в том, что он может принимать сигналы от сосудов на глубине до 14 сантиметров под кожей. Измеряет он полученные сигналы с высокой точностью.

---

<sup>2</sup> <https://www.muctr.ru/news/novosti-rkhtu/rossiyskie-uchenye-razrabotali-kishechnorastvorimye-kapsuly-prolongirovannogo-deystviya-dlya-terapii-khronicheskikh-zabolevaniy-kishechnika/>

<sup>3</sup> <https://iz.ru/1205798/2021-08-11/uchenye-sozdali-bazu-dannykh-dlia-kultivirovaniia-kletok-mlekoopitaiushchikh?fbclid=IwAR10acVQ0WmBux9zI2RCJwnak1gdqWawEv7SMEHN2XTavu8XSvyEnjAgz94>

Еще одна внедренная в пластырь инновация: ультразвуковой луч можно наклонять под разными углами и направлять в области тела, которые не находятся непосредственно под пластырем. Другие нательные датчики этого не могут.

Пластырь состоит из тонкого листа гибкого эластичного полимера, который прилипает к коже. На пластыре установлен массив ультразвуковых датчиков миллиметрового размера – ультразвуковая фазированная решетка. Каждый датчик отдельно управляется компьютером. Это ключевая часть технологии, потому что она позволяет пластырю менять форму, отмечает пресс-релиз Калифорнийского университета в Сан-Диего.

Исследователи отмечают, что пластырю предстоит пройти еще долгий путь, прежде чем он будет готов для широкого использования. Пока что он столь же стационарен, как любой аппарат УЗИ. Чудо-пластырь мало наклеить на кожу – его надо подключить к источнику питания и настольному компьютеру. Батарейка и микропроцессор в его конструкцию не входят <sup>4</sup>.

### ➤ **Нейросеть, которая помогает обнаруживать патологии, вызывающие эпилепсию**

Исследователи Сколтеха и их коллеги использовали сверточную нейронную сеть для автоматизации обнаружения на МРТ-изображениях фокальных кортикальных дисплазий (ФКД). Полученные результаты позволят быстрее и точнее диагностировать эпилепсию.

Фокальная кортикальная дисплазия (ФКД) — врожденный порок развития коры головного мозга. Он связан с тем, что в отдельной области коры нейроны не образуют упорядоченную структуру. ФКД — одно из самых распространенных поражений головного мозга, которое становится причиной развития эпилепсии. Для диагностики ФКД медики обычно используют МРТ-изображения головного мозга.

Группа исследователей усовершенствовала существующий метод автоматизации обнаружения ФКД. Он основывается на глубоком обучении. С помощью размеченных МРТ-снимков головного мозга здоровых людей и пациентов с диагнозом «фокальная кортикальная дисплазия» ученые обучили и использовали сверточную нейронную сеть для обнаружения ФКД. Вычисления проводились с использованием суперкомпьютера «Жорес». При наиболее эффективной конфигурации модели очаги ФКД были успешно обнаружены у 11 из 15 пациентов.

На данный момент ученые работают над получением дополнительных наборов данных для обучения и проверки модели <sup>5</sup>.

### ➤ **Тесты на COVID-19 с повышенной чувствительностью**

Своевременная диагностика COVID-19 — одна из важнейших мер, позволяющих сдержать распространение вируса. Для этого используются ПЦР-тест, иммуноферментный и иммунохроматографический (ИХА) анализы. Последний основан на умении антител узнавать и связывать определенные молекулы — антигены. Для этого

---

<sup>4</sup> <https://www.vesti.ru/nauka/article/2591761>

<sup>5</sup> <https://inscience.news/ru/article/russian-science/7021>

тест-полоску с антителами погружают в раствор. Если в жидкости содержится антиген, с ним связываются антитела. Они несут на себе метки, позволяющие визуально детектировать антиген по возникновению окрашенных зон на тест-полоске. Этот недорогой метод удобен для внелабораторного анализа, но низкая чувствительность не дает стать точным тесту для проверки на SARS-CoV-2. Исследователи из ФИЦ биотехнологии РАН и Государственного научного центра прикладной микробиологии и биотехнологии предложили метод, как повысить чувствительность ИХА. Он основан на модификации оптических свойств наноразмерных меток. В качестве антигена ученые выбрали белок «шипов» на поверхности SARS-CoV-2, а в качестве метки использовали различные модификации наночастиц золота.

«Наш новый подход основан на каталитическом усилении оптического сигнала, генерируемого наночастицами золота непосредственно на тест-полоске. Мы сравнили в действии три способа усиления — формирование золотой и серебряной оболочки вокруг исходных золотых наночастиц, формирование триметаллических наночастиц путем наращивания серебряной оболочки вокруг наночастиц золота и последующим гальваническим замещением серебра ионами AuCl<sub>4</sub>. Хотя первые два подхода известны в литературе, их сравнительная оценка проводилась впервые», — комментирует соавтор работы Борис Дзантиев.

Один из способов повысить чувствительность тестов — сделать метки более заметными. Ученые попробовали увеличить размер золотых наночастиц, нарастив на них золотой или серебряный слой либо формируя наночастицы, где слой серебра находится между двумя слоями золота. Затем авторы сравнили чувствительность анализа. Наибольшую эффективность показали наночастицы, окруженные дополнительным слоем золота. Они позволили определить коронавирус при концентрации в 500 раз меньшей, чем требуют обычные наночастицы. Результаты работы вносят большой вклад в создание высокочувствительных методов внелабораторной диагностики. Используемые учеными реагенты легко хранить и транспортировать. Тест можно провести всего за восемь минут вне стен лаборатории. Кроме того, его легко модифицировать для самых разных патогенов<sup>6</sup>.

### ➤ **3D-принтер для печати органов человека**

На биологическом факультете Челябинского государственного университета разработали и собрали необычный 3D-принтер. Он умеет создавать трехмерные модели из биологических материалов: клеток и внеклеточного матрикса человека и животных. Идея создания биопринтера принадлежит магистранту Антону Тростину.

