

# ДАЙДЖЕСТ ОТКРЫТИЙ УМНОЙ ХИМИИ

АКСЕЛЕРАТОР "MENDELEEV"

ЯНВАРЬ - ИЮНЬ 2021



## Конкурсный отбор инновационных эко-проектов «ecoINNOVATOR MENDELEEV»

Приглашаем к участию в конкурсе инновационных стартап-проектов в области биотехнологии, экологии и устойчивого развития.

*К участию в конкурсе приглашаются проекты, представленные в виде:*

- проекта с готовым MVP (предпочтение отдаётся продуктам, разработанным с учётом полного жизненного цикла);
- технологии на уровне готовности не ниже 5-6 TRL (готовая лабораторная/пилотная установка, испытательный стенд, конструкторская документация);
- социального/некоммерческого решения в области образования, просвещения, популяризации осознанного обращения с ресурсами и утилизации отходов.

*Тематические направления проектов:*

- Чистая вода
- Чистый воздух
- Комфортная городская среда
- Переработка пластика и композитов

Победители Конкурса получают уникальную возможность пройти акселерационную программу Акселератора Mendeleev по персональному треку. Команда Акселератора Mendeleev поможет усовершенствовать разработанные командами инновационные продукты или технологии, а также наладить эффективное взаимодействие проектов с промышленными компаниями из числа индустриальных партнёров кластера «Зелёная Москва». Генеральным партнёром конкурса является Владимирский химический завод (ВХЗ), который готов предоставить для проектов-победителей возможность реализации и масштабирования продуктов и решений на своей индустриальной площадке. Также для победителей конкурса предусмотрены денежные призы от имени генерального партнёра.

*Принять участие* в конкурсе могут команды молодых учёных, сотрудников ведущих университетов и научно-исследовательских институтов страны в составе от двух до семи человек, а также уже созданные и стремительно развивающиеся инновационные стартапы в области биотехнологии, экологии и устойчивого развития.

Для участия необходимо подать заявку в срок до 30 сентября.

Более подробная информация на странице конкурса: <https://mendeleev.vc/ecoInn>

## Оглавление

|   |    |
|---|----|
| Раздел «Инновационная медицина».....                        | 4  |
| Раздел «Биотехнологии».....                                 | 22 |
| Раздел «Экология».....                                      | 24 |
| Раздел «Технологии для повышения качества жизни» .....      | 30 |
| Раздел «Энергетика».....                                    | 41 |
| Раздел «Технологии для развития инфраструктуры города»..... | 46 |
| Раздел «Электроника будущего» .....                         | 55 |





## Раздел «Инновационная медицина»

### ➤ Уникальный материал для протезов

На поверхности разных имплантатов могут поселиться бактерии, которые провоцируют инфекции. Так, примерно у 2–3% пациентов с протезами сердечных клапанов развивается бактериальное воспаление, называемое эндокардитом. Есть разные способы остановить инфекцию: прием антибиотиков, хирургическое вмешательство, модификация поверхности протезов частицами серебра с выраженным антибактериальным эффектом. Один из самых перспективных среди них — это создание протезного материала с иммобилизованным, то есть встроенным, на его поверхность антибиотиком. А в идеальном случае антибиотик должен выходить из материала только в присутствии инфекции — так он, с одной стороны, не закончится слишком быстро, а с другой — не спровоцирует побочные токсические эффекты.

«Мы иммобилизовали антибиотик широкого спектра действия амикацин на полисахариде под названием декстран, а потом на основе этого материала сделали биокомпозит, — рассказывает первый автор работы, профессор РХТУ Валерий Дятлов — У человека нет декстраназы — фермента, разлагающего декстран, но зато его производят бактерии. Поэтому, как только они атакуют биокомпозит, их ферменты начинают его разлагать, и из композита выходят химические соединения амикацина, которые тоже, как и чистый амикацин, обладают выраженным антибактериальным действием. Так мы разработали материал, который способен в ответ на бактериальную атаку точно высвободить антибиотик».

Для создания биокомпозитов ученые использовали два ксеноматериала — так называют клеточные матрицы, полученные после химической обработки живых тканей. В этой работе применяли ксеноматериалы на основе перикарда (ткань наружной оболочки сердца) и глиссоновой капсулы (ткань оболочки печени), которые уже давно используют в медицине для создания протезов.

«Оказалось, что быстрота ответа на бактериальную атаку определяется скоростью диффузии продуктов гидролиза модифицированного амикацином декстрана, то есть прошла реакция где-то в глубине ксеноматериала, выделились гликозиды амикацина, а дальше они должны дойти до поверхности, и скорость этого процесса определяет общую скорость выделения антибиотика, — рассказывает заведующий кафедрой биоматериалов РХТУ и один из авторов работы, профессор Михаил Штильман. — Если эта стадия лимитирующая, то получается, что скорость выделения антибиотика определяется толщиной слоя геля, пропитавшего ксеноматериал. Если хочется, чтобы вещество выделялось медленно и имплантат выдержал много бактериальных атак, то делаешь биокомпозит толще. А если врачи уверены, что рассчитывать на серию атак не надо, тогда делаешь композит тоньше, из которого выделение антибиотика будет более резкое и с большой скоростью».

Таким образом, ученые не только разработали материал с регулируемыми антибактериальными свойствами, но и нашли способ управлять интенсивностью этого эффекта. Теперь они планируют продолжить эксперименты с другими ксенотканями, а

разработанный материал, по оценкам исследователей, будет полезен для создания новых имплантатов, устойчивых к антибактериальным инфекциям<sup>1</sup>.

### ➤ **Стеклянные микрошарики для терапии онкологических заболеваний**

В эфире телеканала «Россия 24» заведующий кафедрой стекла и ситаллов Владимир Сигаев вместе с сотрудниками кафедры, рассказал о технологии получения стеклянных микрошариков, которые используются в терапии онкологических заболеваний.

В основе метода лежит «доставка» радиоактивного изотопа Y-90 к опухоли и закупорка питающих ее сосудов. Иттрий входит в состав стекла шариков. После их облучения тепловыми нейтронами иттрий переходит из стабильного в радиоактивный изотоп, при этом не покидая матрицу стекла. Таким образом, удаётся безопасно доставить изотоп к опухоли.

На сегодняшний день РХТУ им. Д.И. Менделеева является единственным в России производителем стеклянных микрошариков с иттрием, обеспечивая потребности нашей страны в этом препарате<sup>2</sup>.

### ➤ **Новое лекарство от эпилепсии**

Ученые ищут пути создания препаратов с новыми механизмами противоэпилептического действия, так как применяемые сегодня лекарства часто оказываются недостаточно эффективными, имеют серьезные побочные явления, в том числе снижают внимание, память, мышление. Сотрудники Института биохимической физики им. Н.М. Эмануэля (ИБХФ РАН) синтезировали новый фенольный антиоксидант фенозан, обладающий противоэпилептическими свойствами.

В ходе исследований, проведенных ИБХФ РАН, было установлено, что процессы возбуждения в центральной нервной системе, ведущие к развитию эпилептиформных припадков, сопровождаются усилением свободно-радикального окисления и изменением состава липидов клеточных мембран головного мозга. Антиоксиданты, тормозя процессы окисления липидов и нормализуя структуру и свойства нейрональных мембран, могут нормализовать процессы возбуждения и торможения в центральной нервной системе при эпилепсии. Такой эффект оказывает синтезированный в ИБХФ РАН новый фенольный антиоксидант фенозан.

При изучении моделей экспериментальной эпилепсии крыс ученые установили, что фенозан обладает противосудорожной активностью. Он снижает интенсивность судорожных припадков и предупреждает кровоизлияния в мозг. Кроме этого, обнаружено, что фенозан, в отличие от других антиконвульсантов, обладает также ноотропным эффектом, то есть положительно влияет на рассудочную деятельность мозга.

Во время клинических испытаний также было установлено, что у больных эпилепсией фенозан предупреждает развитие судорожных припадков, устраняет эпилептиформную активность, уменьшает энцефалопатические нарушения, расстройства

---

<sup>1</sup> <https://www.kommersant.ru/doc/4692357>

<sup>2</sup> <https://youtu.be/8bhT0U4HeN8>

памяти, улучшает когнитивные функции и имеет более благоприятный профиль безопасности по сравнению со стандартными антиконвульсантами.

Минздравом РФ созданный препарат разрешен для медицинского применения и внесен в Государственный реестр лекарственных средств РФ<sup>3</sup>.

### ➤ Новая модель для ускоренной разработки лекарств

Разработка лекарственных препаратов - очень дорогой и долгий процесс. Он занимает в среднем 10-13 лет, а его стоимость достигает нескольких миллиардов долларов. Разработка делится на несколько этапов. Одним из наиболее важных этапов является поиск новой молекулы, способной воздействовать на белок-мишень. Это чрезвычайно сложная задача, так как количество всех химически возможных молекул огромно и составляет, по разным оценкам, от 10<sup>23</sup> до 10<sup>60</sup>. К настоящему моменту синтезировано только 108 молекул. Для поиска новых структур практически всегда используют компьютерные методы.

Сотрудники физического факультета МГУ создали новую модель для ускоренной разработки лекарств. Модель генерирует 90% химически валидных лекарственных соединений, способных связываться с заданным белком, используя лишь его аминокислотную последовательность в качестве входных данных.

«Мы использовали глубокую нейронную сеть "Трансформер". Эту архитектуру придумали исследователи из Google Brains в 2017 году для обработки естественного языка. Трансформер состоит из энкодера и декодера. Энкодер отображает входную последовательность символов в некоторый вектор. Затем декодер посимвольно генерирует на выходе последовательность, используя этот вектор. Одной из важнейших особенностей "Трансформера" являются self attention-слои. Self attention – это механизм внимания, который устанавливает связи между различными участками одной и той же последовательности и на основании этой информации строит ее представление. В нашей задаче в качестве слоев мы рассматриваем аминокислоты и отдельные символы строкового представления молекулы (SMILES)», – рассказала сотрудник кафедры биофизики физического факультета МГУ Дарья Гричишникова.

Разработанная модель может существенно ускорить и упростить процесс разработки лекарств. Она позволит быстро и эффективно создавать молекулы, способные взаимодействовать с конкретным белком. Опубликованные ранее модели требуют данные об известных молекулах, связывающихся с белком, или информацию о его трехмерной структуре. Однако для новых белков-мишеней для получения такой информации необходимо привлекать дополнительные методы.

«Так, например, для новых белков, таких как вирусные белки SARS-CoV-2, вызывающие инфекционное заболевание COVID-19, данные по аффинности связывания с какими-либо соединениями отсутствовали. В таком случае, скорее всего, не удастся применить подходы, использующие дообучение модели на связывающихся с белком молекулах. Подходы, основанные на структуре белка, также могут быть не применимы, так как для некоторых белков определение трехмерной структуры затруднено или даже невозможно. Предложенная модель требует лишь знания аминокислотной

---

<sup>3</sup> [https://minobrnauki.gov.ru/press-center/news/?ELEMENT\\_ID=31034](https://minobrnauki.gov.ru/press-center/news/?ELEMENT_ID=31034)

последовательности белка, что значительно упрощает задачу поиска молекул», – добавила Дарья Гречишникова <sup>4</sup>.

### ➤ **Концепция создания электроустройств для искусственных органов**

Ученые по всему миру работают над тем, чтобы создавать искусственные внутренние органы. Это поможет людям, страдающим тяжелыми заболеваниями, не ждать донорских почек или сердца. В прошлом году было объявлено, что сибирские ученые предложили создания искусственной печени.

Однако для того, чтобы начать производить такие органы массово, ученым необходимо решить несколько важных проблем. Одна из них — управление органами. Мало просто «научить» искусственный орган выполнять прямую свою функцию. Его также надо «подключить» к нервной системе.

«Наши внутренние органы управляются электрическими импульсами, и, соответственно, для создания их заменителей необходимы электронные устройства, которые бы считывали эти импульсы, — рассказывает сотрудник НОЦ Инфохимии Университета ИТМО Артемий Иванов. — Однако современная электроника в основном кремниевая. Она твердая и хрупкая, ее нельзя поместить внутрь тела. Нужны материалы, которые по своим электронным характеристикам были бы оптимальны и при этом по механическим свойствам приближались бы к человеческому телу. То есть были бы мягкими и гибкими».

Для создания гибкой электроники сейчас применяются разные материалы: проводящие полимеры, наночастицы, гидрогели и жидкие металлы. Именно на последних двух материалах решили сосредоточиться сотрудники НОЦ Инфохимии ИТМО, чтобы создать прототип электронного устройства нового поколения. В качестве жидкого металла исследователи использовали эвтектический сплав двух металлов — индия и галлия.

Само устройство представляет собой две капли сплава и кусочек гидрогеля, в котором находятся проводящие полиэлектролиты.

Сейчас ученые продемонстрировали работоспособность своей схемы в пробирке. Теперь им предстоит искать инженерное оформление своей разработки, чтобы ее можно было использовать при создании искусственных органов.

Авторы работы также добавляют, что биомедицинское применение — хотя и основное, но не единственное. Также систему можно применять в различных гибких электронных устройствах, где не используются очень большие токи. Отдельные возможности дает получение мемристора — электрического компонента, который способен запоминать свое сопротивление.

«Мемристоры — это такой компонент, который может запоминать свое сопротивление, фактически на нем можно записывать информацию путем пропускания тока. Это достаточно ценный компонент. Собрать каскад гелевых элементов, можно собрать физическую имплементацию нейросети в водном растворе, создавать искусственные нейроны», — заключает Артемий Иванов <sup>5</sup>.

---

<sup>4</sup> [https://www.msu.ru/science/main\\_themes/fiziki-mgu-razrabotali-novuyu-model-dlya-uskorennoy-razrabotki-lekarstv.html](https://www.msu.ru/science/main_themes/fiziki-mgu-razrabotali-novuyu-model-dlya-uskorennoy-razrabotki-lekarstv.html)

<sup>5</sup> [https://news.itmo.ru/ru/science/life\\_science/news/10155/](https://news.itmo.ru/ru/science/life_science/news/10155/)

## ➤ **Инновационный способ диагностики инфекционных заболеваний**

Ученых Российско-Американского противоракового центра Алтайского государственного университета и кафедры физико-химической биологии и биотехнологии Института биологии и биотехнологии АлтГУ под руководством академика РАН Ольги Ивановны Лаврик разработали новый способ диагностики инфекционных заболеваний.

Работа под названием «Доменное сканирование: комбинаторная серологическая диагностика инфекционных заболеваний с использованием машинного обучения» посвящена совместному исследованию ученых АлтГУ с коллегами из университета Тель-Авива (Израиль) и института Макса Планка (Германии), которое позволило сформировать серодиагностический подход, основанный на использовании фаговых пептидных библиотек.

В основе подхода, получившего название «доменное сканирование» (Domain-Scan), лежит использование методов высокопроизводительного секвенирования (NGS) в сочетании с методами машинного обучения. Благодаря этому ученым удалось одновременно изучить связывание антител сывороток крови с десятками эпитопов, то есть частями макромолекул вирусов, например, таких, как ВИЧ-1 и HCV (вирусный гепатит С). Когда разработанный метод был использован для классификации неизвестных сывороток, он не только обеспечил точную классификацию, но и позволил определить профиль эпитопной специфичности.

«Разработанный нами подход действительно прорывной. И дело даже не в модных ныне методах машинного обучения и секвенирования нового поколения. Дело в том, что этот метод позволяет одновременно получать информацию о спектре эпитопов, с которым взаимодействуют антитела из сывороток крови больных. Этот метод очень сильно похож на чиповые методы, которые наш коллектив развивает совместно со Стефаном Джонстоном из Аризонского университета, но, на мой взгляд, он более открыт и доступен для большего числа исследователей», — отметил ведущий научный сотрудник Российско-американского противоракового центра АлтГУ, к.б.н. Дмитрий Николаевич Щербаков.

Разработанный подход является универсальным и может быть адаптирован к другим патогенам при условии предоставления достаточных обучающих выборок <sup>6</sup>.

## ➤ **Экцимерные лампы для борьбы с COVID-19**

Эксилампы – это источники излучения на переходах эксимерных и эксиплексных молекул. Изученные учеными Томска лампы на молекулах криптон-хлор (KrCl), криптон-бром (KrBr) и ксенон-бром (XeBr) по своим оптическим параметрам являются безопасной альтернативой ртутным лампам низкого давления. Эксилампы оказывают бактерицидное действие, а излучение KrCl- и KrBr-эксиламп обладает также вирулицидным (антивирусным) действием. Таким образом, одно из перспективных направлений применения ламп - их использование для инактивации микроорганизмов, то есть для подавления их жизнедеятельности, вплоть до гибели. В конце 2020 года научный центр вирусологии и биотехнологии «Вектор» Роспотребнадзора дал заключение, что рециркулятор обеспечивает инактивацию 99,9% всех вирусов и бактерий в воздухе и «рекомендован для широкого применения для обеззараживания воздуха от вирусных и

---

<sup>6</sup> <https://www.asu.ru/news/press/39948/>



бактериальных аэрозолей в бытовых помещениях и микробиологических лабораториях». В настоящее время ведется работа по получению медицинского сертификата и поставкам необходимых комплектующих. Созданные устройства могут применяться для ослабления последствий распространения новых летальных респираторных инфекций, таких как тяжелый острый респираторный синдром (SARS, 2003 г.), ближневосточный респираторный синдром (MERS, 2012 г.) и CoVID-19 (2019-2020 г.), вызываемых соответствующими коронавирусами.

Работу по изучению действия излучения эксимерных ламп на микроорганизмы начинали в ТГУ – на кафедре цитологии и генетики – в начале двухтысячных. Благодаря этим исследованиям было установлено, что по своим техническим показателям эксилампы являются перспективной системой для проведения ультрафиолетовой инактивации. На основе этого в ИСЭ СО РАН были созданы опытные образцы установок, специально предназначенных для обработки воздуха. Вся документация на опытные образцы была передана в НПО «Полюс» для постановки на производство. Сейчас продолжение работ заложено в тему «Разработка и создание эксимерных и эксиплексных ламп (эксиламп) – эффективных газоразрядных источников узкополосного спонтанного излучения в УФ и ВУФ областях спектра» на физическом факультете ТГУ» – рассказал один из авторов статьи об использовании эксиламп для борьбы с COVID-19, профессор ТГУ, доктор физико-математических наук Эдуард Соснин<sup>7</sup>.

#### ➤ Гель для восстановления кожи после травм

Коллектив лаборатории клеточных технологий и экспериментальной фармакологии Научно-исследовательского института биомедицины Алтайского государственного университета, разработал био пленку с антимикробными свойствами для восстановления кожи.

