

**ВИРТУАЛЬНАЯ РЕАЛЬНОСТЬ
УХОДИТ В НЕБО: КОСМИЧЕСКИЕ
ПЕРСПЕКТИВЫ IT-ТЕХНОЛОГИИ /4
BIG DATA ПРОТИВ РАКА:
КАК ПОДОБРАТЬ ЛЕЧЕНИЕ
С УЧЕТОМ ГЕНОМА /6
БЕСКОНЕЧНОСТЬ НЕФТИ
НЕ ПРЕДЕЛ: БАКТЕРИИ ОБЕСПЕЧАТ
ВЫРАБОТКУ ЭНЕРГОРЕСУРСА /15**

**ВИРТУАЛЬНАЯ РЕАЛЬНОСТЬ
УХОДИТ В НЕБО: КОСМИЧЕСКИЕ
ПЕРСПЕКТИВЫ IT-ТЕХНОЛОГИИ /4
BIG DATA ПРОТИВ РАКА:
КАК ПОДОБРАТЬ ЛЕЧЕНИЕ
С УЧЕТОМ ГЕНОМА /6
БЕСКОНЕЧНОСТЬ НЕФТИ
НЕ ПРЕДЕЛ: БАКТЕРИИ ОБЕСПЕЧАТ
ВЫРАБОТКУ ЭНЕРГОРЕСУРСА /15**



067000...000100...4

10034

KOMMERSANT.RU

BUSINESS GUIDE ТЕМАТИЧЕСКИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ К ГАЗЕТЕ **КОММЕРСАНТЪ**





АНАСТАСИЯ МАНУЙЛОВА,
РЕДАКТОР BUSINESS GUIDE «SCIENCE»

МОЛОДЫМ ВЕЗДЕ У НАС НАУКА

За последние 20 лет в России было сделано немало научных открытий. И сейчас в нашей стране уже действует новое поколение ученых, которые готовы представить свои изобретения не только российскому, но и мировому сообществу.

В этом издании представлены проекты молодых российских ученых, работающих в самых разных областях науки. Они были отобраны по следам телепередачи «Новые люди», которая выходит при поддержке негосударственного института развития «Иннопрактика» и АО «Газпромбанк». Мы постарались охватить все основные научные отрасли: от физики до медицины, от химии до информатики.

Оказалось, что российские ученые могут предложить новые методики профилактики и лечения сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний — главных причин смертности населения в мире. Они знают, как развивать технологии виртуальной реальности и как лучше увидеть процессы реальной жизнедеятельности с помощью биосенсоров. Они могут доказать, что нефть является неисчерпаемым ресурсом, и придумать, как лучше аккумулировать энергию ветра и солнца.

Разработки героев этих публикаций находятся на разных стадиях подготовки и реализации: какие-то уже запатентованы и выведены на рынок, другие пока не покинули стен лаборатории. Но нет сомнений в том, что ученых, которые над ними работают, ожидает большое будущее.

Тематическое приложение к газете «Коммерсантъ»

(Business Guide «Science»)

Владимир Желонкин —

генеральный директор АО «Коммерсантъ»

Сергей Яковлев — шеф-редактор АО «Коммерсантъ»

Анатолий Гусев — автор дизайн-макета

Павел Кассин — директор фотослужбы

Рекламная служба:

Тел. (495) 797-6996, (495) 925-5262

Владимир Лавицкий — руководитель службы

«Издательский синдикат»

Анастасия Мануйлова — выпускающий редактор

Ольга Боровягина — редактор

Сергей Цомык — главный художник

Виктор Куликов,

Наталья Коновалова — фоторедакторы

Екатерина Бородулина — корректор

Адрес редакции: 121609, г. Москва, Рублевское ш.,

д. 28. Тел. (495) 797-6970, (495) 926-3301

Учредитель: АО «Коммерсантъ».

Адрес: 127055, г. Москва, Тихвинский пер., д. 11, стр. 2.

Журнал зарегистрирован Федеральной службой

по надзору в сфере связи, информационных технологий

и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

Свидетельство о регистрации СМИ —

ПИ № ФС77-64419 от 31.12.2015

Типография: ОАО «Полиграфический комплекс

«Пушкинская площадь»

Адрес: 109548, г. Москва, ул. Шосейная, дом. 4д.

Тираж: 75000. Цена свободная

Рисунок на обложке: Мария Заикина

ЭКОНОМИКА НАУЧНЫХ ИНВЕСТИЦИЙ

ВСЕ БОЛЬШЕ СТРАН МИРА ВОСПРИНИМАЮТ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИННОВАЦИИ КАК ФАКТОР РОСТА ЭКОНОМИКИ. ЛИДИРУЮЩИМИ ОБЛАСТЯМИ НАУКИ ПО ЧИСЛУ ПУБЛИКАЦИЙ ЯВЛЯЮТСЯ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ МЕДИЦИНЫ И БИОЛОГИИ — ОСОБЕННО ИНТЕНСИВНО В НИХ ИНВЕСТИРУЮТ США, ВЕЛИКОБРИТАНИЯ, ЯПОНИЯ И ГЕРМАНИЯ. В РОССИИ В РАЗВИТИЕ НАУКИ ВКЛАДЫВАЮТ 1,13% ВВП СТРАНЫ. НАИБОЛЕЕ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНЫМИ ОБЛАСТЯМИ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ПРИТОКА УЧЕНЫХ, ОСОБЕННО МОЛОДЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ, ЯВЛЯЮТСЯ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ. В ЭТОЙ НАУЧНОЙ СФЕРЕ РАБОТАЕТ ПРИМЕРНО КАЖДЫЙ ТРЕТИЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬ СТРАНЫ, ЕЩЕ ПОРЯДКА ПЯТОЙ ЧАСТИ ПРИХОДИТСЯ НА ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫЕ ДИСЦИПЛИНЫ.

За последнее десятилетие темп прироста инвестиций в науку в мире был выше темпов прироста мирового ВВП. Такие данные были представлены в последнем докладе ЮНЕСКО UNESCO Science Report: towards 2030. Рост инвестиций составил 31% между 2007 и 2013 годами, в то время как рост мирового ВВП за тот же период — 20%. Большая часть этих инвестиций относится к прикладным наукам и приходится на частный сектор. Как отмечают авторы доклада, это указывает на важнейший тренд: в странах с высокими доходами государственные расходы на науку сокращаются на фоне роста финансирования из частного сектора, а страны с более низким доходом, наоборот, увеличивают именно государственные инвестиции в научные исследования. В результате разрыв между развитыми и развивающимися странами сужается — этому также способствует растущее международное сотрудничество в научной сфере, направленное в первую очередь на решение неотложных проблем устойчивого развития, включая изменение климата.

Самая большая доля валовых внутренних расходов на исследования и разработки у США — 28%, за ними следует Китай с 20-процентной долей, далее — ЕС (19%) и Япония (10%). Остальной мир хоть и занимает 67% мировой популяции, но вкладывает всего 23% в мировую науку. Россия вкладывает в мировую научную казну 1,7%, что составляет 1,13% ВВП страны — за последние 20 лет государственные расходы на науку возросли почти в два раза (в 1995 году — 0,85% ВВП). Наибольшую долю своих доходов вкладывает Израиль — 4,21% ВВП, а быстрее всего этот показатель в последние годы растет у Китая. Долю соответствующих затрат существенно увеличили также Германия, США, Бразилия и Турция.

В мире стало на 20% больше ученых, чем в 2007 году, — 7,8 млн. Большая их часть сосредоточена в ЕС, Китае и США. В России по состоянию на 2013 год насчитывалось 440,6 тыс. научных сотрудников, их доля в мире снизилась с 7,3% до 5,7%. Впрочем, по данным Минобрнауки, в российской науке наметился другой позитивный тренд — рост числа молодых ученых. Их численность, по данным ведомства, только за последний год выросла до 43% в общем объеме занятых научной деятельностью в РФ. Как отмечает заведомо Института статистических исследований и экономики знания Высшей школы экономики Константин Фурсов, наиболее привлекательными областями с точки зрения притока научных кадров остаются технические науки, в которых работает примерно каждый третий исследователь страны, еще порядка пятой части приходится на естественнонаучные дисциплины. Набирают популярность социальные и гуманитарные науки, хотя суммарно доля этих направлений пока не превышает 10% в общей численности исследователей. Во многом рост интереса к научной деятельности со стороны молодых ученых является результатом программ поддержки Минобрнауки, разработанных в последние годы специально для этой целевой аудитории.

ЭКОНОМИКА



ВСЕ БОЛЬШЕ СТРАН ПРИЗНАЕТ ВАЖНОСТЬ
ИНВЕСТИЦИЙ В НАУЧНУЮ СФЕРУ

Среди негосударственных структур можно отметить вклад «Иннопрактики», которая не первый год осуществляет поддержку молодых ученых с помощью собственных проектов (конкурсы фундаментальных и прикладных проектов студентов, аспирантов и молодых ученых «Эврика! Идея» и «Эврика! Концепт», всероссийский конкурс «Битва умов», направленный на формирование у студентов предпринимательских компетенций и навыков эффективной командной работы), а также содействует реализации перспективных идей и проектов, поступающих от внешних заявителей (создание центра тиражирования лучших методик по работе с одаренными детьми по «системе Физтеха», грантовая поддержка молодых лидеров научных коллективов ИГУ, акселерационная программа «Формула БИОТЕХ», образовательный проект для школьников и студентов «Воздушно-инженерная школа» и другие). В результате роста интереса к науке в РФ растет доля научных публикаций — в журналах, индексируемых в Scopus, она увеличилась в два раза (с 32 тыс. до 64 тыс. в год). В итоге удельный вес российских публикаций в общем объеме мировых составляет 2,61%.

Как отмечают аналитики ЮНЕСКО, ученые во всем мире стали не только больше публиковаться в международных научных журналах, но и в большей степени сотрудничают с зарубежными партнерами. ЮНЕСКО констатирует, что наука остается в основном мужским занятием. Несмотря на то что в сегодняшнем мире больше половины выпускников — женщины, слабый пол составляет 28,4% от обще-

го количества ученых в мире. В РФ, по расчетам Высшей школы экономики, доля женщин среди ученых достигает 40,5%. Хотя из-за разницы в методологии подсчета сопоставить эти данные напрямую с данными ЮНЕСКО невозможно, такая цифра тем не менее свидетельствует о высоком уровне интереса российских женщин к карьере в научной сфере. «Мы можем однозначно сказать, что в среде российских ученых выросла доля женщин со степенью кандидата наук и доктора наук — до 24% и 16% соответственно. Наиболее привлекательной сферой для женщин в отношении научной карьеры продолжают оставаться социальные науки и науки «о жизни» — медицина, биология и т. д.», — говорит господин Фурсов.

По оценкам ЮНЕСКО, лидирующей научной областью в мире на сегодняшний день является медицина и биология. В США из почти 2 млн научных статей, опубликованных с 2008 по 2014 год, более половины посвящены биомедицине (33% — исследованиям в области медицины, 25% — биологии). В странах Евросоюза доминирование биомедицины проявляется еще ярче: здесь на нее приходится примерно 58% всех публикаций. На втором месте — науки о материальном мире, физика и химия.

В России основная часть статей посвящена естественным и точным наукам (56%), еще почти треть (29%) приходится на технические отрасли. На третьем месте медицинские науки (7,7%), далее — сельскохозяйственные (3,8%), общественные (6,1%) и гуманитарные (2,5%). При этом растет и число выданных патентов на научные изобретения — с 22 тыс. до 45,5 тыс. в год, что свидетельствует об увеличении коммерческого интереса к науке в РФ. Большая часть из них (27%) в соответствии с разделами Международной патентной классификации приходится на статью «Удовлетворение жизненных потребностей человека». Далее по популярности идут разделы «Технические процессы» (15%), «Химия» (14%) и «Текстиль» (5%). С учетом еще одного типа классификации, по словам господина Фурсова, большинство регистрируемых в РФ патентов приходится на отрасль пищевой химии. А вот среди тех, которые поданы в международные инстанции, доминируют медицина и энергетика. «Если же посмотреть на еще один косвенный индикатор коммерческого потенциала научной сферы — число сделок по интеллектуальным правам на то или иное изобретение, то здесь первое место будет за фармацевтикой», — говорит он.

Несмотря на успехи в развитии науки за последние годы, аналитики ЮНЕСКО отмечают, что выработка успешной национальной политики в области науки и инноваций по-прежнему представляет собой весьма нелегкую задачу для многих стран. Для России, согласно их рекомендации, сейчас приоритетной задачей является поддержание нынешних темпов финансирования научной отрасли. Во многом благодаря активной политике государства в этой сфере российские ученые за последние несколько лет существенно улучшили свои результаты в мировой научной сфере. ■

ПОКОЛЕНИЕ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫВОДЯТ НАУЧНЫЕ РАЗРАБОТКИ НА КАЧЕСТВЕННО НОВЫЙ УРОВЕНЬ. ВИРТУАЛЬНАЯ РЕАЛЬНОСТЬ УЖЕ НЕ ИГРА, А ИДЕАЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ВИЗУАЛИЗАЦИИ СЛОЖНЫХ ДЛЯ ПОНИМАНИЯ ПРОЦЕССОВ. В БЛИЖАЙШЕМ БУДУЩЕМ БЛАГОДАРЯ РАЗРАБОТКЕ РОССИЙСКИХ УЧЕНЫХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ МОЖЕТ СТАТЬ ДОСТУПНЫМ КАЖДОМУ.

УЧЕНЫЕ МГУ ГОТОВЯТ К РАБОТЕ КОСТЮМ ГИБРИДНОГО ИНЕРЦИАЛЬНО-ОПТИЧЕСКОГО ТРЕКИНГА



Электронный мир, аттракцион, который переносит в заданное пространство, компьютерная игра, управляемая искусственным разумом,— обычные ассоциации, возникающие при словосочетании «виртуальная реальность». Современные технологии выводят научные разработки на качественно новый уровень, ведь виртуальная реальность (VR) — это не игра, а идеальный инструмент визуализации сложных для понимания процессов. Это комплексная форма компьютерного моделирования в режиме реального времени, которая позволяет исследователю не только видеть виртуальный мир, но и действовать в нем.

