



# **СВОДНЫЙ ДАЙДЖЕСТ**

## **открытий в области умной химии**

**июль-сентябрь**

**2020**



РХТУ им. Д.И. Менделеева – лидер в области фундаментальных и прикладных исследований в химической технологии и биотехнологии, фарм- и агрохимии, нефтехимии и экологии, материаловедении, а также в сфере цифрового проектирования и цифровизации предприятий химического комплекса.

Одним из приоритетных направлений университета является подготовка адаптивных специалистов новой формации, не только подхватывающих существующие технологии, но и влияющих на выбор новых замещающих и альтернативных технологий внутри всех химической индустрии.

Стартап-студия «Акселератор Менделеев» развивает механизмы и возможности для коммерциализации технологий и привлечения инвесторов в инновационные химические проекты благодаря формированию экосистемы технологического предпринимательства и инфраструктуры развития высокотехнологичной химии.

## Оглавление

Раздел «Инновационная медицина».....	4
Раздел «Экология» .....	15
Раздел «Технологии для повышения качества жизни».....	23
Раздел «Энергетика» .....	32
Раздел «Электроника будущего».....	36
Тема номера «Первый в стране химический цифровой завод» .....	40







## Раздел «Инновационная медицина»

### ➤ **Способ получения нетоксичного гидрогеля для доставки лекарств**

Гидрогели — это химические хранилища жидкости, которые впитывают объемы воды в сотни раз превышающие их собственный, оставаясь нерастворимыми. Полимерные гидрогели применяются в регенеративной медицине и как носители фармакологически активных веществ. Гидрогели представляют собой сетки из макромолекул, которые в обычном состоянии были бы растворимыми, но соединенные между собой перемычками сшивающих агентов они превращаются в нерастворимый гидрогель. Проблема в том, что подавляющая часть сшивающих агентов - очень токсичные и химически активные вещества, поэтому применять гидрогели в живых организмах бывает опасно.

В новой работе ученые РХТУ предлагают решить эту проблему с помощью гидрогеля, в котором для сшивки используется безопасное и нетоксичное вещество - дофамин. Они получили сополимер N-винил-2-пирролидона и аллилглицидилового эфира, который использовали для связывания дофамина. Полученный дофамин-содержащий линейный полимер оказался способен к обратимому формированию гидрогелей при добавлении ионов железа и некоторых окислителей. В дальнейшем разработанный подход можно будет использовать для доставки лекарств или восполнения содержания железа в крови при анемии<sup>1</sup>.

Работа выполнена учеными кафедры биоматериалов РХТУ вместе с профессором Университета Крита в рамках гранта РХТУ им. Д.И. Менделеева<sup>2</sup>

### ➤ **Эффективный кровоостанавливающий материал из природных компонентов**

Кровотечения до сих пор остаются серьезной медицинской опасностью и служат причиной более чем 30 % смертей от ран. Чтобы остановить кровотечение нужен гемостатический материал, который можно легко закрепить на ране и так с одной стороны изолировать ее, чтобы ускорить заживление, а с другой обеспечить отвод жидкостей и защиту от инфекции. Существует много различных гемостатических материалов, но большинство из них сфокусировано только на быстрой остановке кровотечения, и плохо подходит для более долгосрочного лечения. Российские ученые предложили новый материал из трёх компонентов: альгината и хитозана -биополимеров, выделяемых из водорослей и панцирей ракообразных, соответственно, а также наночастиц серебра. При этом последние получали не стандартным химическим методом, а с помощью биологического синтеза: гранулы наносеребра производили грибы, которые выращивали в среде, богатой ионами серебра.

«На основе альгината создают гидрогели - нерастворимые в воде губки, способные набирать и отдавать большие объёмы жидкости», - рассказывает первый автор работы, доцент РХТУ им. Д.И. Менделеева, Мария Гордиенко. «Но, чтобы эти губки не растворялись в воде их структуру нужно сшить с помощью сшивающих агентов,

<sup>1</sup> <https://doi.org/10.1002/pi.6073>

<sup>2</sup> <https://muctr.ru/>

которыми чаще всего выступают разные токсичные химические реагенты, а мы заменили их на хитозан. Он образует связи с альгинатом, что приводит к формированию геля, который сохраняет свою стабильность и при погружении в раствор. Кроме того, хитозан обладает антибактериальным эффектом, способствует связыванию компонентов крови и заживлению ран. Наконец, наночастицы серебра придают гелю дополнительный антибактериальный эффект - так, в сумме мы получили новый гемостатический материал с высокой биосовместимостью и хорошо выраженными антибактериальными свойствами. При этом его технология получения обеспечивает сохранение разветвленной макропористой структуры и как результат высокую сорбционную емкость»<sup>3</sup>.

Синтезированные гели выглядят как пористая губка толщиной до 5 мм. Их можно нанести на открытые раны, чтобы быстро купировать кровотечение и одновременно защитить от инфекции. При этом губка способна впитывать большие объемы жидкостей, выделяющихся из ран, сохраняя свою механическую стабильность. Потом при необходимости - например, если хирургу нужно провести операцию и зашить рану - губку можно легко удалить.

В августе исследователи получили положительное решение о выдаче патента на материал и способ его получения и в данный момент проводят экономическую оценку ее перспектив, разрабатывают лабораторный регламент синтеза нового материала. В дальнейшем они планируют не только провести эксперименты на животных, но и модифицировать гели таким образом, чтобы в них появились поры различных размеров и материал можно было использовать для задачи разделения крови на фракции<sup>4</sup>.

#### ➤ **Доступный способ получения металлического технеция для создания антибиотиков нового поколения**

Российские ученые из РХТУ им. Д.И. Менделеева вместе с коллегами нашли более простой и дешевый метод синтеза технеция. Теперь его можно получать при помощи электрического тока, пропускаемого через растворы технеция. Технеций широко применяют в ядерной медицине, но из-за сложного процесса производства он остается очень дорогим

Технеций – это радиоактивный элемент, который в большом количестве содержится в отработанном ядерном топливе. Его широко применяют в ядерной медицине как контрастную метку для диагностики внутренних органов и опухолей, но из-за сложного процесса получения он остается очень дорогим.

При этом для визуализации тканей нужен не простой технеций, а его особый, метастабильный изотоп с периодом полураспада всего шесть часов. Поэтому его получают прямо в клиниках с помощью портативных ядерных генераторов, в которых потоком нейтронов бомбардируются молибденовые мишени.

---

<sup>3</sup> <https://muctr.ru/news/obrazovanie-i-nauka/v-rkhtu-razrabotali-effektivnyy-krovoostanavlivayushchiy-material-iz-polnostyu-prirodnikh-komponentov/>

<sup>4</sup> <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00914037.2020.1798439?journalCode=gpm20&>

Российские химики предложили извлекать металл из отработанного ядерного топлива при помощи электрического тока, пропускаемого через растворы технеция.

«У технеция есть множество степеней окисления, и в смеси, получающейся после облучения молибденовой мишени, он преимущественно находится в своей высшей степени окисления +7. А выделять его лучше всего уже в виде металла со степенью окисления 0 — так с ним дальше можно будет делать что угодно», - комментирует первый автор работы, профессор РХТУ, Виталий Кузнецов<sup>5</sup>.

### ➤ **Новый метод синтеза серосодержащих КДА для медицины**

Бороводородные соединения на основе клозо-декаборатного аниона (КДА) активно исследуют для создания новых биологически активных веществ и уже применяют для лечения раковых опухолей головного мозга и при создании новых лекарств от ВИЧ.

Однако используемые методы получения этих веществ сравнительно неэффективны - селективность реакции в них очень низкая и поэтому выход целевого продукта мал. В новой работе ученые предложили альтернативный метод синтеза серосодержащих производных КДА, с добавками хлоро- и аминогрупп. Благодаря высокой селективности предложенных реакций авторы повысили выход целевого продукта и снизили время его получения.

Ученые из научной группы ИОНХ РАН в составе которой работает Евгений Турышев, выпускник РХТУ 2020 года установили, что применение нового метода для производства серосодержащих КДА, функционализированных хлор- и аминогруппами, может значительно ускорить разработку биологически активных веществ на основе бороводородных соединений<sup>6</sup>.

### ➤ **Приложение для обнаружения сердечной недостаточности через анализ голоса**

Израильский стартап «Cordio Medical» придумал приложение для смартфонов, которое способно анализировать голос человека и определять в нем признаки сердечной недостаточности, такие как одышка из-за скопления жидкости в легких.

Самым распространенным симптомом сердечной недостаточности является одышка из-за скопления жидкости в легких. Новое приложение израильских исследователей учитывает этот симптом: оно анализирует голос человека для выявления в нем признаков сердечной недостаточности.

Чтобы проверить работоспособность приложения, ученые провели его клинические испытания. В них приняли участие 40 пациентов, поступивших в стационар с острой сердечной недостаточностью и скоплением жидкости в легких. Каждый человек использовал приложение при поступлении в больницу и перед выпиской из нее. Участники проговаривали пять предложений, пока смартфон записывал их голос. Авторы

---

<sup>5</sup><https://muctr.ru/news/obrazovanie-i-nauka/polnoe-vosstanovlenie-khimiki-nashli-dostupnyy-sposob-polucheniya-metallichesкого-tekhnetsiya/>

<sup>6</sup> <https://doi.org/10.1016/j.ica.2020.119589>

обнаружили, что для каждого человека приложение способно четко различать острую и хроническую форму болезни.

Теперь исследователи надеются, что приложение войдет в рекомендации для врачей-кардиологов и будет назначаться пациентам с риском сердечной недостаточности. Планируется, что люди будут делать первую запись голоса еще в здоровом состоянии, находясь дома. Каждый последующий день пользователи должны будут также записывать свой голос. Приложение будет сравнивать его с базовой линией и определять, есть ли у человека признаки сердечной недостаточности.

Если приложение определило, что жидкость начинает накапливаться в их легких, оно уведомит об этом пациента и его лечащего врача. Таким образом в некоторых случаях отпадет необходимость в госпитализации — врач сможет скорректировать состояние, изменив назначения лекарств<sup>7</sup>.

### ➤ **Метод диагностики заболеваний**

Ученые Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (СПбПУ) совместно с коллегами из Университета Цинхуа (КНР) разработали новый метод диагностики заболеваний, основанный на анализе рассеяния лазерного излучения в сыворотке крови. Данный метод является быстрым, бесконтактным, безопасным и не требующим использования дорогостоящих реактивов. Эти преимущества позволят использовать его в скрининговых исследованиях крови, например, в рамках диспансеризаций.

Международная научная группа исследовала сыворотку крови доноров с различными патологиями, влияющими на иммунитет, такими как аутоиммунные заболевания, онкологические заболевания, сахарный диабет и другие патологии. Ученые определили, что повышенный (по сравнению со средним) размер иммунных комплексов указывает на наличие заболеваний, а также может оказывать потенциальный негативный эффект на состояние организма. Вновь образованные иммунные комплексы в больших концентрациях могут нарушать функционирование организма. Они могут закупоривать микрокапилляры, откладываться в тканях, вызывая хронические воспалительные процессы<sup>8</sup>.

Руководитель Лаборатории лазерной фотометрии и спектроскопии СПбПУ Елена Величко отмечает: «Наш метод достаточно быстрый, не требует использования специфических дорогостоящих антигенов. Его работа основана на взаимодействии лазерного излучения с белками сыворотки или плазмы крови. Используя разработанный метод, мы смогли проследить путь активации иммунной системы в крови. Наши результаты могут быть использованы в фармакологии для тестирования лекарств и в современной превентивной диагностике иммунных заболеваний»<sup>9</sup>.

