



# НАУКА И ЖИЗНЬ

ISSN: 1683-9528

**6**

**2021**

- Нанозимы и тераностика: что это такое и при чём здесь церий?
- Лебедь над Россией — летом и всегда
- Логика развития науки свидетельствует: «железного занавеса» не должно быть!
- У нас, оказывается, есть внутренние часы, и они работают независимо от нашего сознания
- Идя в магазин, берите... авоську.



# В Н О М Е Р Е :

В. ИВАНОВ, чл.-корр. РАН — <b>Живительный церий</b> (записала Н. Лескова) .....	2
Д. ДОНСКОВ, канд. биол. наук — <b>Цветы, сокрытые в тени</b> .....	10

## Вести из институтов и лабораторий

**Нестандартный биосинтез (14). Мюоны предсказывают грозы и магнитные бури (17). Высокочастотные волны от малой реки (20).** (Материалы подготовили Т. ЗИМИНА, А. ПОНЯТОВ и К. СТАСЕВИЧ.)

А. ПОНЯТОВ, канд. физ.-мат. наук — <b>Время Лебеда. Летнее небо</b> .....	24
<b>Бюро иностранной научно-технической информации</b> .....	38
Е. ВОЛОДИН, докт. физ.-мат. наук — <b>Чем грозит слабеющий Гольфстрим?</b> .....	42
<b>Новые книги</b> .....	47
<b>О чём пишут научно-популярные журналы мира</b> .....	48
Е. БЕРКОВИЧ — <b>Наши в Европе. Советские физики и «революция вундеркиндов»</b> ....	52

*Полтора года, проведённые за границей в 1929–1931 годах, оказались для Льва Давидовича Ландау прекрасной школой, позволившей ему буквально ворваться в когорту ведущих физиков-теоретиков современности. Сам своё место он оценивал скромно: выше себя ставил не только Эйнштейна, которого считал величайшим физиком со времён Ньютона; другие создатели новой физики микромира — Нильс Бор, Вернер Гейзенберг, Эрвин Шрёдингер, Поль Дирак — стояли перед Ландау в придуманной им иерархии учёных «по достижениям»...*

<b>Наука и жизнь сто лет назад</b> .....	71
К. СТАСЕВИЧ — <b>Чувство времени и мозг</b> ....	72
Ю. ФРОЛОВ — <b>Кузница дятла</b> .....	76
Л. АШКИНАЗИ, Н. СЯНОВА — <b>Что видим? Нечто странное!</b> .....	76, 124
<b>Дави бумагу</b> .....	77, 125
<b>Психологический практикум</b> .....	77, 125
С. ГЕРАСИМОВА — <b>Вовлеки меня — и я научусь</b> .....	78

### «УМА ПАЛАТА»

Познавательный-развивающий раздел  
для школьников

П. АМНУЭЛЬ — **Дайсон против Дайсона** (81).  
М. АБАЕВ, канд. хим. наук — **Электроны и котики** (88). Е. ЩУКИНА — **Ляпки и компания** (92).

<b>Кунсткамера</b> .....	96
В. УСТИНОВ — <b>Насколько велика знаменитая Великая хартия вольностей</b> .....	98

*Действительно, Magna Carta — этот сухой, эклектичный документ, чьи статьи в беспорядке записаны на кусках пергамента, — дошёл до нас из мглы веков. Но вся беда в том, что его составители не имели никакого представления ни о демократии, ни о свободе...*

В. МАКСИМОВ, канд. филол. наук — <b>Из истории фамилий</b> .....	114
В. ДАДЫКИН — <b>Новый взгляд на свёклу и мангольд</b> .....	118
<b>Ответы на кроссворд с фрагментами</b> .....	125
<b>Кроссворд с фрагментами</b> .....	126
А. СТОЛЯРОВ — <b>Тысяча дождей</b> (фантастическая повесть) .....	128
<b>Маленькие хитрости</b> .....	136
Ю. БОРИСЕВИЧ — <b>Шустрик</b> .....	137
Н. ШЕВЫРЁВА — <b>В саду цветут орхидеи</b> ....	138

### НА ОБЛОЖКЕ:

**1-я стр.** — Измерение размеров наночастиц — необходимый этап, с которого всегда начинаются исследования свойств наноматериалов. На фото: процесс подготовки к измерению наночастиц в коллоидном растворе методом динамического светорассеяния. Размер частиц особенно важен, когда речь заходит об анализе биологической активности наночастиц, например их способности имитировать функции природных ферментов (энзимов). Именно это направление развивают в Институте общей и неорганической химии им. Н. С. Курнакова РАН. Фото А. Лисинского. (См. статью на стр. 2.)

**Внизу:** Коронация Генри III, Англия, 1216 год. Генри вступил на престол девятилетним мальчиком. Это произошло в разгар Первой баронской войны, на следующий год после подписания его отцом, Джоном Безземельным, на условиях знати хартии вольностей, именованной «Статьи баронов», и последовавшего затем отказа от неё. Хартия — в несколько подправленном виде — была вскоре дарована знати баронским советом, управлявшим страной от имени малолетнего короля. И у Генри, и, особенно, у хартии впереди была длинная, полная перипетий жизнь... (См. статью на стр. 98.)



# НАУКА И ЖИЗНЬ®

## № 6

И Ю Н Ъ

## 2021

Журнал основан в 1890 году.  
Издание возобновлено в октябре 1934 года.

### ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЙ ЖУРНАЛ



---

● НАУЧНЫЕ ЦЕНТРЫ СТРАНЫ

Редкоземельный элемент церий, располагающийся в таблице Менделеева под номером 58, традиционно ассоциируется исключительно с высокотехнологичными отраслями промышленности. Церий применяют в металлургии, в топливных элементах, при изготовлении огнеупорных материалов и стёкол с особыми свойствами, его соединения работают как катализаторы. Но у диоксида церия обнаружена и удивительная биологическая активность, открывающая перспективы его широкого использования в медицине.





# ЖИВИТЕЛЬНЫЙ ЦЕРИЙ

Член-корреспондент РАН Владимир ИВАНОВ,  
директор Института общей и неорганической химии им. Н. С. Курнакова РАН.

В современной химии практически не осталось простых объектов для изучения. Поведение сложных химических систем становится непредсказуемым, а эксперименты — трудно воспроизводимыми. Разобраться в полученных данных бывает нелегко даже специалисту, и тем более трудно предвидеть, насколько важным окажется результат исследований для других областей науки. Но есть отличительный признак, маркер того, что идея «пошла в массы», — появление новых терминов, «якорных» слов, которые сначала занимают место в лексиконе учёных, а потом становятся знакомыми широкой аудитории. Среди таких терминов — тераностика и нанозимы.

Тераностика — сокращение от двух слов: терапия и диагностика. Этот термин обозначает одновременно проводимые диагностику и лечение заболеваний, в первую очередь онкологических. Термин нанозимы — тоже сокращение, обозначающее наноматериалы, которые способны выполнять функцию энзимов. Оба понятия появились сравнительно недавно, но уже хорошо известны научной общественности. И оба неплохо описывают одно из важных направлений деятельности нашего института.

Что такое энзимы, или ферменты? Это молекулы, преимущественно белковые, которые играют важнейшую роль в живых системах. Они участвуют практически во всех биологических процессах, без них невозможно представить себе существование жизни. Именно поэтому работы по исследованию ферментов были отмечены несколькими Нобелевскими премиями.

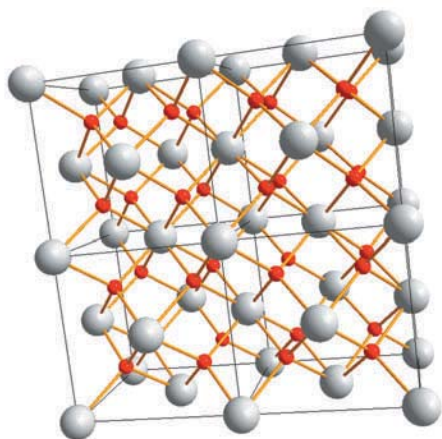
Примерно четверть века назад началась разработка синтетических аналогов энзимов, которые могут заменить в практических приложениях то, что существует в природе. Эта замена нужна, потому что природные энзимы очень дороги, выделить их в достаточном большом количестве — сложно и трудоёмко.

Совсем недавно, в 2007 году, было обнаружено, что наночастицы некоторых металлов и их оксидов тоже обладают энзимоподобными свойствами и могут участвовать в

биохимических процессах. Ранее считалось, что в живых организмах существенную роль играют только ионы металлов, а наночастицы сами по себе, если они не растворяются и не выделяют ионы, практически инертны. Однако оказалось, что это не так: наночастицы действительно могут существовать в организме, не меняясь в течение длительного времени, но способны при этом выполнять функции энзимов. И первые подтверждения этому были получены при анализе химического поведения наночастиц благородных металлов — золота и платины.

В чём сходство и различие природных энзимов и нанозимов? И те и другие — катализаторы: они ускоряют биохимические реакции, протекающие в живых системах, а после завершения реакции возвращаются в исходное состояние. Природные энзимы обычно проявляют более высокую каталитическую активность и селективность, но у них есть и свои слабые места. В первую очередь, это свойство энзимов инактивироваться в неблагоприятных условиях. Скажем, температура повысилась, белок денатурировался, и энзим перестал работать. Инактивация энзимов может происходить под действием самых разных факторов, например, при изменении кислотности среды, при облучении ультрафиолетом. Наночастицы стали в этом смысле палочкой-выручалочкой, поскольку они гораздо более стабильны, выдерживают куда более жёсткие условия, хорошо работают как катализаторы и имеют несопоставимо меньшую стоимость.

Какие именно наночастицы могут выступать в роли нанозимов? Тут есть свои ограничения. Дело в том, что многие наноматериалы являются токсичными, например, за счёт растворения и выделения свободных ионов металлов. Некоторые наночастицы могут вызывать окислительный стресс в окружающих клетках и тканях. Наконец, наноматериалы концентрируют на себе вредные соединения из окружающей среды, и экологи этим вопросом серьёзно озабочены. Именно поэтому в качестве нанозимов обычно рассматривают наночастицы благородных металлов, а также оксида железа и некоторых углеродных материалов. →



*Кристаллическая решётка диоксида церия.*

Совершенно особое место в ряду нанозимов занимает диоксид церия. Хотя ещё совсем недавно мало кто мог ожидать, что этот материал окажется столь многообещающим и разносторонним.