Технологии виртуальной реальности — способ решения задач, который позволяет точно имитировать в лабораторных условиях различные процессы. VR-технологии применяются для ведения научных исследований, решения оборонных задач, отладки технологических процессов производств любого профиля, подготовки людей для работы в экстремальных условиях, а также для создания роботизированных систем, способных выполнять тонкие манипуляции: от забора грунта с планет и их спутников до хирургических вмешательств.

При создании проекта с использованием VR-костюма человек может не только погрузиться в создаваемый интерьер, но и взаимодействовать с его отдельными объектами и при необходимости даже вносить в них изменения. Эту возможность VR особенно ценят люди, которые занимаются виртуальным прототипированием: виртуальная инженерия дает возможность оценить работоспособность и произвести отладку экспериментальных устройств.

Разработками в области виртуальной и смешанной реальности занимается молодежный коллектив лаборатории математического обеспечения имитационных динамических систем (МОИДС) МГУ. Его руководитель — Виктор Чертополохов, аспирант кафедры прикладной матема-

тики и управления мехмата МГУ. Сотрудники лаборатории применяют VR-технологии в образовательном процессе с 2014 года. Для студентов механико-математического факультета проводится практикум «Тестирование качества сближения устройства спасения космонавта с Международной космической станцией». В рамках практикума студенты изучают методики тестирования качества выполнения задачи оператором в VR-среде, что позволяет превратить обычную симуляцию в полноценный тренажер. С нового учебного года практикум будут проходить и студенты факультета космических исследований.

Еще одна разработка коллектива — прототип тренажера движения транспорта по неровной поверхности «Луноход», где используется панорамная система виртуальной реальности, к которой добавляется динамическая платформа. Она обеспечивает перемещение кресла динамического тренажера в нескольких степенях свободы (тангаж, крен, вертикальное перемещение). Движение платформы зависит от сигналов, поступающих от управляющего симуляцией компьютера в режиме реального времени. Это уже не виртуальная, а смешанная реальность. Оператор

СЛОВАРЬ

Виртуальная реальность (virtual reality, VR) — сложная форма компьютерного моделирования, которая дает возможность пользователю погрузиться в виртуальный мир и действовать в нем, получая обратную связь. Компьютерный синтез свойств и реакций виртуальной реальности производится в реальном времени.

Системы виртуальной реальности — устройства, которые более полно по сравнению с обычными компьютерными системами имитируют взаимодействие с виртуальной средой, путём воздействия на все пять имеющихся у человека органов чувств.

Дополненная реальность (augmented reality, AR) — проекция дополнительных данных в отображение реальной среды.

находится в кресле динамической платформы и управляет движением планетохода при помощи джойстика. Визуализация поверхности Луны и движения динамической платформы согласованы. Такое воздействие создает у человека реалистичное ощущение передвижения по пересеченной местности.

Стартовая версия программно-аппаратного комплекса «Луноход» послужила симулятором для демонстрации 3D-модели проекта лунной базы «Луна-7», разработанной компанией «Лин индустриал». «Луна-7» — проект российской лунной базы. Некоторые предложения проекта вошли в Федеральную космическую программу на 2016–2025 годы. После добавления в симулятор системы оценки действий оператора он стал прототипом тренажера и использовался в качестве тестирующей программы для эксперимента «Луна-2015», который проводился Институтом медико-биологических проблем РАН.

Среди других разработок молодежного коллектива лаборатории МОИДС — симулятор «Прогулка по Марсу», который в перспективе может стать тренажером дистанционного управления, симулятор смешанной реальности «Прогулка по крыше МГУ», системы виртуального прототипирования летательных аппаратов и многое другое. Эти разработки уже используются при обучении студентов. Ученые собираются создать симулятор выполнения экипажем космического корабля различных задач в условиях невесомости и пониженной гравитации.

Идея воспитывать кадры, которые еще в процессе обучения могут предложить перспективные разработки, воплощена в жизнь. Исследователи имеют возможность дополнять виртуальную реальность имитацией звука и движения. В ближайших планах коллектива — создать реалистичную имитацию тактильных ощущений. Тогда человек сможет осязать границы виртуальных предметов. ■

ВИКТОР ЧЕРТОПОЛОВОХ: ВИЗУАЛИЗИРОВАТЬ МОЖНО ВСЕ — НАЧИНАЯ ОТ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СЛОЕВ И ЗАКАНЧИВАЯ СТРОЕНИЕМ КЛЕТКИ ИЛИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ МЕЖДУ МОЛЕКУЛАМИ В ХОДЕ ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ

BUSINESS GUIDE: Расскажите, пожалуйста, о тренажере управления сближением устройства спасения космонавта (УСК) с МКС. В чем состоит задача человека?

ВИКТОР ЧЕРТОПОЛОВОХ: В работе тренажера используются панорамная система виртуальной реальности и 3D-очки, создающие реалистичную визуализацию Международной космической станции. Программа имитирует чрезвычайную ситуацию: при отстыковке космонавта от станции потерян страховочный трос, человек удаляется от МКС. Задача виртуального космонавта — добраться до шлюза при помощи устройства спасения космонавта (ранца, по углам которого расположены группы реактивных микродвигателей). Виртуальное УСК управляется джойстиком. С 2014 года тренажер применяется для обучения студентов механико-математического факультета МГУ VR-технологиям.

Используя данные, полученные в процессе симуляции, тренажер оценивает действия оператора в непредвиденной ситуации по методике максиминного тестирования. Это позволяет проводить аппаратную оценку качества действий человека в смоделированной ситуации, что, по сути, превращает обычную симуляцию в тренажер. Эта уникальная разработка лаборатории МОИДС позволила добиться нового уровня применения VR-технологий в процессе обучения и научной работе. Методика оценки действий человека в виртуальной среде вызвала интерес в Центре подготовки космонавтов, Институте медико-биологических проблем РАН, ракетно-космической корпорации «Энергия».

BG: Использование VR в образовании существенно расширяет возможности подготовки специалистов в самых разных областях. В чем специфика такого обучения?

В. Ч.: Появляется возможность визуализации объектов и обстановки, которые нельзя или затруднительно увидеть в реальности. Визуализировать можно все — начиная от геологических слоев и заканчивая строением клетки или взаимодействием между молекулами в ходе химической реакции. Кроме того, есть возможность моделирования недоступных на Земле или опасных условий, например одних и тех же химических процессов при разном давлении, температуре, составе атмосферы и т. д. Важное значение имеет возможность моделирования взаимодействия «человек—окружающая среда» при различных заданных характеристиках среды. Эта же особенность может использоваться для ускорения разработки различных систем и транспортных средств. Недавно в университете был запущен проект разработки легкого пилотажного самолета, который мы представляли на авиасалоне МАКС. Начиная с этапа раннего прототипирования и до создания натурного макета мы можем оценить эргономику кабины и обзор из нее. Основное отличие такой технологии от статичного натурного макета — это возможность провести эргономическую оценку при выполнении различных маневров в условиях полного погружения в виртуальную среду. Также за счет шлема и трекинга мы не только выводим объемное изображение, но и можем записать движения человека внутри симуляции. В некотором смысле мы создали удобное рабочее место конструктора, позволяющее существенно сократить издержки при разработке транспортных средств.

BG: Какие проблемы стоят перед разработчиками технологий виртуальной реальности?

В. Ч.: Основные проблемы — высокая цена систем для полного погружения в виртуальную реальность (ПСВР, CAVE) и жесткие требования к их размещению. Также есть проблема низкого качества многих доступных VR-шлемов и, как следствие, плохая переносимость погружений в виртуальную реальность пользователями — болезнь движения (в просторечии — укачивание). Появление в ближайшее время альтернативных качественных VR-систем и снижение цен на эти устройства фактически предопределены общей логикой развития информационных технологий. Более важная проблема — небольшое количество специалистов, которые знают алгоритмы создания VR-симуляций и умеют их применять под конкретные задачи. МГУ поставил перед собой задачу подготовить таких специалистов и успешно ее реализует.

МИКРОБ ВСЕМУ ГОЛОВА

О СУЩЕСТВОВАНИИ МИКРООРГАНИЗМОВ ЧЕЛОВЕЧЕСТВУ ИЗВЕСТНО МНОГО ЛЕТ, НО ТОЛЬКО ОТНОСИТЕЛЬНО НЕДАВНО НАУКА ЗАДАЛАСЬ ВОПРОСОМ О ТОМ, КАК ИСПОЛЬЗОВАТЬ ИХ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ ИЛИ СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ. И ЗДЕСЬ РОССИЙСКИЕ УЧЕНЫЕ ПРЕДЛОЖИЛИ НЕСКОЛЬКО ОРИГИНАЛЬНЫХ ИДЕЙ — В ТОМ ЧИСЛЕ ОНИ ГОТОВЫ ОТПРАВИТЬ БАКТЕРИИ НА БОРЬБУ С РАЗЛИВАМИ НЕФТИ.

Благодаря микроорганизмам, которые появились на Земле миллиарды лет назад, существует вся биосфера. Все, что нас окружает, — результат деятельности бактерий, которые первыми начали продуцировать кислород. Гениальность микроорганизмов заключается в их простоте. Задача микроорганизма, как и всего живого, — плодиться и распространяться. Если микроб хорошо устроился — фактически он бессмертен.

Для их изучения создана лаборатория физиологии и биохимии микробов МГУ, где выращивают микроорганизмы, которые можно использовать во благо человечества. Простота позволяет микробам быстро меняться. В них заложен механизм, который дает возможность подстраиваться под то, что их окружает. Ученые этой лаборатории могут синтезировать какое-то вещество, которого в природе не существовало, и за каких-то пару лет бактерия научится им питаться. Из этой всеядности научные сотрудники и пытаются извлечь максимальную пользу.

Огромное количество технологий требует применения бактерий. Самое насущное — производство лекарств. Например, определенный ген человека отвечает за синтез инсулина. Этот ген внедряется в микроорганизм, и тот начинает синтезировать инсулин, хотя никогда раньше этого не делал. В принципе бактерии могут производить все, что захочет человек, даже электричество или топливо — опыты по созданию мусорного бака с биоотходами, от которого можно будет заряжать, скажем, телефон, тоже ставят в лаборатории физиологии и биохимии микробов МГУ. Анаэробные микроорганизмы, которые живут в бескислородных условиях, позволяют создавать микробные топливные элементы. Это дает возможность перерабатывать отходы сразу в биотопливо. Такая технология уже применяется в сельском хозяйстве, где много биоотходов. Бактерии производят биогаз метан, который можно использо-

СПОСОБЫ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОБОВ



ОСЛАБЛЕНИЕ ИММУНИТЕТА ПРОИСХОДИТ ИЗ-ЗА НЕДОСТАТКА МИКРОБОВ В ЕДЕ

вать для того, чтобы обогреть жилье или крутить генератор. Одна из перспективных отраслей — «разведение» бактерий, способных бороться с экологическими угрозами, в том числе с разливами нефти.

Основатель лаборатории физиологии и биохимии микробов МГУ Андрей Шестаков рассказал, что микробы могут жить практически где угодно, но, чтобы с ними работать, нужно создать им достаточно комфортные условия.

АНДРЕЙ ШЕСТАКОВ: У НИХ НЕТ ГЛАЗ, НО ОНИ МОГУТ АБСОЛЮТНО ТОЧНО ОПРЕДЕЛИТЬ, СКОЛЬКО ЕЩЕ СОБРАТЬЕВ ВОКРУГ НИХ НАХОДИТСЯ

BUSINESS GUIDE: Как живут микробы, которые находят-ся внутри человека?

АНДРЕЙ ШЕСТАКОВ: У каждого человека свой неповторимый набор микробов. Дружественные микробы покрывают нас защитной биопленкой — своеобразным мягким антибиотиком, который преграждает путь патогенным микроорганизмам. Микробы поддерживают тонус иммунной системы — организм понимает, что они не наносят ему вреда, но старается их контролировать. Уровень иммунной системы снижается, если собственных микробов становится меньше.

BG: Как микробы понимают, что у них намерены поселиться плохие соседи?

А. Ш.: Многие, наверное, видели, как светится море или прибрежная часть океана. Есть множество организмов, которые светятся, в том числе и микроорганизмы. Так, у микробов был открыт интересный механизм — принцип кворумсенсинга. Идея простая: микроб ничтожно маленького размера — невооруженным глазом мы его не видим. Если одна клетка микроорганизма будет светиться, этого никто и никогда не увидит. Поэтому они светятся, когда находятся рядом и понимают, что их много. Как же они это понимают? Каждый микроорганизм в определенный промежуток времени выбрасывает в воздух сигнальную молекулу, и он имеет возможность при этом оценить, сколько вокруг него сигнальных



молекул. Он выбросил десять шариков и видит только их, значит, он понимает, что он один. А если он выбросил 10, но видит вокруг 100 шариков, значит, вокруг него еще 9 клеток, которые выбросили столько же. У них

нет глаз, но они могут абсолютно точно определить, сколько еще собратьев вокруг них находится.

BG: Поведение микробов предсказуемо? Они все действуют по одной схеме?

«Мы помещаем их в питательную среду и содержим при определенной температуре. Питательная среда сначала стерилизуется в автоклаве, который нагревает ее до температуры 120 градусов. Благодаря фильтрации воздуха над ламинарным боксом (рабочий стол микробиолога) создается полностью стерильная атмосфера, так что можно вносить микробы в питательную среду. Для создания колонии микробов мы постоянно проводим периодическое культивирование: перемещаем их в новые питательные среды, так как в прежних для них не остается еды, а продуктов метаболизма становится слишком много», — пояснил ученый.