«Проблема пересадки донорских органов очень остро стоит в современном мире. Одним из вариантов её решения может стать создание органов из собственных клеток пациента, напечатанных на биопринтере, — говорит руководитель магистерской программы Юлия Филиппова. — В настоящее время биотехнологические компании предлагают разные модели, но все они имеют высокую стоимость и не являются универсальными».

За основу биопринтера, разработанного биологами ЧелГУ, была взята модель экструзионного принтера, предложенная одним из пионеров данного направления —

---

<sup>6</sup> <https://nauka.tass.ru/nauka/12026691>

Адамом Фейнбергом. За два года команда молодых учёных научилась печатать разные конструкты (каркасы) из биологических материалов, содержащие клетки человека.

«В качестве первой модели для биопечати выбрали хрящ ушной раковины человека, т.к. он содержит только один тип клеток (хондроциты) и в нем нет кровеносных сосудов, – говорит Юлия Филиппова. – Получить и в течение длительного времени сохранять правильную форму органа оказалось непросто. Пришлось осваивать технологию по статьям, методом проб и ошибок».

На сегодняшний день технология биопечати отработана, команда исследователей научилась превращать мезенхимальные стволовые клетки в хондроциты. Следующим этапом станет внедрение клеток в каркас ушной раковины и образование ими трёхмерной структуры <sup>7</sup>.

### ➤ Уникальный «умный» протез

Международная исследовательская группа под руководством Кливлендской клиники разработала бионическую систему, которая сочетает в себе интуитивно понятное управление двигателем с ощущением прикосновения и движения руки.

Это первая система для протеза руки, которая тестирует все три сенсорные и моторные функции в нейро-машинном интерфейсе одновременно. Она сочетает в себе три важные функции: интуитивное управление моторикой, кинестезию прикосновения и захвата, интуитивное ощущение открытия и закрытия руки. Нейро-машинный интерфейс соединяется с нервами конечностей пользователя. Это позволяет пациентам посылать нервные импульсы от своего мозга к протезу, когда они хотят его использовать или перемещать, а также получать физическую информацию из окружающей среды и передавать ее обратно в мозг через свои нервы.

Двунаправленная обратная связь и контроль искусственной руки позволили участникам исследования выполнять задачи с такой же точностью, как люди без инвалидности. При целевой сенсорной реиннервации (то есть восстановлении нервных соединений) прикосновение к коже маленькими роботами активирует сенсорные рецепторы, которые позволяют пациентам ощущать прикосновения. При целевой реиннервации моторики, когда пациенты думают о движении своих конечностей, мышцы взаимодействуют с компьютеризированным протезом, чтобы двигаться таким же образом. Кроме того, маленькие мощные роботы вызывают вибрацию кинестетических сенсорных рецепторов в тех же мышцах, что помогает владельцам протезов чувствовать, что их рука движется <sup>8</sup>.

---

<sup>7</sup> <https://www.csu.ru/Lists/List1/newsitem.aspx?ID=4648>

<sup>8</sup> <https://scientificrussia.ru/articles/novyj-umnyj-rotez-osusaet-prikosnovenia-kak-nastoasaa-ruka>



## Раздел «Экология»

### ➤ Дизельное топливо из пластика

Ученые Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна научились перерабатывать полипропилен и превращать его в дизельное топливо. На сегодняшний день материал, из которого производят одноразовую посуду, бутылки, трубы, корпуса бытовых приборов, детали транспортных средств, канцелярию и многое другое, составляет значительную часть отходов, попадающих на полигоны. Полипропилен разлагается в природе десятки и сотни лет.

«Лучшие марки дизельного топлива содержат от 40 до 60% высших парафинов. Мы экспериментально установили температурный режим и условия модификации полипропилена, чтобы получить в результате состав, соответствующий этим маркам дизеля. Наш результат - 55% высших парафинов. Такое дизельное топливо сегодня используется в грузовом транспорте, в поездах, тракторах, морских судах, самолетах, но и автомобилисты нередко переходят на дизель», - рассказала профессор СПбГУПТД Анна Михайловская.

Тестовые испытания специалисты СПбГУПТД проводили как на полипропиленовых гранулах, так и на измельченном полипропиленовом мусоре, а именно одноразовой посуде. Получить топливо им удалось с помощью гидрокрекинга - химического процесса, направленного на расщепление углеродного скелета и на насыщение вещества водородом. Основным реагентом химической реакции, проходящей в реакторе, работающем под давлением при температуре 320°C, выступил водород. Перед помещением полипропилена в реактор ученые обработали его специальным органическим раствором.

«Уникальность нашей технологии заключается в том, что ее можно внедрить на абсолютно любое предприятие: на мусороперерабатывающие заводы, предприятия по производству пластика. Ну и экологическая составляющая здесь очень важна, потому что на данный момент в России полипропилен в основном перерабатывается механическими способами, нет широко внедренных методов его химической переработки, тем более что на выходе мы получаем альтернативное топливо, а значит, экономим национальные ресурсы», - добавила Анна Михайловская.

В планах ученых - масштабировать тестовые испытания для определения количественных показателей химического процесса, что позволит выстроить точную модель внедрения технологии в промышленность<sup>9</sup>.

### ➤ Технология безотходной переработки металлургических шлаков

В черной металлургии до 85% общего объема твердых отходов составляют шлаки электросталеплавильного производства и ковшевой обработки стали (финальная доводка металла в ковше в целях гомогенизации по химическому составу и температуре). Шлаковые отвалы занимают площади, превышающие 2,2 тыс. га. Располагаясь в черте городов, они загрязняют окружающую среду и ухудшают экологическую обстановку.

<sup>9</sup> [https://sutd.ru/novosti\\_i\\_obyavleniya/announces/17591/](https://sutd.ru/novosti_i_obyavleniya/announces/17591/)



Ученые Уральского федерального университета и Института металлургии Уральского отделения РАН разработали и успешно испытали технологию совместной безотходной переработки электропечного и ковшевого шлака. Результат применения технологии — получение ценных материалов, чугуна и портландцементного клинкера и устранение проблемы загрязнения окружающей среды.