---

<sup>7</sup> [https://esc365.escardio.org/Congress/HFA-Discoveries/HFA-Discoveries-ePosters/223498-speech-analysis-to-evaluate-acute-heart-failure-patient-clinical-status?\\_ga=2.109312197.1977210879.1592595413-542239412.1592595413&fbclid=IwAR297OzX5O1UrJgb\\_iRrbDGrReBdqcySU59swO1bLAMNbF3tj5VTtqML5c](https://esc365.escardio.org/Congress/HFA-Discoveries/HFA-Discoveries-ePosters/223498-speech-analysis-to-evaluate-acute-heart-failure-patient-clinical-status?_ga=2.109312197.1977210879.1592595413-542239412.1592595413&fbclid=IwAR297OzX5O1UrJgb_iRrbDGrReBdqcySU59swO1bLAMNbF3tj5VTtqML5c)

<sup>8</sup> <https://www.mdpi.com/2079-7737/9/6/123>

<sup>9</sup> <https://scientificrussia.ru/articles/uchenye-spbpu-i-knr-sozdali-novyj-metod-diagnostiki-zabolevanij>

### ➤ Гибкие электроды для ЭКГ

Согласно данным Всемирной организации здравоохранения, сердечно-сосудистые заболевания - одна из основных причин смерти во всем мире. Наиболее простой и неинвазивный метод диагностики этих патологий - снятие электрокардиограммы (ЭКГ). Для этого сегодня используются биоэлектроды. Они преобразуют ионные токи человеческого тела в электрический ток для внешних устройств (кардиографов).

Ученые из ТПУ синтезировали электроды, состоящие из восстановленного оксида графена, нанесенного на полимерную подложку. Это позволяет создавать гибкие структуры.

«Электроды из серебра с хлоридом серебра показывают высокую эффективность работы, однако они обладают несколькими минусами. Во-первых, маленький срок службы - обычно около 24 часов. После этого гель высыхает, и поверхность электрода деградирует. Затем его необходимо менять. Во-вторых, из-за твердой структуры электрода он прилегает к телу неплотно и раздражает кожные покровы. Мы создали новый материал - восстановленный оксид графена, - который решает эту проблему», - рассказывает одна из исследователей, профессор Исследовательской школы физики высокоэнергетических процессов ТПУ Евгения Шеремет.

В результате экспериментов электроды не деградировали, не теряли свои свойства в течение 108 часов - четырех с половиной дней. При этом на оксид графена не приходилось наносить гель. Материал новых электродов - доступный и недорогой, а технология его модификации легко масштабируется. А это значит, что ее нетрудно будет перенести из лабораторных условий в производство.

Исследовательская работа ведется совместно с медицинскими учреждениями Санкт-Петербурга. В дальнейшем научная группа планирует проводить исследования с коллегами-биологами, чтобы определять, какие вещества и как влияют на активацию иммунитета.

Впоследствии ученые планируют заняться изучением нарушений работы иммунной системы при онкологических заболеваниях. Исследователи надеются «научить» иммунитет распознавать онкологические клетки и излечиваться самостоятельно<sup>10</sup>.

### ➤ Рекомендательные алгоритмы помогли при поиске лекарств от вирусов

Люди, покупающие товары в интернет-магазинах, постоянно сталкиваются с рекомендательными системами, которые предлагают пользователю товар на основе того, что он уже купил. Эти алгоритмы анализируют большие объемы данных о предпочтениях покупателей, на основе чего стараются угадать предпочтения людей, рекомендуя им новый товар, музыку или фильм.

Такие алгоритмы зачастую эффективно угадывают предпочтения пользователей на основе большого количества порой разрозненных данных. Но можно ли использовать эти системы в других целях? Исследователи из Сколтеха и ФНЦ исследований и разработки иммунобиологических препаратов им. М. П. Чумакова РАН задалась этим вопросом в

---

<sup>10</sup> <https://news.tpu.ru/news/2020/07/20/36483/>



контексте анализа лекарственных средств. Они решили выяснить, может ли алгоритм предложить новые противовирусные препараты на основе уже исследованных или рекомендовать уже известное и внедренное в клиническую практику лекарство для лечения новой болезни.

Ученые использовали анализ больших данных и сравнили результаты применения различных рекомендательных систем для отбора небольших молекул, которые имеют противовирусную активность. Оказалось, что модифицированные рекомендательные алгоритмы способны отобрать наиболее перспективные кандидаты в лекарства. В ходе работы авторы использовали базу ViralChEMBL, которая содержит информацию об активности около 250 тысяч малых молекул против 158 видов вирусов.

Ученые выяснили, что рекомендательные системы эффективно выявляют закономерности в больших химико-биологических данных. Ученые надеются, что их работа поможет ускорить поиск новых лекарственных средств, а также позволит найти уже выведенные на рынок препараты, которые могут быть активны против вирусов. В частности, авторы надеются найти молекулы для борьбы с SARS-CoV-2, который вызывает COVID-19<sup>11</sup>.

#### ➤ **Технология печати персонализированных нейропротезов**

По данным Всемирной организации здравоохранения, более миллиарда человек, то есть около 15 % населения Земли, имеют различные формы инвалидности. Кроме того, ежегодно до полумиллиона человек получают травмы спинного мозга, которые зачастую сопровождаются потерей чувствительности и возможности ходить, а также нарушениями работы внутренних органов. Чтобы найти способы вернуть людям с инвалидностью здоровье, исследователи занимаются разработкой инвазивных нейропротезов, способных проводить электрический сигнал в спинной и головной мозг и восстанавливать утерянные функции.

Одна из главных проблем, с которыми сталкиваются врачи и ученые, это подстройка нейропротезов к окружающим нервным тканям того или иного человека. Несмотря на биосовместимые эластичные материалы, не всегда удается быстро адаптировать устройство под анатомические и возрастные особенности пациента. Решение этой проблемы предложила команда ученых под руководством профессора Павла Мусиенко из Института трансляционной биомедицины СПбГУ и профессора Ивана Минева из Университета Шеффилда. Они разработали новую технологию 3D-печати, которая позволяет достаточно быстро изготавливать индивидуальные нейроимпланты для восстановления и мониторинга двигательных функций и функций внутренних органов при поражениях нервной системы.

Такой персонализированный подход стал возможен благодаря технологиям гибридной 3D-печати NeuroPrint. Сначала в принтере создается геометрия будущего нейроимпланта из силикона, который также служит изолирующим материалом. Затем на основу наносятся микрочастицы платины или другого электропроводящего элемента импланта. После чего проводится активация поверхности при помощи холодной плазмы.

---

<sup>11</sup> [https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsomega.0c00857?fbclid=IwAR1d8vak-Bbw4fNsOsGU8ksS7atbAVbroPBaHlkRXi3NhvO\\_irjTYamx8iU&](https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsomega.0c00857?fbclid=IwAR1d8vak-Bbw4fNsOsGU8ksS7atbAVbroPBaHlkRXi3NhvO_irjTYamx8iU&)

Причем количество и конфигурацию электродов в нейроимпланте можно менять, получая устройства для имплантации в ткани спинного мозга, головного мозга или мышц. Среднее время производства от создания проекта до получения прототипа может составлять всего 24 часа.

Нейробиологи уже использовали технологию NeuroPrint для проведения исследований на различных модельных объектах — млекопитающих и рыбках данио-рерио. Им удалось продемонстрировать, что новые нейроимпланты имеют высокий уровень биоинтеграции и функциональной стабильности, а также не уступают своим аналогам в работе с восстановлением двигательных функций конечностей и контролем функций мочевого пузыря. Кроме того, ученые смогли напечатать мягкие имплантаты, по форме и механическим характеристикам близкие к наружной соединительнотканной оболочке мозга<sup>12</sup>.

В исследовании приняли участие ученые СПбГУ, Института физиологии имени И.П. Павлова РАН, Российского научного центра радиологии и хирургических технологий имени академика А.М. Гранова, Санкт-Петербургского научно-исследовательского института фтизиопульмонологии Минздрава РФ, Уральского федерального университета, Дрезденского технического университета (Германия) и Университета Шеффилда (Великобритания)<sup>13</sup>.

#### ➤ **Искусственная кожа, которая сможет «чувствовать» боль**

Ученые из Мельбурнского королевского технологического университета разработали прототип искусственной кожи, которая сможет реагировать на боль, температуру и давление. В ответ на раздражения устройство имитирует мгновенный ответ организма по тем же принципам и с той же скоростью, что и настоящая кожа. Технология позволит усовершенствовать протезы и трансплантаты, а кроме того, может быть применима в робототехнике.

Искусственная кожа может реагировать на механическое давление, температуру и боль и обеспечивать электронный отклик. Устройство способно почувствовать разницу между легким прикосновением к булавке и уколom, что представляет важное различие, которое никогда раньше не достигалось с помощью электроники. Материал состоит из биосовместимого силикона, обеспечивающего эластичность, прозрачность и прочность. Кожа имеет электронные ячейки памяти, имитирующие способы, которыми мозг использует долговременную память для обработки и хранения информации. Дальнейшее развитие технологии позволит интегрировать «кожу» в биомедицину как для изготовления протезов, так и для создания неинвазивных трансплантатов<sup>14</sup>.

#### ➤ **Более дешевый аналог платиновых препаратов от рака**

<sup>12</sup> <https://www.nature.com/articles/s41551-020-00615-7>

<sup>13</sup> [https://spbu.ru/news-events/novosti/uchenye-razrabot?fbclid=IwAR3j\\_1IQRkWAdgkLsRLjAQ9y6LAguQBMKIVqId\\_Ws0oUcyX89XcEg6c5xHc](https://spbu.ru/news-events/novosti/uchenye-razrabot?fbclid=IwAR3j_1IQRkWAdgkLsRLjAQ9y6LAguQBMKIVqId_Ws0oUcyX89XcEg6c5xHc)

<sup>14</sup> [https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/aisy.202?fbclid=IwAR2rpEhARIoac2za9BJHICUCY5J3o63rx9ZLKmWW\\_3UMiFIEE1c5y6JC2zE](https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/aisy.202?fbclid=IwAR2rpEhARIoac2za9BJHICUCY5J3o63rx9ZLKmWW_3UMiFIEE1c5y6JC2zE)

Соединения на основе никеля, способные эффективно бороться с раковыми клетками, впервые в мире создал международный коллектив ученых при участии Тюменского государственного университета (ТюмГУ). По словам авторов, новый тип препаратов позволит решить проблему растущей устойчивости рака к используемым сегодня лекарствам, а кроме того, он дешевле и безопаснее аналогов.

Препараты на основе производных платины сегодня широко распространены в борьбе с различными видами рака. Однако, по словам авторов исследования, такие лекарства дорогостоящи, обладают побочными эффектами, а кроме того, раковые клетки быстро приобретают по отношению к ним высокую сопротивляемость.

В результате исследования, проведенного ТюмГУ совместно со специалистами из Турции, Ирана и Испании, были впервые получены два новых соединения на основе никеля, которые продемонстрировали противоопухолевую активность на раковых клетках легкого.

"Никель, в отличие от платины, может формировать гораздо более богатую геометрию молекул, что обеспечивает образование соединений с новыми улучшенными свойствами. Это позволит проще совершенствовать препарат, борясь как с растущей резистентностью, то есть сопротивляемостью, раковых клеток, так и с негативными побочными эффектами", – объяснил профессор кафедры неорганической и физической химии ТюмГУ Дамир Сафин<sup>15</sup>.

В качестве органической составляющей полученных препаратов были использованы производные гидразона, имитирующие биологические системы<sup>16</sup>. По словам профессора Сафина, биологическая активность гидразонов усиливается при образовании соединений с металлами, что повышает их эффективность.

В дальнейшем международный научный коллектив планируют продолжить работу по улучшению свойств новых препаратов.

### ➤ Сапфировые иглы для лазерной терапии

Применение лазеров широко распространено в медицинской практике благодаря их точности и минимальной травматичности, а также многообразию режимов работы и методик. Коррекция зрения и удаление пигментных образований требуют конкретных параметров настройки оборудования и проведения процедуры. Лазерное внутритканевое воздействие в биомедицине подразумевает использование оптических волокон. Волокна внедряют с помощью иглы, но в процессе введения и контакта с тканями, а также при использовании излучения большой мощности они часто повреждаются. Специалисты стараются продумать способы защиты конструкции так, чтобы она удовлетворяла ряду требований: выдерживала высокие температуры, была совместимой с организмом, прочной, прозрачной в видимом и инфракрасном диапазоне и ни с чем не реагировала, оставаясь компактной и простой в использовании.