Помимо прочего лаборатория физиологии и биохимии микробов МГУ работает над поиском бактерий, которые могли бы ликвидировать разливы нефти в Арктике. Коллекция лаборатории уже содержит множество вариантов бактерий, питающихся нефтью, однако поиск наиболее эффективных экземпляров продолжается. На поиск необходимого микроба может уйти много времени — это очень трудоемкий процесс. Если ученым нужно найти бактерию, которая живет в холоде и питается нефтью, они едут на Север, допустим, в Мурманск, где бывают разливы нефти, мазута и солянки, и в местном порту берут пробы. Там можно найти микробы, которые привыкли питаться нефтью. Их привозят в лабораторию и исследуют.

Есть и не такой прямолинейный подход. Ученые, зная, какой последовательностью нуклеотидов закодирована в ДНК бактерии необходимая функция, берут образец любой почвы, где содержится невероятное разнообразие микробов. Потом ищут нужный экземпляр, анализируя попавшиеся последовательности ДНК. Если нашли — начинают выделять необходимые микробы.

Эти методы можно применять для создания эффективных технологий и разработок практически в любой сфере. Микробиология будущего уже где-то рядом. ■

А. Ш.: Сейчас мы уже можем прочитать геном бактерий, но целиком понять систему их работы и предсказать поведение пока не в состоянии. Это черный ящик, и расшифровать его данные полностью не удалось. Мы знаем, что геном микроорганизмов в 360 раз больше человеческого. То есть микробы потенциально могут в 360 раз больше, чем люди. Они легко вырабатывают новые функции и приспосабливаются к новым условиям жизни. Мы хотим заставить микроорганизмы работать на пользу человека в разных областях. Если говорить об экологии, то они могут уничтожать разливы нефти или, например, вырабатывать электричество. А самое очевидное — это производство лекарств и пробиотиков, улучшающих здоровье.

СЛОВАРЬ

Кворумсенсинг — способность некоторых бактерий (возможно, и других микроорганизмов) общаться за счет секреции молекулярных сигналов. С помощью явления можно координировать определенное поведение или действия между бактериями того же вида или подвида в зависимости от плотности их населения.

Анаэробные микроорганизмы — микроорганизмы, которые развиваются вне зависимости от наличия в питательной среде кис-

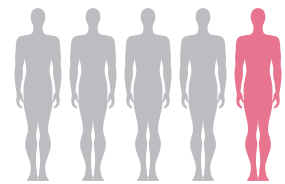
лорода. Они получают энергию путем субстратного фосфорилирования, конечные продукты неполного окисления субстрата при этом могут быть окислены с получением большего количества энергии в виде АТФ (аденозинтрифосфат — кислоты, играющая важную роль при выработке энергии).

Патогенные микроорганизмы — болезнетворные бактерии, которые паразитируют на других организмах, вызывают различные инфекционные болезни человека, животных или растений.

РОДОСЛОВНАЯ ДЛЯ РЕЦЕПТА

ИССЛЕДОВАТЕЛИ В РАЗНЫХ СТРАНАХ АНАЛИЗИРУЮТ ГЕНЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ РАКОВЫХ ОПУХОЛЕЙ — ИМЕННО ПО НИМ МОЖНО ПРЕДСКАЗАТЬ ОТЗЫВЧИВОСТЬ ЗАБОЛЕВАНИЯ НА ТОТ ИЛИ ИНОЙ ПРЕПАРАТ. ОДНА ИЗ ПЕРЕДОВЫХ РАЗРАБОТОК В ЭТОЙ ОБЛАСТИ — «ОНКОФАЙНДЕР», СОЗДАННЫЙ РОССИЙСКИМИ УЧЕНЫМИ, УЖЕ ПРИМЕНЯЕТСЯ В ЛАБОРАТОРИИ БИОИНФОРМАТИКИ ФЕДЕРАЛЬНОГО НАУЧНО-КЛИНИЧЕСКОГО ЦЕНТРА ДЕТСКОЙ ГЕМАТОЛОГИИ, ОНКОЛОГИИ И ИММУНОЛОГИИ ИМЕНИ ДМИТРИЯ РОГАЧЕВА.

По оценкам экспертов ООН, **КАЖДЫЙ ПЯТЫЙ ЖИТЕЛЬ ПЛАНЕТЫ** лично столкнется с тем или иным онкологическим заболеванием



Для лечения онкологических заболеваний создано несколько методик:

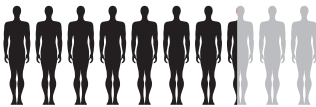
ХИРУРГИЯ

РАДИОЦИОННАЯ ТЕРАПИЯ

ЛЕКАРСТВЕННАЯ ТЕРАПИЯ



Более **70%** смертей в онкологии



связаны с побочными эффектами от терапии

Ежегодно в мире выявляется более

10 000 000

новых случаев

ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ НОВООБРАЗОВАНИЙ



(ежедневно примерно 27 000 пациентам ставят этот диагноз)

В лаборатории проводят исследования в области молекулярной онкологии: ищут, какие аспекты на молекулярном уровне способствуют тому, что раковые опухоли развиваются и прогрессируют, а главное, какое лечение окажется действенным. Основная задача, которую ставят перед собой исследователи, — найти такие молекулярные маркеры, которые помогут предсказать ответ пациента на препараты. Для лечения онкозаболеваний разработано множество препаратов, и попробовать их все на конкретном пациенте нет никакой возможности. Каждому больному необходимо сразу подобрать адекватное лечение, которое подействует на опухоль, поскольку другого шанса у него может не быть.

Разработка ученых лаборатории биоинформатики позволяет анализировать работу сразу нескольких тысяч генов человека. Отслеживая уровень молекул РНК в конкретном опухолевом образце, можно определить, как работает каждый ген.

Это позволяет измерять активность основных внутриклеточных процессов, которые влияют на онкогенез. С другой стороны, на уровне целых геномов ученые могут обнаруживать и интерпретировать мутации, происшедшие в раковых клетках. Вместе взятые, эти два подхода помогают обнаружить наиболее эффективные мишени для терапии конкрет-

ной опухоли. Исходя из полученной информации, ученые составляют рейтинг полезности различных препаратов для определенного больного.

Для поздних стадий онкозаболеваний (например, четвертая стадия рака) эффективность лечения в среднем не превышает 25–30%. Руководитель лаборатории биоинформатики Федерального научно-клинического центра детской гематологии, онкологии и иммунологии имени Дмитрия Рогачева Антон Буздин рассказал, что, если брать препараты, которые назначаются с помощью системы «Онкофайндер», частота объективного ответа вырастает фактически в два раза, до более чем 60% задокументированных случаев. «Это показывает, что технология действительно работает. Всего мы сделали несколько сотен тестов для конкретных больных. Для большинства из них это было весьма полезно, — подытожил Антон Буздин. — Среди всего многообразия противораковых препаратов онкологическим больным подбираются те, которые будут для них эффективны. Иногда для особенно тяжелых случаев, когда существующие клинические регламенты показали свою неэффективность, это может происходить даже в режиме офф-лейбл, то есть предлагаются препараты, которые в стандартной практике никогда такому больному не были бы назначены».

Почти для каждого вида рака есть набор рекомендаций, которым надо следовать при лечении, и есть одобренный для него набор препаратов. Но зачастую пациенты и их опухоли перестают отвечать на лечение с использованием стандартных схем, и у врачей фактически не остается никаких очевидных вариантов борьбы с заболеванием. Вот в таких ситуациях подход, разработанный нашими учеными, оказывается очень полезен: можно рассмотреть другие препараты. Бывает, что даже в рамках утвержденных рекомендаций есть выбор из нескольких, иногда даже из дюжины препаратов. Тогда «Онкофайндер» помогает выбрать эффективный подход.

Если говорить об экспериментальных методах анализа, то лаборатория биоинформатики не единственное место, где для исследований доступен подобный арсенал. Но вот методы анализа данных, применяемые в лаборатории биоинформатики Центра имени Дмитрия Рогачева, можно называть уникальными и даже наиболее передовыми в мире. Поэтому ученые активно сотрудничают с коллегами из разных стран: с университетами и частными компаниями США, Швейцарии, Израиля, Германии и Канады, где их данные используются как для научных исследований, так и для подбора терапии в сложных случаях. ■

СЛОВАРЬ

Биоинформатика — совокупность методов и подходов, включающих в себя математические методы компьютерного анализа в сравнительной геномике, разработку алгоритмов и программ для предсказания пространственной структуры биополимеров и исследования стратегий, соответствующих вычислительных методологий, а также общее управление информационной сложности биологических систем.

Ген (др. греч. «γενος» — «род») — структурная и функциональная единица наследственности живых организмов. Ген представляет собой участок ДНК, задающий последовательность определенного полипептида либо функциональной РНК. Гены (точнее,

аллели генов) определяют наследственные признаки организмов.

Дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК) — макромолекула, обеспечивающая хранение, передачу из поколения в поколение и реализацию генетической программы развития и функционирования живых организмов. ДНК содержит информацию о структуре различных видов РНК и белков.

Рибонуклеиновая кислота (РНК) — одна из трех основных макромолекул, которые содержатся в клетках всех живых организмов. Так же, как ДНК состоит из длинной цепи, в которой каждое звено называется нуклеотидом. Последовательность нуклеотидов позволяет РНК кодировать генетическую информацию.



АНАТОЛИЙ ЖДАНОВ

С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ БИОИНФОРМАТИКИ УЧЕНЫЕ МОГУТ ЗАРАНЕЕ ОЦЕНИТЬ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТА ТЕМ ИЛИ ИНЫМ ПРЕПАРАТОМ



КЕДЛИЧНО АРМИВА

АНТОН БУЗДИН: В КАЖДОМ ЧЕЛОВЕКЕ ЗА ВРЕМЯ ЕГО ЖИЗНИ ВОЗНИКАЕТ БОЛЬШОЕ КОЛИЧЕСТВО МУТАЦИЙ

BUSINESS GUIDE: Как давно ваша лаборатория занимается разработкой технологий по таргетному лечению онкологических заболеваний?

АНТОН БУЗДИН: Мы работаем в сфере молекулярной онкологии около 7 лет, а в области молекулярной биологии — уже 20 лет. А вообще теме молекулярной онкологии уже, наверное, больше 100 лет. Просто сейчас мы занимаемся наиболее передовой областью этой науки, которая касается анализа так называемых больших данных.

Сравнительно недавно, примерно 15 лет назад, появились технологии, которые позволили получать огромное количество молекулярно-биологических данных, чем произвели революцию в методах исследования. Например, стало возможно получать полные портреты работы всех генов в биологических образцах. Раньше это было невозможно. Появление столь мощных методик на тот момент не сопровождалось такими же мощными аналитическими инструментами.

ВГ: С чем это связано?

А. Б.: Исследователи фактически тонули в том объеме информации, который получали. Есть очень много нормальных вариаций внутри человеческой ДНК, а есть мутации. Необходимо быстро вычленять эти мутации. Надо было также научиться отличать вредносные мутации от нейтральных, которых обычно больше. В каждом человеке за время его жизни возникает довольно большое число мутаций, некоторые из которых он передает по наследству своим детям. Получая такую полную геномную последовательность, исследователь находил там огромное количество генетических вариантов. В каждом человеке, как правило, более 10 млн таких генетических вариантов, которые отличают его от некоего усредненного генома человека. Попробуйте представить, что вам выпало счастье работать с таблицей в 10 млн строчек. Это совсем непросто, если делать это стандартными способами.

ВГ: Суперкомпьютер, который вы применяете в своей лаборатории, как раз и выполняет эту задачу. Как он работает?

А. Б.: Применяя биоинформатические подходы, то есть способы алгоритмического анализа. Мы можем попытаться связать информацию с нужными нам признаками: как будет вести себя опухоль, как она ответит на тот или иной вид лечения. Самое интересное, что даже внутри морфологически однородных групп опухолей существует огромное количество различий на молекулярном уровне. Отличие на молекулярном уровне, например, приводит к тому, что опухоли, которые под микроскопом выглядят совершенно одинаково, на лечение химиотерапевтическими препаратами отвечают по-разному.

ТЕСТ ДЛЯ ГЕНОМА

В БЛИЖАЙШЕМ БУДУЩЕМ ГЕНЕТИЧЕСКОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ, КОТОРОЕ ПОЗВОЛЯЕТ ОПРЕДЕЛИТЬ ОСОБЕННОСТИ И СВОЙСТВА ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА, СТАНЕТ ПРИМЕНЯТЬСЯ ШИРОКО И ПОВСЕМЕСТНО. В РОССИИ РАЗВИТИЕ ЭТОЙ ОТРАСЛИ ВО МНОГОМ ОБЯЗАНО РОССИЙСКОМУ НАЦИОНАЛЬНОМУ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМУ МЕДИЦИНСКОМУ УНИВЕРСИТЕТУ ИМ. Н. И. ПИРОГОВА.

Уже более 70 лет назад было обнаружено, что дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК) является важнейшим элементом в процессе передачи генетической информации. Практически вся закодированная в генах человека информация сейчас доступна для изучения. Это стало возможным благодаря проекту конца 90-х годов прошлого века «Геном человека», в рамках которого ученые всего мира занимались расшифровкой химической структуры ДНК. Возникший в результате мировой рынок генетических исследований, согласно данным Всемирной организации здравоохранения, по итогам 2016 года оценивается более чем в \$70–90 млрд.

Генетический анализ позволяет определить предрасположенность человека к различным заболеваниям, подтвердить отцовство, материнство, установить степень родства, предсказать реакцию организма на те или иные медикаменты и т. д. В России, по оценкам исследовательского центра Vademecum, сегмент генетического тестирования занимает сейчас около 0,2% (около \$100 млн) совокупного оборота рынка платных медицинских услуг.