Технологию совместного безотходного производства чугуна и портландцементного клинкера успешно испытали на опытном производстве Ключевского ферросплавного завода. В ходе испытательных плавов разработчики пришли к заключению, что во избежание перегревов и в целях контроля температур и экономии следует применять не дуговую, а более дешевую роторно-наклонную печь.

«Наша технология позволяет проводить полную утилизацию отобранных видов шлаков и, таким образом, решать проблему антропогенной нагрузки на окружающую среду. Особенно важно, что удалось добиться полной переработки внепечных шлаков: поскольку железа в них совсем немного, такие шлаки, как правило, отправляют в отвалы, постоянно увеличивая урон окружающей среде. Работа по достоинству отмечена представителями науки и производства. Один из авторов технологии, сотрудник Института металлургии УрО РАН Даниил Лобанов, защитил диссертацию на соискание степени кандидата технических наук. Интерес к разработке проявили промышленные предприятия Уральского региона и Казахстана», — подчеркивает Олег Шешуков, директор института новых материалов и технологий УрФУ, главный научный сотрудник Института металлургии УрО РАН, руководитель группы разработчиков технологии <sup>10</sup>.

---

<sup>10</sup> <https://urfu.ru/ru/news/37708/>



## Раздел «Технологии для повышения качества жизни»

### ➤ Веб-платформы для изучения языка жестов

Команда студентов РХТУ им. Д.И. Менделеева факультета ЦиТХИн в рамках конкурса IT-проектов хакатона Microsoft Cloud Hack 2021 разработала проект Smart Sign Teacher — веб-платформу для изучения языка жестов в игровой форме для общения с людьми, лишенными делать это привычным для большинства образом. По мнению организаторов конкурса именно проект команды студентов Менделеевки «Акулята» стал самым уникальным и удостоился первого места.

В рамках хакатона 94 команды студентов ведущих вузов страны под руководством опытных консультантов Microsoft сформулировали концепции своих IT-проектов, освоили облачную платформу Azure и боролись за призовые места.

Третье место конкурса также заняли Менделеевцы — команда «Pocket Savers» представила приложение, которое поможет людям избежать опасности, связанной со встречей с ядовитыми существами (пауками, змеями, скорпионами и другими) в живой природе. Приложение может идентифицировать животное по фотографии, представить справочную информацию о нем и рассказать о мерах по оказанию первой помощи в случае укуса данным животным.

### ➤ Материал для улавливания темной материи

Все известное ученым вещество, из которого состоят планеты, звезды, галактики, межзвездный газ, составляет, по разным оценкам, от пяти до 15 процентов массы Вселенной. Остальное — темная материя, которая никак не взаимодействует с электромагнитными волнами, а значит, невидима для большинства существующих приборов. Однако она участвует в гравитационных взаимодействиях, и поэтому ученые уверены, что она все-таки существует.

Пока ученые не смогли достоверно зафиксировать по каким-либо сигналам, пусть даже косвенным, ни одной частицы темной материи. Тем не менее они запускают все новые и новые эксперименты, в которых планируют установить взаимодействия таких частиц с атомами привычного вещества.

Один из таких экспериментов — DarkSide — реализуется в Национальной лаборатории Гран-Сассо в Ассерджи, Италия. Исследователи здесь пытаются поймать частицы темной энергии в огромных камерах-мишенях, наполненных инертным газом аргоном. По предположению ученых, частицы темной энергии, пролетая сквозь такую ловушку, могут столкнуться с атомами аргона и рассеяться на них, обнаружив свое присутствие в виде характерных сигналов.

Чтобы исключить сигналы от других, не связанных с темной энергией событий, например всепроникающего космического излучения, камеры спрятаны глубоко под землей. Но есть и другая проблема — попадание в детектор высокоэнергетичных

нейтронов, которые выделяются при делении урана или других радиоактивных элементов, входящих в виде примесей в материал детектора.

Ученые РХТУ им. Д. И. Менделеева, НИИЯФ МГУ, ОИЯИ и НИУ БелГУ предложили для оболочки детектора гибридный материал на основе пластика — полиметилметакрилата, более известного как оргстекло. Это недорогой и низкофоновый материал, который к тому же содержит большое количество водорода, атомы которого способствуют захвату посторонних фоновых нейтронов. Другая составляющая гибридного материала — редкоземельный металл гадолиний. Он лучше других нерадиоактивных элементов захватывает тепловые нейтроны. Это свойство гадолиния уже активно используют, например, в МРТ-исследованиях, делают из него контейнеры для захоронения радиоактивных отходов и так далее.

«В международном проекте DarkSide 20К, который реализуется в подземной лаборатории Гран-Сассо в Италии, строят 20-тонную камеру с жидким аргоном, которая потенциально сможет уловить частицы темной материи. Этой камере нужна оболочка, поглощающая фоновые нейтроны, чтобы они не влияли на взаимодействие частиц темной материи с ядрами аргона. К тому же материал оболочки сам по себе должен быть ультранизкофоновым по радиоактивным элементам. Это наша часть проекта: мы работаем над созданием конструктивных элементов из такого материала», — приводятся в пресс-релизе РХТУ слова одного из авторов исследования, Игоря Аветисова, заведующего кафедрой химии и технологии кристаллов.

Исследователи произвели опытное количество нового материала и показали, что его чистоты достаточно для изготовления корпуса детектора темной материи<sup>11</sup>.

### ➤ Умный индикатор уровня воды

В Крымском федеральном университете создали smart-индикатор уровня воды. Устройство позволяет контролировать уровень воды в ёмкости или водоёме из любой точки мира с помощью Android-приложения или в личном кабинете на сайте.