---

<sup>15</sup> [https://news.utmn.ru/news/nauka-i-innovatsii/?fbclid=IwAR2njza869\\_4yPhFSsCi6QrP28A64fomdResXZqqv96RXXydpevH14o5SpM](https://news.utmn.ru/news/nauka-i-innovatsii/?fbclid=IwAR2njza869_4yPhFSsCi6QrP28A64fomdResXZqqv96RXXydpevH14o5SpM)

<sup>16</sup> [https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2020/NJ?fbclid=IwAR3BNgef0m2CED5r8\\_ERHGxacIUyktr-OIx0H0Sicc-3BQisRv9fQqYUFYU](https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2020/NJ?fbclid=IwAR3BNgef0m2CED5r8_ERHGxacIUyktr-OIx0H0Sicc-3BQisRv9fQqYUFYU)

Таковыми свойствами обладает сапфир — оксид алюминия, который по твердости уступает только алмазу, с температурой плавления 2040 °С. Из синтетических сапфиров делают офтальмологические скальпели, защитные стекла оптики ракет и самолетов, подложки в микросхемах и даже брекеты. Конечно, благодаря своим уникальным свойствам они пользуются спросом в различных областях лазерной техники. Однако сапфир тяжело обрабатывать из-за его высокой твердости, что затрудняет или делает невозможным получение изделий сложной формы. Решением этой проблемы стал метод выращивания кристаллов из расплава оксида алюминия (edge-defined film-fed growth, или EFG). Эта концепция подразумевает, что создаваемое изделие или его элемент формируется в жидком состоянии и преобразуется в твердое при соответствующих условиях кристаллизации. Сапфир выращивают из расплава, получаемого при температуре 2053 °С. Жидкость поднимается к вершине специально изготовленной матрицы через узкие каналы из-за капиллярных сил. На поверхности матрицы образуется пленка, из которой при определенном температурном градиенте в камере «растет» кристалл со скоростью порядка 50–150 мм/ч. Таким образом, можно получать сапфировые кристаллы сложной формы с необходимым профилем поперечного сечения и с относительно низкой себестоимостью.

«Сапфировые иглы, созданные с помощью методики роста кристаллов из расплава, обладают большими преимуществами по сравнению с традиционными инструментами для внутритканевого лазерного воздействия. За счет свойств сапфира возможно их многократное использование и совмещение с МРТ диагностикой. Оптическое волокно защищено от перегрева и разрушения, так как не контактирует с тканью непосредственно. Такие иглы могут быть использованы для лазерной терапии опухолей и одновременной диагностики новообразований», — говорит руководитель проекта по гранту РФФИ Ирина Долганова, кандидат технических наук и научный сотрудник Института физики твердого тела РАН<sup>17</sup>.

### ➤ **Новое средство, убивающее раковые клетки и стимулирующее иммунитет**

Команда из трех химиков из Национального университета Сингапура и Городского университета Гонконга разработала новое противораковое лекарство на основе платины, способное не только убивать раковые клетки, но и активировать противоопухолевый иммунитет.

Противораковые препараты из платины, такие как цисплатин, карбоплатин и оксалиплатин, активно применяются по всему миру для лечения различных опухолей. Несмотря на их высокую эффективность, такая химиотерапия осложняется сильными побочными эффектами: облысением, сильной тошнотой, рвотой и общим снижением иммунитета. Это связано с тем, что классические платиновые препараты, при атаке раковых клеток, также повреждают здоровые ткани, такие как кожа, костный мозг и клетки слизистой желудочно-кишечного тракта. Аспирант Макс Там под руководством замдекана химического факультета Национального университета Сингапура профессора Ви Хана Анга обнаружил, что определенные химические модификации цисплатина не

---

<sup>17</sup> <https://rscf.ru/contests/search-projects/19-79-10212/>

вызывают повреждений ДНК, зато активируют собственную иммунную систему организма на распознавание «вражеских» раковых клеток.

«Наше лекарство называется «PlatinER», так как действует не на ДНК, а на эндоплазматический ретикулум. — В результате действия лекарства белки в раковых клетках начинают сворачиваться неправильно, и эндоплазматический ретикулум оказывается в состоянии сильного стресса. В итоге раковые клетки, не способные справиться с таким стрессом и буквально начинают экспрессировать сигналы "Съешь меня!", "Найди меня!", а затем клетки нашей иммунной системы распознают эти сигналы и запускают программу уничтожения вредоносных раковых клеток».

«PlatinER» не только убивает раковые клетки, но и запускает противоопухолевый иммунитет, что приводит к регрессии онкологического заболевания. Ученые надеются, что новое соединение позволит снизить рецидивы после проведенной первичной химиотерапии<sup>18</sup>.

### ➤ **Специальные фильтры в очках для повышения качества передаваемых цветов**

По меньшей мере, восемь из 100 мужчин (8%) и одна из 200 женщин (0,5%) страдают от дефицита зрения в красно-зеленых тонах (Color Vision Deficiency, CVD). Количество людей с таким дефектом зрения порядка 350 миллионов во всем мире. В то время как люди с нормальным цветовым зрением видят более миллиона оттенков и тонов, люди с дефицитом цветоощущения (или дальтонизмом) видят значительно уменьшенный диапазон цветов. Пациенты с таким диагнозом воспринимают цвета как более приглушенные и размытые, а некоторых из них сложнее различить.

В клиническом исследовании UC Davis Eye Center, проведенном в сотрудничестве с французским Институтом исследования стволовых клеток INSERM и мозга, показали влияние спектральных режекторных фильтров на усиление хроматических ответов наблюдателей с красно-зеленым дефицитом цветового зрения в течение двух недель использования. Фильтры (очки EnChroma) предназначены для увеличения расстояния между цветовыми каналами, чтобы помочь людям с дальтонизмом видеть цвета более ярко, четко и отчетливо.

Участники исследования носили специальные очки с фильтрами или плацебо-очки. В течение двух недель они вели дневник и проходили повторное тестирование, но уже без очков. Исследователи обнаружили, что ношение специальных очков усиливает реакцию на хроматическую контрастную реакцию у лиц с красно-зеленым дальтонизмом. Пока неясно, как долго длится улучшение без использования фильтров, но факты показывают, что эффект сохраняется в течение некоторого времени<sup>19</sup>.

### ➤ **Новая система адресной доставки лекарств**

---

<sup>18</sup><https://indicator.ru/chemistry-and-materials/novoe-protivorakovoe-sredstvo-ubivaet-rakovye-kletki-i-stimuliruet-immunitet-20-09-2020.htm>

<sup>19</sup> [https://hightech-fm.turbopages.org/hightech.fm/s/2020/07/14/color-blind?pcgi=is\\_ajax%3D1](https://hightech-fm.turbopages.org/hightech.fm/s/2020/07/14/color-blind?pcgi=is_ajax%3D1)

Ученые из Санкт-Петербурга создали систему адресной доставки лекарств с помощью частиц карбоната кальция, которую можно использовать в том числе для борьбы с устойчивыми к антибиотикам бактериям.

Карбонат кальция - простое и хорошо известное вещество. Оно входит в состав мела, известняка, мрамора, морских раковин, яичной скорлупы и многих пищевых добавок, под именем E170 оно зарегистрировано как белый пищевой краситель.

Исследователи из Химико-биологического кластера Университета ИТМО разработали на его основе полые частицы-носители для доставки лекарственных препаратов, по форме напоминающие бактерии кишечной палочки *Escherichia coli*. По мнению ученых, такие носители будут восприниматься патогенами как собственные клетки, встраиваться в бактериальные биопленки и контролируемо высвобождать терапевтическое средство, когда это необходимо.

"Во множестве работ показано, что форма объекта определяет, как на него среагируют иммунные клетки, - инженер Химико-биологического кластера, аспирант Университета ИТМО Никита Серов. - Чтобы иммунные клетки успешно атаковали объект, им нужно его обхватить. У нашего объекта очень большая поверхность, которая не позволяет им это сделать. В результате иммунный ответ становится слабее, что позволяет избежать разрушения капсулы или побочных эффектов".

Пока эксперименты с доставкой антибиотиков проведены в пробирках. Эффективность вещества проверяли на живых бактериях. Как отмечают ученые, это только первый этап работ. В будущем они планируют разработать капсулу для адресной доставки противобактериального вещества, не содержащего собственно антибиотика.

«Так как постоянно появляются устойчивые к антибиотикам штаммы, от антибиотиков желательно уходить, - объясняет ученый. - Есть молекулы, которые мешают бактериям «общаться» друг с другом. Нарушая это «общение», они не дают бактериям образовывать биопленки, которые являются основной проблемой в месте воспаления. Их мы и планируем использовать в будущем».

Сейчас исследования продолжаются. В частности, ученые пытаются создать специальное покрытие, которое позволит капсуле избирательно прилипнуть к бактериям и более активно накапливаться в образуемых ими колониях - биопленках, борьба с которыми и является одной из основных целей ученых<sup>20</sup>.

---

<sup>20</sup>[https://research.itmo.ru/ru/news2/9727/troyanskiy\\_kon?fbclid=IwAR1Q4xVHUDPD4Bk\\_1gDQ73Kj3D6twXydiGgLyx4prSoR4IFsdI3L6nUmzBk](https://research.itmo.ru/ru/news2/9727/troyanskiy_kon?fbclid=IwAR1Q4xVHUDPD4Bk_1gDQ73Kj3D6twXydiGgLyx4prSoR4IFsdI3L6nUmzBk)





## Раздел «Экология»

### ➤ Адсорбент из стружки и отходов

Ученые РХТУ им. Д. И. Менделеева показали, что, сжигая смесь древесины и пластика в бескислородной атмосфере, можно не только утилизировать отходы, но еще и получить полезный продукт - адсорбент для создания углеродных фильтров. Исследователи оптимизировали состав реакционной смеси и другие параметры синтеза, после чего адсорбирующие свойства нового материала оказались сопоставимы с коммерческими аналогами.

Для вторичного использования полимерные отходы измельчают, а потом подмешивают в смесь для изготовления нового пластика, но многие отходы слишком грязные или плохо рассортированы и не подлежат рециркуляции. Их можно только утилизировать, то есть закопать или сжечь. Однако сейчас появляется новый способ утилизации — это пиролиз, или термическое разложение, которое проводят при повышенной температуре и в отсутствие кислорода. С помощью него отходы можно не только утилизировать, но еще и получить из них полезные продукты.

В новой работе ученые использовали два вида древесины – березовую стружку с одной из лесопилок Орловской области и сосновую стружку в виде туалетного наполнителя для животных, а также пять видов пластика – измельченные куски полистирола, полиэтилена, полипропилена, полиуретана и ПЭТ, смеси которых сжигали в закрытом тигле. Во время пиролиза поверхность древесины постепенно карбонизировалась, то есть превращалась во всё более и более чистый углерод, а на этой матрице оседали газообразные продукты термического разложения полимеров, и так получался пористый углеродный адсорбент.

Качество полученных материалов сравнивали прежде всего по суммарному объему пор, при этом отдельно оценивали долю пор трёх разных размеров (субмикро-, микро- и мезопор). В первой серии экспериментов ученые перебирали разные сочетания древесины с пластиком и показали, что лучшие характеристики демонстрирует материал, полученный из полипропилена и березовой стружки.

Во второй серии экспериментов варьировали условия синтеза – соотношение пластика и древесины, максимальную температуру и скорость нагревания тигля. Лучший результат получился при медленном нагревании (2.5 °C в минуту) до 370 °C смеси полипропилена и березовой стружки в массовом соотношении 1/1. Суммарный объем пор составил 1.379 см<sup>3</sup>/г, а сам синтез характеризуется высоким выходом продукта – в адсорбент превращается 59.2% массы исходной смеси.

До работы российских ученых уже были некоторые исследования, в которых условия совместного пиролиза отходов и первичного сырья оптимизировали для получения углеродных адсорбентов, но их качество не позволяло говорить о реальных применениях. А по результатам оценки, представленной в новом исследовании, технологический процесс синтеза адсорбентов на основе древесины и полимерных отходов будет более выгодным, чем его современные аналоги и может быть внедрен без

перестройки производства. Испытания технологии на базе предприятия Экофонд планируются осенью этого года<sup>21</sup>.

➤ **Исследование по токсичности полупроводниковых наночастиц, используемых для очистки водоемов**

Наночастицы сульфидов кадмия и цинка часто применяют для очистки сточных вод и водоемов, поскольку при облучении светом они выделяют свободный кислород, разрушающий органику-загрязнитель.

Однако исследования экологов показали, что такие наночастицы могут накапливаться в микроводорослях и затем передаваться вверх по пищевой цепи, выделяя токсичные ионы внутри живых организмов.