Коллектив лаборатории активно занимается исследованиями в области восстановления поврежденных тканей путем активации клеток пациента или внесения в его организм клеток, полученных в лабораторных условиях. В частности, ученые поясняют, что у человека, получившего ожоги большой поверхности тела, с уцелевшего участка кожи исследователями берется небольшой образец тканей. Из данного образца выделяются отдельные клетки, и эти клетки наращивают вне организма в лабораторных условиях в большом количестве. После этого полученный материал переносят обратно на поверхность ожога, и он восстанавливает кожу «в ускоренном режиме».

«В рамках проекта мы разработали гель-носитель для пересадки клеток кожи. Такие субстанции называются «скаффолдами» (от английского «каркас»). На сегодняшний день это одно из основных направлений развития регенеративной медицины. Мы разработали несколько скаффолдов на основе биополимеров – хитозана и коллагена. В готовом виде они представляют собой гель, в данном случае – пленку из аэрогеля, который необходимо ввести в поврежденную ткань, например просвет раны. Данные скаффолды мы усовершенствовали введением микрочастиц соединений металлов, что позволило придать им функциональные свойства, а именно синергетический противомикробный эффект, превышающий таковой у металлов и биополимеров по

---

<sup>7</sup> <https://www.tsu.ru/news/uchenye-predlozhili-ispolzovat-eksimernye-lampy-dl/?fbclid=IwAR32iYb7gkWneK66OwRrm77cdH37QHmeMfyVLu60yc3aas0sGeEsNE7438A>

отдельности, а также противогрибковую активность в отношении штаммов грибов, устойчивых к традиционному противогрибковому средству – амфотерицину. Поскольку антибиотикорезистентность является серьезным вызовом современного здравоохранения, мы можем смело говорить о серьезных перспективах применения разработанной нами композиции», — уточнил научный руководитель проекта Руслан Ильхомович Халимов.

В настоящее время ученые занимаются разработкой полноценного биомедицинского клеточного продукта на основе полученных скаффолдов и фибробластов кожи человека. Данный продукт будет исследован на лабораторных животных для оценки его эффективности в заживлении ран и ожогов. Коллектив НИИ биомедицины АлтГУ не первый год занимается исследованиями в области регенеративной медицины, и в 2019 году им был получен патент на авторскую методику моделирования ожогов у животных, который ученые планируют использовать в разработке биомедицинского клеточного продукта <sup>8</sup>.

### ➤ **Первое открытие в рамках создания препарата для иммунотерапии онкозаболеваний**

Издаваемый в Швейцарии академический научный журнал по химии «Molecules» опубликовал статью ученых Российско-Американского противоракового центра Алтайского государственного университета, посвященную исследованию в области иммунотерапии онкологических заболеваний. В авторский коллектив статьи под названием «Пептид, блокирующий взаимодействие молекулы CTLA-4 и B7-1» помимо ученых АлтГУ вошли представители Научно-исследовательского центра Кижнера ТПУ и Центра инноваций в медицине Института биодизайна Университета штата Аризона. «Мы уже на протяжении года работаем над проектом по созданию препарата для иммунотерапии онкологических заболеваний. В рамках первого этапа наших исследований был найден пептид, взаимодействующий с определенной молекулой CTLA-4, который в дальнейшем будет протестирован в экспериментах *In vitro* и *In vivo*, чтобы определить, есть ли у него иммуномодулирующие свойства, - поясняет директор Российско-Американского противоракового центра АлтГУ, д.б.н. Андрей Иванович Шаповал. – Мы надеемся, что найденный нами пептид будет стимулировать иммунный ответ и соответственно может быть использован для терапии онкологических заболеваний». Пептид, блокирующий взаимодействие молекулы CTLA-4 и B7-1, был найден учеными РАПРЦ АлтГУ в процессе использования микрочипов, полученных из Центра инноваций в медицине Института биодизайна Университета штата Аризона. Идентифицированный синтетический пептид может быть использован для разработки новых ингибиторов иммунных контрольных точек, которые смогут блокировать функциональную активность CTLA-4 для иммунотерапии рака.

«Определение иммунных контрольных точек семейства B7 открыло новые возможности для лечения рака иммунотерапией с использованием моноклональных антител (МАБ). В частности, блокада ингибиторных рецепторов (CTLA-4 и PD-1) специфическими МАБ приводит к активации Т-лимфоцитов онкологических больных и отторжению опухоли. Однако применение МАБ в клиниках имеет ряд ограничений, включая побочные эффекты и стоимость лечения. Разработка новых низкомолекулярных

---

<sup>8</sup> <https://www.asu.ru/science/news/press/40288/>

соединений, блокирующих функциональную активность иммунных контрольных точек, может помочь преодолеть некоторые из них», - поясняют в своей статье ученые<sup>9</sup>.

### ➤ **Модель 3D-принтера для печати биоразлагаемых имплантатов**

В медицине на сегодняшний день уже применяются имплантаты из титана, печатаемые на 3D-принтере. Они используются в челюстно-лицевой хирургии, травматологии, ортопедии, онкологии. Эти инородные для человеческого организма изделия фиксируются в дефектах кости с помощью винтов и остаются в организме навсегда.

Ученые из нескольких институтов РАН объединились для работы над моделью 3D-принтера для печати биоразлагаемых имплантатов. Исследования проходили параллельно: пока в НИОХ СО РАН в дефекты черепа крыс имплантировали порошок, в Векторе изучали действие тех же веществ на клетки костной ткани человека. В ходе экспериментов ученые определили состав апатита, который наиболее эффективен как “в пробирке”, так и на живых организмах — стимулирует образование новой костной ткани и ускоряет вживление имплантируемого материала. При этом родные клетки костной ткани человека не умирают, а активно размножаются.

Планируется, что разрабатываемый 3D-принтер будет печатать по технологии селективного лазерного плавления, поэтому ученые проверили действие лазерного излучения на полученный состав апатита. Выяснилось, что при плавлении порошка вещество не разрушается и, пока имплантат будет печататься, он не потеряет свои лечебные свойства. ИАиЭ СО РАН — еще один исполнитель проекта вместе с ИХТТМ СО РАН — разработал программное обеспечение и модуль управления основными узлами создаваемого макета 3D-принтера. В этом году ученые будут разрабатывать блокпослойной печати – последовательное нанесение слоев гидроксиапатита друг на друга. В ИХТТМ преследуют другую цель - материал, из которого будет напечатано изделие, со временем растворится в организме человека и превратится в собственную кость.

Печатаемые изделия будут индивидуальными: они должны проектироваться из данных томографии конкретного человека. Ученые надеются, что разрабатываемая модель 3D-принтера будет востребована на рынке, а проводимые исследования расширят возможности по применению синтетического гидроксиапатита в медицине<sup>10</sup>.

### ➤ **Инновационный метод диагностики рака лёгких**

Учитывая высокую загрузку аппаратов КТ, важно грамотно распределить нагрузку на них и по возможности уменьшить количество лишних исследований. Именно эту цель и преследуют учёные КубГУ. Предлагаемая разработка позволит проводить предварительное обследование, которое может выявить здоровых людей без использования КТ, а для людей, имеющих подозрение на патологию, снизится время выявления проблем.

---

<sup>9</sup> <https://www.asu.ru/news/events/39616/>

<sup>10</sup> <http://www.solid.nsc.ru/news/0/16699/>

Исследование ведётся учёными КубГУ уже несколько лет. За это время стало понятно, как образ жизни человека, его режим питания, наличие вредных привычек сказываются на результатах. Даже место проживания и экологическая обстановка оказывают влияние, и это стараются учесть разработчики нового метода. Свои коррективы внесла и пандемия, которая не только увеличила нагрузку на врачей и оборудование, но и значительно усложнила работу учёных.

Уникальность разработки заключается в том, что учёные используют созданную ими нейросеть, которую они «обучают» распознавать соотношения компонентов, содержащихся в выдыхаемом воздухе у здоровых и больных людей.

На данном этапе учёные КубГУ и сотрудники НИИ ККБ №1 проводят «слепое тестирование» метода, по результатам которого станет ясно, какова точность и надёжность предлагаемого способа диагностики. Оно заключается в том, что пациент проходит полный цикл обследования по действующим стандартам оказания медицинской помощи, но помимо этого дополнительно проходит исследование выдыхаемого воздуха, после чего результаты, полученные с использованием двух подходов, сравниваются. Это необходимо для уменьшения риска получения ложных результатов <sup>11</sup>.

#### ➤ Программное обеспечение для анализа медицинских снимков

Исследователи Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (СПбПУ) в сотрудничестве с Национальным медицинским исследовательским центром им. А.А. Алмазова разработали систему искусственного интеллекта для анализа эндоскопических изображений (слизистых оболочек органов). Такой подход необходим при проведении массовых скрининговых исследований, а также при обследовании пациентов в отдалённых населённых пунктах в условиях отсутствия высокотехнологичного медицинского оборудования.

Исследователи СПбПУ смогли применить методы искусственного интеллекта для анализа медицинских снимков, полученных специалистами Национального медицинского исследовательского центра им. А.А. Алмазова. Ученые разработали программное обеспечение, которое помогает врачам определять различные диагностические состояния. «Одним из главных преимуществ нашей системы является возможность автоматизации диагностики при массовых скрининговых обследованиях. Эта система исключит возможность субъективной оценки медицинских изображений. Это шанс получить квалифицированные медицинские консультации в удалённых регионах России», - сказала Елена Величко, директор Высшей школы прикладной физики и космических технологий СПбПУ.

Исследователи анализируют изображения и математически описывают различные параметры. «В системе мы используем глубокие нейронные сети, которые в процессе обучения получают возможность изолировать и классифицировать патологии на эндоскопических изображениях. Система выделяет подозрительные участки и демонстрирует вероятность возникновения патологии», - сказал Виталий Павлов, ассистент ВШПФиКТ СПбПУ. Исследователи используют возможности

---

<sup>11</sup> <https://scientificrussia.ru/articles/uchyonye-kubgu-razrabatyvayut-innovatsionnyj-metod-diagnostiki-raka-lyogkih>

суперкомпьютерного центра Политехнического университета для обработки большого количества данных, необходимых системе<sup>12</sup>.

### ➤ **Новые материалы для тканевой инженерии**

Ученые Саратовского университета разработали лазерную технологию создания структур в виде композитных слоев на основе углеродных нанотрубок и биополимеров. Такие структуры предназначены для изготовления устройств и имплантов для сердечно-сосудистой системы. В процессе работы исследователями были выявлены оптимальные параметры лазерного воздействия для образования композитных биополимеров, проводящих электрические импульсы и обладающих механической твердостью слоев свыше 100 МПа.

В числе ключевых достоинств сформированных биополимеров отмечается способность обеспечить нормальный уровень гемолиза при взаимодействии с эритроцитами и высокая биосовместимость с эндотелиальными клетками, выстилающими внутреннюю поверхность сосудов. По словам руководителя исследования, заведующей кафедры радиотехники и электродинамики СГУ Ольги Глуховой, новые материалы могут использоваться при создании смарт-покрытий для контактирующих с кровью поверхностей сердечно-сосудистых имплантатов – например, насосов для перекачивания крови.

«Здесь слово «смарт» понимается в хорошо всем знакомом значении «умный». Таковым этот материал делает его управляемая структура, характеризующаяся бимодальным распределением пор. Малые поры – размером 1-5 мкм – участвуют в процессах формирования новых кровеносных сосудов и обеспечения нервными клетками. В свою очередь, большие поры – размером 100-200 мкм задействованы в росте и делении клеток. Следует отметить, что размер пор может как бы «настраиваться» путем подбора размеров одностенных углеродных трубок и их пучков в исходной дисперсии, из которой лазерным воздействием формируется твердый наноматериал с разветвленной наноструктурой. Контроль размера пор дополнительно обеспечивается вычислением пороговой плотности энергии импульсов лазерного излучения на основе нелинейно-оптического взаимодействия излучения с одностенными углеродными нанотрубками», – поясняет Ольга Глухова.

Как подчеркивают специалисты, работа над новыми умными материалами для тканевой инженерии продолжается – в частности, в области пролиферации нейронов, разработки новых систем доставки лекарств и создания искусственных мышц для решения задач современной бионики<sup>13</sup>.

### ➤ **Микроботы, способные находить и помечать различные макромолекулы в живых тканях организма**

В современной биомедицине наночастицы являются одним из самых перспективных и востребованных инструментов. В частности, магнитные наночастицы используются для адресной доставки лекарств, лечения с помощью гипертермией,

<sup>12</sup> [https://phnt.spbstu.ru/news/scientists\\_develop\\_decisi/?fbclid=IwAR3j7woYPS-nqyPeP6T\\_qmnMnwH1wasrdNdMFBWodRg\\_4bxGmlGHIXsY82Q](https://phnt.spbstu.ru/news/scientists_develop_decisi/?fbclid=IwAR3j7woYPS-nqyPeP6T_qmnMnwH1wasrdNdMFBWodRg_4bxGmlGHIXsY82Q)

<sup>13</sup> [https://minobrnauki.gov.ru/press-center/news/?ELEMENT\\_ID=28588](https://minobrnauki.gov.ru/press-center/news/?ELEMENT_ID=28588)

магнитно-резонансной томографии (МРТ) в качестве контрастных агентов и для механических манипуляций в магнитном поле.

Одним из важнейших этапов онкотерапии является точное диагностирование и визуализация патологических клеток организма, которые способны значительное время себя не обнаруживать и затягивать развитие заболевания в поздние стадии. Для решения этой задачи «проблемные» клетки необходимо точно находить и помечать особыми маркерами.

Сотрудники НИТУ «МИСиС» и РНИМУ им. Пирогова продемонстрировали, что магнитные наночастицы могут использоваться в виде микроботов, находящих и связывающихся клетками. Для этого наночастицы нужно особым образом соединить с антителами.

«Магнитные наночастицы могут «работать» в живом организме не сами по себе, а за счет органических оболочек, которые защищают их от окисления и деградации в агрессивных средах, а также повышают гидрофильность поверхности и снижают цитотоксичность, — рассказала автор работы, аспирант лаборатории биомедицинских наноматериалов НИТУ МИСиС Анна Иванова.

Чтобы создать такой «микробот», ученые сначала синтезировали с помощью термического разложения наночастицы оксида железа однородной формы и размером 40-50 нанометров. Затем, для того чтобы материал мог функционировать в водных растворах, его модифицировали молекулами DOPAC. Это вещество 3,4-дигидроксигидрокоричная кислота, которое является производным нейромедиатора дофамина и может синтезироваться в самом организме.

Следующим этапом стала оптимизация поверхности частиц для работы в физиологических средах, это разработчики сделали с помощью полиэтиленгликоля. На заключительной стадии синтеза к наночастицам присоединили видоспецифические антитела с флуоресцентным красителем.

«Наши опыты показали, что полученные наночастицы с антителами специфически связываются с первичными антителами против белка  $\alpha$ -тубулина и это визуализируется в цитоплазме в виде характерных волокон; и против  $\beta$ -катенина, который располагается на мембранах клетки и участвует в образовании межклеточных контактов», — добавил соавтор исследования, сотрудник лаборатории биомедицинских наноматериалов Алексей Никитин.

Таким образом, исследователи показали, что разработали работающую модель, на которую можно «пришивать» различные антитела. В настоящее время научный коллектив продолжает работу над оптимизацией полученного соединения<sup>14</sup>.

### ➤ **Методика ранней диагностики онкологии**

Ежегодно 4 февраля в мире отмечается Всемирный день борьбы с раковыми заболеваниями. По словам экспертов, в этот день принято акцентировать внимание общественности на глобальной проблеме раковых заболеваний.

В ОмГПУ на базе лаборатории биохимии разработана неинвазивная методика ранней диагностики онкологии с использованием слюны. Исследовательские работы ведутся с 2010 года. Метод диагностики, разработанный учеными университета, позволяет

---

<sup>14</sup> <https://misis.ru/university/news/science/2021-03/7276/>

выявлять 10 видов онкологических заболеваний, которые входят в первые пункты по распространенности.

«Эта проблема, несомненно, не обходит ни одного из нас. У каждого человека есть родные и близкие, которых уже нет из-за этого заболевания. Мы всеми силами пытаемся привлечь внимание к информации о том, что такое онкологические заболевания, как их своевременно выявить, как с ними эффективно бороться. Важную роль в этом играют пропаганда здорового образа жизни и профилактика онкологических заболеваний», - рассказала заведующий научно-исследовательской лабораторией биохимии, кандидат химических наук Людмила Владимировна Бельская.

Накопленный опыт ученых лаборатории биохимии ОмГПУ позволит выйти на качественно новый уровень борьбы с онкологическими заболеваниями. «Надеемся, что в будущем наши методы будут внедрены в клиническую практику вместе с уже существующими методами диагностики. Ранняя диагностика способствует наиболее раннему и, соответственно, более эффективному лечению, которое позволит победить недуг», - заключила Людмила Владимировна <sup>15</sup>.

### ➤ Сенсор для мониторинга уровня «гормона стресса»

Исследователи Сколтеха разработали прототип флуоресцентного сенсора для непрерывного мониторинга концентрации кортизола в организме человека в режиме реального времени.

Кортизол, известный также как «гормон стресса» — это стероидный гормон, играющий важную роль в регулировании уровня глюкозы, артериального давления и многих физиологических процессов в организме человека, в том числе воспалительных. Снижение или повышение уровня кортизола может быть признаком различных заболеваний, однако до сих пор не существует достаточно точных и надежных методов для непрерывного мониторинга уровня кортизола *in vivo*. Существующие лабораторные методы, в частности твердофазный иммуноферментный анализ (ИФА), обеспечивают необходимую надежность результата, но требуют предварительной подготовки образцов, что не позволяет использовать их в режиме реального времени.

«Во-первых, мониторинг уровня *in vivo* сам по себе является непростой задачей. Во-вторых, молекула кортизола относительно невелика. Наконец, забор образцов крови – процедура, вызывающая стресс как у животных (мышей или крыс), так и у людей, а в стрессовом состоянии концентрация кортизола повышается, и результат анализа оказывается недостоверным. Задача исследования – разработать имплантируемый сенсор для контроля кортизола непосредственно в кровотоке», – рассказывает один из авторов статьи, профессор Сколтеха и Университета Северного Техаса (США) Владимир Драчев.

Владимир Драчев и его коллеги из Центра Сколтеха создали прототип иммуносенсора с использованием наночастиц золота для контроля уровня кортизола.