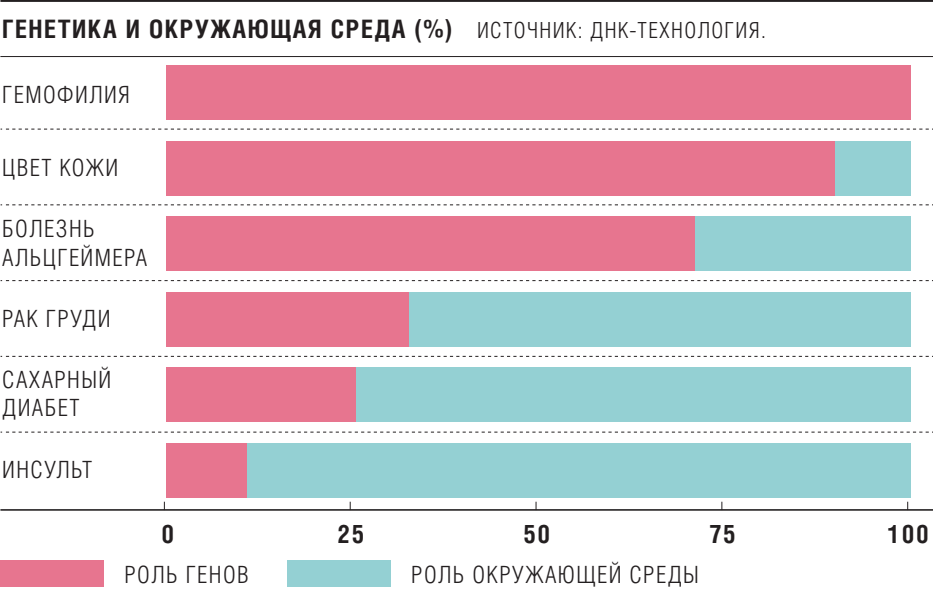
Существует два подхода: определение всей (или почти всей) генетической информации методом секвенирования (стоит около 50 тыс. руб. и дает ответ на большинство вопросов о генетических особенностях) и выборочное генотипирование методом ПЦР (стоит 1–5 тыс. руб. и позволяет оценить конкретное генетическое нарушение). Оба вида исследования можно делать по крови или по слюне пациента.

Одним из российских ученых, активно работающих в области генетических исследований, является Денис Ребриков, доктор биологических наук, проректор по научной работе Российского национального исследовательского медицинского университета им. Н. И. Пирогова, заведующий лабораторией клеточных технологий Научного центра акушерства, гинекологии и перинатологии им. В. И. Кулакова. В область его научных интересов входят: методы молекулярной биологии, анализ структуры и функции геномов, микробные биоценозы человека, медицинская генетика и пародонтология. Под научным руководством Дениса Ребрикова последние 12 лет проводятся исследования



ГЕНЕТИЧЕСКОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ ПОЗВОЛЯЕТ ОПРЕДЕЛИТЬ НАРУШЕНИЯ ГЕНОВ В ДНК ОРГАНИЗМА, НЕИЗБЕЖНО ПРИВОДЯЩИЕ К ЗАБОЛЕВАНИЮ

генома и микробиома человека, создаются и внедряются инновационные биотехнологии в области медицинской диагностики, генотипирования, детекции и количественного определения ГМО, идентификации и геномной регистрации. Его научная разработка заключается в создании приборно-реагентного комплекса, то есть и оборудования, и реагентов для этого оборудования в области медицинской ДНК-диагностики. Объем произведенной и реализованной высокотехнологичной продукции, созданной на основе инновационных разработок Дениса Ребрикова и выведенной на рынок несколькими компаниями, в 2016 году, по его оценке, составил более 120 млн руб. Это больше 200 типов тест-систем для выявления генетических и инфекционных заболеваний, ряд уникальных приборов для медицинской лабораторной диагностики и мобильная генетическая лаборатория, которая позволяет делать ДНК-тесты в полевых условиях. Оборудование и реагенты, разработанные Денисом Ребриковым, используют крупные сетевые диагностические лаборатории. ■



ГЕНЕТИКА



БИОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ ИГУ ИМ. М.В. ЛОМОНОСОВА

ДЕНИС РЕБРИКОВ:
ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ГЕНОМ БУДЕТ ЗАПИСАН В МЕДИЦИНСКОЙ КАРТЕ КАЖДОГО ПАЦИЕНТА УЖЕ В БЛИЖАЙШЕМ БУДУЩЕМ

BUSINESS GUIDE: Расскажите, как устроена современная генетика — какими знаниями о человеке она может оперировать сейчас?

ДЕНИС РЕБРИКОВ: Информация о строении вашего тела, многих особенностях вашего организма записана в молекулах ДНК, находящихся внутри ваших клеток. Все молекулы, находящиеся в одной клетке тела, в сумме составляют ваш геном. Половина его досталась вам от мамы, вторая — от папы. Информация записана с помощью специального генетического кода, этот код, можно сказать, разбит на слова — ученые называют их генами, а гены (как и слова) состоят из букв, нуклеотидов. И мы с вами понимаем, что из этих букв можно составить бесконечное количество слов, предложений и рассказов о том, собственно, как должен быть устроен ваш организм.

ВГ: А на что влияют эти гены?

Д. Р.: Многие знают, что «генетика» определяет цвет глаз, волос, кожи, общее телосложение. Но что еще? Может ли влиять генетическая информация, скажем, на заболеваемость ангиной? На самом деле многие вещи генетическая программа определяет опосредованно: инфекционное заболевание часто связано не столько с контактом с микробом, сколько с тем, насколько эффективно работает ваша иммунная система. А как качественно она будет работать, зависит в том числе от ваших генов.

ВГ: Очень часто при упоминании генетики также можно услышать словосочетание «генетический профиль» — что это такое?

Д. Р.: Это индивидуальные генетические особенности конкретного человека. Зная их, мы можем указать на слабые места в организме, давая возможность отсрочить «поломку» тех или иных систем за счет компенсаторного образа жизни или применения профилактических мер. Знание условий окружающей среды, для которых создан ваш организм, позволяет повысить качество и продолжительность жизни.

ВГ: Как сегодня можно использовать результаты исследования генов?

Д. Р.: Во-первых, уже давно и успешно генетическое тестирование применяют для определения наследственных заболеваний — нарушений генов, неизбежно приводящих к заболеванию. Сейчас известно около 8 тыс. наследственных заболеваний, встречающихся с разной частотой. Самые частые — один случай на несколько тысяч новорожденных.

Например, евреям-ашкенази настоятельно рекомендуют проводить тестирование по 19 генетическим маркерам, поскольку примерно каждый пятый ашкенази является носителем таких мутаций, которые в комбинации могут дать тяжело больного ребенка — рекомендуется проводить тестирование.

В будущем, я думаю, также будет возможно планировать качество ребенка с учетом его генетических особенностей. Для этого нужно исследовать оплодотворенные яйцеклетки и составить некий генетический паспорт, генетическое описание того ребенка, который появится на свет. Потом определить, ребенок с каким набором признаков имеет наилучшие шансы в будущем — возможно, это будет делать отдельный специалист, и посадить выбранную яйцеклетку матери.

Другое направление в генетике человека — предиктивная (предсказывающая) медицина — позволяет заранее определить наиболее слабые места организма и подобрать оптимальные условия, в которых организм проработает максимально долго. Генетическое тестирование является и элементом персонализированной медицины: исследуя гены, врач может уточнять лечение, прицельно прописывать препараты и их дозировку для конкретного пациента. В ряде стран для назначения определенных препаратов врач уже сегодня обязан проводить генетическое исследование. В частности, Федеральное агентство по медицинским препаратам США прописало требование о генетическом тестировании пациента перед назначением десятков лекарств — это значит, что врач не имеет права прописать дозировку, не проведя генотипирование пациента по определенным генам.

Криминалистика и отцовство — еще одно очень широкое направление тестирования ДНК, с помощью которого можно определять отцовство.

ВГ: Как быстро генетическое тестирование могло бы стать доступным обычным людям?

Д. Р.: Стоимости определения полного генома (экзома) человека быстро снижается, опускаясь в массовых программах высокопроизводительного секвенирования ниже \$1 тыс. Не вызывает сомнений, что в перспективе индивидуальный геном каждого человека будет записан в его медицинской карте. Врач будет все шире применять эту информацию как в фармакогеномике, так и в направлении превентивной медицины. И в этой связи крайне актуальным вопросом становится регулирование использования персональной генетической информации, содержащей массу индивидуальных характеристик человека. На очередном витке развития цивилизации мы вновь приходим к констатации неравенства людей от рождения: в XXI веке это «генетическое неравенство». Общество неизбежно столкнется с разделением людей на «генетические» группы, например по профессиональной пригодности: может ли данный человек работать на вредном производстве, если у него слабая система детоксикации организма? Мы знаем, что, если взять такого человека на вредное производство — на завод дефлапильный, в шахту, он может умереть от профессионального заболевания быстрее, с большей вероятностью — у него больше шансов заболеть. Ему работодатель откажет: у тебя с генами не так, как надо бы нам в шахте, поэтому тебя мы не возьмем.

СЛОВАРЬ

Дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК) — макромолекула, обеспечивающая хранение, передачу из поколения в поколение и реализацию генетической программы развития и функционирования живых организмов. ДНК содержит информацию о структуре различных видов РНК и белков.

Ген — участок ДНК, несущий информацию о строении белка.

Геном — вся наследственная информация одного организма. Большинство геномов, в том числе геном человека и геномы всех остальных клеточных форм жизни, записаны в форме ДНК, однако некоторые вирусы имеют геномы из РНК.

Генотерапия — совокупность генно-инженерных (биотехнологических) и медицинских методов, направленных на внесение изменений в генетический аппарат соматических клеток человека. Это область, ориентированная на исправление дефектов, вызванных мутациями (изменениями) в структуре ДНК, поражением ДНК человека вирусами, или придание клеткам новых функций.

ТЕПЛОВОЙ ШОК ПРОТИВ РАКА

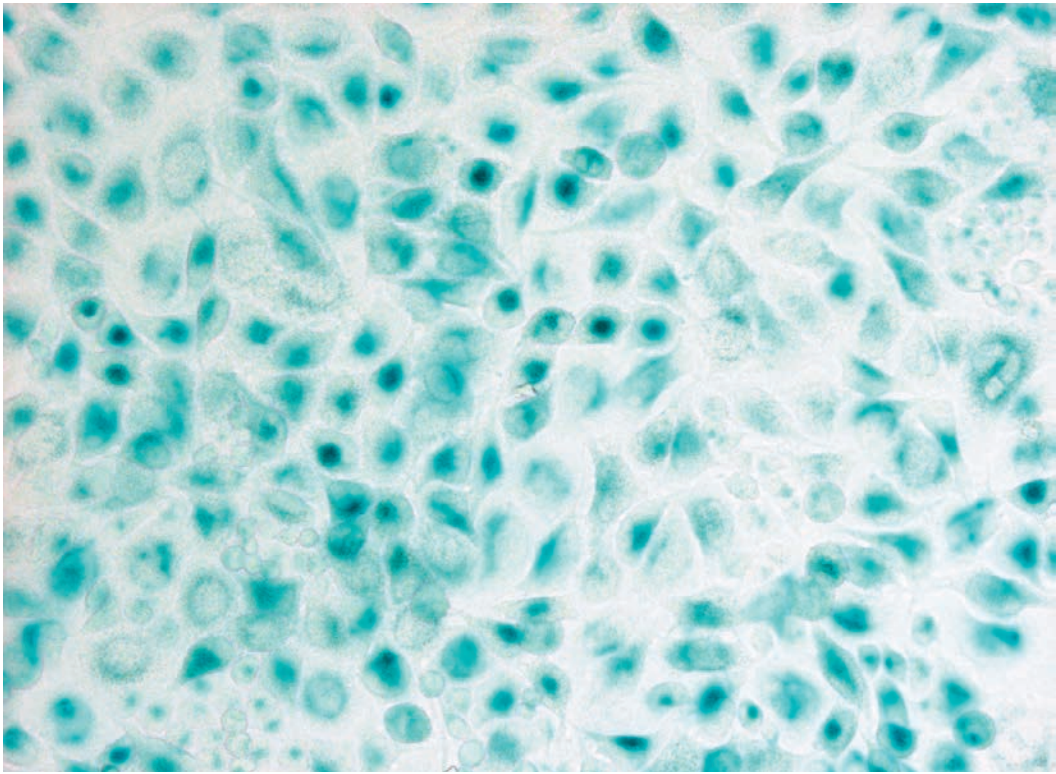
ОДНА ИЗ ГЛАВНЫХ ТЕНДЕНЦИЙ В ЛЕЧЕНИИ РАКОВЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ВО ВСЕМ МИРЕ — ПРИМЕНЯТЬ МЕТОДЫ, НАИМЕНЕЕ ТРАВМАТИЧНЫЕ ДЛЯ САМОГО ПАЦИЕНТА. ОСНОВОЙ НОВЫХ ПОДХОДОВ МОЖЕТ СТАТЬ МЕХАНИЗМ ТЕПЛОВОГО ШОКА, ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ КОТОРОГО ОПИСАЛИ УЧЕНЫЕ ИЗ ЛАБОРАТОРИИ СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ХРОМОСОМ ИНСТИТУТА БИОЛОГИИ ГЕНА РАН.

По данным Всемирной организации здравоохранения, онкологические заболевания постепенно становятся главной причиной смерти людей. Чтобы победить рак, человечеству необходимо осваивать новые способы лечения этой болезни. Как известно, для борьбы с онкологическими заболеваниями применяются три основных метода: хирургический, лучевой и химиотерапия. Однако с развитием технического прогресса появляются менее инвазивные методы лечения, которые или обладают более высокой эффективностью, или позволяют избежать побочных эффектов, неизбежных при традиционном подходе.