В новой работе ученые проанализировали как наночастицы влияют на разные типы микроводорослей. Благодаря своему маленькому размеру частицы проникают через клеточные стенки и накапливаются внутри, что пагубно влияет на большинство водорослей - их рост замедляется, а свободный кислород, выделяющийся из наночастиц, разрушает клеточные ткани. Но некоторые водоросли устойчивы к наночастицам и продолжают расти, как например красная микроводоросль *P. rigrigum*, что возможно объясняется взаимодействием ионов цинка из наночастиц с фикобилипротеинами водорослей.

Дальнейшие исследования ученых смогут прояснить как наночастицы перемещаются по пищевой цепочке и определить границы их распространения.

Работа была проведена большой международной научной группой из России, Японии, Болгарии и Греции в составе которой работал ученый РХТУ<sup>22</sup>.

➤ **Зеленый пластификатор**

Поливинилхлорид (ПВХ) - это один из самых популярных видов пластмасс. Из него изготавливают трубки, шланги и множество других изделий вплоть до грампластинок. При этом помимо самого полимера в состав пластмассы входят и другие соединения, выполняющие вспомогательные функции: например, пластификаторы, которые придают изделиям из ПВХ эластичность, и снижают их хрупкость на морозе. Сегодня в качестве пластификаторов ПВХ чаще всего используют различные соединения на основе фталатов, однако они достаточно токсичны и очень плохо утилизируются: даже когда пластмасса почти полностью разложится, фталаты остаются стабильными и так уходят в землю и грунтовые воды, отравляя их.

Один из вариантов на замену фталатам в ПВХ - это биодизель, получаемый из водорослей и растений, богатых растительными маслами. После введения в него эпоксидных группировок, получают продукт с хорошими пластифицирующими свойствами. Однако до последнего времени в коммерческом плане эпоксидированные

---

<sup>21</sup> <https://muctr.ru/news/obrazovanie-i-nauka/kogda-b-vy-znali-iz-kakogo-sora-rossiyskie-khimiki-poluchili-uglerodnye-adsorbenty-iz-berezovoy-struzhki-i-polimernykh-otkhodov/>

<sup>22</sup> <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109513>

биодизели значительно уступали фталатам. Поэтому российские ученые решили модифицировать биодизель, и при этом использовали для этого чрезвычайно доступный реагент - кислород из атмосферного воздуха.

«Журнал, где вышла статья, очень любит работы, которые расширяют горизонт превращения, потребления, преобразования вот этих растительных масел, а я всю жизнь работал с эпоксидными соединениями и как раз недавно занимался их аэробным окислением. Поэтому и пришла идея модифицировать биодизель за счёт аэробного окисления воздухом», - рассказывает главный автор работы, профессор РХТУ, Валентин Сапунов. «В результате после окисления мы получили смесь, которая с одной стороны обладает пластифицирующими свойствами уже на уровне фталатов, а с другой легко разлагается, нетоксична и получается в конечном счёте из растительного сырья - такой зеленый пластификатор».

Синтез нового пластификатора проводят в два этапа. На первом берут жиры из растительных масел и с помощью химической реакции с метанолом получают смесь различных эфиров жирных кислот, которую называют биодизелем. Затем его фильтруют, очищают, а потом при температуре от 80 до 110 °С биодизель окисляют атмосферным кислородом в течении 12-40 часов.

Исследователи провели серию экспериментов с различными сырьем (в работе использовали подсолнечное, оливковое и льняное масло) и условиями синтеза: они проанализировали составы получаемых смесей, а также их вязкость и пластифицирующие свойства. Оказалось, что в процессе окисления эпоксидные соединения в составе биодизеля постепенно превращаются в различные диэфиры, что улучшает пластифицирующие свойства смеси. При этом оптимальные характеристики показала смесь на основе льняного сырья - ПВХ с использованием этого пластификатора по своим характеристикам не уступал ПВХ с фталатами.

Также ученые отмечают, что новый пластификатор можно использовать не только для ПВХ, но и для других пластмасс, а сейчас они ведут дополнительные работы по оптимизации синтеза. Исследователи ищут способ получения диэфиров со сходным функционалом пластификаторов не из эпоксидных соединений, а другими путями, поскольку при аэробном окислении эпоксидных соединений образуется много ненужных веществ<sup>23</sup>.

### ➤ **Новый способ производства мембран для очистки воды**

Традиционный метод выделения органических соединений из смесей с водой – дистилляция – нерентабелен и не позволяет добиться нужной степени очистки воды. Экономичной альтернативой ей может служить первапорация – мембранный процесс, при котором пары органических соединений проникают через селективную мембрану быстрее, чем пары воды. «Сердцем» мембраны служит тонкий полимерный непористый слой на ее поверхности, который обеспечивает эту разницу в скорости. Силиконовые каучуки – наиболее подходящие материалы для получения таких слоев, поскольку обладают высокой химической стойкостью и стабильностью во времени. Однако

<sup>23</sup> <https://muctr.ru/news/novosti-rkhtu/v-rkhtu-imeni-d-i-mendeleeva-iz-rastitelnykh-masel-sintezirovali-zamenu-toksichnym-komponentam-iz-plastmass/>

существующие мембраны, в том числе и промышленные, не позволяют достаточно эффективно разделять водно-органические смеси.

В качестве решения ученые из ИНХС РАН предложили использовать новые силиконовые полимеры, в которых к основной цепи привиты длинные углеводородные «хвосты» с числом атомов углерода от 7 до 10. Такая химическая структура полимера обеспечивает высокую гидрофобность мембран, уменьшает скорость проникания паров воды через них и повышает избирательность при разделении.

«Простота синтеза силиконовых каучуков предложенным методом позволяет играючи изменять количество атомов углерода в составе групп, привитых к основной полимерной цепи, от одного до четырнадцати, что позволяет "тюнинговать" мембраны для селективного выделения тех или иных веществ из воды. Таким образом, можно оптимизировать свойства мембран под конкретную задачу. Например, при помощи силиконовых мембран нам удалось избирательно извлечь из водных растворов метил-третбутиловый эфир со степенью разделения, превосходящей все существующие мировые аналоги. Это открывает широкие возможности использования этих мембран для выделения органических загрязнителей из сточных вод», — отметил один из авторов статьи, руководитель проекта по гранту Российского научного фонда, ведущий научный сотрудник лаборатории полимерных мембран ИНХС РАН Илья Борисов<sup>24</sup>.

#### ➤ **Алмазный электрод для утилизации синтетических красителей**

Ароматические соединения применяются в текстильной, бумажной, кожевенной индустрии, производстве лекарственных и косметических средств, продуктов питания. Сами по себе они токсичны, как и продукты их разложения, попадающие в сточные воды, при этом такие химикаты довольно тяжело разрушаются привычными биологическими, физическими или химическими методами.

Сотрудники Института химии и химической технологии КНЦ СО РАН нашли оптимальные условия, которые позволяют разрушать ароматические вещества. Ученые предложили окислять токсичные соединения с помощью электрокатализа. Для этого авторы использовали алмазный электрод с добавлением бора, что позволило повысить электропроводность материала.

Чтобы разработать эффективный метод утилизации ароматических загрязнителей, ученые проверяли, как будет идти электрокаталитическое окисление с использованием различных типов материалов в качестве анода. Авторы установили, что материал электрода существенно влияет на эффективность электрохимического разложения ароматических соединений. Исследователи связали это с тем, что в зависимости от типа электродного материала на нем с разной интенсивностью и эффективностью образуются дополнительные окисляющие частицы — гидроксильные радикалы и активный кислород. Эти частицы увеличивают скорость окисления и ускоряют разрушение загрязнителей. При высоком содержании радикалов токсичные соединения могут почти полностью превращаться в воду, углекислый газ и минеральные вещества.

---

<sup>24</sup> <https://www.mdpi.com/2073-4360/12/6/1213>

Ученые проанализировали электроды, имеющие различную электрокаталитическую активность. Самое большое количество окислителей образовалось на допированном бором алмазном электроде, а самое маленькое — на диоксиде рутения и титана. Высокую окислительную способность алмазной структуры авторы объяснили очень слабым взаимодействием окисляющих частиц с поверхностью электрода, что способствует их быстрой реакции с органическими соединениями<sup>25</sup>.

### ➤ Датчик кислорода с высокой надежностью

Исследователи из УрФУ и Института высокотемпературной электрохимии УрО РАН придумали комбинированный электрохимический датчик кислорода, который отличается от существующих аналогов своей конструкцией и повышенной надежностью.

Датчики кислорода используются для определения концентрации этого газа в выхлопах автомобилей, в отработанных топочных газах на котлоагрегатах и в металлургических процессах. По этому показателю можно судить о соотношении топлива и воздуха, которые подаются в двигатели автомобилей и котлоагрегаты, о содержании кислорода в отработанных газах, о составе атмосферы и так далее.

Российские исследователи представили новый датчик. Его длина, ширина и высота составляют соответственно 1,7×0,7×0,15 см. Сама конструкция состоит из двух склеенных друг с другом пластинок — электролитов на основе оксидов циркония и иттрия  $0.91\text{ZrO}_2 + 0.09\text{Y}_2\text{O}_3$ . На пластинки с внешней и внутренней сторон нанесены электроды с прикрепленными к ним токоподводами. Между пластинками располагается полость, в которую снаружи вставлен капилляр диаметром 0,15 мм.

«К одной пластинке прикладывается напряжение, чтобы откачивать кислород через электролит в виде ионов. Эта часть устройства выполняет функцию амперометрического сенсора. При определенном токе откачки внутри полости содержание кислорода достигает минимальных значений, а значит, дальше ток расти не может, он достигает предела. Чем меньше концентрация кислорода, тем ниже предельный ток. Таким образом, по предельному току можно определять концентрацию кислорода», — рассказывает соавтор статьи, заведующий лабораторией электрохимических устройств на твердооксидных протонных электролитах ИВТЭ УрО РАН Анатолий Демин.

Вторая пластинка выполняет функцию потенциометрического датчика. Она позволяет измерить разность потенциалов электродов, один из которых находится внутри полости, а другой — в исследуемой атмосфере. Именно использование этой пластины и является ключевым элементом разработки.

Автор новой разработки показали, что их датчик имеет быстрый и точный отклик на газовые смеси<sup>26</sup>.

### ➤ Удобный и эффективный способ очистки сточных вод

<sup>25</sup> <https://link.springer.com/article/10.1134/S1023193520040047>

<sup>26</sup> <https://urfu.ru/ru/news/32466/>

Быстрый и эффективный способ очистить сточные воды предложили ученые Университета Белграда и Южно-Уральского государственного университета. Специалисты объясняют, что современных физико-химических методов недостаточно из-за высокого содержания в воде токсичных загрязняющих веществ. Проблему могут решить технологии АОП (Advanced Oxidation Processes — улучшенного процесса окисления), но их использование слишком дорогое, а внедрение требует длительного времени. Ученые Университета Белграда и ЮУрГУ предлагают применять диоксид хлора (ClO<sub>2</sub>) для устранения данной проблемы. Данное вещество используют для дезинфекции питьевой и сточной воды. Однако ранее диоксид хлора не применялся для удаления из воды хлорацетамидных гербицидов. Исследователи в своей новой работе, предлагают получать диоксид хлора из двух химически стабильных твердых компонентов в виде порошка. Технология даже безопаснее, чем применение бытовой химии. Компоненты диоксида хлора в таком виде можно безопасно транспортировать на любые расстояния и быстро применять. Реагент за короткий период времени возвращает в норму процесс фотосинтеза в воде и обогащает ее кислородом.

«Для определения степени деградации загрязнителей, эффективности и определения путей реакций мы использовали современное лабораторное оборудование. Проводили высокоэффективную жидкостную хроматографию, анализ общего органического углерода, газовую хроматографию с масс-спектрометром. Для определения экотоксичности использовали тест с *Daphnia magna*. Первая часть эксперимента состояла в изучении эффективности разложения пестицидов в деминерализованной воде. После получения хороших результатов эксперимент повторили с реальными пробами воды. После добавления диоксида хлора в загрязненную воду происходил процесс окисления и оставались только небольшие количества сульфата натрия и хлорида натрия. Это нейтральные полностью безвредные неорганические соли», — рассказал профессор ЮУрГУ Драган Манойлович.