Исследователи провели тесты *in vitro*, показавшие, что новый сенсор способен регистрировать минимальный уровень кортизола – 0,02 мкг на миллилитр, что соответствует нормальному уровню гормона в плазме крови человека. Также в тестах *in vitro* была продемонстрирована обратимость отклика на кортизол. Исследователи

---

<sup>15</sup> <https://omgpu.pf/news/lv-belskaya-blagodarya-issledovaniyam-laboratorii-biohimii-omgpu-mozhet-byt-razrabotana>

надеются, что на основе предложенного метода можно будет создать имплантируемый сенсор для непрерывного мониторинга концентрации кортизола в крови в режиме реального времени. Предполагается, что имплантируемый сенсор будет иметь вид оптического волокна, на конце которого находится капиллярная ячейка с полупроницаемой мембраной, помещенной в тонкую иглу, подключаемую к портативному спектрометру по оптоволокну<sup>16</sup>.

### ➤ **Новый способ удешевить доклинические испытания имплантатов**

Ученые НИТУ «МИСиС» в тандеме с биологами НИЦЭМ им. Н.Ф. Гамалеи предложили экономичный способ испытаний прочности врастания костных имплантатов при критических дефектах черепа. Метод предполагает использование мышинной модели и позволяет оценить эффективность интеграции имплантата. Расходы при его использовании сокращаются в 50 раз по сравнению с экспериментами на крупных животных, позволяя собрать более обширный статистический материал и ускорить выход разработки на клинический этап исследований.

Используемые в современной имплантологии материалы должны быть близки по свойствам к костной ткани, при этом зона интеграции имплантата должна быть достаточной, чтобы обеспечить прочное соединение и равномерное распределение нагрузки на восстанавливаемый участок кости. Прочность сращения имплантата с костью - важный параметр для понимания применимости имплантата в черепно-лицевой и спинальной хирургии.

При создании любого нового материала для имплантата сначала проводятся испытания его свойств на животных, и только потом разработка переходит на этап клинических исследований. В случае с черепными травмами исследователи при испытаниях интеграции имплантата используют метод механического выталкивания. До сих пор такие эксперименты проводились только на крупных животных, что дорого обходится научным группам.

Научный коллектив НИТУ «МИСиС», НИЦЭМ им. Н.Ф. Гамалеи и МГУ им. М.В. Ломоносова представил результат исследования, в котором механический тест выталкивания был реализован на мышинной модели имплантации в дефекты черепа критического размера.

«Мы впервые адаптировали технологию для мышей с костными дефектами критического размера, то есть такими, которые не заросли бы сами за время эксперимента. Метод в сочетании с традиционными компьютерной томографией и гистологией позволяет наглядно показать результаты имплантации на мелких лабораторных животных, учитывая структуру, медико-биологические характеристики и механические свойства», – рассказал соавтор разработки, директор НОЦ Биомедицинской инженерии НИТУ «МИСиС», к.ф.-м.н. Федор Сенатов.

По словам разработчиков, несмотря на очевидное преимущество использования более крупных животных (из-за размера дефектов, наиболее близких к человеческим случаям), исследования на грызунах позволят значительно сократить расходы, а также получить расширенную статистику благодаря увеличению количества животных в

---

<sup>16</sup> <https://naked-science.ru/article/column/v-skoltehe-razrabotali-sensor-dlya-monitoringa-urovnya-gormona-stressa>



эксперименте. В настоящий момент исследователи продолжают работу по оптимизации метода <sup>17</sup>.

### ➤ **Новые ранозаживляющие нанокompозиты**

В настоящее время большой интерес вызывают биоразлагаемые материалы, биосовместимые с тканями организма, на основе бактериальной целлюлозы для лечения кожных заболеваний, ожогов и ран различной этиологии. Потребность в этих материалах обусловлена их бактерицидным действием, способностью поглощать большое количество экссудата и удалять нежелательные вещества из раны, а также их возможностью иммобилизовать активные фармацевтические ингредиенты в матриксе бактериальной целлюлозы (БЦ).

Исследователи Университета Лобачевского предложили механизмы разработки новых нанокompозитов бактериальной целлюлозы и дифосфата бетулина, предварительно пропитанных на поверхности наночастиц оксида цинка, для производства перевязочных материалов.

При лечении ожогов большое значение имеют биологически активные вещества, способствующие выработке коллагена, такие как пентациклические тритерпеноиды, в том числе производные бетулиновой кислоты. В экспериментах на крысах и мышах учёные показали, что дифосфат бетулина (ДФБ) проявляет противоопухолевые, антиоксидантные и противоожоговые свойства.

Ученые показали, что наноразмерная пленка гидрогеля бактериальной целлюлозы зарекомендовала себя как перспективная матрица для сорбции противоожоговых компонентов ДФБ и НЧ ZnO. Наночастицы оксида цинка, покрытые дифосфатом бетулина, не агрегируются как в индивидуальном состоянии, так и в нанокompозите <sup>18</sup>.

### ➤ **Полимер для биосенсоров, распознающих рак**

Сотрудники химического факультета МГУ совместно с коллегами из Сколтеха синтезировали универсальный полимер для электрохимических сенсоров. Материал можно сшивать с чувствительными элементами любой сложности – от небольших органических молекул до биологических объектов (антитела, ферменты, ДНК и пр.). Сенсоры на основе нового материала на порядки лучше по сравнению с предыдущими версиями. Авторы работы показали эффективность разработки на примере ДНК-сенсора на основе разработанного полимера и наночастиц берлинской лазури для определения фрагмента гена рака печени.

«В качестве основы для биосенсоров часто используют полиэтилендиокситиофен (ПЭДОТ) и его производные, – рассказывает первый автор работы, студентка 6 курса химфака МГУ Вера Шавокшина. – Получают их традиционно в органической среде или в водной, но в присутствии поверхностно-активных веществ. Такие подходы позволяют ускорить реакцию, но посторонние органические соединения в объеме полимера отрицательно влияют на электрохимические характеристики материала, а также на

---

<sup>17</sup> <https://misis.ru/university/news/science/2021-04/7303/>

<sup>18</sup> <http://www.unn.ru/site/about/news/uchjonye-universiteta-lobachevskogo-sozdayut-novye-ranozazhivlyayushchie-materialy>

активность биологических рецепторов на его основе. Мы предложили синтез в полностью водной среде в отсутствие поверхностно-активных веществ, что устранило побочные эффекты. В результате модификации электрохимические характеристики сенсоров улучшились на два с лишним порядка».

Модификация полимера открывает обширные возможности для создания более чувствительных электродов благодаря селективной реакции азид-алкинового присоединения, проходящей с высоким выходом. «Данная реакция позволяет модифицировать поверхность как органическими низкомолекулярными соединениями, так и биомолекулами, например, ДНК, аптамерами, антителами, ферментами», – рассказала соавтор работы, старший научный сотрудник химического факультета МГУ Мария Комкова.

Соавторы из Сколково присоединили к созданной в МГУ основе ДНК-зонд, реагирующий на ген рака печени. Затем на химическом факультете МГУ провели тесты, подтверждающие возможность создания ДНК-сенсоров на основе азидо-замещенного ПЭДОТ. Как говорят авторы работы, области применения данного полимера очень разнообразны благодаря обширному кругу химических соединений и биологических рецепторов, которые можно присоединить к новой основе<sup>19</sup>.

### ➤ Программное обеспечение для генетических исследований

Специалисты из Медико-генетического научного центра имени академика Н.П. Бочкова (МГНЦ) создали программное обеспечение для NGS – секвенирования нового поколения, которое поможет быстрее и эффективнее искать мутации в генах.

МГНЦ стал одной из первых организаций, где в клиническую практику стали внедряться методы next-generation sequencing (NGS), которые позволяют «читать» большие участки генома, а также полный геном сразу нескольких пациентов. Специалисты используют NGS для постановки диагнозов пациентам с подозрением на генетические заболевания. Такой метод также помогает значительно снизить стоимость исследования.

Используя метод NGS, специалисты получают большой объем данных. Так, анализ полного генома дает 3 млн вариантов. Генетикам для установления патогенности найденных мутаций приходится обращаться к большому количеству баз данных. Эта задача становится проще и быстрее с собственным программным обеспечением. Поиск нужных вариантов во всех базах происходит автоматически, а также исключает ошибки секвенирования, которые неизбежно возникают при работе.

«Прежние методы в ряде случаев не позволяли в короткие сроки пристально изучать несколько генов или десятков и сотен генов, приводящих к развитию заболеваний со схожими симптомами. «С помощью NGS мы можем это делать», — говорит Оксана Рыжкова, заведующая Центром коллективного пользования «Геном» МГНЦ. — В ряде случаев только генетическое тестирование позволяет установить точный диагноз. Многие заболевания по своим проявлениям похожи друг на друга, различить их только по клинической картине практически невозможно. NGS дает нам возможность быстро и точно установить диагноз».

---

<sup>19</sup> [https://www.msu.ru/science/main\\_themes/khimiki-mgu-sozdali-universalnuyu-osnovu-dlya-elektrokhimicheskikh-biosensorov-raspoznayushchikh-rak.html](https://www.msu.ru/science/main_themes/khimiki-mgu-sozdali-universalnuyu-osnovu-dlya-elektrokhimicheskikh-biosensorov-raspoznayushchikh-rak.html)

Разработанное программное обеспечение поможет использовать последние версии аналитических программ для обработки полученных сведений, своевременно обновлять их и подключать наиболее актуальные базы генетических данных. Основное преимущество нового программного обеспечения заключается в учете российской специфики, накоплении и обработке информации о частотах встречаемости наследственных заболеваний в российских регионах для дальнейшего использования в научных и медицинских целях <sup>20</sup>.

#### ➤ **Покрытия для вживления титановых имплантов в кости**

Ученые Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого совместно с Санкт-Петербургским государственным университетом (СПбГУ) создали покрытие для титановых имплантов, которое способствует ускорению вживляемости материала имплантата в костную ткань.

Ученые поясняют, что испытали свойства целого ряда покрытий для титановых имплантов, различающихся составом, толщиной и структурой. Нанесение покрытия происходило методом атомно-слоевого осаждения в специальной вакуумной установке. После модификации имплантов были проведены успешные исследования на клеточном материале *in vitro*, а затем *in vivo* (на подопытных животных).

«Сейчас мы приступили к нанесению серебряных наночастиц на поверхность титана, поскольку этот химический элемент обладает полезными антибактериальными свойствами и должен снизить риск отторжения импланта. Однако для его использования необходимо скорректировать условия и общую методику получения материала», – отметил Денис Назаров, руководитель группы исследователей. По его словам, важная часть исследования – подобрать размер и морфологию наночастиц таким образом, чтобы не вызвать токсичного воздействия серебра на живые клетки и при этом сохранить полезные свойства разработанного ранее покрытия <sup>21</sup>.

#### ➤ **Новый класс антибиотиков**

Сотрудники биологического факультета МГУ, ИБХ РАН и ЦНТИ ИБХ РАН приняли участие в разработке нового перспективного лекарственного препарата.

Большинство известных на сегодняшний день антибиотиков было открыто в «золотую эру» 1940–1960-х годов. Использование антибиотиков привело к революции в медицине и позволило лечить самые смертоносные заболевания. Однако сейчас быстрое развитие микробной устойчивости (антибиотикорезистентности) требует постоянного введения новых активных соединений. В основном новые антибиотики разрабатываются путем модификации существующих соединений, а открытие новых типов антибиотиков чрезвычайно замедлилось.

В совместном исследовании биологов МГУ и их коллег было открыто новое семейство природных антибиотиков, производимых почвенными бактериями стрептомицетами. Были выделены два основных компонента антибиотического комплекса, названные гауземицинами А и В, и с помощью метода ЯМР-спектроскопии

<sup>20</sup> <https://minobrnauki.gov.ru/press-center/news/>

<sup>21</sup> [https://www.spbstu.ru/media/news/nauka\\_i\\_innovatsii/uchenye-spbpu-sozdali-pokrytiya-kotorye-pomogut-vzhivlyat-titanovye-implanty-v-kosti/](https://www.spbstu.ru/media/news/nauka_i_innovatsii/uchenye-spbpu-sozdali-pokrytiya-kotorye-pomogut-vzhivlyat-titanovye-implanty-v-kosti/)

выяснена их химическая и пространственная структура. Гауземицины обладают выраженной селективной активностью против грамположительных бактерий. Они имеют удивительную, ранее не описанную структуру: содержат уникальное циклическое пептидное ядро, жирнокислотную цепь и остаток углевода – арабинозу, и поэтому их можно отнести к липо-глико-пептидам. С точки зрения биоорганической химии, к необычным структурным особенностям гауземицинов также можно отнести гликозилирование тирозина арабинозой, N-ацилирование боковой цепи орнитина, а также присутствие редких и новых аминокислот: хлорированного кинуренина и 2-амино-4-гидрокси-4-фенилмасляной кислоты.

Коллектив исследователей также охарактеризовал кластер генов, предположительно ответственный за биосинтез гауземицинов, и исследовал механизм действия этих антибиотиков. Оказалось, что гауземицины действуют на мембрану бактерий, однако точно определить мишень действия этих антибиотиков в мембране пока не удалось. Но уже сейчас понятно, что механизм действия гауземицинов отличается от ранее описанных гликопептидов и липопептидов, а также от антибиотиков, нарушающих биосинтез клеточной стенки бактериальных клеток <sup>22</sup>.

### ➤ **Новый способ изучения клеток**

Новый метод микроскопии, позволяющий исследовать живые клетки в нанометровом разрешении, не нанося им урона, предложили ученые НИТУ «МИСиС». Метод будет полезен при лечении онкологических и сердечно-сосудистых заболеваний, болезни Альцгеймера и Паркинсона.

Определенный уровень жесткости клеток крайне важен для здоровья организма – особенно это касается цитоскелета, то есть клеточного каркаса, обеспечивающего адаптацию клетки к среде. От его свойств напрямую зависит, например, качество работы сердечно-сосудистой системы. Нарушения свойств цитоскелета, по словам специалистов, приводят к раку, сердечной недостаточности и другим заболеваниям.

Жесткость клеток сегодня, как правило, измеряют методом атомно-силовой микроскопии (АСМ). Проблема этого подхода в том, что при сканировании происходят серьезная деформация и изменение свойств живых клеток, приводящие к их гибели, что не позволяет получить данные нужной точности.

Специалисты университета усовершенствовали методику АСМ, совместив ее с другим методом – сканирующей ион-проводящей микроскопией. Этот подход, созданный при участии российских ученых и ранее применявшийся только для визуализации поверхностей, впервые был использован для измерения жесткости клеток.

«В основе ион-проводящей микроскопии – бесконтактное сканирование с помощью особой нанопипетки, через которую проходит поток ионов хлора. По изменению ионного тока отслеживается позиция нанопипетки. Данная методика позволяет с большой точностью «ощупать» локальную структуру клетки», – рассказал старший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории биофизики НИТУ «МИСиС» Петр Горелкин.

В исследовании также принимали участие специалисты из Великобритании и Японии. В дальнейшем ученые намерены адаптировать метод сканирующей ион-

---

<sup>22</sup> <https://nauka.tass.ru/nauka/11690943>

проводящей микроскопии для исследования механизмов развития нейродегенеративных заболеваний. Другое направление работ коллектива – изучение механических свойств цитоскелета различных тканей для разработки новых противораковых препаратов <sup>23</sup>.

---

<sup>23</sup> <https://misis.ru/university/news/science/2021-04/7339/>



## Раздел «Биотехнологии»

### ➤ **Новый способ очистки почв от ядов**

Химики из Российский химико-технологический университет (РХТУ) им. Д.И. Менделеева совместно с коллегами из Курчатовского института разработали перспективный способ очистки почвы от тяжёлых металлов. Они создали специальные добавки, которые помогают растениям извлекать токсичные элементы из почвы и при этом не погибать от них.

Известно, что некоторые растения накапливают в себе ядовитые тяжёлые металлы, присутствующие в почве. Такой метод очистки почвы называется фиторемедиацией. Он был изобретён ещё в прошлом веке, но до сих пор дорабатывается и улучшается специалистами. Учёные стремятся, во-первых, заставить растения более интенсивно извлекать из грунта ядовитые вещества. Во-вторых, необходимо компенсировать действие токсинов на сами очищающие растения.

Этому и была посвящена работа ученых из РХТУ им. Д.И. Менделеева. Они изучали возможность очистки почвы от кадмия, никеля и меди с помощью клевера. Толчком к исследованию стал запрос от руководства одного из закрытых мусорных полигонов, в грунте которого накопились вышеуказанные вещества.

Клевер известен своей способностью накапливать тяжёлые металлы, ученые дополнительно усилили данную способность с помощью специальной добавки – этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЭДТА). Обычно она используется, чтобы помочь растениям извлекать из почвы полезные минеральные вещества, но оказалось, что это работает и с токсичными тяжёлыми металлами.

Однако у ЭДТА есть большой минус: она так плохо разлагается в почве, что в конце концов сама становится загрязнителем. Поэтому исследователи опробовали также другое соединение - гидроксипропилендифосфоновую кислоту (ОЭДФ). Это вещество легко разлагается в почве и полезно для растений.

Для проверки работоспособности смеси экспериментаторы ввели в универсальный грунт тяжёлые металлы в количестве равном содержания аналогичных веществ на мусорном полигоне. В этой почве в течение 31 дня выращивали клевер: одни растения с добавкой ЭДТА, другие – ОЭДФ, а третьи (контрольные) без добавок. Фитогормоны вводили с поливом, а солями железа опрыскивали листья.

Оказалось, что ЭДТА лучше стимулирует накопление металлов. Их содержание выросло по сравнению с контрольными образцами почти в шесть раз. Но от такого количества яда биомасса растения значительно снизилась.

С другой стороны, добавка ОЭДФ увеличивала концентрацию тяжёлых металлов в растении только в 2,6 раза. Зато и биомасса уменьшалась не так сильно, а с помощью фитогормонов и солей железа этот эффект был почти нейтрализован.

Впрочем, у ОЭДФ оказалось неожиданное и неприятное свойство. Почти все тяжёлые металлы, поглощённые растением, накапливались не в его побегах, а в корнях. В некоторых экспериментах содержание кадмия в «корешках» было в сто раз выше, чем в «вершках».

Это подрывает идею очистки почвы по схеме «засеяли клевером, скосили его и сожгли», ведь накопившие яд корни останутся в грунте. Зато, с помощью ОЭДФ можно будет выращивать злаки и другие съедобные растения на неблагополучных почвах. Данное открытие является важным шагом на пути к схемам очистки почвы, эффективным не только в лаборатории, но и в реальных условиях <sup>24</sup>.

### ➤ Уникальные органические удобрения

Уникальную технологию производства органических удобрений, разработали в научно-образовательном центре «Перспективные технологии и материалы» Севастопольского госуниверситета.