Одним из таких перспективных методов является гипертермия, или тепловой шок. В его основе лежит многообещающий эффект: если нагревать ткани организма (в диапазоне 40—45 градусов), то здоровые клетки останутся живы, а больные погибнут. Дело в том, что тепловой шок запускает механизм старения клетки. Клеточное старение — явление, которое обычно связывают с потерей способности клетки к делению. Клетки любого организма могут делиться определенное число раз, после чего переходят в стадию старения. Такие клетки характеризуются снижением интенсивности энергообмена, замедлением синтеза белков, понижением эффективности репарации ДНК и накоплением мутаций. На данный момент считается, что в эволюции клеточное старение возникло для того, чтобы не дать генетически поврежденной клетке переродиться в опухоль.

Хотя метод гипертермии, способный запустить этот процесс в клетке раньше времени, остается экспериментальным, механизм ответа клетки на тепловой шок (heat shock response) интересует ученых уже несколько десятков лет. Исследования возможности применения его в лечебных целях проводились в 1980-е, 2000-е годы и в настоящее время ведутся, например, в Китае.

В России изучением молекулярных процессов, лежащих в основе клеточной реакции на гипертермию, занимаются в лаборатории структурно-функциональной организации хромосом Института биологии гена РАН. Ее сотрудник Артем Величко совсем недавно получил результаты, которые могут значительно расширить понимание человечеством процесса старения клеток. Вместе с коллегами по лаборатории он показал, что при повышенных температурах ДНК раковых клеток начинает необратимо рваться, что приводит к их старению, а затем к гибели. Это происходит из-за теплового шока — реакции клеток на действие температур выше физиологических, то есть в диапазоне от 41 до 45 градусов. Если температура меньше 40 градусов, то она практически не способна повлиять на



С ПОМОЩЬЮ ОКРАШИВАНИЯ РАКОВЫХ КЛЕТОК НА МАРКЕР КЛЕТОЧНОГО СТАРЕНИЯ УЧЕНЫЕ РАН ОЦЕНИВАЮТ ЭФФЕКТЫ ТЕПЛОВОГО СТРЕССА

функционирование клетки, если больше 45,5 градуса, то клетка погибает. Артем Величко и его коллеги предположили, что повышение температуры в указанном диапазоне может приводить к повреждениям ДНК клетки, и результаты исследования это подтвердили.

Нормальной частью функционирования клеток любого организма является деление. Перед каждым случаем деления клетки происходит удвоение цепи ДНК (репликация). В процессе репликации в молекуле ДНК то и дело образуются одноцепочечные разрывы (происходит целенаправленное разрезание одной из двух цепей молекулы с помощью специальных ферментов). Эти разрывы необходимы для эффективного протекания репликации и быстро восстанавливаются (репарируются). Однако если в момент репликации на клетку воздействует высокая

температура, то процесс восстановления ДНК блокируется, а разрывы из одноцепочечных превращаются в двуцепочечные. Поскольку такие разрывы намного сложнее репарировать, то чем больше их накапливается, тем выше вероятность того, что клетка состарится и в итоге погибнет. В ходе исследований Артем Величко и его коллеги смогли впервые подробно показать механизм этого процесса.

На эксперименты с клетками и анализ их результатов у Артема Величко с коллегами ушло пять лет. Недавно отчет об их работе был опубликован в престижном научном журнале Nucleic Acids Research (издательство Oxford University Press, Великобритания). Весной 2016 года работа молодых ученых получила премию мэра Москвы в одной из номинаций — 1 млн руб. — и удостоилась золотой медали Российской академии наук. Возможно, в перспективе новые данные, найденные российскими учеными, помогут окончательно превратить гипертермию в четвертый базовый метод лечения онкологических заболеваний. ■

Репликация — процесс синтеза дочерней молекулы дезоксирибонуклеиновой кислоты на матрице родительской молекулы ДНК. В ходе последующего деления материнской клетки каждая дочерняя клетка получает по одной копии молекулы ДНК, которая является идентичной ДНК исходной материнской клетки. Этот процесс обеспечивает точную передачу генетической информации из поколения в поколение.

АРТЕМ ВЕЛИЧКО: В СИЛУ СВОЕЙ ПРИРОДЫ РАКОВЫЕ КЛЕТКИ ДЕЛЯТСЯ АКТИВНЕЕ, ЧЕМ НОРМАЛЬНЫЕ, И, СООТВЕТСТВЕННО, ВЕРОЯТНОСТЬ ТОГО, ЧТО ТЕПЛОВОЙ ШОК ПОДЕЙСТВУЕТ НА ПРОЦЕСС ДЕЛЕНИЯ РАЗРУШАЮЩЕ, ГОРАЗДО ВЫШЕ

BUSINESS GUIDE: С помощью каких экспериментов вам удалось зафиксировать процесс воздействия высокой температуры на клеточное деление?

АРТЕМ ВЕЛИЧКО: Для наших экспериментов мы использовали культуры клеток человека. Мы подвергали их действию температур при 45 градусах в течение 30 минут, после чего возвращали в нормальные условия при 37 градусах и мониторили их состояние в течение пяти дней. Обычно к пятому дню после теплового шока клетки начинали демонстрировать признаки клеточного старения. Основным маркером этого процесса является активность специального фермента (бета-галактозидазы), которая выявляется в клетках после специальной реакции как синее окрашивание. Так как мы предполагали, что причиной старения в данном случае является повреждение ДНК, далее мы «окрашивали» клетки антителами со специальными флуоресцентными метками, позволяющими эти самые разрывы в клетках визуализировать. Молекула ДНК представляет собой двуцепочечную спираль, длина которой может достигать 2 м. Чтобы поместиться в маленькое ядро клетки, длинная молекула ДНК наматывается на шарообразные структуры, состоящие из белков — гистонов. В случае двуцепочечного разрыва молекулы ДНК эти белки определенным образом модифицируются, выбрасывая своего рода сигнальный флаг. Именно к этому «флагу» способны прикрепляться антитела, которые под микроскопом выглядят как светящиеся точки внутри ядра клетки. В итоге чем больше образуется разрывов ДНК, тем ярче светится все клеточное ядро.

ВГ: Все ли типы клеток реагируют на тепловой шок одинаково?

А. В.: Нет, и это как раз самый интересный результат нашего эксперимента. Нормальные клетки «состариваются» от теплового шока намного реже, чем клетки раковые. Дело в том, что интенсивность удвоения ДНК (репликации) в раковых клетках намного выше, чем в нормальных. Соответственно, тепловой шок с большей вероятностью нарушит процесс репликации именно в них.

ВГ: Каково практическое применение вашего открытия? Можно ли будет использовать тепловой шок для лечения раковых заболеваний в будущем?

А. В.: Результаты нашего исследования представляют большой интерес в первую очередь для фундаментальной науки. Они позволяют ученым детально разобратся в тех компенсаторных механизмах, которые включаются в термически поврежденных клетках. Вместе с тем исследование может иметь и прикладное значение. Воздействие на клетку повышенных критических температур считается одним из перспективных методов лечения онкозаболеваний, так как сочетание химиотерапии и гипертермии увеличивает эффективность терапии различных форм опухолей.

СЛОВАРЬ

Гипертермия (от др. греч. «υπερ» — «чрезмерно» и «θερμη» — «теплота») — перегревание, накопление избыточного тепла в организме человека и животных с повышением температуры тела, вызванным внешними факторами, затрудняющими теплоотдачу во внешнюю среду или увеличивающими поступление тепла извне. Иногда гипертер-

мией называют и лихорадку — защитно-приспособительную реакцию организма в ответ на воздействие патогенных раздражителей (например, бактериальных аллергенов при инфекционных заболеваниях), приводящую к перестройке процессов терморегуляции и повышению температуры тела. В медицине искусственная гипертермия может применяться с лечебными целями.

Дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК) — макромолекула, обеспечивающая хранение, передачу из поколения в поколение и реализацию генетической программы развития и функционирования живых организмов. ДНК содержит информацию о структуре различных видов РНК и белков.

Рибонуклеиновая кислота (РНК) — одна из трех основных макромолекул, которые

содержатся в клетках всех живых организмов. Так же, как ДНК, РНК состоит из длинной цепи, в которой каждое звено называется нуклеотидом. Каждый нуклеотид состоит из азотистого основания, сахара рибозы и фосфатной группы. Последовательность нуклеотидов позволяет РНК кодировать генетическую информацию. Все клеточные организмы используют РНК (мРНК) для программирования синтеза белков.

МЕДИЦИНА

СТРАТЕГИЧЕСКИЙ ЭНЕРГОЗАПАС

ПОЛУЧЕНИЕ ЭНЕРГИИ С ПОМОЩЬЮ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ ИЛИ ВЕТРЯНЫХ СТАНЦИЙ ИМЕЕТ БОЛЬШИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ. ОДНАКО ЭТА ЭНЕРГИЯ ИСПОЛЬЗУЕТСЯ НЕ СРАЗУ, А ЗНАЧИТ, ТРЕБУЕТ ОБЪЕМНЫХ ХРАНИЛИЩ. РОССИЙСКИЕ УЧЕНЫЕ НАШЛИ СПОСОБ СДЕЛАТЬ АККУМУЛЯТОРЫ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ТАКОЙ ЭНЕРГИИ БОЛЕЕ ЕМКИМИ, НЕ УВЕЛИЧИВАЯ ИХ В РАЗМЕРЕ.

Работа по созданию нового поколения литий-металлических аккумуляторов и аккумуляторов сверхвысокой емкости, которые при этом будут легче и компактнее существующих, ведется в мире постоянно.

Аккумуляторными системами занимаются несколько лабораторий химического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова. Одна из групп исследователей ведет разработки в области альтернативной энергетики, в том числе изучает возможности создания накопителей для электрических сетей, а также обеспечения равномерной нагрузки на них. Это необходимо при использовании ветрогенераторов и солнечных панелей. Такую энергию потребляют не в момент, когда она генерируется, а позже. Сейчас для накопления энергии часто используют тяжелые свинцовые аккумуляторы. Переход на более легкое оборудование расширит возможности получения энергии из альтернативных источников.

Старший научный сотрудник химического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова, ассистент факультета наук о материалах, к.х.н. Даниил Иткис напомнил, что аккумуляторы с использованием металлического лития были разработаны еще в 1970-х годах и даже выпускались в продажу. Но уже тогда при их работе возникла проблема. Когда такой аккумулятор заряжали, литий, который исходно туда помещали в форме металлической фольги, не оседал обратно гладким слоем на этой же фольге. Он образовывал игольчатые кристаллы, которые иногда прорастали до другого электрода, что приводило к короткому замыканию, и аккумуляторы загорались.

«Мы периодически слышим о проблемах с воспламенением литий-ионных аккумуляторов, но не все они вызваны неровным оседанием металла,— рассказал ученый.— Хотя заметная часть таких случаев обусловлена именно этим. Иногда литий „не успевает“ внедряться в графит — например, если мы заряжаем аккумулятор слишком большим током. Одно из направлений нашей работы — исследовать процесс оседания лития. Мы пытаемся найти решение, которое позволит заставить его оседать гладко, чтобы решить проблему безопасности. Если она будет решена, все с удовольствием начнут использовать металлический литий вместо графита».

Сегодня для ученых в первую очередь представляет интерес задача по увеличению удельной энергии, которую можно запасти в килограмме/литре аккумулятора. Лучшие показатели для самых продвинутых литий-ионных аккумуляторов — 240–250 Вт•ч на килограмм. Это те, что уже продаются и серийно производятся. Подобные аккумуляторы, например, стоят в лучших по характеристикам электромобилях — на одном заряде они проезжают 300–400 км. Первые машины на электротяге

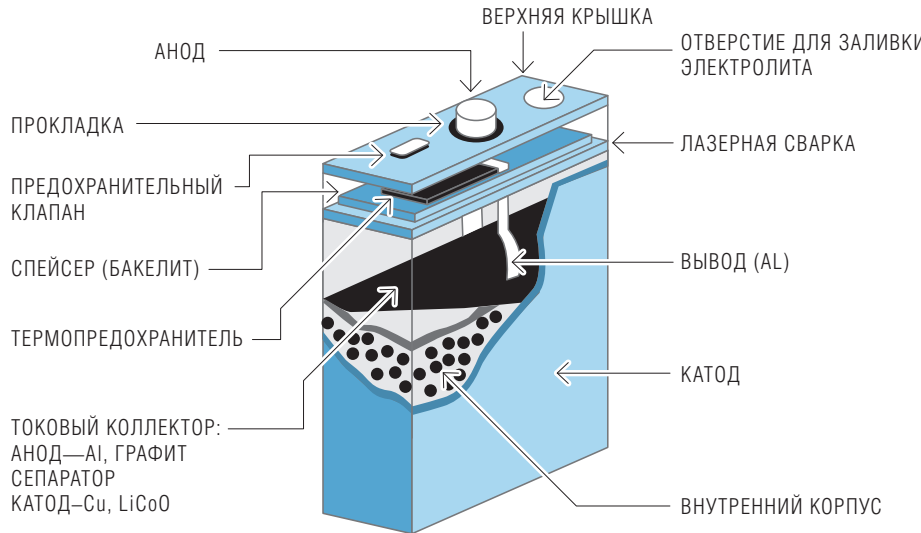
СЛОВАРЬ

Электрод — это электрический проводник, имеющий электронную проводимость (проводник первого рода) и находящийся в контакте с ионным проводником — электролитом (ионной жидкостью, ионизированным газом, твердым электролитом).