Исследуемым образцом была вода реки Сава в водозаборе Белградского водоканала (Сербия). Такой гербицид, как петоксамид, полностью разложился, токсичность метазахлора заметно снизилась.

На этом работа над методами очистки сточных вод не заканчивается. Ученые планируют исследовать реагенты, которые эффективно воздействуют на труднорастворимые загрязняющие вещества<sup>27</sup>.

### ➤ Реагенты для очистки воды

Хотя доля угольной генерации в России начиная с 90-х годов прошлого века постепенно снижается, она еще составляет большую часть всей нашей энергетики. Так, в 2019 году на отечественных ТЭС было выработано более 60% от всей произведенной электроэнергии в стране. Кроме того, текущие объемы угольной энергетики не будут снижаться, чтобы не допустить зависимости российской экономики от газа. Тем не менее эта область — одна из наименее экологических. Угольные ТЭС ежегодно выпускают в виде

---

<sup>27</sup> <https://www.susu.ru/ru/news/2020/08/24/uchenye-izb?fbclid=IwAR3hMaU07nQKTQlglFBldHdLmZgjAfwohqqPYbhbywS1E-SW8RjnwM66zQ4>



отходов 20–25 миллионов тонн золошлаков. В России их захоронено уже более 1,5 миллиарда тонн, а шламополя занимают территорию больше, чем площадь Израиля.

Ученые ищут способы утилизации и рециклинга отходов ТЭС, делая акцент на извлечении цветных металлов, например алюминия — одного из основных компонентов золы. Это помогло бы увеличить экологичность ТЭС: так можно избавиться от уже накопленных твердых отходов и предотвратить образование новых. В своей работе ученые предложили принципиально новый метод переработки золы, благодаря которому из отходов получают реагенты для очистки воды.

Авторы обработали золу перегретой соляной кислотой, температура которой была значительно выше температуры ее кипения — этого можно добиться при помощи автоклава. В результате реакции образуется хлорид алюминия. Исследователи подобрали особые условия, при которых более 95% металла переходило в раствор. В таком виде он коагулирует, то есть осаждает взвешенные частицы. На примере воды из Москвы-реки ученые показали эффективность обработки таким реагентом. После нее образцы соответствовали нормативам ВОЗ для питьевой воды: в них отсутствовали ионы тяжелых металлов, а показатели мутности и цветности оказались на приемлемом уровне.

Ученые планируют участвовать в разработке пилотной установки по производству коагулянта для нужд одной из крупнейших теплогенерирующих компаний Сибири ТГК-11 в Омске. Ранее эта же исследовательская группа предложила расширить российский рынок глинозема за счет зольных отходов<sup>28</sup>.

### ➤ **Вещества, которые избирательно разделяют этан и этилен**

Исследователи из Института неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН создали целое семейство металл-органических каркасных структур, которые способны сорбировать этан из газовой смеси лучше, чем этилен.

«Этилен — самое производимое органическое соединение в мире; мировое производство этилена составляет более 150 миллионов тонн в год и продолжает расти. Этилен получают крекингом углеводородов. При этом получается смесь продуктов, которые необходимо разделить. Наиболее сложным является отделение этилена от этана, так как эти вещества обладают близкими физическими свойствами. В нефтеперерабатывающей промышленности используют криогенную дистилляцию для разделения этилена и этана. Однако, этот процесс является дорогостоящим и требует больших затрат энергии, так как проводится при высоком давлении и низкой температуре», — говорит руководитель исследовательской группы, главный научный сотрудник ИНХ СО РАН, член-корреспондент РАН Владимир Федин.

Было бы заманчиво сорбировать примесь этана из газовой смеси, однако существующие сорбенты лучше поглощают этилен, чем этан — что обусловлено наличием двойной связи в молекуле этилена.

Новосибирские химики решили обратиться к достаточно новому классу соединений, который активно разрабатывается во всем мире: металл-органическим каркасным структурам. Металл-органические каркасные структуры (MOF, metal-organic

<sup>28</sup> <https://misis.ru/science/achievements/2020-09/6926/>

framework) — это пористые кристаллические материалы, в которых ионы металла связаны между собой органическими молекулами (лигандами) в трехмерную структуру. Внутри таких каркасных структур образуются достаточно крупные поры от 0,1 до 10 нм, в которые могут попадать различные молекулы. MOF характеризуются высокой пористостью, открытыми наружу внутренними каналами и большой площадью внутренней поверхностью. Меняя металлы и лиганды, можно изменять размер и форму пор для тонкой настройки свойств материала.

Авторы работы синтезировали семейство мезопористых MOF (такими называют структуры с порами диаметром более двух нанометров; количество известных подобных структур гораздо меньше, чем количество микропористых MOF) на основе ионов цинка. Лигандами в опубликованных пяти структурах выступили изофталат, депротонированные двухатомные спирты и 1,4-дiazобисцикло2.2.2октан. Структура этих соединений построена из двенадцатиядерных строительных блоков. Серия из пяти изоструктурных соединений получила название НИС-20 (аббревиатура названия Института на английском языке).

Оказалось, что НИС-20 обладают очень высокой способностью к сорбции веществ из газовой смеси и вдобавок – рекордной избирательной сорбцией этана по сравнению с этиленом. Из всех пяти структур самые лучшие показатели получены для структуры НИС-20-Ви, в которой в качестве диольного лиганда применялся 1,2-бутандиол.

Авторы работы надеются, что их соединения найдут свое применение в крупнотоннажной химической промышленности<sup>29</sup>.

---

<sup>29</sup><http://www.niic.nsc.ru/science/publikatsii-v-vedushchikh-zhurnalakh?fbclid=IwAR1NPf6POLWgHxv4MBwLIWclLkLStmSCxhv-qrlQh9lpgHtlFLFHBgOfwo>



## Раздел «Технологии для повышения качества жизни»

### ➤ Алгоритм предсказания свойств производных анилина

Исследователи РХТУ проанализировали пространство окислительных реакций полимеризации анилина и создали математическую модель для предсказания молекулярной массы синтезируемых соединений с учетом влияния условий проведения реакций.

Так, в случае повышения температуры окислительной полимеризации, модель предсказала снижение молекулярной массы продуктов реакции, что полностью согласуется с экспериментальными данными.

Интерес к полимерам на основе анилина постоянно растет, они могут применяться в различных областях - от разработки лекарственных средств, до создания новых композиционных материалов, что объясняется их высокой стабильностью и комплексом ценных физико-химических свойств.

Предложенный учеными алгоритм открывает широкие возможности для более точного и эффективного синтеза производных анилина с заранее заданными свойствами<sup>30</sup>.

### ➤ Прибор, обнаруживающий людей под завалами по их дыханию

Ученые Всероссийского научно-исследовательского института по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций разработали уникальный мобильный радиолокационный комплекс, который позволяет определять местонахождение человека под завалами разрушенных зданий по его дыханию или движению, а также рассчитать расстояние до него. Новинка была представлена на форуме «Армия-2020».

Отмечается, что на обследование участка завала площадью до 10 квадратных метров потребуется всего от одной до трех минут. Еще одна важная характеристика разработки – высокая степень достоверности поиска. Комплекс, кроме того, будет незаменим при поиске людей после схода оползней<sup>31</sup>.

### ➤ «Пейзаж» из наноструктур на поверхности халькогенидных пленок

Когда поверхности различных материалов облучают лазерным пучком часто получаются рипплы (англ. ripples) - решетки с четким микро- или наноразмерным периодом. С их помощью можно изменять оптические свойства материалов, например, создавать метаповерхности, которые отражают свет под разными углами. А если облучать халькогенидные пленки (из Ge, Sb и Te), можно получать рипплы, которые состоят из чередующихся зон аморфной и кристаллической фазы, и так еще тоньше настраивать оптические свойства поверхности<sup>32</sup>.

<sup>30</sup> <https://doi.org/10.1016/j.synthmet.2020.116445>

<sup>31</sup> <https://www.vniigochs.ru/center/smi/96>

<sup>32</sup> <https://doi.org/10.1002/pssb.201900617>

В новой работе с помощью электронной и атомно-силовой микроскопии, ученые из ИОНХ РАН, РХТУ им. Д.И. Менделеева, НИУ «МИЭТ» и РГРТУ изучили, что представляют собой эти аморфно-кристаллические рипплы. Оказалось, что они складываются в «горный пейзаж» - чередующиеся фазы, которые отличаются по высоте на 2-3 нм. Менее плотные аморфные зоны формируют холмы, а более плотные - впадины между ними. Полученные данные подтверждают теоретические модели возникновения рипплов, что открывает возможности для дальнейших исследований и более точной настройки свойств поверхности оптических материалов<sup>33</sup>.

### ➤ Датчик-липучка для проверки качества продуктов

Инженеры Массачусетского технологического института создали миниатюрный колориметрический датчик, внешне похожий на кусочек ленты-липучки, иглы которого выполнены из шелка.

«Шелк полностью съедобен, нетоксичен и может использоваться в качестве пищевого ингредиента, а также обладает достаточной механической прочностью, чтобы проникать сквозь ткани таких продуктов, как мясо, персики или салат», — приводятся в пресс-релизе института слова руководителя исследования Бенедетто Марелли (Benedetto Marelli), доцента кафедры гражданской и экологической инженерии.

Микроиглы втягивают жидкость из продуктов в заднюю часть сенсора, в матрицу которого с помощью 3D-печати добавлены специальные биочернила двух типов: одни меняют цвет при определенном pH, который указывает на то, что пища испортилась; другие окрашиваются в присутствии патогенных бактерий, таких как кишечная палочка *Escherichia coli*.

Во время эксперимента исследователи прикрепили датчик к упаковке филе сырой рыбы, в которое они предварительно впрыснули раствор, зараженный кишечной палочкой. Через 16 часов они обнаружили, что часть сенсора с чернилами, чувствительными к бактериям, изменила цвет с синего на красный — явный признак заражения рыбы. Еще через несколько часов pH-чувствительные биочернила также изменили цвет, указывая на то, что рыба испортилась.

По мнению исследователей, такие интеллектуальные пищевые датчики в будущем смогут предотвратить вспышки заражений — например, сальмонеллой — продуктов и овощей, которые периодически происходят в торговых сетях, а также позволят потребителям продолжать использовать продукты, срок годности которых истек, но на самом деле они все еще пригодны для употребления.

«Люди выбрасывают так много продуктов, потому что они не уверены в их качестве. Новая технология проверки придаст уверенности конечному пользователю», — говорит Марелли.

Авторы планируют продолжить работу по совершенствованию своей разработки. В частности, они хотят добиться более высокой скорости втягивания жидкости

---

<sup>33</sup> <https://muctr.ru/>

микроиглами, а также расширить список загрязняющих веществ и патогенов, определяемых биочувствительными элементами<sup>34</sup>.

### ➤ **Технология переработки древесины в целлюлозу и ванилин**

Российские и французские ученые придумали новый метод синтеза микрофибриллированной и нанокристаллической целлюлозы и ванилина из древесины лиственницы. В новом способе производство идет в одну стадию, а значит более экономично и экологично по сравнению с традиционными подходами.

Исследователи из Института химии и химической технологии КНЦ СО РАН вместе с иностранными коллегами смогли улучшить процесс каталитического окисления мягкой древесины. Для этого они использовали экологически безопасные окислители. Авторы придумали два метода синтеза. Первый основан на окислении пероксидом водорода и позволяет получить микрокристаллические, микрофибриллированные, нанокристаллические целлюлозы, а также моносахара и смеси алифатических и ароматических кислот. Второй вариант связан с окислением древесины лиственницы кислородом в присутствии гидроксида меди, который играет роль катализатора. Такой метод позволяет получать ванилин и целлюлозу. Такие продукты могут быть востребованы во многих областях, в том числе в пищевой, фармацевтической, химической промышленности.

Альтернативные методы переработки древесины позволяют диверсифицировать получение ценных соединений с учетом нынешних потребностей рынка. Для сравнения, из одной тонны древесины можно получить почти 400 килограмм как обычной, так и микрокристаллической целлюлозы, 200 килограмм арабиногалактана, 50 килограмм ванилина, 40 килограмм наноцеллюлозы. При этом цена конечных продуктов сильно различается. Например, килограмм наноцеллюлозы стоит порядка 150 долларов, килограмм ванилина — 12 долларов, а килограмм обычной целлюлозы — всего один доллар. В целом, стоимость продуктов, которые можно получить из одной тонны лиственницы, комбинируя используя разные методы, может превышать пять-семь тысяч долларов<sup>35</sup>.