«Устройство разработано, в первую очередь, для жилого сектора, где централизованное водоснабжение отсутствует, а используется привозная вода. В Крыму таких мест очень много, например, Новый Свет и район Судака. Прибор значительно облегчает контроль уровня воды, если хозяева сдают жилье, и самостоятельная проверка бочек затруднена», — рассказал разработчик, руководитель лаборатории «ФабЛаб» Крымского федерального университета Владимир Овчаренко.

Прибор представляет собой несколько датчиков, срабатывающих от магнита, который на поплавке движется вместе с уровнем воды. Особенность устройства заключается в программном обеспечении, которое делает его удобным для удалённого контроля. Датчики отсылают сигнал каждые пять секунд, поэтому пользователь получает информацию об уровне воды в реальном времени. Стандартная версия устройства требует наличия сигнала Wi-Fi и электропитания, но есть варианты с питанием от солнечных батарей и передачей сигнала с помощью мобильного интернета, то есть установкой сим-карты в сам smart-индикатор.

В планах разработчиков — создание более компактной и универсальной версии устройства, работающего с помощью ультразвукового датчика. Также продолжается

---

<sup>11</sup> <https://ria.ru/20210817/materiya-1746046480.html>

усовершенствование Android-приложения, которое будет отсылать push-уведомления об изменении уровня воды на мобильное устройство пользователя.

Устройство успешно прошло испытания и его уже начали использовать на участках в районе Южного берега Крыма <sup>12</sup>.

### ➤ **Способ опреснения воды с помощью солнечной энергии**

На сегодня одним из самых популярных и простых способов опреснения является дистилляция воды с помощью солнечной энергии. Ученые УрФУ совместно с коллегами из Ирака разработали гибридную технологию повышения эффективности испарения внутри солнечного дистиллятора за счет вращающегося полого цилиндра и солнечного коллектора.

«Создана технология опреснения воды путем применения вращающегося полого цилиндра внутри солнечного дистиллятора для ускорения испарения воды в емкости путем образования тонкой пленки воды на внешней и внутренней поверхности цилиндра, которая с каждым оборотом постоянно обновлялась. Для повышения температуры воды под цилиндром мы применили солнечный коллектор», — рассказал заведующий кафедрой «Атомные станции и возобновляемые источники энергии» УрФУ Сергей Щеклеин.

Разработанная технология опреснения воды с простой конструкцией и низкой стоимостью может быть интересна за рубежом — особенно на Ближнем Востоке и в Африке — в странах с высоким потенциалом солнечной энергии и дефицитом пресной воды.

В дальнейшем ученые планируют улучшить технологию и повысить производительность солнечного дистиллятора при минимально возможных капитальных и эксплуатационных затратах для различных климатических условий <sup>13</sup>.

### ➤ **Новая воспроизводимая система для совместного культивирования клеток**

Используемые биологами и биофизиками для научных исследований системы культивирования клеток дороги и невозпроизводимы в лаборатории. Ученые из лаборатории регуляции клеточной сигнализации МФТИ предложили новое решение.

Илья Зубарев, руководитель исследования, старший научный сотрудник лаборатории регуляции клеточной сигнализации МФТИ, рассказывает: «Мы решили создать матрицу на основе сшитого белка. В качестве основного компонента мембраны выбрали бычий сывороточный альбумин (БСА). Этот белок нетоксичен, широко доступен, активно используется в различных областях биологии и, как правило, уже есть в любой лаборатории».

Возможность совместного выращивания достигается за счет использования системы магнитной поддержки мембраны на плаву. Для этого к мембране добавляются магнитные наночастицы, а над тарелкой размещается система на постоянных магнитах. Клетки, культивируемые на мембране, сохраняют свою жизнеспособность и могут делиться, мембрану можно фиксировать для гистохимического или иммуноцитохимического окрашивания, а клетки — отделить от мембраны для

<sup>12</sup> [https://cfuv.ru/news/v-krymskom-federalnom-universitete-sozdali-umnyjj-indikator-urovnya-vody?fbclid=IwAR0YLA0puLtYCwpbL5OwjFu48XQNQAkhlAtXO877\\_LWDLxwRB2OghG-TJmE](https://cfuv.ru/news/v-krymskom-federalnom-universitete-sozdali-umnyjj-indikator-urovnya-vody?fbclid=IwAR0YLA0puLtYCwpbL5OwjFu48XQNQAkhlAtXO877_LWDLxwRB2OghG-TJmE)

<sup>13</sup> <https://urfu.ru/ru/news/37589/>

дальнейшего изучения. Стоимость готовой мембраны составляет около одного доллара США, что в несколько раз меньше, чем у имеющихся в продаже аналогов.

Такие белковые мембраны могут быть изготовлены в любой лаборатории с использованием 3D-принтера и широкодоступных общих лабораторных реагентов<sup>14</sup>.



## Раздел «Энергетика»

### ➤ Улучшенные катализаторы для производства тяжелой воды

Одна из самых сложных задач в химии – создавать технологии, с помощью которых можно извлекать из горных пород или смеси продуктов ядерных и термоядерных реакций только определенные изотопы. Почти все существующие технологии такого рода требуют больших затрат энергии и других ресурсов. Кроме того, у них есть множество ограничений, которые делают их малопривлекательными с коммерческой точки зрения.

Ученые из РХТУ им. Д.И. Менделеева и ВНИИ неорганических материалов им. Бочвара уже долгое время работают над созданием катализаторов, которые позволяют производить тяжелую воду путем реакций химического изотопного обмена. Во время подобных взаимодействий атомы дейтерия из одного соединения меняются местами с обычными атомами водорода другого соединения. Благодаря этому можно накапливать их и производить из них тяжелую воду. В прошлом в подобных реакциях использовались вода и сероводород, однако большинство подобных заводов тяжелой воды было закрыто в последние годы из-за проблем экологического характера.