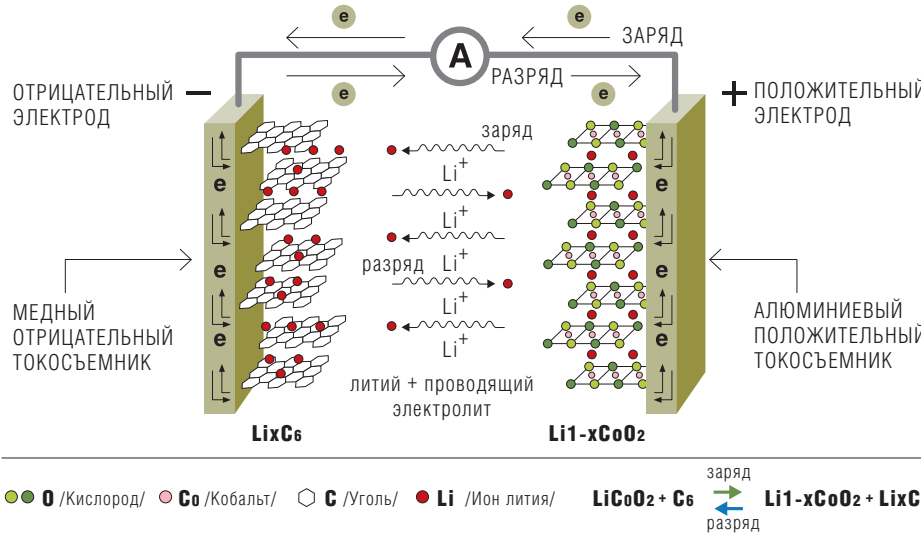
Литий — серебристо-белый металл, мягкий и пластичный,

тверже натрия, но мягче свинца. Является химическим элементом I группы периодической системы Менделеева. Его можно обрабатывать прессованием и прокаткой. Литий используется в металлургической, силикатной промышленности, а также в пищевой отрасли (для консервирования), текстильной (отбеливание и окраска в зависимости от применяемого соединения) и фармацевтической в качестве компонента косметиче-

КОНСТРУКЦИЯ ЛИТИЙ-ИОННОГО АККУМУЛЯТОРА В ПРИЗМАТИЧЕСКОМ КОРПУСЕ



ПРОЦЕССЫ НА ПОЛОЖИТЕЛЬНОМ ЭЛЕКТРОДЕ LI-ION АККУМУЛЯТОРА



не могли проехать больше 100 км без подзарядки, да и то в облегченном режиме, без резких ускорений и в теплом климате.

Если говорить об электронике, то в большинстве смартфонов при включенном навигаторе или тяжелых приложениях очень высоко энергопотребление. Для

ческих средств. В жидком состоянии применяется в качестве теплоносителя для ядерных реакторов.

Литий-ионный аккумулятор (Li-ion) — тип электрического аккумулятора. Широко распространен в современной бытовой электронной технике (сотовые телефоны, ноутбуки, цифровые фотоаппараты, видеокамеры) и находит свое применение в качестве источника энер-

гии в электромобилях и накопителях энергии в энергетических системах.

Возобновляемая, или регенеративная, энергия (зеленая энергия) — энергия из источников, которые по человеческим масштабам являются неисчерпаемыми. Возобновляемую энергию получают из природных ресурсов, таких как солнечный свет, водные потоки, ветер.

подзарядки часто используют дополнительный аккумулятор, но хочется, чтобы запас энергии был больше при тех же размере и весе. С автомобилями то же самое. Электромобиль Tesla Model S весит больше 2 тонн, а батарея в нем — около 540 кг. Параметры батареи — 210x150x15 см. Отрицательный электрод в нем графитовый, а положительный — смешанный слоистый оксид никеля, кобальта и алюминия. Количество энергии, вырабатываемой одним блоком (а их 16), равно количеству энергии, производимому сотней аккумуляторов портативных компьютеров.

Без создания легких источников электроэнергии не может развиваться не только автомобиле-, но и самолетостроение, в том числе военное. Летательные аппараты (и беспилотные, и малые пилотируемые, например электромоторные самолеты), по расчетам инженеров, могли бы летать на электротяге. Основное требование — снижение массы устройства при сохранении энергозапаса. ■



ДАНИИЛ ИТКИС:
МЫ ВСЕГДА СТРЕМИМСЯ
УВЕЛИЧИВАТЬ
НАПРЯЖЕНИЕ И ЕМКОСТЬ

BUSINESS GUIDE: В чем уникальность ваших разработок?

ДАНИИЛ ИТКИС: Мы занимаемся различными литий-металлическими аккумуляторами, в которых отрицательный электрод, в отличие от существующих сегодня литий-ионных аккумуляторов, заменен на металлический литий. Литий очень привлекателен для подобных разработок, потому что он легкий и позволяет создавать аккумулятор с высоким рабочим напряжением. В применяемых ранее никелевых аккумуляторах (никель-кадмиевых, никель-металлогидридных) одна ячейка давала напряжение 1,2 В, в свинцовых аккумуляторах — 2 В. В литиевых системах эта цифра может превышать 3,5–3,8 В. А чем больше напряжение, тем больше запас энергии.

ВГ: Как вы хотите увеличить емкость аккумуляторов?

Д. И.: Да, мы сейчас пытаемся искать материалы с более высокой емкостью, чем те, которые используются сегодня в литий-ионных аккумуляторах. Мы рассматриваем и исследуем механизмы процессов в новом типе аккумуляторов, где положительным электродом являются сера или даже кислород воздуха. И кислород, и сера — достаточно легкие элементы. При этом они обладают достаточно сильными окислительными способностями. Любой аккумулятор — это комбинация восстановителя и окислителя. Чем сильнее восстановитель и окислитель, тем выше будет напряжение, а чем они легче, тем больше будет удельная емкость такого аккумулятора.

ВГ: С какими проблемами вы сталкиваетесь в своих исследованиях?

Д. И.: Удельная энергия — это, по сути, произведение двух вышеуказанных величин. Мы всегда стремимся увеличивать напряжение и емкость: литий-серные аккумуляторы на основе комбинации литиевого отрицательного электрода и серы в качестве положительного электрода и литий-воздушные аккумуляторы — это системы, которые теоретически могут превзойти литий-ионные аккумуляторы по емкости в два, может быть, даже в четыре раза. Но, к сожалению, пока существует ряд фундаментальных проблем, связанных с перезаряжаемостью таких аккумуляторов. Мы ищем электродные материалы и электролиты, которые позволили бы преодолеть эти проблемы, позволив создать системы с увеличенной удельной энергией (в расчете на единицу массы).

РАСЧЕТ НА РАСТВОРЕНИЕ

В МИРЕ ПОСТОЯННО ПРОВОДЯТСЯ ИССЛЕДОВАНИЯ НОВЫХ ЛЕКАРСТВ — СНАЧАЛА В ЛАБОРАТОРИЯХ, А ПОТОМ НА ДОБРОВОЛЬЦАХ. РОССИЙСКИЕ УЧЕНЫЕ ПРЕДЛОЖИЛИ НОВУЮ МЕТОДИКУ ОЦЕНКИ ПРЕПАРАТОВ, КОТОРАЯ ПОЗВОЛИТ ИЗБЕЖАТЬ ТЕСТИРОВАНИЯ ЛЕКАРСТВ НА ЛЮДЯХ.

Клинические испытания препарата — научное исследование эффективности, безопасности и переносимости лекарства. В здравоохранении клинические испытания проводятся для того, чтобы собрать данные о безопасности и эффективности новых лекарственных препаратов или устройств. Такие испытания проводятся только после того, как собрана удовлетворяющая информация о качестве продукта, о его доклинической безопасности, а также получено разрешение на проведение клинического испытания от уполномоченной организации.

Тестирование должны проходить все препараты, даже так называемые дженерики — копии оригинального препарата. Оригинальный препарат — это новое, впервые синтезированное и прошедшее полный цикл исследований лекарственное средство. Его активные ингредиенты защищены патентом на определенный срок, а на разработку, клинические испытания, производство и выпуск препарата на рынок затрачены значительные интеллектуальные и материальные ресурсы. В большинстве развитых стран для охраны приоритета разработчика оригинального препарата монопольное право патентообладателя ограничено сроком действия патента (в РФ — 20 лет) и территорией страны, в которой он действует. По окончании срока действия патента любая фармацевтическая компания может приобрести право производить копию оригинального препарата — дженерик.

Дженерик — это лекарственный препарат с доказанной фармацевтической, биологической и терапевтической эквивалентностью с оригиналом. То есть лекарственное средство, имеющее такой же состав действующих веществ, лекарственную форму и эффективность, как и оригинальный препарат, но не обладающее патентной защитой. Цена на дженерики обычно значительно ниже, чем на оригинальные препараты, при этом дженерики не отличаются от оригинальных средств по эффективности и безопасности и производятся в строгом соответствии с установленными регламентами и стандартами качества. Использование дженериков имеет большое медико-социальное значение, поскольку делает качественное лечение доступным для широких слоев населения.

Однако помимо действующего вещества (в дженерике и оригинальном препарате оно одинаковое) в состав препарата входят и вспомогательные: наполнители, целлюлоза, лактоза и другие. У каждого производителя они свои, и они могут влиять на эффективность препарата.



РАЗРАБОТКА ВЫПУСКНИКА СЕЧЕНОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ПОЗВОЛИТ ПЕРЕНЕСТИ ТЕСТИРОВАНИЕ НОВЫХ ЛЕКАРСТВ В ЛАБОРАТОРНЫЕ УСЛОВИЯ

Существует двухступенчатая система исследования дженериков. Сначала их тестируют в пробирке, то есть *in vitro*, а потом, если результаты первых тестов положительные, переходят к исследованиям на здоровых добровольцах — *in vivo*. По результатам таких испытаний оценивают, как препарат растворяется и всасывается организмом человека.

Добровольцы принимают лекарство, а затем через определенные промежутки времени у них берут кровь на анализ. Из проб крови выделяют плазму, а из нее — действующее вещество препарата. Концентрация пре-

парата в крови в тот или иной момент определяется с помощью хроматографа. На основе полученных данных в лаборатории стоят фармакокинетическую кривую и сравнивают ее с кривой, полученной при испытании оригинального препарата. Если кривые совпали, лаборатория выдает заключение, что дженерик можно выпускать в производство.

Однако испытания на людях даже в стадии клинических исследований всегда риск для их здоровья. Кроме того, испытания на группе добровольцев требуют от фармацевтической компании немалых ресурсов, что повышает стоимость лекарств, которые она выпускает.

Игорь Шохин, доктор фармацевтических наук, выпускник Московской медицинской академии им. И. М. Сеченова (сейчас Сеченовский университет) и руководитель Центра фармацевтической аналитики, разработал методологию, которая позволяет перенести второй этап исследований нового препарата в лабораторию. Сотрудники центра с помощью специального аппарата могут моделировать условия, в которых препарат оказывается, попав в желудок. Можно менять кислотность и температуру, имитируя прием лекарства натощак, когда кислотность выше обычной, или на полный желудок, когда кислотность понижается, а температура может повыситься. В обоих случаях важной частью процесса является перемешивание раствора с определенной частотой.

Через какое-то время после растворения таблетки необходимо взять пробы жидкости и проанализировать их на спектрофотометре. Прибор позволяет оценить, в какой момент оболочка таблетки начала растворяться, а активные вещества — высвобождаться. По результатам анализа исследователи строят кинетическую кривую растворения, которую оценивают с помощью математического анализа, и устанавливают, насколько кривая растворения нового препарата отличается от аналогичных данных для оригинального. ■

ИГОРЬ ШОХИН:
МЕНЬШЕ ЛЮДЕЙ
ПОДВЕРГНЕТ ОПАСНОСТИ
СВОЕ ЗДОРОВЬЕ, ПУСТЬ
ДАЖЕ И ДОБРОВОЛЬНО

BUSINESS GUIDE: Как вам удалось создать методологию оценки профилей растворения препарата?

ИГОРЬ ШОХИН: Наш коллектив занимается данным направлением на протяжении последних десяти лет, в том числе активно сотрудничая с зарубежными коллегами. Мы предложили методологию выполнения сравнительного теста кинетики растворения на всех этапах жизненного цикла лекарственных препаратов (фармацевтическая разработка, клинические исследования, пострегистрационные изменения), что существенно расширило его область применения. Ранее данный тест использовался преимущественно при контроле качества лекарственных форм, а в настоящее время он позволяет в некоторых случаях даже отказаться от клинических исследований лекарственных средств — дженериков — на людях и заменить их испытаниями *in vitro*.

ВГ: Есть ли уже примеры практического применения вашей методики?

И. Ш.: Этот подход уже используется в научной и практической деятельности ряда отечественных и зарубежных фармацевтических предприятий, научно-исследовательских учреждений и вузов. Кроме того, для двух лекарственных средств (кетопрофен и пироксикам) те подходы к проведению теста кинетики растворения, которые мы предложили, были признаны Международной фармацевтической федерацией. Это значит, что теперь их включили в список препаратов-дженериков, которые не нужно испытывать на людях. А значит, меньше людей подвергнет опасности свое здоровье, пусть даже и добровольно.

ВГ: Какой научной деятельностью вы занимаетесь сейчас или планируете заняться в ближайшем будущем?

И. Ш.: Сейчас и в ближайшее время наш центр будет создавать монографии в рамках проекта специальной группы Международной фармацевтической федерации. Они будут посвящены биовейверу, или процедуре оценки биоэквивалентности воспроизведенного лекарственного препарата без проведения исследования *in vivo*, для нескольких противоопухолевых препаратов — иматиниба, капецитабина и темозоломида.