### ➤ **Углеродные покрытия с улучшенными свойствами**

Российские материаловеды разработали инновационные покрытия на основе углеродных нанотрубок, которые будут применяться для оптимизации оптоэлектронных устройств, в том числе лазеров, в качестве элементов преобразователей инфракрасного излучения, защитных покрытий и в качестве элементов жидкокристаллических дисплеев.

Известно, что оптимизировать свойства материалов можно, не только меняя структуру и состав материала, но и его поверхность. Один из трендов современного материаловедения - модификация поверхностей за счет напыления наночастиц.

---

<sup>34</sup> <https://news.mit.edu/>

<sup>35</sup> [https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0920586120303382?fbclid=IwAR1Q4xVHUDPD4Bk\\_1gDQ73Kj3D6twXydiGgLyx4prSoR4IFsdI3L6nUmzBk&via%3Dihub](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0920586120303382?fbclid=IwAR1Q4xVHUDPD4Bk_1gDQ73Kj3D6twXydiGgLyx4prSoR4IFsdI3L6nUmzBk&via%3Dihub)

Коллектив ученых НИТУ «МИСиС», Государственного оптического института им. Н.И. Вавилова и Санкт-Петербургского электротехнического университета «ЛЭТИ» разработал специфическое покрытие из углеродных нанотрубок на поверхности минерала фторида бария.

Фтористый барий обладает особыми уникальными свойствам - прозрачностью для разных диапазонов света, от ультрафиолетового излучения до ближнего инфракрасного. Благодаря этому, из крупных монокристаллов фторида бария изготавливают линзы и призмы для инфракрасной оптики и лазеров.

Исследователи предложили нанести на поверхность кристалла фторида бария вертикально «стоящие» углеродные нанотрубки.

По словам разработчиков, полученные результаты могут найти свое применение в области оптоэлектроники при разработке защитных покрытий для светочувствительных диодов, работающих в инфракрасном диапазоне спектра. Также новый материал может использоваться в качестве защитных элементов сложной оптоэлектроники от пыли. Кроме этого, отмечают ученые, тонкие подложки фторида бария с нанотрубками могут использоваться в жидкокристаллических дисплеях (в качестве элементов для выравнивания диполей жидких кристаллов) для получения скоростного переключения или преобразования инфракрасного излучения за счет изменений, полученных после внедрения нанотрубок.

Научная группа планирует продолжать сотрудничество, меняя предложенным способом физико-химические свойства других минералы. Кроме этого, в настоящее время разработчики работают над оптимизацией жидкокристаллических матриц путем добавления в них нанотрубок различного состава<sup>36</sup>.

### ➤ Биоразлагаемый и самовосстанавливающийся материал

Современные самовосстанавливающиеся материалы имеют ряд недостатков, ограничивающие их практическое применение, — они восстанавливают небольшой процент повреждений в течение большого промежутка времени.

Ученые из Университета штата Пенсильвания и Института интеллектуальных систем Общества Макса Планка получили полимерные соединения, которые могут восстанавливать как незначительные, так и видимые повреждения за более короткий срок (около 1 секунды). Ученые планируют использовать эти соединения для создания частей «мягких» роботов, так как при постоянно повторяющихся движениях в обычных полимерах наблюдаются микроразрывы, которые без восстановления могут привести к поломке<sup>37</sup>.

Создать новый материал ученым удалось с помощью стандартных биореакторов. Полимер восстанавливается с помощью воды и тепла, хотя, по словам исследователей,

---

<sup>36</sup> <https://misis.ru/university/news/science/>

<sup>37</sup> <https://www.is.mpg.de/>



«исцелить» его можно также с помощью света. После восстановления материал не теряет своих свойств и остается таким же, каким был до нанесения повреждений.

Еще одним преимуществом материала является его способность разлагаться до экологически безопасных соединений. В статье исследователи отмечают: «Если залить полимер какой-либо слабой кислотой, он превратится в порошок, из которого затем можно изготовить точно такой же материал.<sup>38</sup>»

### ➤ **Механизм получения полимеров для космической промышленности**

Твердофазная полимеризация широко используется для создания полимеров с контролируемой структурой, молекулярной массой и другими параметрами. В промышленности с помощью этого метода получают ряд поликарбонатов, полиамидов и полиэфиров самого разного назначения. Для полимеризации в твердой фазе необходимо, чтобы реакция начиналась при температуре ниже температуры плавления. Однако для некоторых мономеров это условие не выполняется, поэтому такой тип полимеризации для них недоступен. К ним относятся и арилцианаты, обладающие высокой термической, химической и радиационной устойчивостью. Они имеют большое значение для аэрокосмической промышленности, где их применяют в составе композиционных материалов.

Ученые из Казанского (Приволжского) федерального университета предположили, что эта реакция для вещества в твердом состоянии будет сильно отличаться от того же процесса в расплаве. Авторы синтезировали уникальный мономер, обладающий высокой температурой плавления (403 °С). Поскольку температура полимеризации этого вещества ниже его температуры плавления, это сделало реакцию в твердой фазе возможной.

Детальное изучение процесса и особенностей его протекания с помощью метода дифференциальной сканирующей калориметрии позволило получить важную информацию о его кинетике. Ученые выяснили, что механизмы твердофазной полимеризации и полимеризации в расплаве отличаются числом разрываемых кратных связей мономера на стадии, определяющей скорость протекания процесса. Также оказалось, что скорость твердофазной полимеризации не зависит от степени превращения мономера, то есть кинетика описывается реакцией нулевого порядка. Причина подобного поведения кроется в топохимической природе процесса, протекающего в плоских кристаллах мономера.

«Арилцианаты играют очень важную роль в авиационной и космической промышленности, где их используют в качестве связующих в композитных материалах для создания различных конструкций со стабильными размерами. Расширение наших знаний о связи между реакционной способностью этих мономеров и их структурой откроет новые возможности для направленного дизайна материалов с заданными свойствами», — прокомментировал Андрей Галухин, руководитель проекта по гранту

---

<sup>38</sup> <https://www.nature.com/articles/s41563-020-0736-2>

РНФ, кандидат химических наук, старший научный сотрудник Химического института имени А. М. Бутлерова Казанского (Приволжского) федерального университета<sup>39</sup>.

### ➤ **Новый метод создания кремниевых наночастиц**

Сегодня наблюдается активное развитие технологий наноструктурирования кремния. Этот материал уже давно применяется не только как основа микросхем и солнечных элементов, но и в биомедицине, например для диагностики тканей и клеток. Однако для таких целей необходимы кремниевые наночастицы размером до 100 нм. Проблема в том, что используемые сегодня методы синтеза таких частиц не позволяют создать подходящие для биомедицинских применений материалы.

Один из самых распространенных методов состоит в механическом измельчении пористого кремния — материала, который представляет собой кремниевую «губку» с пора́ми размером в несколько нанометров. Но измельчение таких материалов в большинстве случаев не позволяет получить кремниевые наночастицы размером менее 100 нм. Если использовать коллоидный химический синтез, также возникают свои ограничения из-за большого количества токсичных примесей в продуктах реакции.

Другой метод — импульсная лазерная абляция кремния в жидкостях и газах — позволяет решить ряд проблем, характерных для других методов. Варьирование состава среды и образцов позволяет создавать наночастицы кремния разного размера — до десятков и даже единиц нанометров. При этом достигается высокая частота и кристалличность продуктов синтеза. Главный недостаток такого метода — относительно малый выход продуктов синтеза, которые превращаются в наночастицы. Чтобы получить больше вещества, нужно либо увеличивать энергию и частоту лазерных импульсов, либо использовать другие мишени для синтеза.

Исследователи физического факультета МГУ провели эксперименты, которые показали, что в качестве мишеней абляции лучше всего использовать пленки пористого кремния. Эти материалы можно создать относительно простым и дешевым методом электрохимического травления. Их малая теплопроводность и механическая прочность позволяют в разы увеличить выход кремниевых наночастиц по сравнению с абляцией кристаллического кремния такими же лазерными импульсами.

«Синтезированные с помощью этой технологии наночастицы кремния мы осадили на поверхность пористого агарового геля, который имитировал биологическую ткань, — говорит один из авторов статьи, доцент кафедры общей физики и молекулярной электроники физического факультета МГУ Станислав Заботнов. — В результате мы показали, что с их помощью можно получать высококонтрастные изображения неоднородностей изначально практически прозрачного агарового геля. Это важный шаг для биомедицинской диагностики — визуализации биологических и биоподобных тканей»<sup>40</sup>.

---

<sup>39</sup> <https://media.kpfu.ru/news>

<sup>40</sup> <https://www.nanonewsnet.ru/news/2020/na-kafedre-obshchei-fiziki-molekulyarnoi-elektroniki-mgu-predlozhenanovaya-tekhnologiya-i>

### ➤ **Алгоритм использования big data для создания моделей новых белков**

Белки необходимы для жизнедеятельности клеток. Они катализируют жизненно важные реакции и выполняют еще множество функций. Ученые и инженеры давно пытаются создать искусственные белки, чтобы использовать их для лечения заболеваний, улавливания углерода или аккумуляции энергии. Однако синтезировать такие белки очень сложно и по итогу мала вероятность получения успешного результата.

Ученые из Чикагского, Сорбоннского и Техасского университетов, Высшей технической школы Цюриха и Высшей нормальной школы (Франция) создали модель с машинным обучением, которая может анализировать огромный массив данных о белках из специальных баз и создавать на основе них искусственные белки с заранее заданными свойствами.

Также важнейшим является тот факт, что искусственные белки в некоторые из функций выполняют лучше природных соединений. На сегодняшний день, ученые исследуют вопрос «каким образом алгоритм получает такие результаты?». Также ученые планируют использовать данную платформу для разработки белков, которые могут решать социальные и экологические проблемы, к примеру, такие как изменение климата. Один из авторов исследования, например, уже создал компанию Evozyme, которая будет коммерциализировать эту технологию для ее применения в энергетике, сохранении окружающей среды, катализе и сельском хозяйстве<sup>41</sup>.

### ➤ **Метод контроля синтеза пористых материалов**

Российские исследователи выяснили, как условия синтеза пористых медь-органических структур влияют на механизм их взаимодействия с органическими молекулами. Например, оказалось, что микроволновое излучение позволяет увеличить адсорбирующую способность, а высокие давление и температура — количество микропор.

Хроматография представляет собой метод разделения и анализа смесей веществ. В ходе него движущееся вещество — подвижная фаза — перемещается по поверхности неподвижного вещества — стационарной фазы. По мере прохождения подвижная фаза разделяется на компоненты из-за их разной растворимости, заряда, специфического взаимодействия со стационарной фазой и прочих факторов. Хроматография позволяет анализировать летучие и жидкие вещества, а также некоторые редкоземельные и радиоактивные элементы. Метод находит применение, в частности, в криминалистике, медицине и пищевой промышленности.

Этот метод анализа можно разделить на виды. Например, в ходе жидкостной хроматографии подвижная фаза под высоким давлением пропускается через колонку с сорбентом. Сорбент — это вещество-поглотитель, в качестве которого в последнее время все чаще применяют металлоорганические каркасы (МОК). Они обладают рядом уникальных свойств, среди которых — возможность управления размером пор, одновременного варьирования природы металла и органической составляющей пористого

---

<sup>41</sup> <https://science.sciencemag.org/content/369/6502/440>

каркаса. Благодаря этому с помощью МОК можно разделять и анализировать смеси веществ, недоступные для других пористых материалов.

Авторы нового исследования использовали МОК под названием HKUST-1. Он состоит из ионов меди и остатков бензолтрикарбоновой кислоты. Такой материал может поглощать и селективно удерживать молекулы различных органических веществ. Однако чтобы его эффективно использовать, нужно понимать, как различные условия синтеза влияют на структуру вещества.

Ученые из Института физической химии и электрохимии имени А. Н. Фрумкина РАН провели ряд экспериментов. На первом этапе они получили порошки HKUST-1 с помощью трех различных способов — облучением реакционной смеси микроволнами (HKUST-1mw), методом сольвотермального синтеза (HKUST-1solv1) и по оригинальной сольвотермальной методике с применением смеси диметилформамида с водой (HKUST-1solv2). Для всех образцов ученые провели ряд исследований и экспериментов<sup>42</sup>.