«Если просто применять переработанный виноград в качестве удобрения, будет больше вреда, чем пользы — он может заразить почву. В установке, созданной в Севастополе, происходит обеззараживание. Кроме того, удобрение раздробливается на структурные частицы, которые лучше усваиваются растениями, попадая непосредственно в клетку. Конечный продукт наносится на растения в жидкой форме», — объяснила Елена Странишевская, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующая лабораторией ФГБУН «Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач» РАН».

Удобрения, полученные на установке, созданной в СевГУ, уже использовались на одном из виноградников «Магарача» в качестве прикорневой прикормки до и после цветения самых восприимчивых сортов винограда. Результатом стала прибавка урожая до 15%, увеличилась скорость накопления сахаров на 10-12%.

Новая технология будет рекомендоваться фермерским хозяйствам, которые выращивают виноград по органической технологии. В России они пока занимают всего 50 га, в мире — 10% от общей площади насаждений.

Однако область применения органических удобрений не ограничивается только виноградниками, они повысят урожайность и в овощеводстве, где органическая составляющая удобрений (гуминово-фульвовая кислота) также дает прибавку к урожаю 10-15% и повышает качество жизни растений <sup>25</sup>.

---

<sup>24</sup> <https://www.vesti.ru/nauka/article/2550340>

<sup>25</sup> <https://www.sevsu.ru/novosti/item/12422-v-sevgu-nauchilis-delat-unikalnye-organicheskie-udobreniya>



## Раздел «Экология»

### ➤ Глиняный фильтр для очистки сточных вод от антибиотиков

Международный коллектив учёных из Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева (РХТУ), а также специалистов из Индии, Германии, ЮАР и Саудовской Аравии создал абсорбент из натуральной глины для очистки сточных вод от антибиотиков.

По словам исследователей, наиболее дешёвый и распространённый сейчас натуральный аналог — активированный уголь — нельзя использовать несколько раз, к тому же при сжигании отработанного угольного фильтра в атмосферу попадают токсичные соединения. Синтетические материалы дороги, а их компоненты сами представляют угрозу для живой природы. В итоге в качестве основы для новой разработки был выбран лишённый подобных недостатков глинистый минерал монтмориллонит (основной компонент бентонитовой глины).

Результаты исследования показали, что абсорбент на основе глины не только извлекает из жидкости антибиотики, но и полностью расщепляет опасные соединения до углекислого газа и воды при добавлении пероксида водорода. Молекулярная структура этого быстро разбухающего материала обладает высокими сорбционными свойствами, что также делает её удобной для модификации с помощью разных реагентов.

В качестве добавок в новой разработке используются соединения алюминия, которые способствуют улучшению пористой структуры, а также кобальта — они придают материалу каталитические свойства. Таким образом, у учёных получился абсорбент, который не только впитывает антибиотики, но и самоочищается.

«В экспериментах мы очищали водный раствор, содержащий диоксидин в концентрации 30 мг на 1 л. Степень очистки составила свыше 95%. Антибиотик остался на поверхности абсорбента, а после удаления основной части очищенной воды и добавления к абсорбенту раствора пероксида водорода диоксидин окислялся до углекислого газа и воды. Это позволило повторно использовать абсорбент — в лаборатории мы один и тот же образец использовали пять раз без потери его эффективности. С активированным углём это было бы невозможно», — пояснила один из российских авторов работы профессор РХТУ Татьяна Конькова <sup>26</sup>.

### ➤ Технология, позволяющая сделать еще больше чистой воды

Выпускник Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева Илья Соснин, который теперь работает в Тольяттинском государственном университете, обобщил опыт учёных мира по использованию полидиметилсилоксана (силикона) в процессе фотокатализа для очистки сточных вод и создал первые наработки для эффективной и экологичной технологии, позволяющей увеличивать объёмы производства чистой воды и качественно очистить воздух в помещениях.

Фотокатализ – инициация химической реакции на поверхности полупроводниковой наночастицы под действием электромагнитного облучения ультрафиолетового или

<sup>26</sup> <https://russian.rt.com/science/article/861364-mnogorazovyi-absorbent>



видимого диапазона спектра (света) – пригоден для предприятий нефтехимии и пищевой промышленности и везде, где требуется очистка сточных вод от органики и токсичных загрязнителей, например, фенольных соединений. Фенол – одно из важных промышленных химических веществ, производимых в больших масштабах из нефти и токсичных для людей и животных.

«Я проанализировал три подхода в фотокатализе с использованием нескольких композитов. Оказалось, что силикон – это самый подходящий материал с набором наиболее важных эксплуатационных характеристик: адгезия, химическая стойкость к фотокоррозии, низкая токсичность, прозрачность, механическая эластичность, неполярность – способность сорбировать на себе нефтепродукты», – поясняет исследователь.

Обзор позволит специалистам увидеть и использовать возможности увеличения объёмов производства чистой воды, а также очистки воздуха в бытовых кондиционерах с помощью специальных фотокаталитических фильтров <sup>27</sup>.

### ➤ **Препарат для очистки воды и почвы от нефти**

Ученые Биологического института Томского госуниверситета совместно с группой компаний «Дарвин» разработали препарат «Абориген» для биологической очистки водоёмов от нефти. В основе препарата – углеводородоокисляющие микроорганизмы, которые используют нефтепродукты в качестве источника пищи и энергии и окисляют их, разлагая до нетоксичных веществ. Новый препарат будет применён для очистки водного объекта летом 2021 года в Заполярье в рамках совместного комплексного проекта с ООО «ЛУКОЙЛ-Коми».

В состав биопрепарата в том числе входит один штамм аборигенных бактерий, ранее выделенный из донных отложений ручья Малый Войвож (приток Яреги) в Коми. К очистке этого водного объекта учёные Биологического института приступили в начале 2021 года в рамках соглашения с промышленным партнёром ТГУ – «ЛУКОЙЛ-Коми».

Суть подхода, разработанного биологами, заключается в масштабировании культур бактерий, их концентрировании и размещении на полимерных носителях. Благодаря тому, что микроорганизмы – окислители нефти находятся в прикрепленном состоянии на поверхности и внутри пористого материала, этот инструмент можно использовать не только для озера, но и для водных объектов, где есть течение.

Консорциум бактерий, составляющий активное начало биопрепарата, был протестирован в лабораторных условиях. Биологи оценивали рост клеток, иммобилизованных на разных видах носителей, и эффективность самого препарата. За две недели благодаря использованию «Аборигена» содержание углеводов в экспериментальных образцах снизилось на 49 процентов, то есть почти в два раза.

За счет использования легкого полимера (вспененного полистирола) секции остаются на поверхности. По словам учёных, если просто вылить жидкий биопрепарат в воду, через несколько секунд клетки унесёт течением, поэтому нужна система, которая позволяет закрепленным клеткам УОМ постепенно окислять углеводороды нефти. Полимерный наполнитель дополнительно адсорбирует остатки углеводов, что также

---

<sup>27</sup> [https://www.tltsu.ru/about\\_the\\_university/news/detail.php?ID=297525](https://www.tltsu.ru/about_the_university/news/detail.php?ID=297525)

способствует очистке воды. Также в загрузку активных бонов будут внесены полимерные сферы – «депо» клеток углеводородокисляющих микроорганизмов.

Биопрепарат, созданный биологами также подходит для очистки как воды, так и загрязнённой почвы. Консорциум углеводородокисляющих бактерий был протестирован в рамках полевых испытаний, проведённых в ХМАО. Эксперимент проводился на восьми участках, расположенных на территории нефтегазодобычи. Суммарное содержание нефтепродуктов в почве было снижено в 12 раз за три месяца <sup>28</sup>.

### ➤ **Мультисенсорный чип для оперативного мониторинга качества воздуха**

Сегодня особое внимание уделяется контролю содержания химических веществ в воздухе. Анализ концентрации газов и различных примесей в помещении и на открытой местности необходим для мониторинга состояния окружающей среды, контроля выброса загрязняющих веществ в атмосферу, а также для проведения неинвазивной диагностики заболеваний дыхательных путей. Обычно для выявления уровня загрязнения воздуха используются специальные газоаналитические системы — дорогостоящие и немобильные.

Упростить процесс диагностики воздуха, сделать его более быстрым и менее затратным позволит совместная разработка ученых Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» и Саратовского государственного технического университета имени Ю.А. Гагарина. Их изобретение — мультисенсорный чип весом всего 5 г.

По словам доцента кафедры микро- и нанoeлектроники СПбГЭТУ «ЛЭТИ» Светланы Сергеевны Налимовой, одного из создателей чипа, главное отличие их устройства в том, что оно состоит из нескольких адсорбционных хеморезистивных сенсоров, что позволяет определять присутствие нескольких газов в воздухе. Существующие на рынке аналоги способны различать только один вид газа.

«С помощью математической обработки поступающих от нескольких сенсоров сигналов происходит разделение газов. В данном изобретении это показано на примере паров органических растворителей — ацетона, изопропилового спирта и этанола. За счет того, что в данном изобретении используются иерархические структуры оксида цинка в сочетании с математической обработкой сигналов от линейки сенсоров, появляется возможность обнаружить и различить низкие концентрации газов, что другими приборами в этой ценовой категории сделать невозможно», -утверждает Светлана Сергеевна.

Как отмечают ученые, разработка может найти свое место на природоохранных предприятиях при проведении экологического мониторинга, на крупном производстве при анализе состояния воздуха в помещениях, а также в медицинской практике. В перспективе его можно поместить в небольшое портативное устройство, что позволит сделать оборудование для мониторинга качества воздуха более мобильным и менее дорогостоящим <sup>29</sup>.

### ➤ **Сорбенты из промышленных отходов для очистки водоёмов**

<sup>28</sup> <https://www.tsu.ru/news/tgu-i-gk-darvin-sozdali-preparat-dlya-ochistki-vod/>

<sup>29</sup> <https://etu.ru/ru/nauchnaya-i-innovacionnaya-deyatelnost/novosti/uchenye-leti-razrabotali-multisensornyj-chip-dlya-operativnogo-monitoringa-kachestva-vozduha>

Ученые Кузбасского государственного технического университета им. Т.Ф. Горбачева (участник НОЦ «Кузбасс») разработали инновационные сорбенты для очистки водоёмов от разливов нефти, которые можно использовать в арктических условиях. В качестве сырья для таких сорбентов используются промышленные отходы.

«Главные преимущества инновационного нефтесорбента — магнитоуправляемость и плавучесть. Основа сорбента — магнетитовое ядро, оно позволяет притягивать нефтяную плёнку в водоёмах и управлять ею для эффективной ликвидации разливов», — пояснила руководитель проекта, доцент кафедры химической технологии твердого топлива КузГТУ кандидат технических наук Елена Сергеевна Ушакова. Для сбора нефти таким сорбентом необходимо применять специальные электромагнитные установки. С их помощью ядро сорбентов будет притягиваться, что поможет управлять нефтяным пятном на воде. Поглощает нефть инновационная разработка с помощью углеродного корпуса. Его изготавливают путём гранулирования отходов угольных, животноводческих и деревообрабатывающих предприятий, в том числе активного ила очистных сооружений.

В Кузбассе очень много отходов, которые можно утилизировать, получая магнитоуправляемые нефтесорбенты. Сделать партию нужных веществ при наличии готовой биомассы можно всего за день. Для изготовления одного килограмма нефтесорбентов требуется приблизительно 280 г избыточного активного ила, 900 г угольной пыли и 50 г магнетита.

Кузбасские сорбенты смогут эффективно работать при очень низких температурах, сильном ветре и даже подо льдом, что делает перспективным их использование в Арктике. Ученые продолжают совершенствовать разработку, изучают различные способы термообработки магнетитового ядра, пределы его термостойкости и прочности<sup>30</sup>.

### ➤ **Графеновые фильтры для воды**

Когда листы двумерных наноматериалов, таких как графен, укладываются друг на друга, между листами образуются наноканалы, которые имеют множество потенциальных применений.

На самом деле для фильтрации воды графен использовать сложно из-за расположения наноканалов. Каналы между листами ориентированы горизонтально, что не идеально подходит для фильтрации: жидкость должна пройти относительно долгий путь, чтобы добраться от одного конца канала до другого. Было бы лучше, если бы каналы были перпендикулярны ориентации листов, в этом случае жидкость должна будет пройти только относительно тонкую вертикальную высоту.

Ученые из Университета Брауна нашли способ сделать наноканалы вертикальными. Их метод заключается в наложении листов графена на эластичную подложку, которую растягивают. После того, как все листы уложены, натяжение основы снимается – и она сжимается. Когда это происходит, графен собирается в гармошку, образуя подъемы и впадины, а каналы при этом наклоняются. Как только каналы становятся почти вертикальными, сборка покрывается эпоксидной смолой, а затем верхняя и нижняя части обрезаются, что открывает каналы на всем протяжении материала. Свою мембрану ученые назвали VAGME.

---

<sup>30</sup> [https://www.sbras.info/news/v-kuzbasse-iz-promyshlennykh-otkhodov-razrabotali-magnitnye-sorbenty-dlya-ochistki-vodoemov?fbclid=IwAR2dd6mVuy663my43WWQZsqCyKj-NCdIIVJ9y2V\\_poSac5QmyFyQkGuUeRY](https://www.sbras.info/news/v-kuzbasse-iz-promyshlennykh-otkhodov-razrabotali-magnitnye-sorbenty-dlya-ochistki-vodoemov?fbclid=IwAR2dd6mVuy663my43WWQZsqCyKj-NCdIIVJ9y2V_poSac5QmyFyQkGuUeRY)

Тестирование мембраны показало, что водяной пар может легко просачиваться через VAGME, а гексан – более крупная органическая молекула – отфильтровывается. Исследователи планируют продолжить разработку технологии с учетом возможных промышленных или бытовых применений фильтрации <sup>31</sup>.

### ➤ **Новый биополимер, способный заменить полиэтилен и пластик**

Двадцать минут работы и больше ста лет на помойке – такой, в среднем, «жизненный цикл» полиэтиленового пакета. Ученые Южно-Уральского госуниверситета в содружестве с коллегами из Индии предлагают новый материал, в основе которого – крахмал. В будущем он может заменить полиэтилен и пластик. Из-за растительной основы новый материал разлагается не оставляя следов.

Проект начинался с отработки методов, позволяющих из смеси картофельного крахмала, пластификатора и растворителя получать материал, называемый биополимером. Зарубежные коллеги делают ставку на кукурузный крахмал, но челябинцы, предпочли крахмал картофельный – недорогое, доступное сырье. Практика показала, что "картофельная пленка" действительно получается прозрачной, пластичной, служит хорошей альтернативой полиэтиленовым пакетам.

Еще одно направление научного поиска – получение биоразлагаемого полимера на основе пектина, который извлекается из отходов на этапе получения крахмала. Ресурсосберегающие технологии могут заинтересовать переработчиков сельскохозяйственного сырья <sup>32</sup>.

### ➤ **Новый способ очистки техногенных вод**

Ученые из Института нефтехимического синтеза имени А.В. Топчиева РАН совместно с коллегами из Китая в рамках сотрудничества программы БРИКС в сфере науки, технологий и инноваций, разработали новый термоградиентный метод. Суть метода состоит в том, что сначала, из тонкой пленки жидкости, протекающей вдоль горячей поверхности, испаряется вода. Затем вода непосредственно конденсируется на холодной поверхности пористой мембраны, расположенной на расстоянии нескольких миллиметров от источника питания. Такой метод обеспечивает долгосрочную устойчивость системы к засорениям, образованиям отложений и скрытым теплотерям.

Об итогах рассказал руководитель проекта, д.х.н. Алексей Волков: «В рамках проведенного исследования нам удалось показать, что применение пористой мембраны в качестве конденсирующей поверхности, расположенной всего в нескольких миллиметрах от нагретой тонкой пленки раствора, позволяет на выходе из системы получить стабильно высокий поток сконденсированной чистой воды, которую можно пить, сравнимый с потоками в традиционных очистных процессах! Вторым же продуктом процесса является высококонцентрированный раствор соли. Нам удалось достичь теплового КПД системы в 97% и продемонстрировать ее универсальность — она может быть применима и для очистки сточных вод с высоким содержанием солей металлов, и для вод с продуктами нефтехимии, и для концентрирования растворов моющих средств. Можно ожидать, что

<sup>31</sup> <https://www.brown.edu/news/2021-01-21/vagme>

<sup>32</sup> <http://www.rusnanonet.ru/news/135091/>

предложенный метод позволит получать чистую воду и извлекать ценные компоненты из сточных вод металлургической, химической, нефтехимической и горнодобывающей промышленности».

Метод ученые реализовали на первом прототипе установки – компактном приборе, собранном в ИНХС РАН <sup>33</sup>.

---

<sup>33</sup> <http://www.polymem.ru/news.php>



## Раздел «Технологии для повышения качества жизни»

### ➤ Безопасный и быстрый определитель ртути в клеточных тканях

Коллектив российских химиков из РХТУ имени Д.И. Менделеева, ИНЭОС имени А.Н. Несмеянова РАН, МГУ имени М.В. Ломоносова и ИБХ имени академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН создал вещество-сенсор для обнаружения ртути в клеточных тканях.

Исследователи получили светящееся вещество, состоящее из двух фотоактивных фрагментов, которое пригодно для быстрого определения содержания ртути и её производных в самых разных биологических тканях вне зависимости от внешней среды.

Учёные отмечают, что новый сенсор значительно точнее многих существующих, так как не требует донстройки под каждый отдельный случай. Лабораторные эксперименты на клеточных культурах показали, что новое вещество подходит для определения сверхнизких концентраций ртути вплоть до десятков наномолей на литр.

Ртутные отравления очень опасны. Повреждается нервная система, ухудшаются зрение и слух, появляются галлюцинации и мышечные судороги, страдают когнитивные функции и растёт раздражительность. Теперь учёные могут определять уровень ртути в пище, в частности в рыбе и морепродуктах. Разработанный датчик ртути, утверждают учёные, обладает способностью определения концентрации веществ по совокупности нескольких оптических сигналов (такие вещества называются ратиометрическими сенсорами).

Подтверждение эффективности нового сенсора было получено в результате лабораторного эксперимента на живых клетках. Учёные культивировали клеточные культуры злокачественной опухоли человеческого лёгкого, а потом на 15 минут вносили их в раствор солей ртути, после чего промывали и вводили сенсорное соединение. Ему давали до десяти минут, чтобы проникнуть внутрь клеток, после чего облучали светом, возбуждая люминесценцию. Концентрацию ртути оценивали по интенсивности излучения.

Результаты дополнительных экспериментов показали, что новый сенсор не реагирует на присутствие катионов других элементов, таких как медь или свинец. Также удалось установить, что новый датчик нетоксичен, обладает высокой точностью и быстрым временем отклика. Такой чувствительности, по словам учёных, достаточно для определения критического содержания ртути в биологических тканях.