Поэтому ученые разрабатывают катализаторы на основе платины, благодаря которым могли бы протекать подобные реакции изотопного обмена с участием молекул водорода и воды. Российские химики выяснили, как можно увеличить эффективность

<sup>14</sup> [https://mipt.ru/news/uchenye\\_napechatali\\_na\\_3d\\_printere\\_udobnoe\\_zhile\\_dlya\\_kletok](https://mipt.ru/news/uchenye_napechatali_na_3d_printere_udobnoe_zhile_dlya_kletok)

подобных реакций, изучив, как устроены частицы так называемых гидрофобизированных платиновых катализаторов.

Эти структуры состоят из подложки и нанесенного на нее водоотталкивающего вещества и платинового покрытия. Гидрофобный слой предотвращает формирование пленки воды на поверхности катализатора, которая мешает реакциям изотопного обмена. При нанесении платины структура этого покрытия часто нарушается, и ученые давно пытаются это предотвратить.

Российские химики детально изучили, как появляются подобные повреждения. Для этого они создали несколько вариантов катализаторов на основе частиц оксида алюминия, покрытых водоотталкивающей пленкой из кремнийорганических соединений. Эти частицы ученые обработали смесью из соединений платины и разных кислот и проследили, как эта процедура повлияла на их каталитические свойства и структуру.

Эксперименты показали, что активность этих катализаторов заметно отличалась, несмотря на то что обработка частиц разными соединениями платины привела к примерно одинаковым повреждениям водоотталкивающей оболочки. Причина этого крылась в разном характере распределения платины во внутренних слоях и на поверхности частиц.

Исследователи надеются, что раскрытые ими закономерности помогут оптимизировать работу платиновых катализаторов, а также позволят использовать их для ускорения других реакций. К примеру, химики предлагают использовать подобные вещества в работе атомных реакторов, что одновременно повысит их безопасность и позволит дешево получать тяжелую воду<sup>15</sup>.

#### ➤ **Защитный состав, замедляющий коррозию металла**

Сократить ущерб, вызванный коррозионными потерями, возможно благодаря целому комплексу мероприятий, отдельное место среди которых занимают ингибиторы — химические соединения, существенно снижающие скорость коррозии. Такие вещества используют в газовой и нефтяной промышленности для обработки труб, насосов и другого оборудования, которое контактирует с агрессивной средой, например, с соляной кислотой, используемой при обработке скважин.

Учёные лаборатории органического синтеза совместно с сотрудниками кафедры физической химии ПГНИУ работают над созданием защитных составов, которые способны конкурировать с иностранными аналогами благодаря высокой эффективности и доступности сырья для их производства.

Учёные вуза разработали ингибиторы ПГУ-1 и ПГУ-2 для защиты металлов от коррозии в кислых средах. Новым витком в развитии этого направления стало сотрудничество лаборатории органического синтеза и кафедры физической химии ПГНИУ с компанией «Полиэкс», которая занимается разработкой решений по комплексному обслуживанию нефтяных и газовых скважин. Результатом совместной работы является создание запатентованных ингибиторов, которые внедрены в эксплуатацию и успешно используются на нефтепромысле<sup>16</sup>.

#### ➤ **Концепция создания новых функциональных материалов и катализаторов**

---

<sup>15</sup> [https://nauka.tass.ru/nauka/11898603?utm\\_source=yxnews&utm\\_medium=desktop](https://nauka.tass.ru/nauka/11898603?utm_source=yxnews&utm_medium=desktop)

<sup>16</sup> [https://minobrnauki.gov.ru/press-center/news/?ELEMENT\\_ID=36361](https://minobrnauki.gov.ru/press-center/news/?ELEMENT_ID=36361)

Ученые Губкинского университета совместно с коллегами из МГУ имени М.В.Ломоносова и Самарского государственного технического университета предложили концепцию создания новых функциональных материалов и катализаторов для нужд нефтепереработки и нефтехимии, а также водородной энергетики. В основе этого подхода лежит использование природных глинистых нанотрубок, обладающих уникальными свойствами и в то же время схожих с традиционными синтетическими аналогами, применяемыми в промышленности.

Традиционные катализаторы гидропроцессов, которые проводятся в присутствии водорода, как правило, состоят из синтетических материалов, в частности алюмосиликатов. Это соединения, образованные атомами алюминия, кремния и кислорода. На этапе синтеза возможно изменять их свойства в зависимости от конечных целей. Однако синтетические алюмосиликаты обладают одним недостатком: их сложно и дорого производить.

И здесь на помощь приходит галлуазит – глинистый алюмосиликатный минерал в форме нанотрубок. Примечательно, что внешняя поверхность этих трубок состоит из оксида кремния (заряжена отрицательно), а внутренняя – из оксида алюминия (заряжена положительно). Такая уникальная структура позволяет направленно модифицировать галлуазит, задавая необходимые характеристики новых катализаторов на его основе.

На данный момент крупные месторождения галлуазита имеются в США, Австралии, Новой Зеландии, Китае, а в России минерал обнаружен на Урале. Некоторые компании продают алюмосиликатные нанотрубки в чистом виде в больших количествах по низкой цене. Это значит, что уже сейчас можно использовать галлуазит в промышленных масштабах.

Ученые проанализировали информацию о мировых исследованиях, в том числе на основе собственных работ, в области создания новых катализаторов из галлуазита, подробно описали влияние структуры и текстурных характеристик на активность катализаторов в ключевых процессах нефтехимии и нефтепереработки, осуществляемых под давлением водорода. Особое внимание уделили способам направленного синтеза систем с заданными характеристиками, в частности композитных мезопористых материалов, обладающих высокой удельной площадью поверхности, термической и механической стабильностью, контролируемой кислотностью.

В рамках предложенной концепции «нанореакторов» ученые рассмотрели методы селективного, то есть избирательного нанесения металлов: либо вовнутрь трубок, либо на их внешнюю поверхность. Это позволяет контролировать свойства получаемых функциональных материалов и катализаторов, повысить срок их службы.

«Отдельная глава нашего обзора посвящена исследованиям по удалению загрязняющих веществ, а также созданию аккумуляторов водорода. Развитие работ в этой области позволит существенно приблизить общество к решению проблем хранения и высвобождения водорода – экологичного топлива будущего», – прокомментировал лидер команды исследователей Александр Глотов.