### ➤ **Новая технология печати изображений**

Исследователи из Университета ИТМО разработали технологию струйной печати, позволяющую наносить уникальные цветные изображения, увидеть которые можно через экран смартфона. Новая технология поможет защитить производителей от подделок их товаров.

Ученым удалось получить невидимые невооруженным глазом изображения, состоящие из организованных наноструктур высокого разрешения. Это стало возможным благодаря созданию специальных коллоидных чернил на основе наноразмерных частиц целлюлозы, способных особым образом располагаться на поверхности.

«Рынок полиграфических материалов, которые могут защищать изделия от контрафактной продукции, растет в геометрической прогрессии. Для этих целей применяются различные QR-коды, специальные информационные сигналы, но хотелось бы иметь более доступные для производителей методы, без привлечения больших инвестиций. Использование методов струйной печати для защиты от фальсификации может значительно упростить процесс запуска производства упаковочной продукции, однако это требует серьезной многолетней проработки химического состава чернил», — рассказывает один из авторов работы, директор химико-биологического кластера Университета ИТМО Александр Виноградов.

Если при обычном нанесении наночастицы распределяются хаотично, то при особом режиме струйной печати формируется наноархитектура из частиц, строго параллельных друг другу. Подобранный толщина покрытий, сформированная при осаждении чернил, приводит к возникновению необходимых оптических эффектов, которые можно наблюдать в поляризованном свете. Так, цветной оптический отклик напечатанного рисунка можно увидеть через экран смартфона или любого другого жидкокристаллического экрана.

Таким образом можно напечатать любое полноцветное прозрачное изображение — цифру, букву или какой-то рисунок, логотип. Потенциально такие «водяные» знаки можно

---

<sup>42</sup> <https://www.mdpi.com/1420-3049/25/11/2648>

использовать на товарах, банкнотах, билетах и других объектах, нуждающихся в защите производителя<sup>43</sup>.

### ➤ **Метод дистанционной оценки состояния растений**

Растения довольно чувствительны к условиям окружающей среды. Данные условия постоянно меняются, и зачастую сложно предугадать, каким образом они повлияют на культуры. Визуальное наблюдение за состоянием растений не всегда продуктивно, ведь внутри него также могут происходить незаметные глазу патологические процессы.

Чтобы анализировать состояние растений на расстоянии, российские ученые из НИ Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского предложили новую методику. Созданный ими метод позволяет продиагностировать стрессовый фотосинтетический ответ растений на воздействие неблагоприятных факторов. Уникальность этого подхода заключается в том, что с его помощью можно выявить проблемы на ранних стадиях — раньше, чем это сможет сделать человек.

Ученые создали и успешно протестировали дистанционную систему измерения и визуализации состояния растений. Внешне она представляет собой две цифровые камеры с синхронизацией, на которых установлены интерференционные фильтры.

Эта разработка поможет выявлять как на больших открытых пространствах, так и в теплицах засушливые участки земли. Также она может определять, каких соединений недостает растениям, и замечать ранние признаки болезней. Сегодня уже готов стационарный вариант прототипа, в ближайшем будущем появится передвижная система. Исследователи планируют ввести разработку в работу агропромышленных предприятий и сельскохозяйственных структур<sup>44</sup>.

---

<sup>43</sup> <https://news.itmo.ru/ru/science/>

<sup>44</sup> <https://www.mdpi.com/2072-4292/11/7/810>



## Раздел «Энергетика»

### ➤ Новая конструкция проточных батарей

Ученые из РХТУ им. Д.И. Менделеева, ИПХФ РАН совместно с коллегами из других институтов предложили новую конструкцию проточных батарей, которая упростит и удешевит исследования и поможет полностью раскрыть потенциал новой технологии.

Проточные батареи называют аккумуляторами будущего. В гальванических элементах этого типа электричество запасается в виде химической энергии растворов-электролитов.

В 2020 году в Китае планируют запустить самый большой в мире комплекс аккумуляторных батарей емкостью 800 мегаватт-час. Примерно столько энергии за год потребляет дом на 200 квартир. Состоять этот комплекс будет не из привычных литий-ионных или свинцово-кислотных аккумуляторов, а из проточных редокс-батарей.

Основные элементы этих батарей — две емкости, в которых хранятся электролиты, и мембранно-электродный блок (МЭБ) — в него растворы подаются насосами и там вступают в электрохимические реакции, обеспечивающие зарядку и разрядку аккумулятора.

Российские ученые из РХТУ им. Д.И. Менделеева, ИПХФ РАН, ИФХЭ РАН и МГУ им. М. В. Ломоносова предложили новую, более простую и дешевую, и при этом не менее эффективную конструкцию проточных батарей.

"Проточные батареи, с одной стороны, уже активно внедряют в энергосети Китая, Германии и других стран, а с другой стороны, их продолжают разрабатывать и дорабатывать в лабораториях", — приводятся в пресс-релизе РХТУ слова одного из авторов работы, сотрудника ЦК НТИ ИПХФ РАН Дмитрия Конева. — Мы предложили совершенно новую конструкцию ячейки МЭБ, которая облегчит труд исследователя и сильно снизит порог входа новых научных групп в эту область. В перспективе это позволит добиться существенного прогресса и выведет распределенную энергетику из кулуарных решений на самый высокий уровень коммерциализации, в том числе и в России".

Важная часть МЭБ — это пластины проточных полей, то есть слой сэндвича, по которым электролиты поступают к электродам, где окисляются или восстанавливаются. От того насколько хорошо организованы проточные поля, сильно зависят характеристики батареи: ее мощность и КПД. Поэтому исследователи часто подбирают разные типы полей, чтобы оптимизировать работу батарей, но это очень трудоемкая задача: проточные поля фрезеруют в твердых графитовых пластинках, что занимает много времени. Российские исследователи предложили другой подход.

"Мы формируем проточные поля с помощью нескольких тонких слоев углеродных материалов: в них лазером вырезаются нужные рисунки, а потом эти слои накладываются друг на друга, чтобы получилась требуемое поле — общую объемную картину, — рассказывает первый автор работы, сотрудник РХТУ Роман Пичугов. — Так процедура



создания проточного поля занимает считанные минуты. Плюс используются более дешевые материалы, а в результате у исследователей получается даже больший простор для вариации и подбора проточных полей".

Проточные батареи могут работать с разными электролитами. Самые распространенные — ванадиевые электролиты, то есть растворы солей ванадия. Именно на них испытали свою конструкцию ячейки российские ученые. Они перебирали различные типы проточных полей, а также варьировали скорость подачи электролита и получили результаты, которые по качеству не уступают лучшим мировыми аналогам, а по ряду параметров, например, мощности, даже превосходят их.

Сейчас ученые ведут разработку промышленного прототипа ванадиевой проточной батареи на основе предложенной идеи<sup>45</sup>.

### ➤ **Нанодвигатель на воде**

Испарение и конденсация воды — мощные процессы, энергия которых пока никак не используется. Ученые из Центра перспективных научных исследований Университета города Нью-Йорк вместе с шотландскими коллегами собрали из простых биомолекул — трипептидов, материал, кристаллы которого расширяются и сжимаются в ответ на изменения влажности. Авторы предлагают, что механическую энергию, можно использовать в различных молекулярных машинах и устройствах.

Материал состоит из трехмерных блоков пептидов, в наноразмерных порах которых плотно связывается вода. Когда влажность понижается и достигает критического значения, вода выходит из пор, что приводит к сильному сжатию взаимосвязанной сети. Кристаллы при этом временно теряют свой упорядоченный узор, а когда влажность восстанавливается, возвращаются в первоначальную форму<sup>46</sup>.

Такое жесткое и одновременно гибкое поведение кристаллов трипептидов объясняется тем, что их структура напоминает сетку, ячейки-поры которой заполнены водой. При этом процесс заполнения и осушения пор можно повторять до бесконечности — это своего рода наноразмерный вечный двигатель, чрезвычайно эффективный и экологически чистый.

Важной особенностью нового материала авторы считают то, что морфогенные кристаллы производят из тех же «строительных блоков», из которых состоят белки, но их свойства можно точно настроить и рационально оптимизировать для каждого конкретного случая.

Авторы подчеркивают, что, зная механизм эффективного извлечения энергии испарения и превращения ее в движение, можно в будущем разработать самые разные открытия, такие как роботизированные наноконплексы, механические микро- и наномашин<sup>47</sup>.

---

<sup>45</sup><https://muctr.ru/news/obrazovanie-i-nauka/vse-techet-vse-zaryazhaetsya-rossiyskie-khimiki-predlozhili-novuyu-konstruktsiyu-protocnykh-batarey/>

<sup>46</sup> <https://www.nature.com/articles/s41563-020-0799-0>

<sup>47</sup> <https://ria.ru/20200914/nanodvigatel-1577227375.html>

### ➤ **Новый тип солнечных батарей**

Смартфоны прочно вошли в нашу жизнь, и их используют буквально для всего: звонки, социальные сети, карты и навигация, интернет-покупки, прослушивание музыки, просмотр видео и прочее. При возрастающем функционале устройства, емкость его аккумулятора до сих пор остается довольно ограниченной — именно поэтому носить с собой зарядку и power bank стало привычным делом.

Немного больше повезло тем людям, кто живет в солнечных регионах: они могут использовать для зарядки специальные чехлы с солнечными кремниевыми элементами. Однако без прямого солнечного света такие аккумуляторы почти бесполезны.

Молодые ученые НИТУ «МИСиС» нашли способ решить проблему беспроводной зарядки смартфонов — они разработали солнечные батареи, которые способны поглощать даже тусклый рассеянный свет от офисных ламп. Вместо кремния используются перовскиты — их коэффициент поглощения в 2 раза выше, чем у аналогов, представленных на рынке.

«Для питания Wi-Fi транслятора будет нужно всего лишь 5см<sup>2</sup> перовскитных солнечных элементов, а для Bluetooth-передачи — 12см<sup>2</sup> при тусклом офисном освещении. Кроме того, технология позволяет печатать солнечные батареи на принтерах без дорогих производственных процессов и снизить стоимость по сравнению с аналогами на 50%», — рассказывает руководитель разработки, инженер лаборатории перспективной солнечной энергетики НИТУ «МИСиС» Данила Саранин.

На сегодняшний день, ученые полностью разработали модульный ряд батарей на стекле и пластиках, следующий этап — это сертифицирование и выход на пилотные проекты.

В конечном итоге команда проекта планирует создать продукт, который позволит полностью отказаться от проводов и розеток<sup>48</sup>.

### ➤ **Новый фотокатализатор для водородного топлива**

В связи с возникающими по всему миру экологическими проблемами исследователи ищут способы создания экологически чистых источников энергии. Один из методов заключается в получении водородного топлива с помощью солнечной энергии. В этом способе солнечная энергия используется для расщепления молекул воды на водород и кислород.

Чтобы такой процесс можно было осуществить, необходим катализатор — соединение, которое могло бы под действием солнечного света инициировать процесс расщепления воды. Однако до сих пор ученым не удалось найти достаточно эффективные, долговечные и недорогие фотокатализаторы, пригодные для этой цели.

Российские и саудовские исследователи предложили использовать для этой цели разработанный ими металлоорганический каркас (МОК). Эти соединения состоят из ионов металла, соединенных между собой органическими группами. Достоинство такой группы

---

<sup>48</sup> <https://misis.ru/science/achievements/2020-08/6881/>

материалов в том, что их составляющие — металл и органические линкеры — можно варьировать в широких пределах и получать огромное количество новых соединений.

Исследователи взяли за основу ионы титана, соединив их между собой с помощью линкера - 4,4',4'',4''' (пирен-1,3,6,8-тетраил)-тетрабензойной кислоты. Исследователи показали, что титан в активированном светом МОК имел идеальные энергетические уровни для фотокаталитического расщепления воды. Органическая часть МОК выполняла функцию своего рода антенны, собиравшей свет и передававшей эту энергию металлу, который использовал ее для катализа реакции расщепления.

Хотя скорость выделения водорода при использовании нового МОК была довольно небольшой по сравнению с некоторыми неорганическими полупроводниками, его производительность находится на уровне лучших титановых МОК. Теперь исследователи планируют модифицировать материал таким образом, чтобы увеличить скорость выделения водорода при его использовании<sup>49</sup>.