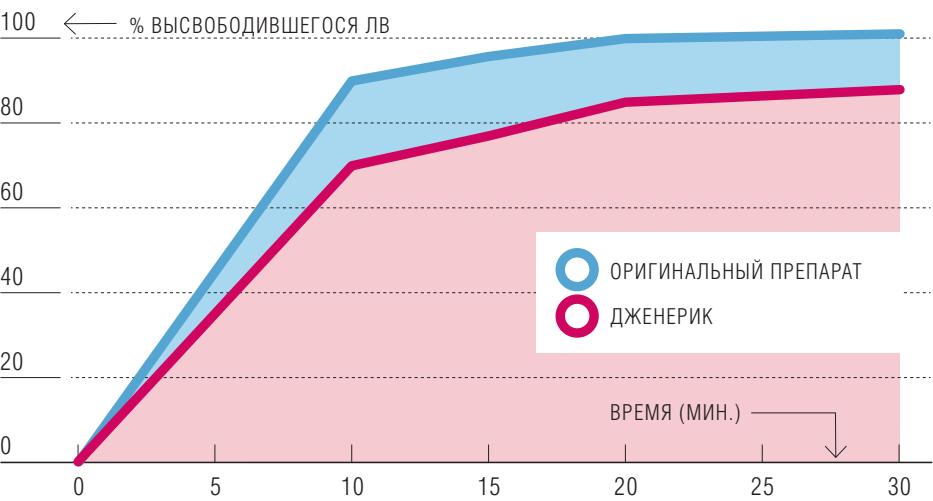
СЛОВАРЬ

In vitro (лат. — «в стекле») — это технология выполнения экспериментов, когда опыты проводятся «в пробирке» — вне живого организма. Многие эксперименты, имеющие отношение к молекулярной биологии, биохимии, фармакологии, медицине, генетике и др., проводятся вне организма — на культуре живых клеток или в бесклеточной модели. Эксперименты *in vitro* в тех случаях, когда альтернативой являются исследования на животных или человеке, считаются менее достоверными и часто бывают лишь необходимой предварительной стадией для оценки возможности и необходимости последующих исследований. Однако они часто удешевляют предварительные стадии исследования и позволяют сохранить жизнь подопытных животных.

In vivo (лат. — «в (на) живом»), то есть «внутри живого организма» или «внутри клетки». В науке *in vivo* обозначает проведение экспериментов на (или внутри) живой ткани при живом организме. Такое использование термина исключает использование части живого организма (так, как это делается при тестах *in vitro*) или использование мертвого организма. Тестирование на животных и клинические испытания являются формами исследования *in vivo*.

Ex vivo (лат. — «из жизни») — технология экспериментов в живой ткани, перенесенной из организма в искусственную внешнюю среду. Наиболее распространенная техника *ex vivo* использует живые клетки или ткани, извлеченные из живого организма и выращенные (сохраненные) в стерильных лабораторных условиях в течение нескольких дней или недель. Такие клетки служат образцами поведения организма в целом, как следствие, сокращается потребность в экспериментах над животными и человеком.

ПРОФИЛИ РАСТВОРЕНИЯ ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ АВТОР: ИГОРЬ ШОХИН.



НОВАЯ ЭРА ПРИТЯЖЕНИЯ

В СОВРЕМЕННЫХ СЛОЖНЫХ БИОХИМИЧЕСКИХ АНАЛИЗАХ ВО ВСЕМ МИРЕ ИСПОЛЬЗУЮТСЯ БИОСЕНСОРЫ, ОСНОВАННЫЕ НА РЕЗОНАНСЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ПЛАЗМОНОВ. ПОКА ЭТО САМЫЙ СОВЕРШЕННЫЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЯТЬ БИООБЪЕКТЫ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА В МАЛЫХ КОНЦЕНТРАЦИЯХ В ЖИДКИХ СРЕДАХ, И РОССИЙСКИЕ УЧЕНЫЕ НАШЛИ, КАК СДЕЛАТЬ ЕГО ЕЩЕ ЭФФЕКТИВНЕЕ.

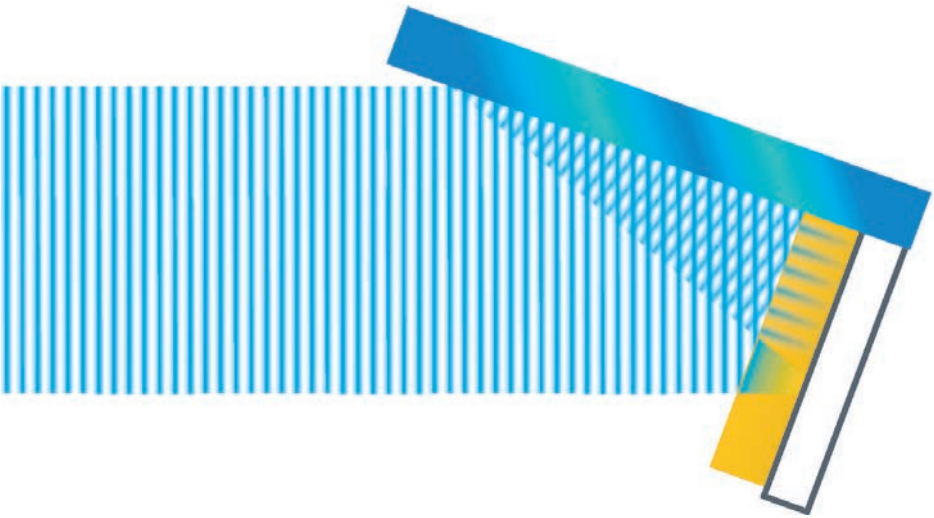
Практически все сложные биохимические анализы сейчас проводятся с помощью биосенсоров. Принцип работы такого сенсора заключается в том, что на определенных длинах волн оптического излучения в тонкой полупрозрачной золотой пленке, напыленной на стеклянную призму, наблюдается эффект резонансного возбуждения поверхностных плазмонов. При этом в оптическом спектре отражения наблюдается резонансный минимум. Любое изменение в поверхностном слое, где находится биологическая жидкость, даст смещение этого резонансного эффекта, и прибор тут же почувствует это. Сотрудники физического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова обнаружили и исследовали плазмонные эффекты в так называемых магнитоплазмонных кристаллах, которые оказались еще более резонансными. На основе этого эффекта был создан новый тип сенсоров, демонстрирующих возможность увеличения чувствительности плазмонного сенсора путем приложения переменного магнитного поля, которое дополнительно модулирует резонанс поверхностных плазмонов. Ученые получили патент на это изобретение.

Продолжая медицинскую тему: измеряя напряженность очень слабых магнитных полей вблизи тела человека, можно сделать выводы о состоянии его здоровья. Например, работу сердца удобнее и точнее можно описать с помощью не электрокардиограммы, а магнитокардиограммы (МКГ). Здесь есть большой потенциал для новых исследований. Так, на физическом факультете МГУ успешно изучают магнитоплазмонные кристаллы — наноструктурированные пленки магнитных металлов — и пытаются сделать на их базе высокочувствительный сенсор магнитного поля. Создав прототип такого сенсора, исследователи продемонстрировали, что теоретически с помощью данной методики можно достичь чувствительности, близкой к порогу снятия МКГ. Для запуска технологии сенсорам не хватает чувствительности, но расчеты указывают на возможность увеличения чувствительности путем оптимизации параметров магнитоплазмонных структур.

«Мы придумали делать плазмонные кристаллы из магнитного металла, таким образом скомбинировав два эффекта: возбуждение поверхностных плазмонов, с одной стороны, а с другой — добавили магнитные и, как следствие, магнитооптические свойства», — рассказал сотрудник физического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова Андрей Грунин. — Выяснилось, что условия распространения этих поверхностных плазмонов очень меняются

ИНТЕРФЕРОМЕТР ЛЛОЙДА

АВТОР: АНДРЕЙ ГРУНИН.



в зависимости от магнитного поля. Мы можем включать/выключать магнитное поле или как-то его менять и тем самым управлять движением этих поверхностных плазмонов, которые называются в данном случае магнитоплазмонами, так как распространяются в магнитной среде».

Допустим, есть специально структурированная пленка из магнитного металла, на нее воздействуют оптическим излучением той длины волны, которая возбуждает в ней поверхностные плазмоны. При этом будет наблюдаться отраженный от пленки луч света, интенсивность которого можно измерить. Как только на нее воздействуют магнитным полем, интенсивность отраженного луча изменится. «То есть мы можем управлять отражением этой пленки и модулировать интенсивность отраженного луча просто с помощью магнитного поля», — уточнил Андрей Грунин. — Способы модуляции оптического излучения путем приложения магнитного поля существовали, конечно, и раньше — это так называемые магнитооптические эффекты. Они были открыты больше столетия назад, но оказались очень слабыми, и в этом проблема их практического использования».

Конечно, физиков интересует применение этого эффекта не только в медицине. В лаборатории физфака разрабатывают также технологию лазерной интерферен-

ционной литографии. Если взять лазерный пучок, обладающий когерентностью, разделить его на две части в интерферометре Ллойда, а потом собрать, то возникнет явление, которое называют интерференцией. Она проявляется в виде образования интерференционных полос на одной из поверхностей интерферометра, то есть полос максимумов и минимумов освещенности — получатся светлые и темные полосы. Если эти полосы попадут на светочувствительную поверхность, то смогут периодически ее засветить как фотопленку. Меняя угол поворота зеркала в интерферометре или длину волны лазерного излучения, можно управлять периодом этих полосочек и получить даже период, меньший длины волны. Ученые уже отработали технологию создания таких периодических структур. Их цель — создать полностью прозрачную периодическую наноструктурированную поверхность стекла. Эту технологию можно будет применить, например, при изготовлении самоочищающихся супергидрофобных солнечных панелей.

Эффективная очистка солнечных панелей — большая проблема. Солнечные панели устанавливают чаще всего там, где наиболее высока солнечная активность. В основном это пустыни. Но в пустынях нередки песчаные бури, а даже сухой песок прилипает к поверхности панелей, отчего они начинают хуже работать. Мыть их в пустыне дорого и сложно. Сейчас технологию лазерной интерференционной литографии ученые пытаются применить для создания периодических наноструктур с глубоким рельефом, которые позволят сделать поверхность стекла супергидрофобной, что упростит его очистку. В перспективе данная технология позволит снизить стоимость обслуживания солнечных панелей, а значит, и увеличить число их потенциальных покупателей ■

СЛОВАРЬ

Плазмон — квазичастица, которая отвечает квантованию плазменных колебаний, представляющих собой коллективные колебания свободного электронного газа. Поверхностные плазмоны (плазмоны, ограниченные поверхностями) сильно взаимодействуют со светом. Поверхностный плаз-

монный резонанс используется в биохимии, чтобы определять присутствие молекул на поверхности.

Когерентность (от лат. «cohaerens») — согласованное протекание во времени и пространстве нескольких колебательных или волновых процессов, проявляющееся при их сложении. Колебания называ-

ются когерентными, если разность их фаз остается постоянной (или закономерно изменяется) во времени и при сложении колебаний определяет амплитуду суммарного колебания.

Интерференция (от фр. «interference») — явление взаимодействия звуковых, световых или иных волн, исходящих из разных источников.



АНДРЕЙ ГРУНИН:
СОЗДАЕМ ОДИН ИЗ ВАРИАНТОВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ СВЕТОМ В КОМПЬЮТЕРАХ БУДУЩЕГО

BUSINESS GUIDE: Как вы пришли к изучению плазмонных кристаллов?

АНДРЕЙ ГРУНИН: Одна из первых научных задач, которую я начал решать, когда был студентом, была связана с нанофотоникой — исследованием взаимодействия оптического излучения с различными наноструктурами. Мы начали придумывать различные наноматериалы, которые обладают наперед заданными оптическими свойствами, отличными от тех, что есть в природе. То есть отличающиеся, например, по спектру отражения, имеющие в нем какие-то особенности. Есть такой класс нанофотонных материалов, называемых плазмонными кристаллами, представляющими собой периодически наноструктурированные пленки благородных металлов, которые ученые начали исследовать в 2000-х годах. Мы тоже начали заниматься исследованием данных структур, но не много их модернизировав — сделав эти плазмонные кристаллы не из благородного, а из магнитного металла. В дальнейшем их назвали магнитоплазмонные кристаллы — это некие наноструктуры, у которых есть одновременно как интересные оптические, так и магнитооптические свойства.

ВГ: Что они собой представляют?

А. Г.: Плазмонные кристаллы — это периодическая наноструктура, пленка металла, на которой мы рисуем бороздочки с определенным периодом. Это могут быть просто вырезанные в металлической пленке какие-то пустоты, может быть рельеф с какой-то формой, но важно, что период этого структурирования меньше, чем длина волны. То есть, к примеру, длина волны видимого света — это диапазон от 400 до 750 нанометров, а период структуры плазмонного кристалла для видимого света должен быть около 300–400 нанометров. И вот в такой структуре, если на нее посветить под определенным углом светом с определенной длиной волны, начнут образовываться так называемые плазмон-поляритоны — элементарные квазичастицы, которые рождаются в этом плазмонном кристалле. Но чаще их называют просто поверхностные плазмоны. Фактически это смешанное состояние между поверхностной электромагнитной волной и колебанием электронов в этой металлической пленке.

ВГ: Как вам удастся их наблюдать и исследовать?

А. Г.: Эти частицы виртуальные — в том смысле, что они существуют только на поверхности этого кристалла и не имеют привычной нам массы и размера. Наш подход дает возможность усилить магнитооптические эффекты и использовать магнитное поле в качестве инструмента, позволяющего эффективно управлять оптическим излучением. Теоретически это может быть использовано как один из вариантов, например, для управления светом в компьютерах будущего.



ВИРУСЫ В ПОМОЩЬ РЕГЕНЕРАЦИИ

ОТКРЫТИЕ РЕГЕНЕРАТИВНОГО ПОТЕНЦИАЛА СТВОЛОВЫХ КЛЕТОК ЧЕЛОВЕКА ПРИЗНАНО ОДНИМ ИЗ ВЕЛИЧАЙШИХ СОБЫТИЙ В БИОЛОГИИ. ГРУППА РОССИЙСКИХ УЧЕНЫХ ПРЕДЛОЖИЛА СПОСОБ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИХ СВОЙСТВ В ЛЕЧЕНИИ ПОВРЕЖДЕННЫХ ОРГАНОВ — ПРИ ПОМОЩИ ВИРУСОВ И МЕТОДОВ ГЕННОЙ ИНЖЕНЕРИИ.