Диоксид церия, в отличие от других нанозимов, способен имитировать функции не одного и не двух, а очень большого числа ферментов. В первую очередь, широкого спектра ферментов, регулирующих окислительно-восстановительные процессы в организме, так называемых оксидоредуктаз. Их перечень обширен: каталаза, пероксидаза, супероксиддисмутаза и так далее. Но это ещё не всё. Диоксид церия в определённой степени имитирует функции важнейшего энзима — фосфатазы, он может влиять на многие ключевые процессы, идущие в клетках с участием фосфат-ионов. Есть у него и другие энзимоподобные свойства. Фактически мы имеем один универсальный материал, выполняющий сразу много функций.

С чем связано такое удивительное поведение диоксида церия? Вопрос остаётся открытым. Как считают многие исследователи, энзимоподобные функции диоксида церия связаны с тем, что церий может существовать в двух устойчивых степенях окисления, +3 и +4, и достаточно легко переключается между ними. Это его свойство широко используется в катализе.

Второй аспект, который обуславливает возможность использования диоксида церия в качестве нанозима, — его крайне низкая растворимость. Мы исследовали его растворимость вместе с коллегами с Химического

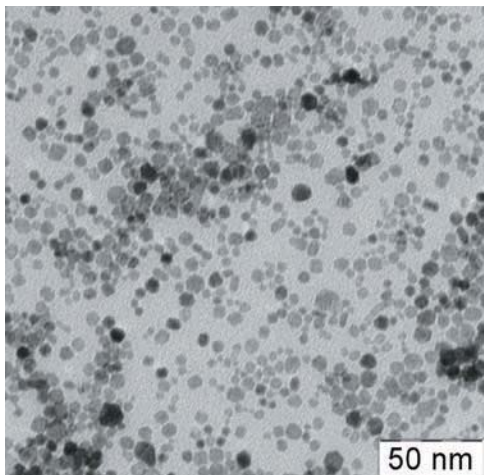


Иллюстрация: ИОНХ РАН (2)

*Наночастицы диоксида церия под электронным микроскопом.*

факультета МГУ, и только при помощи наиболее чувствительных аналитических методов удалось её количественно измерить. Наши результаты были опубликованы и сейчас пользуются большой популярностью, потому что это первые надёжные справочные данные по растворимости диоксида церия.

Диоксид церия — достаточно популярный неорганический материал. Им занимались задолго до того, как была обнаружена его биологическая активность. Катализаторы на основе диоксида церия, благодаря его способности изменять степень окисления, применяются во многих промышленно значимых процессах. Приведу лишь один пример: диоксид церия служит ключевым компонентом так называемых трёхмаршрутных катализаторов, которые устанавливаются в автомобилях для эффективного дожигания выхлопных газов.

Другое его традиционное применение — в составе полировальных порошков. С помощью диоксида церия изготавливают оптическое стекло, полируют кремниевые пластины в микроэлектронике. Благодаря тому, что стоимость таких полировальных порошков относительно невысока, они получили широкое распространение.

История обнаружения биологической активности диоксида церия интересна и отчасти напоминает детективный сюжет. Началась она в 2003 году, когда в университете Вирджинии, в США, анализировали, каким образом наночастицы влияют на жизнеспособность различных клеток. Исследования

проводились на клетках мозга крысы, обычно сохраняющих жизнеспособность в течение тридцати дней. Одним из исследуемых объектов был как раз диоксид церия. Его внесли в культуру клеток, поместили чашку Петри в инкубатор, а нерадивый аспирант про неё забыл. Через какое-то время профессор это обнаружила и распорядилась выбросить, но всё же бросила взгляд на чашку Петри и, к своему изумлению, увидела, что по прошествии двух месяцев клетки оказались вполне жизнеспособными. Более того, они нормально функционировали!

Идея, что какой-то наноматериал может как минимум в два раза увеличить жизнеспособность клеток, казалась весьма спорной, поэтому мало кто обратил внимание на этот результат. А мы в институте, в лаборатории синтеза функциональных материалов и переработки минерального сырья как раз начинали работы по диоксиду церия и решали, в каком направлении лучше развивать свои исследования. Было ясно, что, например, в области катализа конкуренция очень велика, над этим работают сотни групп во всём мире, и превзойти их было бы сложно. И тут нам на глаза попала статья коллег из Вирджинии. Мы крайне заинтересовались описанными там результатами и решили проверить, действительно ли диоксид церия обладает

подобной биологической активностью. И в течение нескольких лет этой тематикой во всём мире вплотную занимались только две научные группы — наша и американская.

На первых порах масса усилий была потрачена, чтобы убедить окружающих в том, что эта тема вообще имеет право на существование. Нам повезло, поскольку объект оказался очень благодарным, и практически все наши эксперименты, поначалу не слишком продуманные из-за недостатка информации и опыта, были вознаграждены.

Первый эксперимент был связан с генно-инженерным люминесцирующим штаммом кишечной палочки: мы анализировали её жизнеспособность в присутствии наночастиц диоксида церия. Наши данные показали, что негативного влияния точно нет, а есть некоторый положительный эффект, причём его величина сильно зависела от размера частиц. Не сомневаюсь, что биологи справедливо раскритиковали бы наши опыты, однако с чего-то надо было начинать. И этого оказалось достаточно, чтобы их заинтересовать.