Рекомендации ученых могут стать фундаментом для развития мировых и отечественных исследований в области разработки высокоактивных, стабильных и дешевых катализаторов для гидропроцессов нефтехимии и нефтепереработки, получения, транспортировки и хранения водорода, очистки атмосферных и выхлопных газов<sup>17</sup>.

---

<sup>17</sup> <https://www.gubkin.ru/news/detail.php?ID=44331>

➤ **Паста из наночастиц, повышающую эффективность солнечных элементов до максимальных значений**

Международная команда ученых Нового физтеха Университета ИТМО и Римского университета Тор Вергата нашла способ повысить энергоэффективность солнечных батарей на основе перовскитов.

Разработанная учеными паста из наночастиц кремния и диоксида титана наносится в качестве дополнительного слоя при производстве солнечных элементов. Содержащиеся в ней Ми-резонансные частицы позволяют контролируемо управлять количеством поглощенного света и увеличивать генерацию фототока в структуре — что позволило довести эффективность солнечных элементов до 21%. Причем эксперименты проходили на самых распространенных и хорошо изученных видах перовскитов в области фотовольтаики — галогенидных.

Разработанная учеными паста максимально проста в применении и подходит для солнечных элементов любой конфигурации и состава. При этом сам технологический процесс не усложняется, а стоимость устройств увеличивается всего лишь на 0,3%.

«Пасту очень легко наносить различными методами, не только spin coating, как у нас. Можно сказать, что это сырой продукт, который может быть использован и в других типах солнечных батарей. Это универсальная паста, которая может быть использована во всевозможных дизайнах солнечных элементов, а также при производстве различных устройств: фотодетекторов, харвестеров, оптоэлектронных устройств. При этом это производство экологичное, ведь мы не используем редкие материалы. В итоге у нас получилось достаточно технологичное решение, и мы верим, что это будет универсальный, востребованный продукт», — поясняет Сергей Макаров, профессор Нового физтеха ИТМО <sup>18</sup>.

➤ **Внутрипластовые катализаторы**

Диссертационная работа молодого ученого Казанского федерального университета стала первой в России по тематике переработки нефти на стадии ее добычи, а также дала начало проекту в области нефтехимии. Ученые Научного центра мирового уровня «Рациональное освоение запасов жидких углеводородов планеты» разработали уникальную технологию по подземной переработке нефти.

Новая технология прошла успешные испытания на Кубе. Задача ученых – снизить затраты и экологические риски. Уникальные катализаторы, созданные в лабораториях Казанского университета, позволяют переработать нефть непосредственно в пласте <sup>19</sup>.

➤ **Новый противокоррозионный полимер**

При транспортировке газообразных или жидких углеводородов по трубопроводу на большие расстояния тратится много энергии на преодоление сил трения сырья о стенки

---

<sup>18</sup> <https://news.itmo.ru/ru/science/photonics/news/12108/>

<sup>19</sup> <https://media.kpfu.ru/news/uchenyje-ncmu-razrabotali-novye-vnutriplastovye-katalizatory>



трубопровода. Снизить трение транспортируемого материала о поверхность позволяют композиционные лакокрасочные составы для покрытия внутренней поверхности труб.

Ученые Ярославского государственного технического университета создали новый противокоррозионный полимерный материал.

По словам исследователей, уменьшение шероховатости внутренней поверхности трубы с 50 до 5 мкм приводит к увеличению максимальной скорости подачи газа почти на 18%, например, с 8,25 млн мз до 9,91 млн мз в день для труб 400-го диаметра. Созданный учеными ЯГТУ противокоррозионный полимерный материал позволяет получать покрытия с существенно низкой шероховатостью: приблизительно 0,18-0,35 мкм.

«Для получения полимерного противокоррозионного материала необходим был рациональный подбор компонентов и технологии их переработки в готовый лакокрасочный материал. В качестве связующего компонента мы использовали эпоксидные смолы, которые позволяют добиваться необходимых физико-химических свойств. Для хорошего растекания по окрашиваемой поверхности, снижения содержания органических растворителей и увеличения гладкостности формируемой пленки в состав композиции ввели активный разбавитель», — рассказал заведующий кафедрой химической технологии органических покрытий ЯГТУ Александр Ильин.

Исследование проведено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации и АО «Русские краски». В настоящее время разработанный материал внедряется в производство компании<sup>20</sup>.

---

<sup>20</sup> <https://ria.ru/20210803/yagtu-1743994813.html>



## Раздел «Технологии для развития инфраструктуры города»

### ➤ Люминесцентный аэрогель

Сегодня в мире используют миллионы светодиодов, но у них до сих пор есть серьёзные недостатки. Главный среди них — это неравномерность и неестественность излучения. Чаще всего светодиоды сами по себе испускают свет в узком диапазоне длин волн, то есть только определенного цвета — например, только зеленый или только красный. Поэтому чтобы делать с ними по-настоящему эффективные светоизлучающие устройства прибегают к разным хитростям, что значительно повышает их стоимость.

Так, в типичном современном белом светодиоде есть сразу два светоизлучающих вещества. Одно из них — это люминесцирующее вещество, которое испускает синий и ультрафиолетовый свет под действием электрического тока, а второе это полупрозрачная фосфоресцирующая пленка, которая уже под действием синего излучения начинает тоже испускать свет, но только уже желтый. Смесь желтого и синего в нужных пропорциях дает белый, но такая комбинация, конечно, отличается от естественного белого света: в ней слишком много ультрафиолета, а также другие соотношения между интенсивностями излучения на различных длинах волн, и в результате от такого света быстрее устают глаза. Поэтому ученые ищут новые подходы к созданию светодиодов.