### ➤ **Новый способ добычи высоковязкой нефти**

В последнее время в России растет доля трудноизвлекаемых запасов нефти. Эти запасы в основном представлены высоковязкими углеводородами или запасами в низкопроницаемых коллекторах. Как правило, чтобы добывать нефть таким способом, специалисты применяют тепловые и химические методы, чаще всего комбинируя их друг с другом. Однако нередко тепловые методы оказываются единственными действенными. Но при повышении температуры есть высокий риск повреждения пласта, из которого добывается нефть.

Исследователи из Самарского государственного технического университета совместно с российскими и саудовскими коллегами разработали технологию скважины с дуальной системой стволов, которая поможет этого избежать. «Через один ствол этой скважины пласт будет прогреваться, а через другой будет происходить добыча нефти, — рассказывает один из авторов работы, аспирант СамГТУ Сергей Губанов. — Наша технология позволит существенно ускорить извлечение "трудной" нефти и снизить финансовые затраты на строительство традиционных скважин».

---

<sup>49</sup>[https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/anie.202000158?fbclid=IwAR2pJmnKT0KER1ijvtZi42AukHbbLwN\\_Ck96jA90uGEq18VMsBh9Kai89y4](https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/anie.202000158?fbclid=IwAR2pJmnKT0KER1ijvtZi42AukHbbLwN_Ck96jA90uGEq18VMsBh9Kai89y4)



## Раздел «Электроника будущего»

### ➤ Новый способ нанесения электропроводящего полимера

Ученые РХТУ им. Д.И. Менделеева вместе с российскими и греческими коллегами научились синтезировать перспективный проводящий полимер полианилин локально на поверхности частиц силикагеля.

Полианилин — один из самых популярных полимеров молекулярной электроники. Из него можно изготавливать транзисторы, суперконденсаторы, покрытия для электростимуляции роста биологических тканей и другие устройства, он также он перспективен для адресной доставки лекарств и терапии онкозаболеваний.

Однако работать с полианилином не просто. Он плохо растворим в большинстве растворителей, не плавок и в чистом виде представляет собой порошок, из которого сложно изготовить нужное изделие. Лучший выход — нанесение полианилина на подложки. Так, с помощью электрополимеризации полианилиновые покрытия можно получить на поверхности электропроводящих материалов, но в случае непроводящих подложек этот метод недоступен.

Вместо этого проводят химическую полимеризацию: непроводящую подложку вносят в раствор мономера анилина и добавляют в эту смесь окислитель. Постепенно на поверхности образуется пленка полимера, но параллельно с этим в объеме раствора также появляются нерастворимые полимерные гранулы, которые оседают на подложку, затрудняя контроль свойств и морфологии покрытия. Последнее становится неоднородным, в нем появляются дефекты, что негативно влияет на его свойства.

В новом исследовании использовали другой подход. «Мы локализовали реакционную зону непосредственно на поверхности подложки и провели на ней полимеризацию, — рассказывает один из авторов работы, профессор РХТУ, Ярослав Межуев. — Для этого мы взяли частицы силикагеля, осадили на них нерастворимый окислитель, а дальше привели их в контакт с раствором анилина: на поверхности частиц пошла полимеризация, а в объеме, где не было окислителя, процесс был подавлен. И так был разработан интересный метод, перспективный для адресного формирования полианилиновых слоев и контроля их свойств».

В дополнительных экспериментах ученые изучили процесс в деталях. Так, с помощью метода электронного парамагнитного резонанса отслеживалась кинетика протекающих реакций, и было доказано, что полимеризация идет только на границе раздела твердого носителя (силикагеля) и жидкого раствора мономера. Кроме того, предполагается, что процесс протекает преимущественно в порах носителя маленького размера<sup>50</sup>.

---

<sup>50</sup> <http://tiny.cc/polianilin>

### ➤ **Новый миниатюрный экоробот**

Ученые из Нидерландов создали микроробота, который может работать в воде и очищать ее от загрязнений — в том числе, от микропластика. Устройство полностью «зеленое», оно не выбрасывает вредные вещества в окружающую среду.

Исследователи Эйндховенского технологического университета представили крошечного робота, который движется под действием света. Он может притягивать и улавливать частицы загрязняющих веществ из окружающей жидкости, в том числе и пластиковые микрочастицы.

Ученые вдохновились устройством коралловых полипов — маленьких существ с щупальцами, из которых состоят кораллы в океане. В первую очередь их восхитила способность взаимодействовать с окружающей средой, используя морские течения. Стержни полипов постоянно совершают специфические движения, которые притягивают частицы пищи.

Беспроводной искусственный полип размером 1 на 1 см оснастили стеблем, который реагирует на гравитацию и свет. Из-за этих факторов робот двигает щупальцами и собирает мелкий мусор вокруг себя.

Дополнительным преимуществом устройства является то, что он работает независимо от состава окружающей жидкости. Это уникальное свойство, потому что главный материал в роботе — гидрогель — чувствителен к среде. Однако инженеры смогли обработать его так, чтобы материал мог вести себя одинаково в воде разной степени загрязнения или солености. Эффективность робота при этом не меняется<sup>51</sup>.

### ➤ **Более дешевые сверхтвердые материалы**

Карбид вольфрама — сверхтвердый материал, широко применяемый при изготовлении инструментов для бурения, сверления и других износостойких деталей.

Ученым Томского политехнического университета (ТПУ) удалось создать новый электродуговой метод синтеза нанопорошка из карбида вольфрама. По словам авторов, их способ позволяет существенно улучшить технологию производства — новая система проще, компактнее и дешевле, а также экономнее и надежнее аналогов.

"Благодаря использованию графитных электродов специальной формы при генерации электродуговой плазмы мы смогли добиться образования автономной самоизолирующейся газовой среды без использования вакуумной камеры. Это существенно облегчает процесс и в несколько раз снижает энергозатраты", — объяснил научный сотрудник Научно-исследовательского центра "Экоэнергетика 4.0" ТПУ Александр Пак.

Еще одно преимущество методики — возможность использования в качестве исходных материалов синтеза изношенных буров, отработанных деталей резцов и других отходов, содержащих карбид вольфрама, подчеркнули авторы. По их словам, прямых аналогов этой технологии, сопоставимых по эффективности и экономичности, сегодня нет.

---

<sup>51</sup> <https://www.pnas.org/>

Новый метод, как объяснили авторы исследования, применим также для синтеза и эффективной переработки других сверхтвердых тугоплавких материалов — таких как карбид титана, карбид кремния или карбид бора.

В дальнейшем коллектив ученых ТПУ планирует оптимизировать технологию для практического внедрения, а также расширить список отходов, которые можно утилизировать по новой методике<sup>52</sup>.

### ➤ **Новый способ создания оптоэлектронных устройств**

С каждым годом во всем мире возрастает скорость передачи данных и их количество. Для увеличения этой скорости ученым необходимо создать методы более эффективного преобразования информации в оптические сигналы. Такие методы преобразования найдут применение в технологиях оптоволоконного интернета. В них преобразование оптических сигналов в электрические выполняет фотоприемник.

Двумерные материалы одни из самых перспективных для создания фотоприемников. Благодаря их сильному поглощению в определенном диапазоне длин волн разработка фотоприемника на их основе позволила бы улучшить процесс фотопреобразования и, следовательно, повысить эффективность передачи данных в сети. Однако двумерные полупроводники, такие как материалы на основе дихалькогенидов переходных металлов, до сих пор не могли эффективно работать на телекоммуникационных длинах волн из-за их большой оптической полосы пропускания и низкого поглощения.

Авторы новой работы нашли способ устранить этот недостаток. Они растянули теллурид молибдена — полупроводниковый двумерный материал — в сверхтонкую пластину и нанесли его на кремниевый фотонный волновод. Таким образом, исследователи получили фотоприемник. Затем они использовали разработанную ранее методику, чтобы изменить физические свойства системы. Ученые уменьшили полосу пропускания материала, что позволило устройству работать на длинах волн ближнего инфракрасного диапазона, в частности, на телекоммуникационной длине волны около 1550 нм.

Исследователи отметили один интересный аспект своего открытия: новые полупроводниковые двумерные материалы могут деформироваться значительно лучше их объемных аналогов. Ученые также отмечают, что новые двумерные фотоприемники на основе материала в 1000 раз более чувствительны по сравнению с устройствами на основе графена. Фотоприемники, обладающие такой высокой чувствительностью, найдут применение не только в системах передачи данных, но и в медицинских сенсорах и, возможно, даже в квантовых вычислительных системах<sup>53</sup>.

### ➤ **Эффективный способ синтеза медного сверхпроводника**

---

<sup>52</sup>[https://news.tpu.ru/news/2020/08/26/36613/?fbclid=IwAR29rjYrRiEvRz\\_YHyU\\_r9C9ICXrggOExgDkH2bVqXv mxvIdp7vl2kzUzYU](https://news.tpu.ru/news/2020/08/26/36613/?fbclid=IwAR29rjYrRiEvRz_YHyU_r9C9ICXrggOExgDkH2bVqXv mxvIdp7vl2kzUzYU)

<sup>53</sup> <https://www.nature.com/articles/s41566-020-0647-4>

Наночастицы оксида меди используются учеными для синтеза высокотемпературных сверхпроводников, электролитов и высокочувствительных сенсоров благодаря их уникальным магнитным и электрическим свойствам. Наночастицы оксида меди представляют собой полупроводники с антиферромагнитным упорядочиванием. При таком упорядочении магнитные моменты соседних атомов компенсируются из-за их противоположного направления.

Но если уменьшать размеры таких частиц, у них возникает ферромагнетизм при комнатной температуре, эффект обменного смещения на кривой намагничивания и изменение температуры антиферромагнитного упорядочивания. Частицы оксида меди синтезируют в плазмохимическом реакторе. При повышении давления газа в реакторе процесс синтеза ускоряется. Изменение условий синтеза позволяет регулировать размер частиц. Таким образом их можно уменьшить вплоть до 40 нанометров. Российские ученые в новом исследовании проанализировали свойства наночастиц, которые получили при различном давлении.

В результате химикам удалось получить две группы частиц — при давлении в 0,0004 и 0,002 атмосферы. При самом маленьком давлении исследователям удалось добиться размера частиц от 15 до 60 нанометров. При этом их магнитные свойства практически не отличались от свойств объемного материала. Когда авторы увеличили давление размеры медных наночастиц незначительно уменьшились до диапазона от 15 до 45 нанометров. При этом физические свойства оксида меди сильно изменились. Он приобрел магнитную твердость, то есть долго сохранял свою намагниченность<sup>54</sup>.

---

<sup>54</sup> <https://link.springer.com/article/10.1007/s11837-020-04221-5>

## Тема номера

### «Первый в стране химический цифровой завод»

Студенты факультета информационных компьютерных технологий Российского химико-технологического университета имени Менделеева создали первый в стране химический цифровой завод.

Благодаря проекту будущие пользователи смогут побывать на заводе в виртуальной реальности и изучить все приспособления и технику, которая в нем находится. По словам аспиранта кафедры информационных компьютерных технологий Максима Пысина, который занимается архитектурной проработкой и написанием кода программы, использовать цифровой химзавод можно будет по многим направлениям.

«Есть такое понятие - цифровой двойник. Наш завод как раз можно причислить к ним. Это своего рода попытка взять какой-либо физический объект и переложить его на компьютерную модель. В дальнейшем ее можно использовать для улучшения и прогнозирования показателей его работы. Сейчас такие цифровые двойники приобретают популярность при проектировании заводов еще до их строительства» — поделился Максим.

На основе цифрового завода можно определить, как обустроить будущее предприятие и как в дальнейшем оно будет работать. «Важнейшим преимуществом является то, что данный завод можно использовать и в образовательных целях. Многие студенты химических вузов практически не бывают на реальных заводах во время обучения. Мы хотим предоставить студентам возможность побывать на заводе для лучшего понимания профессии, пусть и в виртуальной реальности, — заявил один из создателей проекта.

На сегодняшний день завод находится на финальном этапе разработки и будет полностью реализован к концу года<sup>55</sup>.

---

<sup>55</sup> <https://vm.ru/science/818075-studenty-razrabotali-pervyj-cifrovoj-himicheskij-zavod>