За прошедшие 10—15 лет мы создали обширный консорциум из людей и организаций, которые захотели заниматься диоксидом церия. До тридцати организаций в России и за рубежом работают вместе с

*Член-корреспондент РАН Владимир Константинович Иванов и кандидат химических наук Александр Евгеньевич Баранчиков за обсуждением результатов исследования материалов методом растровой электронной микроскопии.*

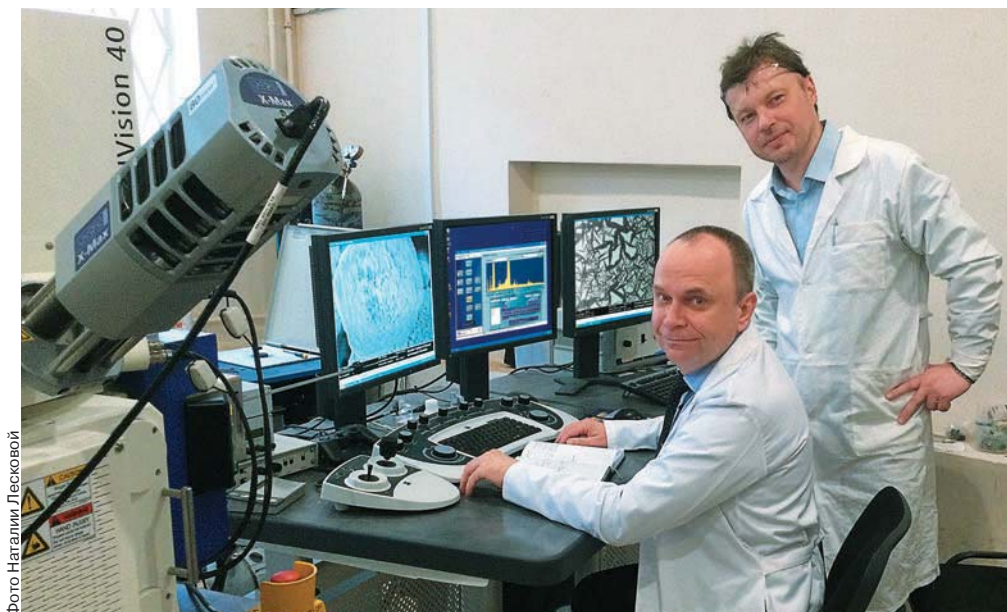


Фото Натальи Лесковой



Фото Андрея Лисинского (5)

*Заведующий лабораторией синтеза функциональных материалов и переработки минерального сырья Александр Баранчиков готовит образцы для электронной микроскопии.*

нашим институтом. Физики, химики, биологи и медики. Это научное направление сейчас активно развивается.

К чему же привели исследования биологической активности диоксида церия, какие сейчас есть результаты? Первое направление, где диоксид церия может с успехом применяться, — регенеративная медицина. Вместе с коллегами-биологами из Института теоретической и экспериментальной биофизики (ИТЭБ РАН) в Пущино нам удалось продемонстрировать, что диоксид церия стимулирует пролиферацию стволовых клеток.

Вообще-то заставить стволовые клетки размножаться — не самая простая задача. Оказалось, что такой недорогой материал, как диоксид церия, вполне способен с ней

справиться. Этот результат имеет много интересных следствий. Например, вместе с Ожоговым центром Института хирургии им. А. В. Вишневского мы изучаем возможность использования диоксида церия для стимуляции ранозаживления. Результаты оправдывают наши ожидания: скорость заживления ран увеличивается, негативных моментов не наблюдается.

Коллеги из ИТЭБ РАН в сотрудничестве с нами показали, что под воздействием наночастиц диоксида церия регенерация может ускоряться не только на клеточном, но и на организменном уровне. Был проведён эксперимент на плоских червях, планариях, тело которых более чем на 30 процентов состоит из стволовых клеток, и потому они способны к регенерации тканей. Мы с коллегами проанализировали, с какой скоростью в контрольных экспериментах и в присутствии диоксида церия происходит процесс регенерации удалённого головного ганглия, и убедились, что во втором случае скорость заметно увеличивается.

Зарубежные коллеги сейчас ведут исследования по ранозаживлению при диабетических поражениях стопы. Это тяжёлые незаживающие раны, часто ведущие к ампутации. Вышли первые публикации, показывающие, что диоксид церия может помочь и в этом случае.



*Инженер Сергей Котцов синтезирует оксидные наноматериалы методом сверхкритической флюидной обработки.*



Есть у диоксида церия и противовоспалительное действие: он снижает уровень медиаторов воспаления и индуцирует выработку противовоспалительных цитокинов. Разумеется, никто не ожидал такого эффекта от неорганического материала. Понятно, что здесь тоже возникает масса потенциальных применений. Одно из них заключается в модификации поверхностей имплантов, чтобы во время имплантации не происходило их отторжения. Это актуальная проблема при различных травмах или онкозаболеваниях, которые могут приводить к повреждению костной ткани. Благодаря нанесению на импланты наночастиц диоксида церия может наблюдаться уменьшение воспалительной реакции и более эффективная остеоинтеграция.

Ещё одна интересная возможность — нейпротекторное действие диоксида церия. Этим также занимаются преимущественно за рубежом. Речь идёт об использовании диоксида церия для борьбы с нейродегенеративными заболеваниями, в первую очередь с болезнью Альцгеймера. Но вопросы о том, как безопасно вводить частицы диоксида церия в организм, где он накапливается и как выводится, остаются открытыми. Именно поэтому мы сейчас фокусируем свои исследования в основном на наружных применениях.