Исследователи из РХТУ предложили использовать для этого аэрогели — так называют материалы, представляющие собой твердые легкие губки, поры которых заполнены газом. Аэрогели обладают очень маленькой плотностью, огромной пористостью, до 99% аэрогеля занимает воздух, а также огромной площадью внутренней поверхности до 1500 м<sup>2</sup>/г, то есть если просуммировать общую площадь внутренней поверхности всех пор кусочка аэрогеля массой всего в пять грамм, то получится целое

футбольное поле. Поэтому аэрогели уже используют для создания разных теплоизоляционных материалов, суперконденсаторов и других применений.

Ученые из РХТУ им. Д.И. Менделеева синтезировали аэрогель из оксида кремния со встроенными люминесцентными частицами металлоорганического вещества  $Alq_3$ .

Авторы исследования отмечают, что такой подход перспективен для создания новых светоизлучающих устройств, поскольку пористая структура аэрогеля защищает люминесцентные вещества от разрушающего воздействия внешней среды, а также позволяет совмещать в одной матрице разные люминофоры, что дает возможность получить более гладкий и равномерный спектр излучения, чем у современных светодиодов.

«В этой первой работе мы уже показали перспективность подхода с люминесцентными аэрогелями, но у этого подхода есть еще одна очень важная перспектива», — рассказывает один из авторов работы, старший научный сотрудник РХТУ Артём Лебедев. «Дело в том, что сам  $Alq_3$  стоит очень дорого. Это связано с необходимостью его многократной очистки, с трудностями синтеза. В то же время исходный хиолин, из которого его синтезируют, значительно дешевле. И вот если придумать, как синтезировать металлоорганический комплекс из его прекурсоров непосредственно внутри «защитной» оболочки аэрогеля, в инертной среде сверхкритического диоксида углерода, то это было бы очень и очень выгодно. Над этим мы сейчас активно работаем»<sup>21</sup>.

### ➤ **Новый материал для строительства**

Гипсовые вяжущие материалы широко используются в строительстве. Они отличаются легкостью, низкой тепло- и звукопроводностью, огнеупорностью и пластичностью. Кроме того, вяжущие материалы на основе гипса являются гипоаллергенными и не вызывают силикоза — профессионального заболевания строителей и ремонтников, обусловленного вдыханием пыли, содержащей свободный диоксид кремния. При этом стоимость гипсоматериалов невысока, как и расходы теплоэнергии на их производство.

Группа ученых из Научно-исследовательского центра «Конструкционные керамические наноматериалы» НИТУ «МИСиС», Белорусского государственного технологического университета, Лимерикского университета и Института общей и неорганической химии Национальной академии наук Беларуси предложили инновационный метод производства высокопрочных вяжущих материалов на основе синтетического гипса, полученного из промышленных отходов путем нейтрализации отработанной серной кислоты и карбонатсодержащих отходов. Исследователи предварительно разбавляли водой серную кислоту из отходов производства химических волокон, а затем нейтрализовывали отходами известняка. Содержание дигидрата сульфата кальция в полученном синтетическом гипсе составило не менее 95% от массы финального продукта. В процессе исследований были определены оптимальные параметры синтеза, дающие возможность управлять структурой образующихся кристаллов.

В ходе исследования учеными были получены образцы гипсовых вяжущих трех видов: строительный гипс, высокопрочный гипс и ангидрит. Строительный гипс был

---

<sup>21</sup> <https://hightech.fm/2021/08/06/chemistry>

изготовлен по традиционной технологии в гипсоварочном котле. Ангидрит также был произведен по традиционной для этого типа гипсоматериала технологии путем обжига с последующим охлаждением. Для синтеза высокопрочного гипса был использован автоклав.

«В настоящее время закончены комплексные исследования и технико-экономическое обоснование по получению гипса из других отходов. Также разработан энергоэффективный способ получения ангидрита в одну стадию, минуя фазу образования гипса. В данном способе высококачественный ангидрит образуется при атмосферном давлении и температуре 45–55 °С», — поясняют ученые<sup>22</sup>.



## Раздел «Электроника будущего»

### ➤ Батарея, работающая на химических отходах

Концепция нейтрализационной батареи, в которой энергия получается за счет разницы в значениях pH двух жидкостей, называемых электролитами, появилась в 1970-х годах, однако не получила достаточного развития из-за того, что такие батареи не дают большие мощности при разряде и не могут хранить значимые объемы энергии. Но у них есть одно преимущество — низкая стоимость электролитов, в качестве которых можно использовать отходы химических производств и даже морскую воду.

Принцип работы нейтрализационной батареи основан на том, что две жидкости с отличным pH прокачиваются через разные емкости внутри батареи. Они физически не смешиваются между собой, но зато вступают в электрохимические реакции, продукты которых переходят из одной емкости в другую. За счет такого своеобразного круговорота веществ и выделяется или, наоборот, запасается энергия.

Исследователи из РХТУ им. Д.И. Менделеева, ИПХФ РАН и ИФХЭ РАН отработали конструкцию нейтрализационной батареи на разбавленных растворах HCl и NaOH. Ключевая идея заключалась в использовании водородных электродов. В итоге в обеих емкостях происходят реакции с участием водорода, и суммарная энергия нейтрализации складывается именно из них.

"Если взять какую-нибудь кислоту и щелочь, например банальные гидроксид натрия NaOH и соляную кислоту HCl, и слить их вместе, то у нас самопроизвольно пойдет реакция нейтрализации. Из NaOH и HCl образуется соль NaCl, а оставшиеся OH и H сольются в воду H<sub>2</sub>O. Суммарная энергия, запасенная в химических связях NaCl и H<sub>2</sub>O ниже, чем суммарная энергия исходной кислоты и щелочи, и поэтому в этой реакции

<sup>22</sup> <https://misis.ru/science/achievements/2021-08/7437/>

появляется избыток энергии, который рассеивается вместе с теплом. Проще говоря, стакан в котором мы смешиваем исходные реагенты нагревается", — приводятся в пресс-релизе РХТУ слова первого автора работы Павла Локтионова, сотрудника лаборатории электроактивных материалов и химических источников энергии.