По данным доцента РХТУ и первого автора работы Павла Панченко, учёные расширят линейку подобных сенсоров. В их планах создание сенсорных веществ, чувствительных и к другим опасным для здоровья человека металлам<sup>34</sup>.

<sup>34</sup> <https://russian.rt.com/science/article/841333-sensor-rtuti>

### ➤ **Новый метод получения высокочувствительных сенсоров для токсичных и легковоспламеняемых газов**

Взрывы и пожары, возникающие в результате утечки или выброса газов, по-прежнему остаются серьезной проблемой. Одна из частых причин подобных происшествий — смешение горючих газов и паров с воздухом. Чтобы избежать этого, специалисты проводят постоянный мониторинг присутствия в воздухе агрессивных газов и паров.

«Идея исследования заключается в том, чтобы детектировать простейшие ароматические газы при помощи полупроводниковых газовых сенсоров. ВТЕХ-газы являются побочными продуктами нефтехимического синтеза, а также содержатся в некоторых готовых продуктах лакокрасочной и нефтехимической промышленности (смазочные материалы, топливо, обезжириватели и другие)», — комментирует Артем Мокрушин, руководитель проекта по гранту РФФИ, кандидат химических наук, научный сотрудник Института общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова.

Коллективу российских химиков и материаловедов из Института общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН, Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева, Института химии силикатов имени И.В. Гребенщикова РАН и Петербургского института ядерной физики имени Б.П. Константинова удалось добиться высокой чувствительности сенсоров для обнаружения токсичных и легковоспламеняемых газов. Для этого они использовали платину, которая считается превосходным катализатором реакции окисления водорода, углеводородов и ароматических соединений, что объясняет увеличение сенсорного отклика на эти газы. Авторы разработали сенсоры четырех составов и применили метод главных компонент, при котором можно селективно разделять сигналы при детектировании выбранных газов.

Новизна предложенного подхода заключается в том, что при создании массива сенсора был применен метод пневматической микроплоттерной печати – аддитивная технология, позволяющая воспроизводимо получать чувствительные слои газовых сенсоров, что создает огромный потенциал для масштабирования производства.

Использованный авторами метод микроплоттерной печати является более выигрышным по сравнению с распространенным методом трафаретной печати и позволяет с высокой разрешающей способностью наносить чувствительные слои сложного состава, что в дальнейшем может быть успешно использовано для получения многофункциональных миниатюрных мультисенсоров на различные газы<sup>35</sup>.

### ➤ **Нелинейно-оптические кристаллы внутри стекла**

С помощью нелинейно-оптических кристаллов можно гибко управлять свойствами проходящего через них света - например, превращать невидимое инфракрасное излучение в видимое. Они должны стать важными элементами будущих чипов оптических компьютеров, но для этого их нужно создавать прямо в стекле. Ученые РХТУ им. Д.И. Менделеева показали, что нелинейно-оптические кристаллы германата свинца можно

---

<sup>35</sup> <https://scientificrussia.ru/articles/novyj-metod-polucheniya-vysokochuvstvitelnyh-sensorov-k-toksichnym-i-legkovosplamnyaemym-gazam>

получать с помощью прямой лазерной записи, то есть локально обрабатывая стекло интенсивными лазерными импульсами.

«Мы разрабатываем новые методы управления структурой материалов и, по сути, занимаемся своеобразной алхимией. К примеру, в этой работе для формирования нелинейно-оптических кристаллов микронного размера мы использовали стекло, которое облучали сильно сфокусированным импульсным лазерным излучением с аккуратно подобранными параметрами», - рассказывает Сергей Лотарев, доцент кафедры стекла и ситаллов РХТУ.

Превратить в кристалл можно любое стекло. Обычно это происходит, если его медленно нагревать и потом остужать - у атомов есть время спокойно собраться и образовать кристаллическую решетку. Для обычных стекол кристаллизация — это очень нежелательный процесс, и производители листового или тарного стекла всеми силами ее избегают, чтобы не испортить стеклянное изделие. В работе ученых кристаллизация, наоборот, была необходима.

В исследовании ученые выделяли в стекле кристаллическую фазу гептагерманата свинца ( $Pb_5Ge_3O_{11}$ ). Это нелинейно-оптический кристалл, в котором можно с помощью внешнего электрического поля менять оптические характеристики кристалла и тем самым вызывать отклик в проходящем через кристалл свете. Для того чтобы сформировать кристаллические треки из германата свинца, исследователи сначала синтезировали стекло, состоящее из оксидов германия и свинца, в соотношении, близком к такому в кристалле. Затем методом спектроскопии комбинационного рассеяния, ученые исследовали структуру стекла до и после нагрева в печи. Так они установили, кристаллизуется ли нужная фаза в объеме стекла, и записали ее спектры комбинационного рассеяния, чтобы в дальнейшем использовать их для сравнения.

После этого исследователи закристаллизовали стекло при помощи лазерного излучения: для этого в нем фокусировали лазерный пучок и медленно перемещали стекло перпендикулярно направлению пучка. В зоне облучения стекло плавилось, а при последующем охлаждении - кристаллизовалось. Из-за постоянного перемещения стекла получалось, что лазер «записывает» в нем непрерывную кристаллическую линию (трек). Изменяя параметры записи (скорость перемещения, энергию лазерных импульсов и частоту их следования), ученые обнаружили, что можно получать треки с разными размерами и профилем поперечного сечения и с различным распределением фазы германата свинца.

«Полученные в этой работе треки из германата свинца интересны в первую очередь тем, что дают возможность управлять свойствами света, который будет по ним распространяться. То есть если в дальнейшем мы научимся вводить в такие кристаллические треки свет, то с помощью электрического сигнала сможем влиять на его параметры. В будущем такой интегральный электрооптический модулятор может стать элементом архитектуры оптического компьютера, на базе которой будут с высочайшим быстродействием решаться сложные вычислительные задачи», - отметил Сергей Лотарев

<sup>36</sup>

## ➤ Ситаллы для сверхбыстрых оптических чипов

---

<sup>36</sup> [https://www.kommersant.ru/doc/4740682?utm\\_source=yxnews...](https://www.kommersant.ru/doc/4740682?utm_source=yxnews...)



Прозрачные оптические ситаллы уже больше полувека используют для создания зеркал телескопов, поскольку они, в отличие от многих других материалов, практически не изменяют своих размеров при нагревании, что очень важно при точных астрономических наблюдениях.

«За всю историю развития стекольной промышленности разработано большое количество ситаллов для различных применений - от прочной посуды до износостойких строительных материалов. Но самый наукоемкий класс ситаллов, будущее которого впереди — это оптические ситаллы и особенно ситаллы со сверхнизким коэффициентом линейного расширения», - комментирует Владимир Сигаев, заведующий кафедрой стекла и ситаллов РХТУ и соавтор работы.

«Аркадий Райкин в своей знаменитой миниатюре когда-то шутил: «Партия нас учит, что все тела при нагревании расширяются». Оказалось, что не все. Ситалл — это действительно уникальный, и даже аномальный материал, который при нагревании в широкой области температур полностью сохраняет свои линейные размеры, тогда как другие материалы подчиняются «партийной дисциплине». Правда, известны и другие материалы с очень малым тепловым расширением, например, сплавы инварной группы, но они непрозрачны. Сочетание прозрачности с буквально нулевым значением коэффициента теплового расширения, реализуемое в ситаллах, мы и использовали для создания термостабильных волноводов».

Ученые кафедры стекла и ситаллов РХТУ при помощи лазерного излучения создали в ситалле серию оптических волноводов для передачи данных. Чтобы создать волновод с наименьшими оптическими потерями исследователи изменяли параметры лазерной записи: энергию лазерных импульсов, скорость записи, размер оболочки и сердцевины.

Так они выбрали оптимальный режим записи, в котором записали волновод длиной 17 мм с показателем оптических потерь 2.4 дБ/см. По сравнению с аналогичной величиной в микрооптических волноводах, созданных в обычных стеклах (0.5 дБ/см) этот показатель в новых волноводах пока достаточно велик, но в дальнейшем он будет снижен за счет оптимизации лазерной записи. Кроме того, испытания при повышенной температуре показали, что даже при 600°C волноводы остаются стабильными, что доказывает возможность безопасной передачи данных в ситаллах в случае резких перепадов температуры<sup>37</sup>.

### ➤ **Новый высокоэнтропийный сплав**

НИИ материаловедения и инновационных технологий НИУ «БелГУ», Институт металлургии и материаловедения Польской академии наук (г. Краков, Польша) и Институт технологий Педагогического Университета (г. Краков, Польша) разработали новый высокоэнтропийный сплав для перспективной техники.

По словам научного сотрудника лаборатории объемных наноструктурных материалов НИИ материаловедения и инновационных технологий НИУ «БелГУ», кандидата технических наук Никиты Юрченко, в научном мире в качестве перспективной замены существующих конструкционных металлических материалов сегодня

---

<sup>37</sup>[https://nauka.tass.ru/nauka/10577695?utm\\_source=yxnew&fbclid=IwAR2jhV0gc7KtoWdjYsEp96JrpYSWax7CXDJsqOjbnj2dQJejAGujNbtZr\\_w](https://nauka.tass.ru/nauka/10577695?utm_source=yxnew&fbclid=IwAR2jhV0gc7KtoWdjYsEp96JrpYSWax7CXDJsqOjbnj2dQJejAGujNbtZr_w)

рассматривают высокоэнтропийные сплавы, состоящие из 4-5 и более элементов, взятых в приблизительно равных концентрациях. Такая комбинация элементов отличается высокой прочностью, но низкой пластичностью.

Новый высокоэнтропийный сплав, разработанный российскими и польскими учеными, обладает оптимальной прочностью и пластичностью. Сплав, состоит из алюминия, гафния, ниобия, скандия, титана и циркония. В результате проведенных экспериментальных исследований учёным удалось добиться баланса свойств высокоэнтропийного сплава, значительно повысив его потенциал.

Говоря об особенностях перспективного сплава, стоит упомянуть, что его механические свойства могут быть улучшены за счет простой термической обработки. Так, после высокотемпературного отжига прочность возрастает на 38 процентов, а пластичность – почти в три раза. Одновременно высокая прочность и пластичность отожженного сплава обеспечивалась особым механизмом деформации

«Результаты экспериментальных исследований структуры нового сплава были проанализированы с помощью теоретических расчетов, которые показали хорошую совместимость. Это вселяет уверенность в то, что активное использование предсказательных методов позволит более эффективно исследовать огромное композиционное пространство высокоэнтропийных сплавов и найти новые промышленно-ориентированные металлические материалы с улучшенными механическими свойствами», – говорит о перспективах совместного исследования Никита Юрьевич.

Потенциал применения разработанного сплава велик: аэрокосмическая промышленность, медицина и другие отрасли<sup>38</sup>.

### ➤ Однофотонные источники света на чипе

Однофотонными источниками света (однофотонными излучателями) называют источники, которые излучают свет в виде отдельных фотонов. Они являются одним из ключевых элементов во многих задачах в области квантовой информатики, в том числе в квантовых вычислениях и квантовой криптографии. Такие устройства представляют собой наноалмазы с центрами окраски, нанесенные на поверхность фотонного кристалла, который поддерживает распространение поверхностных электромагнитных волн, называемых блоховскими поверхностными волнами (БПВ). Наноалмазы покрываются слоем полимера, а затем в области наноалмазов с единичным центром окраски происходит создание волноводных структур с помощью метода двухфотонной лазерной литографии. Таким образом, реализуется метод интеграции однофотонных источников в волновод с помощью комбинирования двух технологий в рамках одной экспериментальной установки: технологии сканирования сигнала люминесценции и поиска наноалмазов, излучающих в однофотонном режиме, с последующей технологией лазерной литографии для создания волноводов над найденными наноалмазами.

«Ключевое отличие данной разработки от других однофотонных излучателей – использование блоховских поверхностных волн. Это вид электромагнитных волн, которые распространяются вдоль поверхности фотонного кристалла – структуры, состоящей из периодически чередующихся слоев диэлектрических материалов», — рассказал руководитель сектора нанофотоники Центра квантовых технологий МГУ, доктор физико-

<sup>38</sup> [https://www.bsu.edu.ru/bsu/science/news/detail.php?IBLOCK\\_ID=123&ID=699022](https://www.bsu.edu.ru/bsu/science/news/detail.php?IBLOCK_ID=123&ID=699022)

математических наук, профессор РАН, проректор МГУ Андрей Федянин. На данный момент БПВ активно исследуются для применения в интегральных оптических схемах благодаря своим уникальным характеристикам.

«Основным достоинством разрабатываемых в ЦКТ МГУ твердотельных однофотонных источников на основе наноалмазов является их интеграция с волноводными структурами. Таким образом, единичные фотоны, излучаемые источником, могут сразу попадать в интегрально-оптические схемы для квантовых вычислений без необходимости использования объёмных оптических элементов. Это значительно повышает удобство работы с однофотонными источниками, – отмечает научный сотрудник ЦКТ МГУ Кирилл Сафронов. – Также важно отметить более удобное и экономически выгодное изготовление таких устройств, которое обеспечивает применение недорогой технологии двухфотонной лазерной литографии. Благодаря ей можно создавать сложные компактные интегрально-оптические структуры за единый цикл литографии без увеличения стоимости конечного устройства. Кроме того, потенциально однофотонные источники на основе наноалмазов могут быть заменены на любые другие наноразмерные твердотельные источники без существенного изменения процедуры их встраивания в волноводы».

Задача по созданию однофотонного источника, интегрированного на чипе, – часть более масштабного проекта по управлению блоховскими поверхностными волнами с помощью диэлектрических структур на поверхности одномерного фотонного кристалла, который реализует группа ученых сектора нанофотоники Центра квантовых технологий под руководством профессора А.А. Федянина. Данный проект направлен на решение фундаментальной задачи по разработке новых методов управления генерацией и распространением блоховских поверхностных электромагнитных волн на границе раздела одномерный фотонный кристалл — диэлектрик. Решение этой задачи необходимо для разработки фундаментальных основ новой полностью диэлектрической платформы интегральной оптики на основе блоховских поверхностных волн.

Помимо твердотельных однофотонных источников, над разработкой которых работают в Центре квантовых технологий, существуют и иные варианты. В частности, ведутся разработки источников на базе коллоидных кристаллов, из сверхпроводящего кубита, на основе полупроводниковых наноструктур<sup>39</sup>.

### ➤ **Съедобные пищевые пленки для упаковки продуктов**

Ученые Университетов Шри Венкатешвары, Шри Падмавати Махила Висвавидялаям (Тирупати, Индия), Уральского федерального университета и Института органического синтеза УрО РАН создали съедобные пищевые пленки для упаковки, которая используется для фруктов, овощей, птицы, мяса и морепродуктов. Пленки состоят из натуральных компонентов — альгината натрия, феруловой и уксусной кислот, глицерина, безопасны для здоровья и окружающей среды. Кроме того, они водорастворимы: ученые помещали их в дистиллированную воду, и через 24 часа (в зависимости от образца) пленки растворились на 57–90%.

---

<sup>39</sup> [https://www.msu.ru/science/main\\_themes/opytnye-obraztsy-novykh-kvantovykh-ustroystv-razrabotannykh-v-mgu-vypustyat-do-kontsa-goda.html](https://www.msu.ru/science/main_themes/opytnye-obraztsy-novykh-kvantovykh-ustroystv-razrabotannykh-v-mgu-vypustyat-do-kontsa-goda.html)

«В последние годы для производства съедобных пленок зачастую используют такие биополимерные материалы, как углеводы, хитозан, белки, липиды и их смеси. Но проблема в том, что многие из этих материалов дорогие, а некоторые имеют плохую термическую стабильность и растворимость в воде, вызывают аллергию у людей. Мы пошли по другому пути и создали три вида пищевых пленок на основе широко известного природного полимера из морских водорослей — альгината натрия, чьи молекулы обладают пленкообразующими свойствами. Главное преимущество альгината — в воде он действует как жидкий гель», — рассказывает специалист по пищевым продуктам, старший научный сотрудник лаборатории органического синтеза УрФУ Раммохан Алуру.

Потенциальными интересантами таких пленок могут быть производители пищевой продукции и пищевых пленок. По словам ученых, специального оборудования для производства не требуется<sup>40</sup>.

### ➤ **Новый пластик, который можно переработать в удобрение**

Ученым кафедры Промышленной экологии Воронежского государственного университета инженерных технологий удалось получить компостируемый синтетический пластик на основе поливинилового спирта. Сейчас полученные образцы подвергаются дальнейшим исследованиям.

Компостируемые синтетические пластики на основе поливинилового спирта со свойствами tetra pack совмещают положительные свойства разлагаемых и неразлагаемых упаковок. Современная и экологичная упаковка на основе компостируемых пластиков может легко перерабатываться при смешивании с органическими отходами. В результате биоконверсии полимер предварительно распадается на небольшие фрагменты, которые включаются в круговорот веществ в природе.

Доцент кафедры, Любовь Студеникина, комментирует: «Сейчас мы находимся в самой активной фазе исследований, подбираем оптимальную рецептуру, изучаем свойства полученных образцов. Внедрение таких материалов требует детальных исследований для уточнения области их применения, например, с влажными продуктами такой материал не должен контактировать, так как разлагается подобно картону при намокании. Предполагается, что в разработанные сухие компостируемые пластики можно будет фасовать сухие и замороженные пищевые продукты, — это заменитель полистирольных подложек, которые в настоящее время не перерабатываются вторично, а занимают место на свалке»<sup>41</sup>.

### ➤ **Новая маркировка товаров защитит их от подделки**

В мире производится огромное количество подделок. Евразийская экономическая комиссия привела данные, что к 2022 году общий ущерб от торговли контрафактом достигнет почти 5 трлн долларов. Подделывают все: дорогие часы, бытовую технику, одежду, еду, лекарства. Специалисты придумывают все новые степени защиты: QR-коды, наклейки, защитные метки, голограммы. Однако все эти меры решают проблему только на время.

---

<sup>40</sup> <https://urfu.ru/ru/news/35735/>

<sup>41</sup> <https://vsuet.ru/news/uchonymvvguitdalospoluchitkompostiruyemyysinteticheskiplastiknaosnovopolivinilovogospirta>

Ученые Университета ИТМО совместно с коллегами из Алферовского университета, Института автоматики и процессов управления РАН, а также Дальневосточного Федерального Университета предложили новую защитную метку для маркировки подлинных товаров. Она создается из полупроводникового материала с помощью лазера. При этом проверить ее подлинность можно только с помощью специального оборудования.