Интересна перспектива использования диоксида церия в терапии онкозаболеваний. Экспериментально обнаруженные цитопротекторные свойства диоксида церия перестают проявляться, если он взаимодействует с раковыми клетками. Нормальные клетки он защищает, а изменённые — нет, являясь для них цитотоксичным материалом. По отношению к нормальным клеткам он антиоксидант, а по отношению к раковым — прооксидант. Как же он их различает? Существует общепринятая рабочая версия: вследствие так называемого эффекта Варбурга в раковых клетках повышается уровень кислотности микроокружения. Их pH немного меньше, чем pH здоровых клеток. А у диоксида церия антиоксидантные свойства сильно pH-зависимы.

Наши сотрудники были одними из первых, кто показал, что диоксид церия обладает ярко выраженным УФ-протекторным действием. Он защищает клетки от многочисленных последствий жёсткого облучения.

Все пользуются солнцезащитной косметикой. Она бывает двух типов — полностью



*Коллоидные растворы наночастиц диоксида церия с различными органическими стабилизаторами.*



*Научный сотрудник Алексей Япрынцев анализирует размеры наночастиц диоксида церия в коллоидных растворах с использованием метода динамического светорассеяния.*

основанная на органических соединениях и включающая неорганические компоненты. Таким неорганическим компонентом обычно является диоксид титана или оксид цинка. Всё бы хорошо, если бы оба вещества не были фотокатализаторами. Это значит, что при УФ-облучении этих оксидов в присутствии каких-либо органических компонентов крема не исключена вероятность образования свободных радикалов. Фактически, нанося на кожу защитную косметику, содержащую оксид цинка или диоксид титана, мы рискуем, поскольку создаём маленькую фабрику по производству свободных радикалов и, выходя на солнце, её запускаем. Последствия могут быть самые разнообразные, вплоть до рака кожи. Есть научные исследования, где доказана чёткая корреляция между объёмом производства солнцезащитной косметики и числом случаев образования меланомы. →



Способность поглощать ультрафиолетовое излучение у диоксида церия тоже есть, хотя он делает это немного хуже, чем диоксид титана или оксид цинка. Однако он не является фотокатализатором, не генерирует свободные радикалы, а, наоборот, служит фотопротектором. Если какая-то свободнорадикальная цепочка под действием ультрафиолета запустилась, диоксид церия готов её оборвать. Нам удалось установить, что диоксид церия защищает клетки от ультрафиолета не только если его нанести на кожу до выхода на солнце, но и в терапевтическом режиме, когда уже начал развиваться солнечный ожог. Диоксид церия купирует окислительный стресс, вызванный действием ультрафиолета, и прерывает развитие воспалительной реакции. То есть он вполне может прийти на смену традиционной солнцезащитной косметике.

У диоксида церия имеются и прекрасные радиопротекторные свойства: от проникающего излучения, например, рентгеновского, он тоже способен защищать. Подобные эксперименты также проводились вместе с коллегами из ИТЭБ РАН. На клеточных культурах и на грызунах было показано, что их жизнеспособность в условиях облучения значительно повышается при обработке диоксидом церия. Хочется надеяться, что

*В лаборатории синтеза функциональных материалов и переработки минерального сырья ИОНХ им. Н. С. Курнакова.*

эти результаты найдут своё применение в космической отрасли, где вопрос защиты от проникающего излучения стоит более чем остро. В Итальянском институте технологий, увидев наши работы на эту тему, долго ждать не стали и провели соответствующий эксперимент на МКС по линии Европейского космического агентства. Отправили туда клеточные культуры, обработанные диоксидом церия, и показали, что он не только прекрасно защищает клетки от космического излучения, но и помогает им адаптироваться к условиям микрогравитации.

Не менее примечательно противовирусное и антибактериальное действие диоксида церия. Существует немало работ, показывающих, что диоксид церия можно рассматривать в качестве бактериостатического материала. У нас недавно начались работы с Институтом медико-биологических проблем РАН. Мы передали ряд образцов тканей, обработанных диоксидом церия, они их исследовали, и уже первые результаты говорят об очевидном успехе. В наших планах продолжить эксперименты и распространить их не только на бактерии и вирусы, но и на грибковые культуры. Конечно, интересно было бы провести подобные исследования и в отношении нынешней коронавирусной инфекции.

Если говорить о работе с вирусами, то мы вместе с украинскими коллегами продемонстрировали антигерпетическое действие диоксида церия. Против наиболее распро-



Фото Андрея Лисинского

странённого вируса герпеса первого типа он прекрасно работает. Но механизм его противовирусного действия всё ещё не вполне понятен; его определение даст возможность направленным образом использовать нанозимы в антивирусной терапии.

Диоксид церия, как мы теперь точно знаем, — очень перспективный биоматериал. Но сферу его применений можно ещё расширить за счёт дополнительной функционализации. Например, закрепив на его поверхности люминесцентные молекулы, которые позволят визуализировать местоположение наночастиц внутри клетки. Второй способ функционализации, который мы разрабатываем совместно с новосибирским Международным томографическим центром, заключается во введении в диоксид церия ионов гадолиния. Благодаря этому наночастицы диоксида церия могут выступать в качестве контрастирующего агента в магнитно-резонансной томографии. Первые эксперименты уже проведены; они показали, что контрастирующая способность наночастиц диоксида церия, допированных гадолинием, оказалась не хуже, а даже лучше, чем у комплексов гадолиния, широко используемых в медицинских центрах. Это и есть элементы тераностики, когда с помощью МРТ мы можем определить, где накопились наночастицы, и потом использовать их терапевтическое действие. Ещё один вариант создания тераностических систем на основе диоксида церия — использование полиэлектролитных микрокапсул. Такие капсулы представляют собой современную систему доставки лекарственных препаратов, которую можно дополнительно функционализировать наночастицами диоксида церия.