"В нейтрализационной батарее мы проводим точно ту же реакцию, но только разбиваем ее на две полуреакции и разносим их в пространстве. На одном электроде протекает одна полуреакция, на другом другая, а в сумме они дают ту же самую реакцию нейтрализации, но только энергия здесь выделяется не в виде тепла, а в виде электронов, которые образуются в одной полуреакции и потребляются в другой. Поначалу эта идея кажется каким-то трюком, уловкой, в которой электричество получается почти из ничего, но потом видишь, что батарея работает: она запасает и высвобождает электричество в полном соответствии с формулами и здравым смыслом", — объясняет ученый.

Авторы доказали принципиальную возможность перезарядки такого устройства, а его удельная мощность составила 6 мВт/см<sup>2</sup> — это один из самых высоких показателей среди нейтрализационных батарей <sup>23</sup>.

### ➤ Гибкие энергоэффективные роботы

Команда магистров факультета систем управления и робототехники — Кирилла Насонова и Дмитрия Волянского — под руководством научного сотрудника ИТМО Ивана Борисова работает над созданием галопирующего робота с уникальными морфологическими характеристиками. Главная задача команды — разработать такую конструкцию, которая одновременно будет легкой, эластичной, энергоэффективной и при этом функциональной. Для этого используются принципы биомиметики и морфологического расчета. Как рассказывает Иван Борисов, целью является создание такого устройства, которое будет требовать минимум управляющего усилия, то есть энергии, и при этом сможет перемещаться по пересеченной местности, преодолевать препятствия и будет устойчиво к физическим повреждениям.

«Основным актуатором в системе робота является пружина растяжения: при падении робота она растягивается и накапливает потенциальную энергию, а при отскоке эта запасенная энергия преобразуется обратно в кинетическую энергию. Таким образом, происходит рекуперация энергии, а работа двигателя сводится к компенсации потерь энергии на удар и трение», — объясняет Иван Борисов.

Кроме того, для достижения высокой энергоэффективности потребовалось максимально облегчить корпус робота — избавиться от тяжелых элементов конструкции: зубчатых колес, металлических осей и подшипников. Для решения второй задачи были применены результаты исследований университета-партнера ИТМО — Университета Твенте.

В Университете Твенте синтезируют механизмы с гибкими сочленениями преимущественно для обеспечения высокоточного движения. В проекте университета ИТМО механизм с гибкими элементами был синтезирован для обеспечения силового взаимодействия механизма с окружением. Сочленения были напечатаны на трехмерном принтере из полиуретана, гибкого пластика с тянущейся структурой. Сочленения имеют

---

<sup>23</sup> <https://ria.ru/20210825/batareya-1747163737.html>

трехлистную геометрическую форму — именно она обеспечивает необходимые параметры упругости, прочности и стойкости к деформациям.

В дальнейших планах команды — сделать робота, который не только прыгает на месте, а полноценно передвигается по пересеченной местности. Для этого необходимо синтезировать более сложный механизм ноги, который будет способен реконфигурировать траекторию движения<sup>24</sup>.

### ➤ **Новый тип материалов для нанoeлектроники**

Ученые из Греции и Франции совместно с коллегами с химического факультета МГУ и из ИПХФ РАН во главе с профессором Дмитрием Ивановым разработали новый подход к получению нанокомпозитов и получили материалы на основе полимеров и графена. Полученные композиты очень перспективны для оптоэлектроники.

После вручения Нобелевской премии по физике российским ученым за открытие графена в 2010 году этот материал стал одним из самых обсуждаемых не только в научной среде, но и среди многих людей, не имеющих к ней отношения. Это было ожидаемо, ведь графен — двумерный слой углерода толщиной в один атом — обладает высокой прочностью и проводимостью, а привлекателен для множества промышленных и научных отраслей. За последнее десятилетие химики и физики со всей планеты создали графеновые электроды, чипы, провода и другие элементы, использование которых улучшает характеристики устройства относительно металлической или пластиковой «начинки». Но что, если соединить новинку с тем, что уже прочно закрепилось в нашей повседневной жизни? Возьмем, к примеру, полимеры. Сейчас они встречаются практически в каждом предмете нашей жизни — настолько разнообразны их свойства. К тому же, полимерные соединения похожи на конструктор: можно заменить одни «кубики»-мономеров другими, и свойства полимера поменяются.

Над идеей соединения графена и полимеров серьезно задумалась международная группа ученых, изучающих свойства и способы синтеза полимеров с различными свойствами и характеристиками.

«Полученные нанокомпозиты продемонстрировали повышенную термическую стабильность по сравнению с «пустыми» сополимерами, что обусловлено ковалентными связями между матрицами сополимеров и графеновыми листами. Полимерные нанокомпозиты являются материалом, с которыми так же легко работать, как с пластмассами, однако они обладают лучшими показателями механических, тепловых, электрических и барьерных характеристик», — пояснил один из авторов работы, приглашенный ученый мегагрант-лаборатории химического факультета МГУ, профессор, д.х.н. Апостолос Авгеропулос.

Ученые отмечают, что сейчас сложно судить о взаимосвязи структуры и свойств соединений графена и полимеров из-за трудоемкости процесса внедрения. Поэтому изучение зависимостей «структура — свойство» может стать одним из дальнейших направлений исследований в этой области и большим шагом к широкому практическому применению полученных нанокомпозитов. Тем более, что блок-сополимеры уже показали

---

<sup>24</sup> [https://news.itmo.ru/ru/science/new\\_materials/news/10507/](https://news.itmo.ru/ru/science/new_materials/news/10507/)

свою полезность – на их основе сейчас разрабатывается материал, который может стать заменителем кожи, а также идеальные имплантаты, которые можно буквально вливать в организм через микропроколы <sup>25</sup>.

---

<sup>25</sup> [https://www.msu.ru/science/main\\_themes/khimiki-mgu-poluchili-novyuy-tip-materialov-dlya-nanoelektroniki.html](https://www.msu.ru/science/main_themes/khimiki-mgu-poluchili-novyuy-tip-materialov-dlya-nanoelektroniki.html)