«На тончайшую «наклейку» из кремниевой нанопленки с помощью лазера добавляются ионы редкоземельного металла, эрбия, которые образуют уникальный рисунок. Для этого на пленке делают множество практически невидимых глазу отверстий, упорядоченных в квадратную решетку. Часть из них содержит ионы эрбия, а другая - нет. Под воздействием лазерного излучения «эрбиевые» отверстия меняют цвет - именно по ним можно правильно «прочитать» изображение», - рассказывает руководитель проекта, старший научный сотрудник Университета ИТМО Дмитрий Зуев.

Чтобы узнать параметры картинки, злоумышленниками придется проникнуть в систему поставок, ознакомиться с оборудованием и методами чтения. Кроме того, настраиваемые характеристики делают защиту еще надежней.

Разработанная система устойчива к химическому и механическому воздействиям, также ее можно делать на гибкой подложке. Все это повышает потенциал внедрения разработанной технологии в реальный сектор экономики <sup>42</sup>.

#### ➤ **Прибор, позволяющий ускорить поиск вирусов в воде**

Ученые и инженеры МГТУ им Н.Э. Баумана и ФГУП ВНИИА им. Н.Л. Духова совместно с ИБХФ РАН разработали и протестировали устройство для автоматического разделения бактерий и вирусов в анализируемой пробе. Устройство представляет собой так называемый микрофлюидный чип — блок размерами меньше спичечного коробка, в котором организована сложная сеть микроканалов, вытравленных или отлитых в материале подложки.

Чтобы точно определить концентрацию и вид патогенов в образце, нужно сначала их отделить от других веществ и сконцентрировать. После этого можно будет обнаружить отдельные бактериальные клетки или другие частицы с гораздо большей достоверностью, уменьшить объем пробы и удалить вещества, препятствующие проведению аналитических реакций. Кроме того, это позволит значительно ускорить процесс за счет исключения некоторых специфичных стадий подготовки пробы.

Чип с шестью интегрированными мембранными клапанами выполнен из трех слоев доступного, биосовместимого и эластичного полимера. В качестве подложки использовали стекло.

По словам разработчиков, сам метод не имеет аналогов. Одно из основных ноу-хау заключается в циклической фильтрации отдельных порций пробы в автоматизированном режиме. По результатам эксперимента на чипе был выделен 81% бактерий. Это результат мирового уровня. Получить данные для пробы объемом до нескольких миллилитров можно всего за несколько минут. Важно, что в будущем использовать такую мини-лабораторию сможет даже неподготовленный человек.

---

<sup>42</sup> <https://news.itmo.ru/ru/science/photonics/news/10194/>

Повысить эффективность сортировки и концентрирования микрочастиц удалось за счет уменьшения объема, смыва и реализации предложенных в работе алгоритмов обратной промывки. При этом удалось повысить скорость фильтрации без увеличения давления. Это важно для сохранения жизнеспособности бактерий и достоверности результатов анализа.

По плану авторов разработки технология ляжет в основу портативных лабораторий на чипе для выявления широкого круга заболеваний на ранних стадиях, включая COVID-19, ротавирусы, энцефалит, бактериальные суперинфекции <sup>43</sup>.

### ➤ Самоочищающиеся ткани

Ученые Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна разработали технологию создания любых текстильных материалов, которые самоочищаются под водой или солнцем, и могут иметь разные цвета. При этом уничтожаются и загрязнения, и бактерии, и микроорганизмы.

Для создания тканей нового поколения на абсолютно любой текстильный материал наносится специальное покрытие из интерференционных пигментов — наночастиц на основе оксидов титана, железа, олова, никеля, алюминия, хрома и других металлов. При этом для внедрения процесса покрытия в производство достаточно будет оборудования, имеющегося на каждом текстильном предприятии. Ученые подсчитали, что себестоимость такой обработки обойдется промышленникам в сумму около 80 рублей за квадратный метр.

В отличие от других видов самоочищающихся тканей, созданных в России, разработка ученых СПбГУПТД уникальна тем, что покрытие может наноситься на ткани любого состава, в том числе с содержанием металлизированных нитей и смеси волокон. Это позволило расширить сферу применения таких материалов. Еще одной уникальной особенностью разработки является колористический эффект, который может достигаться при обработке: ткань начинает переливаться и менять оттенок в зависимости от того, как на нее падает свет.

«Эффект самоочистки поверхности обработанной ткани достигается за 20 минут экспонирования УФ-лучами в случае модельного загрязнителя (раствора органического красителя), — комментирует результаты испытаний один из авторов разработки, доцент кафедры химических технологий СПбГУПТД Наталья Дашенко. — Для натуральных органических загрязнителей (вишневый сок, чай, кофе) — за 50 минут воздействия УФ-лучами. Неорганические загрязнения (сажа, земля) удаляются с такой поверхности путем захвата стекающими каплями воды, поскольку покрытие на основе наноразмерного диоксида титана обладает супергидрофильными свойствами».

Такие ткани найдут применение при производстве спортивного инвентаря и одежды, эластичных, фиксирующих повязок, наколенников и налокотников, для обивки инвалидных кресел. Также ткани могут быть применены при производстве одежды, защищающей человека от поражения электрическим током или экстремально высоких температур, так как такую одежду не подвергают частым стиркам. Из-за особого

---

<sup>43</sup> <https://bmstu.ru/news/pribor-dla-poiska-virusov-v-vode-razrabotali-ucenye-noc-funktionalnye-mikronanosistemy-7639>

цветового эффекта разработка становится актуальна в сфере производства интерьерных текстильных изделий, портьер, материалов для обивки мебели и салонов автомобилей.

Ученые пояснили, что тканей со свойствами самоочистения поверхности и структурной окраской сегодня в России нет, аналоги есть за рубежом, что делает разработку ученых СПбГУПТД ориентированной и на импортозамещение. Кроме того, есть планы по выходу на внешние рынки, в частности, на данном этапе ведутся переговоры с компанией — автопроизводителем из Турции <sup>44</sup>.

### ➤ **Экологичное моющее средств**

Международная исследовательская группа под руководством ученых из Национального института научных исследований (INRS) открыла новую молекулу, способную произвести революцию на рынке биосурфактантов – поверхностно-активных веществ растительного происхождения.

Поверхностно-активные вещества сегодня преимущественно синтезируются из нефти и являются основным активным ингредиентом большинства мыла, моющих средств и шампуней. Биосурфактанты, вырабатываемые бактериями, более безопасны и могут заменять синтетические поверхностно-активные вещества.

Молекулы рамнолипидов являются одними из самых безопасных известных поверхностно-активных веществ: они могут разлагаться, не загрязняют окружающую среду, и их можно получить из промышленных отходов. Но эти молекулы можно получить только из синегнойной палочки, патогенной бактерии, вредной для человека.

«Если мы хотим в полной мере использовать преимущества рамнолипидов, нам необходимо выращивать эти патогенные бактерии в огромных масштабах. И поскольку это риск для здоровья, промышленность ищет альтернативы», – пояснил профессор Шарль Готье из Национального института научных исследований. Молекулы, производимые этими бактериями, обычно смешиваются с другими соединениями или факторами вирулентности, что затрудняет их использование.

Чтобы решить эту проблему, исследовательская группа выделил молекулы, которые напоминают рамнолипиды, из *Pantoea ananatis*, непатогенной бактерии. Затем команда смогла химически синтезировать эти молекулы, называемые ананатозидами в лаборатории. Благодаря этому выросла вероятность того, что так их можно получить в более крупных масштабах, нежели естественным путем. Промышленность уже проявляет интерес к этим многообещающим новым биосурфактантам.

Теперь исследователи хотят охарактеризовать новые биосурфактанты и сделать молекулы более стабильными <sup>45</sup>.

### ➤ **Мембраны из тефлона для медицины и новой энергетики**

Ученым Томского политехнического университета удалось с помощью метода электроспиннинга получить мембраны из политетрафторэтилена (тефлона) — самого химически стойкого полимера в природе. По словам ученых, это простой, доступный и легко масштабируемый метод, который позволит получать химически стойкие мембраны

<sup>44</sup> [https://sutd.ru/novosti\\_i\\_obyavleniya/announces/16951/](https://sutd.ru/novosti_i_obyavleniya/announces/16951/)

<sup>45</sup> <https://scientificrussia.ru/articles/najdeno-soedinenie-dlya-sozdaniya-bolee-ekologichnyh-moyushchih-sredstv>

в промышленных объемах. Их можно использовать в нефтехимической, авиакосмической, атомной отраслях, безуглеродной энергетике и медицине.

«Нам был интересен сам материал и методы работы с ним. Тефлон — это полимер, содержащий фтор. Его и подобные соединения называют фторопластами. Они привлекают внимание ученых и промышленников именно инертностью — их можно использовать в агрессивных средах или там, где критична стабильность материала. Будь то водородный топливный элемент, работающий в условиях агрессивных сред, или медицинский имплантат внутри человеческого организма. То есть получать мембраны из тефлона очень перспективно, однако до сих пор в мире не существует крупнотоннажной технологии. Это или дорого, или очень трудоемко, хотя исходный материал — доступный», — говорит руководитель работ, научный сотрудник Научно-образовательного центра Б.П. Вейнберга ТПУ Евгений Больбасов.

Процесс получения мембраны протекает в два этапа. Сначала очень мелкий порошок тефлона смешивается с поливиниловым спиртом. Получается раствор, который загружается в установку для электроспиннинга. Здесь из него вытягиваются тончайшие волокна, из них «прядется» белое пористое полотно. Это и есть мембрана. На втором этапе ее обжигают в печи при температуре около 400 °С. В печи полностью испаряется добавленный спирт, а сама мембрана немного темнеет. Весь процесс занимает не более трех часов.

Разработчики отмечают, что все исходные вещества, используемые для синтеза, коммерчески доступные и производятся в России <sup>46</sup>.

---

<sup>46</sup> <https://news.tpu.ru/news/2021/06/25/38663/>





## Раздел «Энергетика»

### ➤ Новые катализаторы для конверсии нефтяных газов

Попутные газы, которые получаются при добыче и переработки нефти, раньше просто сжигали в газовых факелах, но сейчас их пробуют использовать более рационально - например, преобразовывать в синтез-газ, исходное сырье для многих химических производств.

Для этого нужны доступные и эффективные катализаторы и один из вариантов — это карбид молибдена ( $\text{Mo}_2\text{C}$ ), каталитическая активность которого в реакциях конверсии углеводородов сопоставима с дорогостоящей платиной. Химики РХТУ им. Д.И. Менделеева предложили новый способ получения этого каталитического материала из доступного прекурсора - красителя молибденовая синь и показали, что разработанные образцы обладают высокой каталитической активностью, то есть обеспечивают быструю и полную конверсию углеводородов.

«Фактически мы занимаемся не просто синтезом высокодисперсных частиц, а изучаем каждую стадию получения каталитических систем, что позволяет, установив основные фундаментальные закономерности, синтезировать продукт с заданными свойствами - то есть карбид молибдена с высокой каталитической активностью», - отмечает один из авторов работы, доцент кафедры коллоидной химии РХТУ, Наталья Гаврилова.

Разработанный метод синтеза протекает при сравнительно низких температурах (по сравнению с традиционными методами), а синтезированный  $\text{Mo}_2\text{C}$  обладает высокой каталитической активностью, что открывает возможность использовать этот метод для получения массивных катализаторов на носителе и каталитических мембран для различных задач - в том числе конверсии попутных нефтяных газов<sup>47</sup>.

### ➤ Метод повышения эффективности сгорания угольного топлива

По данным Международного энергетического агентства, уголь является самым распространенным первичным энергоресурсом в мире. Согласно отчетам организации, в 2020 году более трети мировой электроэнергии производилось за счет сжигания угля. Эксперты утверждают, что, несмотря на все усилия по переходу на возобновляемые источники энергии, уголь в ближайшие годы сохранит лидирующие позиции в производстве электроэнергии. При этом, с использованием угля в качестве энергоносителя связан ряд проблем, включая неполное сгорание топлива и выделение токсичных газов, что ставит перед угольной энергетикой задачу более эффективной и экологичной конверсии топлива в энергию. Одним из возможных решений для повышения эффективности сгорания угля может стать использование каталитических агентов (катализаторов), способных повысить интенсивность процесса его горения. В

---

<sup>47</sup> <https://naked-science.ru/article/column/v-rhtu-poluchili-novyj-molibdenovyy-katalizator?fbclid=IwAR0Kn0PmW12ht-FXumXK6bueR20792C1fMmkzgt9H0DtJ5YlIClxn5E20Ec>

качестве таких агентов могут выступать оксиды различных металлов или их прекурсоры: нитраты, ацетаты, хлориды и сульфаты.

Исследователи из Лаборатории катализа и переработки углеводородов НИТУ «МИСиС», научно-исследовательской лаборатории «Энергетика 4.0» ТПУ и Института катализа СО РАН им. Г.К. Борескова предложили новый метод повышения эффективности сгорания угольного топлива с помощью солей меди, который позволяет на 40% сократить выбросы угарного газа и в три раза снизить недожог, превратив его в полезное тепло.

При использовании солей металлов в качестве катализаторов, повышение эффективности процесса горения достигается за счет интенсификации реакции горения и понижения температуры горения. При этом авторы исследования отмечают, что применение солевых агентов делает процесс горения более управляемым.

В ходе исследования ученые использовали соли меди в качестве активирующей добавки горения для повышения реакционной способности твердого топлива с высокой степенью углефикации, такого как антрацит или каменноугольный кокс. Такое топливо имеет высокую температуру воспламенения и теплоту сгорания при более низкой интенсивности горения. Увеличение реакционной способности и скорости горения позволило значительно снизить потери тепла из-за так называемого топливного недожога путем его преобразования в энергию.

В будущем применение солей меди для повышения эффективности сгорания угля позволит существенно снизить топливные потери в энергетической отрасли, минимизировать затраты энергии при растопке электроэнергетического оборудования и сократить выбросы от угольных электростанций<sup>48</sup>.

### ➤ Прозрачные солнечные батареи

С помощью способа, что обнаружили физики Университета ИТМО, удалось повысить функциональность и КПД органического солнечного элемента на основе малых молекул.

Создание прозрачных тонкопленочных фотоактивных материалов – одна из самых интересных задач в солнечной энергетике. Подобную пленку можно наклеить на обычное окно и получить из него генератор энергии без ущерба для внешнего облика здания.

«У обычных тонкопленочных солнечных батарей есть непрозрачный металлический задний контакт, который позволяет дополнительно захватить больше света в структуре. В прозрачных солнечных элементах используют светопронускающий задний электрод. В этом случае часть фотонов неизбежно теряется на пропускание, поэтому и КПД у них намного ниже. Кроме того, есть сложности с изготовлением заднего электрода с необходимыми характеристиками. Это дорого», — отмечает научный сотрудник Нового Физтеха ИТМО Павел Ворошилов.

Повысить эффективность солнечных батарей можно с помощью легирования. Это процедура, в ходе которой к материалу добавляют определенные примеси, которые должны улучшить его свойства. По словам Павла Ворошилова, чтобы примеси правильно «прилипли» к нужному материалу, требуются сложные подходы и дорогое оборудование. Исследователи предложили более доступную технологию создания «невидимых»

---

<sup>48</sup> <https://in.minenergo.gov.ru/news/news/rossiyskim-uchenym-udalos-velichit-effektivnost-szhiganiya-uglya>

солнечных панелей — легирование материалов с помощью ионной жидкости, меняющей характеристики обработанного слоя.

Сотрудники Нового физтеха предложили применить этот способ к органическим солнечным элементам. Для своих исследований они взяли солнечный элемент на основе малых молекул, в конструкции которого заменили непрозрачный металлический электрод многостенными углеродными нанотрубками и существенно увеличили толщину транспортного слоя из фуллерена.

В результате исследования, ученым удалось поднять эффективность батарей в несколько раз. Ученые полагают, что таким же образом можно повысить характеристики других материалов, которые изначально показывают более высокую производительность<sup>49</sup>.

### ➤ **Новая технология подготовки нефти ультразвуком**

Научно-технический центр ПАО «Газпром нефть» и ПАО «СН-МНГ» при содействии ученых Губкинского университета завершили испытания первой в России технологии подготовки нефти, основанной на использовании промышленного ультразвука.

Технология позволяет разделить сырье на нефть и воду под воздействием ультразвуковых волн. Процесс происходит прямо в трубопроводе, без использования специализированных резервуаров для сепарации. Новая технология более чем на 30% снижает расход используемых деэмульгаторов, а также дает возможность применять российские реагенты вместо дорогостоящих импортных.

«Современные методы, основанные на достижениях фундаментальной науки, помогают нам снижать операционные расходы и увеличивать эффективность нефтедобычи. Это особенно важно при разработке зрелых месторождений, где экономическая рентабельность проектов напрямую зависит от правильно подобранных технологий», – отметил директор по технологическому развитию ПАО «Газпром нефть» Алексей Вашкевич.

Лабораторные испытания были проведены при непосредственном участии ученых РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина. Полевые испытания, подтвердившие высокую экономическую эффективность новой технологии и возможность ее тиражирования, прошли на промысле ПАО «СН-МНГ»<sup>50</sup>.

### ➤ **Разработка получения возобновляемого сырья**

Сотрудники Российского государственного университета нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина совместно со специалистами из Института нефтехимического синтеза имени А.В. Топичева Российской академии наук разработали два новых катализатора на основе высококремнеземных цеолитов для переработки перспективного возобновляемого сырья для нефтехимии.

Учёные научились получать из этилацетата или изобутанола достаточно большое количество ароматических углеводов или олефинов C2 – C4. Первые выходят в компонент

<sup>49</sup> <https://news.itmo.ru/ru/science/photronics/news/10143/>

<sup>50</sup> <https://www.gubkin.ru/news/detail.php?ID=43771>

автобензина, могут использоваться для смол, лаков, пластификаторов. Олефины применяются в качестве добавок к моторному топливу, также из них изготавливают синтетические моющие и смачивающие средства. Пользуются спросом они и в промышленном производстве.

Данная работа интересна и перспективна тем, что этилацетат и изобутанол можно получить с помощью переработки растительного сырья. Сейчас во всём мире создание производства полупродуктов нефтехимии из растений привлекает все больше исследователей, так как по подсчётам специалистов мировые запасы ежегодно возобновляемой биомассы составляют 200 миллионов тонн. Таким образом, новые катализаторы, разработанные учёными, позволяющие с высокой экономической эффективностью осуществлять переработку растительного сырья в необходимые современной промышленности вещества, становятся ещё одним шагом к использованию «зелёной» химии<sup>51</sup>.

### ➤ **Инновационные технологии преобразования солнечной энергии в жидкое топливо**

Это одно из актуальных направлений, над которым работают многие развитые и развивающиеся страны мира — это преобразование солнечной энергии в жидкое топливо. На сегодняшний день это направление разработок очень популярно, так как нестабильность производства электроэнергии из возобновляемых источников требует эффективных технологий по накоплению запасов энергии.