Наша сегодняшняя задача как химиков — создать прообразы будущих препаратов, которые могли бы в дальнейшем получить практическое применение. Это задача непростая, хотя диоксид церия с химической точки зрения, на первый взгляд, кажется довольно простым соединением.

Начав заниматься синтезом наночастиц диоксида церия, мы поняли, что их свойства очень сильно зависят от способа получения. Казалось бы, формула одинаковая, а действие совершенно разное. В этом нет ничего удивительного, потому что в игру вступают многочисленные факторы, которые могут определять биохимическое поведение и биомедицинское действие диоксида церия.

Самый простой и понятный фактор, влияющий на свойства диоксида церия, — размер частиц. Биологическая активность диоксида церия свойственна ему лишь в том случае, если это наноразмерный материал. Довольно много времени мы потратили на то, чтобы научиться получать диоксид церия с заданным размером частиц. Лучше всего, как оказалось, работает диоксид церия с размером частиц в диапазоне от двух до пяти нанометров. Это очень маленькие частицы, состоящие всего из нескольких элементарных кристаллических ячеек. Очень важное условие биологической активности диоксида церия — присутствие на поверхности наночастиц гидроксильных групп, или химически связанной воды. Диоксид церия, который подвергался высокотемпературной обработке, может стать носителем негативных свойств.

Когда мы начали работать с биологами, а потом и с медиками, стало ясно, что очень часто нанопорошки, с которыми мы привыкли иметь дело, оказываются неудобными в работе. Их сложно дозировать. И мы поняли, что надо синтезировать не порошки, а коллоидные растворы наночастиц диоксида церия, стабилизированные биосовместимыми молекулами. Такая работа тоже была проведена, и мы получили целый спектр стабильных коллоидных растворов, а на их основе — линейку мазей, гелей и кремов, содержащих наночастицы в том виде и в тех концентрациях, которые мы считаем перспективными для практического использования.

Диоксид церия можно применять не только в биомедицинских приложениях, но и, например, для модифицирования полимеров. Защищать полимеры от выцветания, деградации свойств при УФ-облучении и так далее. Я вижу здесь огромные возможности.

Работы по получению полимерных наноконструкций мы ведём совместно с Институтом высокомолекулярных соединений РАН в Санкт-Петербурге и коллегами из США. Получаемые материалы могут представлять интерес для тканевой инженерии, изготовления ранозаживляющих повязок, в системах доставки лекарств, культивирования клеток и так далее. Конечно, мы надеемся на применение диоксида церия в клинической практике в самой ближайшей перспективе.

**Записала Наталия ЛЕСКОВА.**



Фото: jggrz pixabay.com

## ЦВЕТЫ, СОКРЫТЫЕ В ТЕНИ

Кандидат биологических наук Дмитрий ДОНСКОВ.

*Для того, чтобы победить, ниндзя сливается с окружающим миром...*

Тосицугу Такамацу

Думается, все слышали о ниндзя. В средневековой Японии так называли воинов, способных действовать максимально незаметно. Слово «ниндзя» и означает «скрывающийся» или «тот, кто прячется». Ниндзя в совершенстве владели умением

затаиваться, а в нужный момент быстро вступать в бой, имея в арсенале метательное оружие и смертоносные яды. Многие в их жизни было сокрыто от посторонних глаз. Как ни странно такое сравнение, но в наших лесах есть растение, чем-то сходное с ними, — и это кислица!

Кислица обыкновенная (*Oxalis acetosella*) — многолетнее травянистое растение из семейства Кисличные (Oxalidaceae). Род кислица очень большой и насчитывает около 800 видов. Основное их разнообразие сосредоточено в тропических и субтропических областях, главным образом в Южной Африке, Южной Америке и в Мексике. Встречается кислица и на всей территории Европы, в Азии, Северной Америке, но лишь в определённых растительных сообществах. На территории России произрастает всего шесть видов



Фото: André Karwath/Wikimedia Commons/CC BY-SA 2.5

*Цветок кислицы обыкновенной.*



*Утагава Кунисада. Принц Хикару Гэндзи и ниндзя. Ксилографическая печать на бумаге. 1853 год.*

этого растения, причём три из них — заносные, или чужеродные.

Подобно женщинам-ниндзя, называемым куноити, «успеха» это растение добывается лишь будучи в тени. Оно может довольствоваться освещённостью, равной 1/200 от полного солнечного излучения. Вот почему кислица особенно хорошо растёт в темнохвойных еловых лесах, где может образовать сплошной покров, надёжно сокрытый игольчатыми лапами.

В земле располагается тонкое, ползучее корневище растения, густо покрытое гифами грибов с образованием микоризы. Стебли отсутствуют. Прямо от корневища отрастают сердцевидные мягкие листья на черешках длиной до 12 см. Каждый лист разделён на три равные части, которые могут быть приняты за отдельные листочки. Интересно, что листья, чтобы спрятаться, всегда готовы, как и ниндзя, действовать быстро — ведь они могут двигаться!