В 2021 году ученые из Китая завершили проект по преобразованию солнечной энергии в жидкое топливо. Работы над проектом начались еще в 2001 году.

С помощью электричества из фотоэлементов исследователям удалось синтезировать жидкий продукт с содержанием метанола на уровне 99,5%. По результатам работы, одна установка может производить 1 500 тонн метанола в год, а также перерабатывать 2 000 тонн CO<sub>2</sub>. Метанол получается в процессе синтеза из оксида углерода и водорода на катализаторе. Водород для этого получают в процессе электролиза воды, для чего и требуется энергия, в частности — от солнечного света<sup>52</sup>.

### ➤ **Новая технология очистки нефти от воды с помощью тока**

При добыче нефти на месторождении она поднимается на поверхность вместе с нефтяными водами. Количество воды и нефти в смеси может различаться в зависимости от месторождения и условий добычи. При традиционной технологии очистки смесь отстаивается, вода и нефть расслаиваются, после чего нефть подают в нефтепровод. Однако проблема в том, что такой естественный процесс может занимать много времени.

Ученые Новосибирского государственного технического университета НЭТИ создали и запатентовали технологию уменьшения времени очистки нефти от воды сразу после добычи на месторождении.

«Скорость отстаивания связана с характеристиками воды: плотность, вязкость, поверхностное натяжение. Мы решили увеличить плотность воды, осуществить операцию

---

<sup>51</sup> [https://www.rfbr.ru/rffi/ru/press\\_about/o\\_2117958](https://www.rfbr.ru/rffi/ru/press_about/o_2117958)

<sup>52</sup> <https://hightech.fm/2021/03/16/solar-energy-china>

квазиутяжеления, что позволит уменьшить время отстаивания», — сообщил доцент кафедры электротехнических комплексов НГТУ НЭТИ Евгений Порсев.

Суть технологии — в скрещивании электрических и магнитных полей. Магнитная индукция создается в магнитном поле с помощью электромагнитов с сердечниками и обмотки, через которую пропускают электрический ток.

«Мы можем направить магнитные силы вниз, а электрические - поперек движения воды. Таким образом мы создаем условия увеличения плотности воды, в результате всплывание жировых шариков нефти ускоряется», — отметил ученый.

С точки зрения затрат, использование технологии ученых НГТУ НЭТИ сопоставимо или чуть дороже, чем традиционный способ разделения нефти и воды. Но с учетом выигрыша времени от момента добычи до отправки в нефтепровод можно говорить об экономической выгоде изобретения для отрасли нефтедобычи<sup>53</sup>.

---

<sup>53</sup> [https://www.nstu.ru/news/news\\_more?idnews=132284](https://www.nstu.ru/news/news_more?idnews=132284)



## Раздел «Технологии для развития инфраструктуры города»

### ➤ **Новый пожаробезопасный полимер для российской авиакосмической отрасли**

Для обеспечения импортозамещения в авиакосмической отрасли химии РХТУ им. Д.И. Менделеева разработали уникальную технологию, по которой необходимые для новых самолётов полимеры изготавливаются быстрее и дешевле иностранных аналогов. По данным учёных, их вещество также превосходит продукцию конкурентов по уровню пожаробезопасности.

Как сообщают исследователи, особенность технологии - в использовании катализатора, который ускоряет процесс полимеризации бензоксазиновых мономеров и снижает горючесть композитных материалов на их основе. Всё исходное сырьё для бензоксазинов также производится в России, отмечают учёные. Синтез проводится в специально изготовленном в РХТУ стометровом реакторе. На выходе получается тягучая смесь мономеров, которую для создания полимерного композита необходимо отвердить, то есть полимеризовать.

«Сами бензоксазины могут полимеризоваться без катализатора, но для этого нужна высокая температура порядка 180 °С и много времени - иногда более десяти часов. Приходится довольно долго держать печь нагретой, что невыгодно по затратам энергии и времени. Поэтому для сокращения издержек нужен катализатор, разработке которого и посвящена данная работа. Мы использовали соединения на основе фосфазена - так называют молекулы с двойными связями между атомами фосфора и азота, к которым «пришили» определённые молекулярные группировки», - рассказал один из авторов работы, декан факультета нефтегазохимии и полимерных материалов РХТУ Игорь Сиротин.

В результате проведённых экспериментов учёным удалось подтвердить на практике сокращение времени полимеризации новых материалов в четыре раза. Горючесть полимера на основе бензоксазинов снизилась в сравнении с существующими аналогами более чем в десять раз. При этом, в отличие от других добавок, снижающих горючесть, использованный катализатор на основе фосфазена не ухудшил прочностные и механические свойства готового изделия.

Также учёные сообщили, что технологию производства композитных материалов на базе российского полимера планируют разработать и внедрить на производственных предприятиях корпорации «Росатом» в течение 2021 года. После изготовления композиты будут испытаны в готовых изделиях. Мощность опытного производства бензоксазиновых мономеров и их связующих составит до 200 тонн в год.

По данным разработчиков, огнестойкие полимеры будут в первую очередь использоваться при создании разных элементов интерьера салона воздушного судна, в том числе сотовых панелей пола российского лайнера МС-21. Также новые вещества найдут применение в транспортном строительстве и производстве электронной техники<sup>54</sup>.

<sup>54</sup> <https://russian.rt.com/science/article/847621-ognestoikie-polimery>

## ➤ Оптимизация процесса производства аэрогелей

Аэрогели — это высокопористые структурированные материалы, внутренние пустоты которых заполнены газом. У них очень низкая плотность и теплопроводность, а также одновременно высокая твердость и прозрачность, благодаря чему аэрогели применяют для теплоизоляции и других задач.

Однако, один из ключевых этапов получения аэрогелей - сверхкритическая сушка - очень дорогостоящий, что ограничивает возможности широкого распространения этих материалов.

«Многие научные группы занимаются интенсификацией процесса сверхкритической сушки», - рассказывает один из авторов работы, научный сотрудник РХТУ, Павел Цыганков. «Мы в своей работе сконцентрировались на влиянии параметров процесса - температуры, расхода сверхкритического сушильного агента и режима его подачи, на ключевые характеристики процесса сушки - ее продолжительности и суммарном расходе сушильного агента».

В результате ученые установили, что за счет изменения параметров сверхкритической сушки расход углекислого газа можно уменьшить на 63.4%, а суммарное время процесса - примерно на 50%. При этом качество получаемого продукта остаётся практически неизменным и полученные кремнеземные аэрогели имеют развитую удельную поверхность (~ 850 м/г) и высокую пористость (~ 95 %).

Таким образом, российские химики нашли способ оптимизации процесса сверхкритической сушки, который составляет существенную часть затрат на производстве аэрогелей<sup>55</sup>.

## ➤ Эффективная технология выделения ксенона

Ученые РХТУ им. Д.И. Менделеева и НГТУ им. Р.Е. Алексеева создали простую и эффективную технологию выделения ксенона из газогидратов — твердых кристаллических соединений молекул воды и газов. Для получения газогидрата нужно создать специальные термобарические условия — повышенное давление в сочетании с температурами, превышающими замерзание воды. Для превращения природного газа в газогидрат (технологии непрерывной мембранно-газогидратной кристаллизации) и затем разделения его компонентов потребовалось создать и специальное оборудование.

«Регулируя давление и температуру, можно поэтапно выпускать из этих кристаллогидратов разные газы», — сообщил профессор Илья Воротынец, руководитель лаборатории SMART-полимерных материалов и технологий РХТУ, где и создана разработка.

В мире запатентовано несколько технологий выделения ксенона из природного газа, но ни одна из них не дошла до промышленного применения в связи с многостадийностью процесса, сложностью задействованной аппаратуры, а также низкой концентрацией ксенона в конечном продукте. Преимущества разработанного метода в низких затратах энергии, относительной простоте экспериментальной установки и ее масштабируемости, а также высокой эффективности газоразделения.

---

<sup>55</sup> [https://naked-science.ru/article/column/samyj-legkij-?fbclid=IwAR1JIAFqjzMYs6RhAaM932R72Kk5\\_MkiME9nmQk\\_7tTRPktYzdUHwwgQwc](https://naked-science.ru/article/column/samyj-legkij-?fbclid=IwAR1JIAFqjzMYs6RhAaM932R72Kk5_MkiME9nmQk_7tTRPktYzdUHwwgQwc)

По оценкам экспертов, рынок ксенона растет на 15–20% в год, газ востребован не только в медицине, но и в космической отрасли, в микроэлектронике, в сфере лазерной резки деталей. И если в автопроме его востребованность снижается из-за замены ксеноновых фар светодиодными, то в других сферах растет.

«Мир ждет скачка в области применения ксенона. Например, все ждут новой разработки Samsung, где ксеноном заполняются ячейки плазменных панелей и смартфонов. Если будет развиваться промышленность, то потребность в ксеноне возрастет при точной лазерной резке металлических деталей. Также на основе ксенона разрабатываются ракетные двигатели для полетов в дальний космос», — уточнил Илья Воротынцев<sup>56</sup>.

### ➤ **Строительные материалы, защищающие от радиации**

Ученые Уральского федерального университета создали образцы глиняных кирпичей, которые способны максимально ослаблять ионизирующее излучение — до уровня, безопасного для человеческого организма.

«Кирпичи легированы тяжелыми металлами — отходами металлургических предприятий Урала. Эти вещества обладают выраженными радиационно-защитными свойствами. Таким образом, мы решаем сразу две задачи. Во-первых, добавляя измельченные поглотители ионизирующего излучения в матрицу, в данном случае из глины, мы получаем строительные материалы с заданными защитными свойствами. Во-вторых, таким образом находим способ утилизации промышленных отходов», — поясняет научный руководитель проекта, доцент кафедры атомных станций и возобновляемых источников энергии УрФУ Олег Ташлыков.

«Известно, что наиболее надежной защитой от гамма- или рентгеновского излучения является вольфрам, однако он очень дорог. Свинец дешевле, но токсичен. И, кроме того, пластичен и в вертикальном положении может сползать под собственной тяжестью, образуя отверстия в системе радиационной защиты и снижая ее устойчивость. Наши материалы оптимальны с точки зрения эффективности радиационной защиты и простоты изготовления, прочности, долговечности, стоимости. Последний фактор немаловажен, так как на сегодня вклад биологической защиты в стоимость объектов атомной энергетики достигает 20–30%», — объясняет Олег Ташлыков.

Уникальность свойств создаваемых образцов обеспечивается тем, что ученые УрФУ применяют высокоточные расчетные коды и используют для своих экспериментальных исследований реакторную установку Института реакторных материалов государственной корпорации «Росатом» (Заречный, Свердловская область), а также производственные технологии Завода герметизирующих материалов (г. Дзержинск, Нижегородская область).

Конечная цель ученых — разработать широкую линейку материалов на основе не только глины, но и цементных растворов или бетона, искусственных полимеров с разным химическим составом и концентрацией поглощающих веществ<sup>57</sup>.

### ➤ **Новый способ оценки рисков промышленных аварий**

<sup>56</sup> <https://iz.ru/1133046/nataliia-mikhailchenko/ksenonovaia-farma-rossiia-stanet-liderom-v-proizvodstve-bezopasnogo-narkoza>

<sup>57</sup> <https://urfu.ru/ru/news/36547/>



Ученые из Южно-Уральского государственного университета усовершенствовали методику оценки рисков аварийности производственных зданий. Основным достоинством нового способа является возможность учитывать размер ущерба при авариях. Это поможет определить, насколько вероятно разрушение или повреждение производственного здания, повысить безопасность работников и избежать возможных человеческих жертв при возникновении аварийных ситуаций.

Используемые ранее способы мониторинга определяли техническое состояние без учета рисков обрушения конструкций в различных частях здания или сооружения. Такие риски часто приводят к повреждению или утрате технологического оборудования, к ранению или гибели людей в зоне обрушения.

Установка датчиков системы мониторинга должна проектироваться с учетом оценки рисков обрушения конструкций. В каждом блоке может быть установлена система мониторинга разной степени сложности в зависимости от величины риска потенциального ущерба. На некоторых участках здания с минимальными рисками, например, на участках складирования заготовок или готовой продукции, она может вообще не устанавливаться. Более крупная по площади обрушения авария на участке складирования материалов или заготовок по величине ущерба с большой вероятностью окажется незначительной по сравнению с точечным обрушением в зоне сосредоточения людей и дорогого технологического оборудования. Таким образом, новый подход обеспечивает повышение эффективности контроля конструкции здания при снижении затрат на систему мониторинга.

Данный метод значительно повышает достоверность определения эксплуатационных рисков зданий и сооружений, зависящих от состояния строительных конструкций. На основании данных системы мониторинга создаются пространственные карты технического состояния конструкций промышленных объектов.

«Результаты оценки рисков на основе мониторинговой информации отображаются на цифровой модели объекта в виде карт рисков в каждом конструктивном блоке. Если риск превышает величину установленного критического значения, производится мгновенное оповещение, что является необходимым условием для своевременной эвакуации персонала и ограничения доступа к конструктивному блоку до момента устранения причин появления риска. Сформированные пространственные карты рисков используются в дальнейшем для разработки плана технического обслуживания и ремонта, последовательность, содержание и сроки которого определяются в зависимости от фактических рисков», – рассказывает руководитель проекта Альберт Байбурин.

При совмещении карт технического состояния и рисков создается пространственная модель обслуживания объекта по техническому состоянию, которая учитывает соотношение «техническое состояние / риск аварии» на каждом отдельном участке объекта. Чем больше поврежденность и выше ущерб от аварии, тем интенсивнее мероприятия техобслуживания в содержательном и временном плане. Градация по срокам обслуживания и ремонта визуально отмечается разными цветами в автоматическом режиме<sup>58</sup>.

### ➤ Уникальный сплав для авиа и железнодорожного транспорта

---

<sup>58</sup> <https://www.5stop100.ru/about/mass-media/142397/>

Ученые Национального исследовательского технологического университета «МИСиС» при участии коллег из Сибирского федерального университета и «НПЦ магнитной гидродинамики» (г. Красноярск) разработали технологию получения уникального термостойкого алюминиевого сплава повышенной прочности, который сможет заменить более дорогие и тяжелые медные проводники в летательных аппаратах и в скоростном железнодорожном транспорте.

Исследователи создали метод получения уникальной термостойкой проволоки повышенной прочности. Проволока изготавливается из алюминиевого сплава, первоначально отлитого в виде длиномерной, диаметром около 10 мм, заготовки в электромагнитном кристаллизаторе. Авторам удалось получить термически стабильную структуру (до 400 градусов Цельсия включительно), которая существенно превосходит по термической устойчивости известные алюминиевые сплавы, сохраняющие свои свойства до 250-300 градусов Цельсия.

«Из этого сплава нам удалось получить термостойкую проволоку повышенной прочности. Сейчас мы занимаемся определением ее физико-механических свойств, и первые результаты уже весьма впечатляющие. Мы планируем запатентовать способ получения такой проволоки», — рассказал старший научный сотрудник кафедры обработки металлов давлением НИТУ «МИСиС» Торгом Акопян.

Термостойкие проводники повышенной прочности могут найти применение в летательных аппаратах и железнодорожном скоростном транспорте вместо существенно более дорогих и тяжелых медных проводников. По мнению авторов, уникальная и дешевая технология может заинтересовать производителей деформированных полуфабрикатов из алюминиевых сплавов <sup>59</sup>.

### ➤ **Новая технология печати высокоточных деталей для самолетов и ракет**

Ученые Пермский Политех с коллегами из Индии разработали уникальную технологию, которая повысит эффективность производства сложных металлических изделий для самолетов и ракет. На детали с высокой точностью размеров и качеством поверхности, полученные с помощью литья по выжигаемым моделям, сейчас высокий спрос. Разработка помогла увеличить точность и качество 3D-печати опытных изделий, что позволило на 34% повысить экономическую эффективность технологии.

Процесс литья основан на создании модели изделия, которую покрывают керамической оболочковой формой. Качество металлической детали будет зависеть от точности этой формы. Чтобы сохранить ее в целостности, необходимо разработать специальную структуру модели и режимы ее выжигания, считают ученые.

«Сейчас для производства выжигаемых и выплавляемых моделей опытных деталей используют пенополистирол или воск. Однако эти материалы дороги и не обеспечивают требуемую точность при изготовлении крупногабаритных и сложнопрофильных изделий. Мы предложили создавать модели из фотополимеров с регулируемой ячеистой структурой. Этот метод обеспечит высокую точность изготовления модели, ее прочность при нанесении формы и минимальное образование пепла при выжигании. Технология повысит качество получаемой отливки, что очень важно в таких наукоемких отраслях

---

<sup>59</sup> <https://misis.ru/science/achievements/2021-06/7403/>

промышленности, как машиностроение, ракетостроение и авиация», – отмечает автор исследования, доцент кафедры «Инновационные технологии машиностроения» Пермского Политеха, кандидат технических наук Тимур Абляз.

Фотополимерные модели деталей с регулируемой ячеистой структурой «выращивают» на 3D-принтере и выжигают при определенных температурных условиях. Исследователи провели промышленные испытания разработки, которые позволили увеличить эффективность технологического процесса литья на 34%. По словам ученых, с помощью новой технологии можно будет снизить себестоимость изготовления деталей для самолетов и ракет. Разработка уже вызвала интерес со стороны промышленного производства<sup>60</sup>.

#### ➤ **Новый инновационный композит**

Ученые из НИИ космических и авиационных материалов в Переславле-Залесском создали материал нового поколения, способный выдерживать колоссальные нагрузки: полоска материала шириной пять миллиметров при собственной массе два грамма способна удерживать груз массой более 500 килограммов. Ни сталь, ни авиационный алюминий не способны выдержать это.

Новый композит, который назвали «Аристар», рассчитан на использование в технологиях будущего, требующих высокой прочности в сочетании с малым весом. Кроме необычной прочности материал, в отличие от классических эпоксидных полимеров, которые используют в гражданской авиации, ударопрочный, огнеупорный, влагостойкий и не подвержен деформации при использовании. Изобретение имеет российские и международные патенты и прошло испытания.

«Технология, на основе которой мы разработали этот материал, известна ученым около 20 лет, но за все эти годы, успеха смогли добиться только в США, в Японии уже 15 лет проводят опыты. Нам понадобилось семь лет, но по свойствам наша разработка опережает американскую», - гендиректор НИИКАМ Василий Аристов.

Разработчики полагают, что их материал найдет применение в космической отрасли, а также в авиации, судостроении, атомной промышленности и противопожарных технологиях<sup>61</sup>.