В 1871 году ботаник и педагог Александр Фёдорович Баталин, будущий профессор и директор Императорского Ботанического сада в Санкт-Петербурге, возвращался на извозчике домой после загородной прогулки. С собой он вёз гербарные сборы

*Кислица сложила листья — значит, её что-то потревожило!*



Иллюстрация: Wikimedia Commons/PD

и живые образцы. Дорога пролегла по булыжной мостовой, так что тряску экипажа не смягчали никакие рессоры. И вдруг учёный заметил, что собранная им кислица сложила листья. Необычное поведение

*Видны основания листочков, где происходит изгиб при их сложении.*

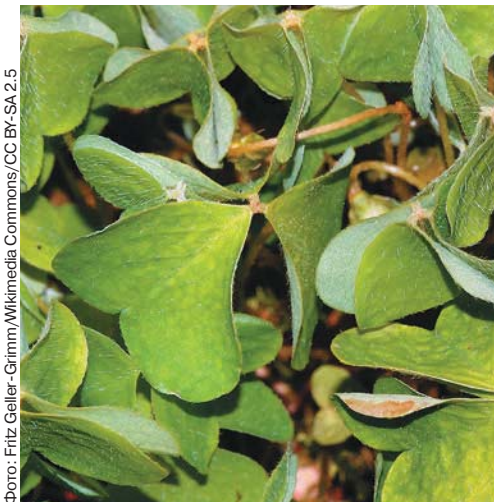


Фото: Fritz Geller-Grimm/Wikimedia Commons/CC BY-SA 2.5



Фото: Philmarin/Wikimedia Commons/CC BY-SA 3.0

растения его так увлекло, что он подробно исследовал это явление и в 1872 году опубликовал статью «О влиянии света на образование формы растений», в которой впервые рассмотрел способность кислицы обыкновенной совершать движения, или иначе — настии, в ответ на наступление темноты (никтинастии), при механическом раздражении (сейсмонастии) и на ярком свете (фотонастии). В этом может убедиться каждый, например, во время прогулки по лесу. Чтобы листья кислицы сложились, ближе к вечеру бывает достаточно аккуратно щёлкнуть по ним пальцами, а солнечным днём — лишь приглядеться к её зарослям, увидев, что листья сложены у тех растений, на которые падают солнечные блики.

*Кислица обыкновенная. Ботаническая иллюстрация из многотомного издания Отто Вильгельма Томе «Флора Германии, Австрии и Швейцарии». 1885 год.*



Иллюстрация: Wikimedia Commons/CC BY-SA 3.0

Движение листьев кислицы происходит в результате изменения тургорного давления в клетках. Слово «тургор» в переводе с латинского языка означает «вздутие, наполнение». При высоком тургоре вода наполняет растительные клетки, аналогично тому, как воздух наполняет надувные игрушки. Стебли становятся упругими, а листья поднимаются. Во время того или иного воздействия вода выходит из клеток в межклеточное пространство, словно воздух из игрушки, тургорное давление падает, листья складываются и стебли поникают.

Цветки кислицы крупные, одиночные, располагаются на цветоносах длиной от 5 до 10 см. Лепестки белые с розово-фиолетовыми жилками и жёлтым пятном в основании. Они необыкновенно изящны, легки и колышутся от малейшего ветерка.

Пыльца в цветках созревает одновременно с рыльцами, готовыми принять её, но соприкосновение не происходит — столбики превышают высоту тычинок. Самоопыление возможно при посредничестве насекомых, однако семена завязываются только при перекрёстном опылении. Кислица привлекает крылатых помощников, хотя мёда даёт немного.

Те цветки, о которых мы рассказывали и которыми обычно любуемся, называются открытыми. После отцветания и созревания семян они, подобно куноити, начинают свою тайную жизнь, образуя закрытые цветки. Эти цветки очень мелкие, размером всего 3 мм, и скрыты в листовой подстилке. Их лепестки упрощены до крошечных чешуек, столбики короткие, пыльники не вскрываются и пыльца прорастает через них в направлении рыльца. Так в закрытых цветках осуществляется самоопыление. Наличие закрытых цветков для кислицы обыкновенной очень важно как приспособление к условиям темнохвойной тайги, когда нет уверенности, что перекрёстное опыление может состояться. Сильное затенение и повышенная влажность всегда вызывают увеличение числа закрытых цветков и уменьшение открытых.

Плод кислицы — раскрывающаяся по створкам пятигнёздная коробочка, из которой вылетают семена, словно сюрикэны из рукава ниндзя (сюрикэн — метательное оружие в виде металлической звёздочки с лезвиями). У семян под наружным слоем кожуры залегают клетки, которые к





*Кислица тянется к солнцу, греясь в его тёплых лучах.*

моменту созревания сильно набухают. В результате кожура разрывается и с силой отворачивается. Семена отбрасываются к оси коробочки, а затем, отскакивая, вылетают наружу через щели плода на расстояние до 2 метров! Впрочем, на этом их приключения не заканчиваются. Семена привлекают муравьёв, и те растаскивают их на дальние расстояния.

Латинское название рода *Oxalis* происходит от греческих слов *oxys* — «острый» и *hals* — «соль» и дано за острокислый вкус листьев, вызванный большим содержанием солей щавелевой кислоты. В малых дозах кислота полезна, но в больших работает не хуже медленно действующего яда ниндзя гёку-ро. Поэтому животных кислица отпугивает, разве что рябчик не пренебрегает ею. Для домашнего скота кислота опасна. Немало овец погибло, прельстившись зеленью этого растения после долгой зимы. У коров отравления серьёзны, но не смертельны, однако последствия сказываются на молоке — оно легко свёртывается, но масла из него не получить.