#### ➤ **Новый метод 4D-моделирования зданий при помощи машинного обучения**

Группа ученых из Сколтеха и исследовательского института FBK (Италия) представили методику, позволяющую создавать 4D-модели зданий с помощью исторических карт и машинного обучения. Используя новую методику, можно не только предсказывать высоту зданий на основе их геометрических параметров, данных о районе и категории здания, но и получать более полную информацию о различных явлениях и изменениях в городской среде, сыгравших важную роль в формировании современного облика наших городов.

В приложениях для 3D/4D-моделирования городской среды на основе исторических данных отсутствие информации о высоте зданий – главная проблема, не

<sup>60</sup> <https://pstu.ru/news/2021/04/09/11339/>

<sup>61</sup> <https://1yar.tv/article/v-pereslavle-zalesskom-sozdali-innovacionnyy-material-aristar/?fbclid=IwAR0PBKICo7PiDC0Qz6AkI2UBz7iYdTMZu9LRoT3xY2qeXmX3UQ9bcl7qxNU>

позволяющая добиться требуемой точности в представлении, анализе, визуализации и моделировании объемного пространства.

Ученые из Сколтеха и отдела 3DOM института FBK в Тренто исследовали возможности решений на основе машинного обучения по определению высоты зданий при помощи исторических карт местности. Разработанный метод протестировали на четырех исторических картах Тренто (1851, 1887, 1908 и 1936 годы) и Болоньи (1884 и 1945 годы), на которых отражены наиболее существенные изменения в городской застройке за последние столетия, и восстановили динамические 4D-версии этих городов.

«Разработанная нами методика обучения и предсказания, протестированная на исторических данных, оказалась эффективной и перспективной для целого ряда других приложений. Пока для предсказания используется небольшое число характерных признаков, но в ближайшее время мы планируем обобщить методику для решения реальных задач в условиях отсутствия данных о высотах рельефа местности.

Разработанные при помощи этой методики модели позволят восполнить нехватку геопространственных данных при исследовании исторических и труднодоступных ландшафтов», – рассказывает аспирант Сколтеха и FBK в Тренто Эмре Оздемир<sup>62</sup>.

### ➤ **Экологичное углеродное волокно**

Ученые института химических и нефтегазовых технологий Кузбасского государственного технического университета путем глубокой переработки угля получили первые опытные образцы сырья для углеродного волокна, которое может заменить металл и пользуется высоким спросом при производстве композитных материалов для энергетики, авиа- и машиностроения. Особенностью разработки является ее экологичность.

Конечными продуктами из углеродного волокна, полученного по разработанному учеными КузГТУ методу, станут инновационные композиционные материалы, которые используются в электронике, энергетике, машиностроении, авиастроении, производстве космических аппаратов. Их отличает износостойкость, легкость и прочность.

Широкое использование материалов на основе углеродных волокон позволяет не только получить уникальные по своим свойствам продукты, которые используются в различных сферах, но и снизить выбросы в атмосферу диоксида углерода и сэкономить не одну тонну топлива. Метод производства, разработанный в Кузбасском политехе, основан на технологии термического растворения углей, которое происходит с использованием специальных органических растворов и без коксования угля<sup>63</sup>.

### ➤ **3D-принтер, печатающий изделия из титана**

Специалисты из Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого создали 3D-принтер, печатающий изделия из титана.

По словам руководителя Лаборатории легких материалов и конструкций Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (СПбПУ) Олега

---

<sup>62</sup> <https://naked-science.ru/article/column/sozdan-novyy-metod-4d-modelirovaniya-zdanij>

<sup>63</sup> <https://kuzstu.ru/news/5037/uchenye-kuzgtu-nauchilis-poluchat-ekologichnoe-uglerodnoe-voлокno-iz-uglya-bez-koksovaniya/>

Панченко, одно из преимуществ устройства - повышенная производительность. Она в четыре раза выше, чем у аналогов.

«Благодаря камере с инертной атмосферой мы можем печатать любые материалы. Причем, есть возможность использовать два разных материала во время 3D-печати. Возможность использовать сразу две разные проволоки приводит нас к печати изделий из инновационных материалов с градиентными переходами в структуре», – говорит Панченко.

Принтер будет применяться для печати изделий из титана. Его часто используют из-за высокой прочности и небольшой, по сравнению с размерами, массы. Устройство может печатать из прочных материалов. Например, из стали и сплавов из алюминия, магния и никеля.

По словам Панченко, 3D-принтер создан с использованием уникальных технических решений - в нем производится послойная наплавка, когда за счёт горения электрической дуги плавится проволока. Такая особенность и отличает принтер от аналогов, способных печатать из титана.

А с использованием одновременной подачи двух видов проволоки удалось увеличить производительность установки и обеспечить возможность создания композитов.

«Таким образом, мы можем изготавливать четырехкилограммовое изделие из титана за один час. Нашу установку возможно адаптировать под конкретное предприятие, в частности, увеличить или наоборот уменьшить ее рабочее поле печати», – добавил Олег Панченко<sup>64</sup>.

### ➤ **Новый теплоизоляционный материал**

Уникальный высокотемпературный огнеупорный теплоизоляционный материал разработали учёные Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна. Он изготавливается на основе муллиткремнеземистого волокна, обладает высокой огнеупорностью и низкой теплопроводностью. Его высокие теплофизические свойства позволили ученым изготовить из него печи с низким потреблением электроэнергии, а также с успехом использовать его и при изготовлении тепловой защиты накопителей информации самолетов «черных ящиков», которые успешно прошли комплексные испытания.

Совместно с фирмой «Hotman OY», имеющей лицензию ES и многолетний опыт работы по футеровке, то есть облицовке огнеупорными, химически стойкими, износостойкими теплоизоляционными материалами промышленных печей, специалисты СПбГУПТД провели работу по изготовлению высокотемпературных газоходов.

«Наш материал химически стоек к азотной, серной, соляной кислотам при нормальных условиях и температуре до 800 °С, — комментирует один из авторов разработки заведующий лабораторией Высшей школы технологии и энергетики СПбГУПТД, директор вузовского технопарка Борис Гольденфанг, — но главное преимущество, это низкая цена. В масштабах производства наш материал может конкурировать с Китаем при цене доллара не ниже 30 рублей за доллар. Этот фактор делает наш материал востребованным для отечественных промышленников.»

---

<sup>64</sup> <https://scientificrussia.ru/news/titan-vmesto-bumagi>

По задумке учёных материал может выпускаться в виде кирпичей, плит, колец и изделий более сложной геометрии, а также в виде картона и бумажного полотна <sup>65</sup>.

---

<sup>65</sup> [https://sutd.ru/novosti\\_i\\_obyavleniya/announces/16811/](https://sutd.ru/novosti_i_obyavleniya/announces/16811/)



## Раздел «Электроника будущего»

### ➤ Полимерные катоды для сверхбыстрых аккумуляторов

Спрос на литий-ионные аккумуляторы постоянно растёт, но сырьё для их изготовления ограничено, и ученые ищут другие варианты этой технологии. Российские исследователи из РХТУ, ИПХФ и «Сколтеха» синтезировали сразу два новых разветвленных полимера – сополимер дигидрофеназина и дифениламина и сополимер дигидрофеназина и фенотиазина. Тесты показали, что первый полимер намного лучше справляется с поставленной задачей – именно он позволил добиться полной зарядки АКБ за несколько секунд. Кроме того, при его использовании батарея способна пережить до 25 тыс. циклов перезарядки и сохранить при этом до трети своей емкости. Специалисты подсчитали, что при обычных условиях эксплуатации такой аккумулятор мог бы служить до 70 лет.

В качестве анода ученые использовали металлический литий, но они также провели эксперимент и с калием. Батареи с анодом из этого материала и сополимером дигидрофеназина и фенотиазина в виде катода продемонстрировали повышенную плотность энергии – вплоть до 398 Втч/кг. Литиевые аккумуляторы с таким же катодом демонстрировали в 1,5-2 раза меньшую плотность – от 200 до 250 Втч/кг.

Материалы катодов, которые разработали исследователи, созданы на основе полимерных ароматических аминов. К их особенностям относится, помимо прочего, еще и возможность синтезировать их из различных органических соединений. Что касается двухионных АКБ, то в электрохимических процессах внутри них, в отличие от обычных литий-ионных батарей, задействованы как анионы, так и катионы электролита. Это напрямую влияет на многократный прирост скорости подзарядки <sup>66</sup>.

### ➤ Новый материал для литий-ионных батарей

Литий-ионные батареи — основной тип аккумуляторов для бытовых приборов от смартфонов до электромобилей. Цикл зарядки-разрядки в таком аккумуляторе обеспечивается движением ионов лития (Li<sup>+</sup>) между двумя электродами — от отрицательно заряженного анода к положительно заряженному катоду.

Сфера применения литий-ионных батарей постоянно расширяется, но при этом, по словам ученых, их емкость до сих пор ограничена свойствами графита — основного анодного материала. Ученым НИТУ «МИСиС» удалось получить новый материал для анодов, способный обеспечить серьезный прирост емкости и продлить время службы батареи.

«Полученные нами пористые наноструктурные микросферы состава Cu<sub>0,4</sub>Zn<sub>0,6</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> в качестве материала анода обеспечивают емкость выше, чем у аналогов минимум на 30 процентов, позволяя при этом увеличить число циклов зарядки-разрядки в 5 раз. Такое улучшение достигается за счёт синергетического эффекта при сочетании

<sup>66</sup> [https://www.cnews.ru/news/top/2020-12-29\\_rossiyane\\_nauchili\\_akkumulyatory?fbclid=IwAR3ligiUVhliCi8XX7JxvFqqАНЕНУfkmVapaixPEzsvOrITtJiRnwrXYbI](https://www.cnews.ru/news/top/2020-12-29_rossiyane_nauchili_akkumulyatory?fbclid=IwAR3ligiUVhliCi8XX7JxvFqqАНЕНУfkmVapaixPEzsvOrITtJiRnwrXYbI)

особой наноструктуры и состава использованных элементов», — рассказал ассистент кафедры функциональных наносистем и высокотемпературных материалов НИТУ «МИСиС» Евгений Колесников.

Синтез конечного материала происходит в один шаг без промежуточных этапов благодаря использованию метода спрей-пиролиза. Для этого, как объяснили ученые, водный раствор с ионами нужных металлов превращают в туман при помощи ультразвука, а затем воду при температурах до 1200 °С выпаривают с разложением исходных солей металлов. В результате получаются сферы микронных или субмикронных размеров с пористостью, необходимой для работы в литий-ионной системе.

Электрохимические исследования материала, синтезированного специалистами НИТУ «МИСиС», проводились учеными Сеульского национального университета науки и технологий (Республика Корея), Норвежского университета науки и технологий (Норвегия) и Института науки и технологий SRM (Индия).

В дальнейшем научный коллектив намерен продолжить поиски новых более эффективных составов аккумуляторных электродов <sup>67</sup>.

### ➤ **Новый способ синтеза материалов для оптоэлектроники**

Сотрудники химического факультета и факультета наук о материалах МГУ совместно с коллегами из институтов РАН создали пленки на основе оксида ванадия, обладающие рекордными показателями. Совокупность этих преимуществ вместе с дешевой новой методикой синтеза позволяет надеяться на большой прорыв в оптоэлектронике.

«Сейчас типичные устройства, основанные на принципе управления потоком терагерцовых волн, довольно громоздки, что ограничивает их потенциальное применение, - рассказал один из авторов работы, к.х.н., сотрудник химического факультета МГУ Артем Макаревич. – Особенно если принять во внимание постоянно растущие требования к миниатюризации и повышению эргономики устройств. Поэтому разработка материалов для компонентов устройств ТГц-диапазона – датчиков и модуляторов – попала в зону интереса крупных фундаментальных и коммерческих проектов. Ранее уже было предпринято множество попыток поиска подхода к созданию высокоэффективных функциональных материалов, однако эта область все еще мало изучена. Поэтому прорыв в данной области может сыграть ключевую роль в развитии рынка ТГц-устройств».

Химики и материаловеды МГУ с коллегами вырастили гидротермальным методом пленки диоксида ванадия с необычной структурой, внешне схожей с ёлочными иглками. Как говорят авторы работы, метод новейший, он использован всего в 11 работах по всему миру, 3 из которых принадлежат авторству данной научной группы. С точки зрения синтетического подхода, направление не только новое, но и непростое из-за большого количества параметров. С другой стороны, оно перспективное, так как воспроизводимое и более дешевое, чем другие методы.

«Пленки, которые мы получили новым методом, обладают рекордными для данного типа материалов характеристиками, – рассказала доцент факультета наук о материалах МГУ Ольга Бойцова. - К примеру, по чувствительности в терагерцовом диапазоне: при 1.5 ТГц пропускание падает в 8 раз (с 80% до 10%), что очень много для

---

<sup>67</sup> <https://misis.ru/science/achievements/2021-02/7240/>



неполимерных материалов. Также рекордным стал острый термоэлектрический переход - при 68 градусах Цельсия величина сопротивления материала уменьшается почти на 6 порядков (в остальных исследованиях удавалось достичь 4 порядков). Сейчас мы пытаемся уменьшить температуру, при которой происходит этот переход, так как 68 градусов – весьма неудобная с позиции широкого применения материалов. Кроме того, для нас важно совместить термоэлектрические свойства пленок и их чувствительность к воздействию ИК и терагерцового излучений – это позволит расширить область использования. Материалы с такой комбинацией свойств используются в ИК-датчиках температуры – в них для получения результата прибор «считывает» излучение, испускаемое объектом»<sup>68</sup>.

### ➤ Новые методы поиска термоэлектриков

Ученые Химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова опубликовали обзор по направленному поиску интерметаллидов с определенными свойствами. Авторы сконцентрировались на сверхпроводимости и полупроводниках-термоэлектриках. Разрабатываемый химиками метод поиска позволит расширить область применения этих веществ, сделать их более доступными в плане синтеза и стоимости.

Интерметаллиды – вещества, состоящие из двух или более металлов. Они имеют разнообразные кристаллические и электронные структуры. Соединения класса интерметаллидов могут быть сверхпроводниками, магнетиками, термоэлектриками, а также полупроводниками. Последние обычно получают путем соединения переходного металла и полуметалла – элемента, расположенного по диагонали в таблице Менделеева, на границе металлов и неметаллов. Из-за разных энергетических уровней, на которых находятся валентные электроны, образуется щель, и получается полупроводник.

Термоэлектрики – вещества, способные преобразовывать электрическую энергию в тепловую и наоборот. Их применяют, например, в создании бесшумных холодильников (там, где нет охлаждающих агентов). Пока что из-за невысокой эффективности это всего лишь маленькие холодильники, сумки для пикника, перевозка лекарств. А способность этих веществ преобразовывать энергию, выделяющуюся при изменении температуры, в электричество активно применяется для подпитки бортовой электроники. «Термоэлектрики можно использовать там, где ничего другого придумать просто нельзя. К примеру, Вояджер-1 работает в основном на термоэлектрических материалах», — поясняет один из авторов статей и обзора, к.х.н., н.с. Максим Лиханов. – Одной стороной они обращены к Солнцу и нагреваются очень сильно, другая сторона находится в темной области, поэтому сама по себе охлаждается. Этой разности температур достаточно для того, чтобы зонд двигался».

Для широкого применения этого класса веществ необходима четкая «схема поиска» соединения с нужными для конкретной цели свойствами и показателями. При этом очевидно, что металлы должны быть доступными и как можно более дешевыми. К примеру, сейчас получено много соединений с рением, но едва ли можно говорить о каком-то промышленном применении, так как металл является редким и дорогостоящим.

«Наша научная группа под руководством профессора Андрея Шевелькова разрабатывает подход к направленному поиску вышеописанных полупроводниковых

---

<sup>68</sup> <http://www.chem.msu.ru/rus/advances/2021-04-21-optoelectronics/>

интерметаллидов с нужными нам характеристиками. Мы стремимся понять, как подбирать металлы, чтобы получать конкретные свойства. Когда мы синтезируем новые соединения, происходит накапливание исследовательской базы, необходимой для того, чтобы потом найти закономерности. К тому же, подчас получение и анализ веществ показывают удивительные и неожиданные результаты. Ученые стремятся создать такую методику, чтобы можно было не только «собирать» конструировать интерметаллиды, но и заменять металлы в существующих соединениях на более распространенные и доступные по цене, и при этом получать такие же или усовершенствованные вещества. Мы к этой цели близки, и продолжаем работу», — рассказывает Максим <sup>69</sup>.

### ➤ Суспензия с уникальными свойствами

Специалисты НИЦ «Курчатовский институт» в составе исследовательской группы создали устойчивую суспензию, обладающую сильным электрореологическим эффектом. Она способна качественно менять свое состояние с вязкого на упругое под действием электрического поля. Главным инновационным компонентом разработки стали уникальные углеродные структуры — наноалмазы. Ученые подобрали такую модификацию поверхности этих наночастиц, благодаря которой удалось достичь наилучших эксплуатационных характеристик суспензии.

Разработка в будущем может быть использована в качестве альтернативы существующим аналогам в различных «умных» устройствах — микрофлюидных чипах, электронных книгах или элементах «мягкой» робототехники.

«Электрореологические жидкости состоят из двух компонентов — жидкой среды и наполнителя. Они находят применение в робототехнике, при изготовлении сенсоров и тактильных элементов. От выбора наполнителя зависят важнейшие характеристики электрореологической жидкости, и в этой связи предложенные нами наноалмазы оказались очень удачным вариантом. Суспензии на их основе демонстрируют исключительную устойчивость к осаждению, которая встречается крайне редко», — пояснил один из авторов работы, научный сотрудник отдела нанобиоматериалов и структур НИЦ «Курчатовский институт» Никита Кузнецов.

При изготовлении новой электрореологической жидкости ученые протестировали два типа наноалмазов в качестве наполнителей. Они отличались между собой только химическим составом внешней оболочки. Один вид наноалмазов имел гидрированную поверхность, а второй – карбоксилированную.

Синтез инновационных суспензий можно легко адаптировать под промышленные масштабы. На следующем этапе ученые планируют провести дополнительную химическую модификацию поверхности наночастиц для улучшения совместимости наполнителя с жидкой фазой <sup>70</sup>.

В работе приняли участие специалисты НИЦ «Курчатовский институт» и ФТИ им. А.Ф. Иоффе.

---

<sup>69</sup> <http://www.chem.msu.ru/rus/advances/2021-03-15-termoelektriki/>

<sup>70</sup> [http://www.nrcki.ru/product/press-nrcki/press-nrcki--43657.shtml?g\\_show=43519](http://www.nrcki.ru/product/press-nrcki/press-nrcki--43657.shtml?g_show=43519)