Для человека в умеренных количествах кислица благо. В прошлом её использовали в качестве приправы к яичным и сырным блюдам, для салатов и как замену лимона в чае. Весной крестьяне добавляли кислицу в зелёные щи — для повышения сил и здоровья. Кроме щавелевой кислоты это растение содержит яблочную, янтарную, аскорбиновую кислоты, каротин, рутин.

Вот почему кислицу активно применяли в народной медицине в виде настоев и отваров, как желчегонное и противовоспалительное средство, при нарушении работы кишечника и кожных болезнях.

Народные названия кислицы разнообразны: заячья капуста, кукушкин клевер, кислый клевер, ложный клевер — они, в основном, подчёркивают её вкус, несъедобность для животных и схожесть формы листьев с клевером ползучим (*Trifolium repens*). Листья этих растений послужили появлению особого знака — трилистника, символа Ирландии и всего ирландского. Изображён трилистник и на флаге канадского города Монреаля в память об этнических ирландцах — одной из четырёх главных групп, которые составляли население города в XIX веке, когда был официально принят флаг.

В настоящее время трилистник стал неотъемлемой частью легенд о жизни христианского святого Патрика, покровителя Ирландии, который, якобы, использовал растение для пояснения догматов веры. Впрочем, исследования показали, что первое упоминание трилистника датируется 1726 годом, то есть спустя более 1200 лет после кончины святого. Но мифы живут своей жизнью...

Как видно, кислица обладает многими способностями, похожими на умения воинов ночи, но, в отличие от них, сразить она может только своей красотой!



## Лауреаты премии Правительства Москвы молодым учёным 2020 года

Молодые исследователи, работающие в научных центрах и университетах столицы, могут подать заявки на премию Правительства Москвы молодым учёным. Награда присуждается как за достижения в фундаментальных исследованиях, так и за разработку новых технологий. Приём заявок на участие в конкурсе за 2021 год проходит до 9 июля 2021 года (подробности: <https://nauka.mos.ru>).

В майском номере журнала рассказывалось об исследованиях нескольких лауреатов 2020 года (см. «Наука и жизнь» № 5, 2021 г.). Представляем работы ещё трёх лауреатов.

### НЕСТАНДАРТНЫЙ БИОСИНТЕЗ

В нашем организме белки делают всё: добывают энергию, создают электрические импульсы в нервных клетках, обеспечивают сокращение мышц. Конечно, другие биомолекулы тоже исключительно важны. Но и углеводы, и липиды, и нуклеиновые кислоты существуют в клетке тоже при помощи белков: белки их синтезируют, переносят с места на место, расщепляют. Часто углеводы и липиды присоединяются напрямую к белковой молекуле, чтобы белок смог выполнить какую-нибудь специфическую работу.

Как известно, информация о белках хранится в нуклеиновых кислотах. В большинстве случаев хранилищем служит дезоксирибонуклеиновая кислота, ДНК. Информация зашифрована в ДНК с помощью генетического кода. Белок — это цепь аминокислот. Она может свернуться в клубок, погрузиться в клеточную мембрану, может соединиться с аминокислотной цепью другого белка — но так или иначе судьба белка, его способность выполнять ту или иную работу зависит от последовательности аминокислот. Как раз их последовательность и закодирована в ДНК с помощью четырёх букв генетического алфавита — А, Т, G и С (в РНК вместо буквы Т стоит буква U)\*. Аминокислоты кодируются тройками букв — эти тройки называют триплетами,

или кодонами (например, аминокислота фенилаланин кодируется в ДНК триплетом ТТТ или ТТС; в РНК это будут, соответственно, UUU и UUC). Правда, на самой ДНК собрать белковую молекулу нельзя — ДНК хорошо подходит для хранения информации, но с ней не могут работать молекулярные машины, которые занимаются сборкой белковых молекул. Поэтому белковый код копируется с ДНК в РНК — это процесс транскрипции. Синтез белка называют трансляцией, а РНК, которая служит матрицей для сборки, именуют матричной, или мРНК.

Трансляцию выполняют рибосомы — огромные молекулярные комплексы, состоящие из нескольких десятков белков и специальных служебных молекул РНК (рибосомных РНК, или рРНК). Рибосомы работают не в одиночку. Есть целый набор белков, которые называются факторами трансляции. Большая часть факторов трансляции помогает рибосомам правильно начать синтез белка.

В чём проблема с правильным стартом? Код нужно прочесть с начала и до конца. Факторы трансляции помогают рибосоме сесть на нужный конец молекулы РНК. Но код белка начинается не прямо с самых первых букв цепочки мРНК. Рибосома должна проехать какое-то расстояние, пока не дойдёт до стартовой точки. Среди триплетов-кодонов есть так называемые старт-кодоны: они кодируют одну из аминокислот и одновременно обозначают старт синтеза. Самый распространённый из старт-кодонов, AUG, кодирует аминокислоту метионин; также есть старты CUG и UUG. (Здесь и далее триплеты обозначены так, как они выглядят в РНК, то

\* Буквы обозначают азотистые основания: аденин (А), тимин (Т), гуанин (G), цитозин (С) и урацил (U).