Исследование стволовых клеток — одно из наиболее перспективных направлений биомедицины. Стволовые клетки — это своего рода исходные клетки организма, которые, с одной стороны, могут самообновляться, давая начало новым стволовым клеткам, а с другой — превращаться в зрелые клетки тканей и органов.

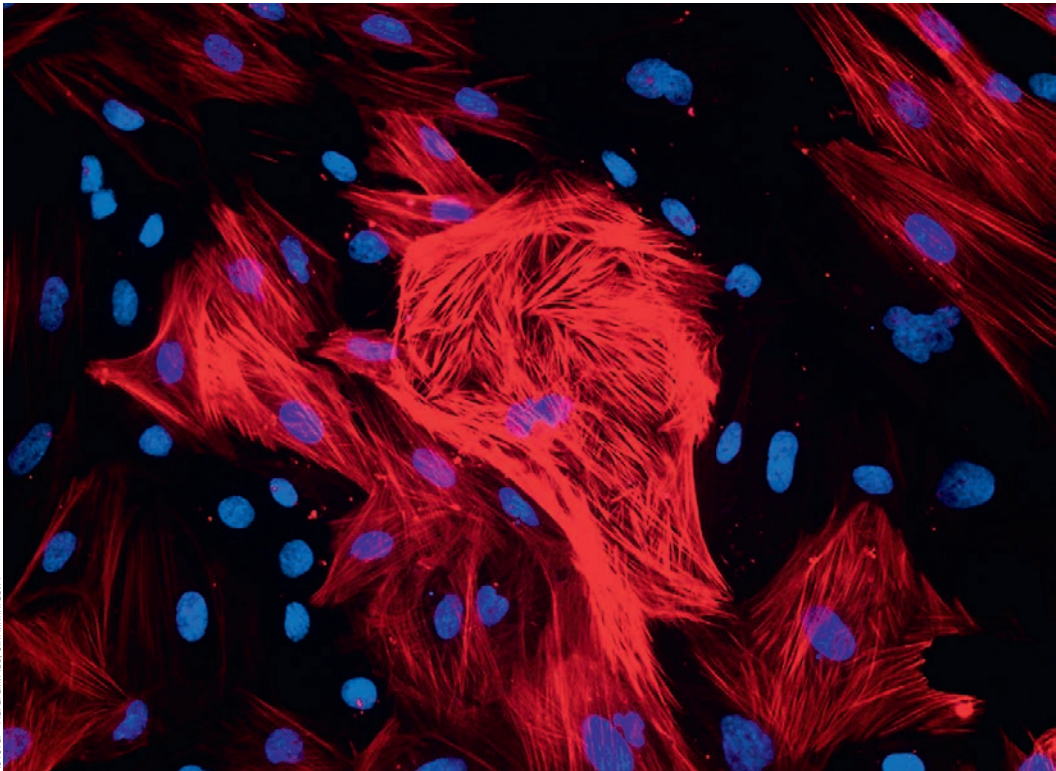
В биологию термин «стволовая клетка» ввел русский ученый Александр Максимов в 1908 году. Следующей значительной вехой в исследовании этого вида клеток стало открытие российскими специалистами Александром Фриденштейном и Иосифом Чертковым в 60–70-е годы прошлого века стволовых клеток крови. Им и принадлежит авторство в создании учения о стволовых клетках. Однако интенсивное развитие этого научного направления началось в 1998 году, когда американские ученые Джеймс Томпсон и Джон Герхард выделили эмбриональные стволовые клетки. Этот тип клеток, который содержится в оплодотворенной яйцеклетке (зиготе), обладает уникальной способностью. После того как зигота начнет делиться, формируя эмбрион, эмбриональные стволовые клетки некоторое время сохраняют способность развиваться в ткань любого типа.

Во взрослом организме стволовые клетки находятся в основном в костном мозге. Это кроветворные стволовые клетки, которые превращаются в различные клетки крови и стромальные стволовые клетки, из которых вырастают костная, жировая и мышечная. Кроме того, в очень небольших количествах во всех органах присутствуют «региональные» стволовые клетки.

Главная задача стволовых клеток во взрослом организме — обеспечить восстановление его поврежденных участков. В случае повреждения какого-нибудь органа стволовые клетки направляются к очагу бедствия и там превращаются в клетки, аналогичные клеткам больного органа, способствуя его восстановлению. Именно на этом свойстве стволовых клеток основаны методы их применения в терапевтических целях.

В конце 1980-х годов регенеративный потенциал этих клеток решили целенаправленно использовать для лечения заболеваний. Так появилась регенеративная медицина, цель которой восстановить пораженную болезнь или поврежденную ткань, активировав стволовые клетки или трансплантировав их (клеточная терапия). Сначала доставка клеток в поврежденные ткани осуществлялась посредством инъекций. Но оказалось, что клетки, введенные в организм таким путем, быстро гибнут, не успевая эффективно выполнить возложенную на них функцию.

На решение этой проблемы направлены разработки ученых Института регенеративной медицины МГУ им. М. В. Ломоносова и Российского кардиологического научно-производственного комплекса (Кардиоцентра). В МГУ группа ученых во главе с Павлом Макаревичем, заведующий лабораторией генно-клеточной терапии инсти-



АВТОРЫ — РЕ ЕРЕМЬЕВ, О.А. МАКАРЕВИЧ

С ПОМОЩЬЮ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ЦИТОСКЕЛЕТА УЧЕНЫЕ МГУ КОНТРОЛИРУЮТ СВОЙСТВА СТВОЛОВЫХ КЛЕТОК ЧЕЛОВЕКА В КУЛЬТУРЕ

тута, попробовала вводить в поврежденный орган вместо разрозненной группы стволовых клеток целый пласт клеток, скрепленных особым образом. Если трансплантировать на поврежденный участок организма этот слой, то число клеток, которые погибнут, снижается в пять раз — с 60% до 10%. А время, необходимое для заживления травмированного участка, сокращается с 38 до 20 дней.

Этот проект является продолжением работы, которую Павел Макаревич начинал в Кардиоцентре. Тогда он участвовал в международном научном проекте по созданию конструкций, которые могли бы использоваться для стимуляции роста сосудов в тканях, пораженных ишемией. Как известно, ишемия — это опасное состояние, которое развивается вследствие резкого ослабления или полного прекращения кровотока в определенном органе. При ишемических поражениях лечебное введение стволовых клеток с помощью инъекции не всегда оказывалось эффективным, так как не удавалось создать в нужных местах подходящие условия для постоянной концентрации и выживания введенных клеток. Ведь это изначально ишемизированные, то есть обедненные кислородом, ткани, а значит, клеткам там выжить непросто. В итоге Павел Ма-

каревич и его коллеги предложили, как улучшить результаты лечения ишемии с помощью стволовых клеток.

Во-первых, чтобы увеличить регенеративные возможности стволовых клеток, они использовали вирусы. Вирус по своей природе может легко проникать в клетки организма, и можно сконструировать его таким образом, чтобы он мог доставить в клетки специальную программу. Например, нужно, чтобы клетка вырабатывала больше белка определенного типа, и с помощью вируса его объем можно увеличить в десятки раз. Когда вирус попадает в клетку, он переносит в ядро дополнительный ген. Этот ген отвечает за производство белка определенного типа, и его синтез многократно увеличивается. Для такой работы используют непатогенные вирусы.

Далее ученые разработали способ доставки этих усовершенствованных стволовых клеток в пораженный участок организма. Они начали выращивать стволовые клетки пластинами. Чтобы получить такой пласт из клеток, их помещают в питательную среду, где они начинают формировать контакты между собой и вырабатывать белки матрикса. В результате клетки прикрепляются друг к другу и через 72 часа могут образовать единую конструкцию из нескольких слоев. Ее переносят на поврежденный участок, и там новые клетки прикрепляются к поверхности и начинают выделять вещества, благодаря которым растут кровеносные сосуды, что обеспечивает поступление кислорода в ткань. ■

и находящихся под ветеринарно-санитарным контролем. Устройство вивария определяется в первую очередь видовым составом животных, в связи с чем различают специализированные виварии (собачники, обезьянники и т. д.) и виварии общего, или комплексного, типа, обеспечивающие содержание различных животных: собак, кошек, кроликов, морских свинок, белых крыс и мышей. Виварии могут также включать аквариумы для пресноводных и морских животных, террариумы

для амфибий и рептилий, волтеры и клетки для птиц, приспособленные помещения для разных видов млекопитающих.

Онкогенез (бластомагенез, канцерогенез) — процесс возникновения и развития опухоли. Как правило, обусловлен действием различных факторов: онкогенных веществ и вирусов, ионизирующего и ультрафиолетового излучения и др. Превращение нормальных клеток и тканей в опухолевые включает ряд предопухолевых стадий.



ИЗ ЛИЧНОГО АРХИВА

ПАВЕЛ МАКАРЕВИЧ:
МЫ РАЗРАБОТАЛИ НОВЫЙ СПОСОБ КОНЦЕНТРАЦИИ И ДОСТАВКИ СТВОЛОВЫХ КЛЕТОК В ПОРАЖЕННЫЙ УЧАСТОК ОРГАНИЗМА

BUSINESS GUIDE: Каким может быть практическое применение вашего изобретения?

ПАВЕЛ МАКАРЕВИЧ: Методы формирования тканевых протезов и тканевых эквивалентов могут стать в ближайшем будущем (три-пять лет) ключевыми технологиями для лечения ожоговых дефектов, трофических язв и иных дефектов, заболеваний сердца, ишемии конечностей и других распространенных заболеваний, для которых практически исчерпаны возможности существующих методов лечения.

ВГ: Что для вас станет следующим шагом на пути внедрения нового метода?

П. М.: Пока мы проводили испытания только на мышах, так что в перспективе нам нужно опробовать нашу технологию на более крупных животных. Уже появились юридические основы для нашей деятельности, так как с 1 января 2017 года в России начал действовать закон №180-ФЗ «О биомедицинских клеточных продуктах», который регулирует сферу обращения продуктов на основе клеток человека, их использование и разработку. К сожалению, индустрия биомедицинских клеточных технологий в России только начинает развиваться и даже найти виварий с подопытными животными, удовлетворяющими международным требованиям, достаточно сложно. Но я надеюсь, что постепенно эта проблема будет решаться. Кроме того, мы продолжим усовершенствовать наше изобретение — например, нам хотелось бы попробовать использовать в тканевых протезах различные виды клеток. Сейчас мы в основном работаем только со стволовыми клетками, полученными из жировой ткани. Отдельные эксперименты с выращиванием пластов клеток с добавлением клеток кровеносных сосудов показали, что такие конструкции более жизнеспособны.

ВГ: А что для вас было бы целью в более отдаленной перспективе?

П. М.: Конечно, нам хотелось бы понимать, как запустить регенеративные процессы в самом организме. Когда мы извлекаем стволовые клетки и затем возвращаем обратно, все равно есть возможность отторжения и потенциальные риски для пациента. Но этих проблем не было бы, если бы мы до конца понимали, как сам организм запускает процесс регенерации клеток, и смогли бы симитировать для него эти же стимулы, когда нам нужно. И при этом избежать онкогенеза, то есть образования раковых клеток, потому что и процесс регенерации, и процесс роста раковых клеток похожи по своим свойствам. Я думаю, что в будущем, на горизонте 15–20 лет, такое решение будет найдено.

СЛОВАРЬ

Вирус (лат. «virus» — «яд») — неклеточный инфекционный агент, который может воспроизводиться только внутри живых клеток. Вирусы поражают все типы организмов: от растений и животных до бактерий и архей (вирусы бактерий обычно называют бактериофагами). Обнаружены также вирусы, способные реплицироваться только в присутствии других вирусов (вирусы-сателлиты). Вирусы обнаружены

почти в каждой экосистеме на Земле, они являются самой многочисленной биологической формой. Изучением вирусов занимается наука вирусология, раздел микробиологии. Вирусы являются облигатными паразитами, так как не способны размножаться вне клетки. Вне клетки вирусные частицы не проявляют признаки живого и ведут себя как частицы биополимеров. От живых паразитарных организмов вирусы отличаются полным отсутствием основного и энергетического

обмена и отсутствием сложнейшего элемента живых систем — аппарата трансляции (синтеза белка), степень сложности которого превышает таковую самих вирусов.

Виварий (vivarium, от лат. «vīvus» — «живой») — здание или отдельное помещение при медико-биологическом учреждении (научно-исследовательском институте, лаборатории), предназначенное для содержания лабораторных животных, которые используются

в экспериментальной работе или в учебном процессе. В лабораторной практике разделяют два понятия: виварий — помещение для содержания в надлежащих условиях животных, находящихся в состоянии опыта, и питомник — помещение для размножения и содержания животных до их использования. Бесперебойное снабжение лабораторий животными возможно только при организации крупных питомников, руководимых квалифицированными зоотехниками

СВЕТИЛО НАУКИ

В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ИСПОЛЬЗУЮТСЯ ОЧЕНЬ ШИРОКО. ОДНАКО УЧЕНЫЕ ИЩУТ ВСЕ НОВЫЕ СПОСОБЫ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ — В МЕДИЦИНСКИХ РАЗРАБОТКАХ, ПРИ СОЗДАНИИ ГАДЖЕТОВ, ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЦЕННЫХ БУМАГ И ДОКУМЕНТОВ.

В сферу интересов сотрудников химического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова входит изучение соединений лантанидов с органическими лигандами. Лантаниды — это 14 элементов, вынесенных в таблице Менделеева в отдельную группу. Свойства самого лантана, по словам ученых, не особенно интересны, но координационные соединения следующих за ним лантанидов могут находить самые разные применения, например за счет своих магнитных и люминесцентных свойств.

Одна из актуальных областей применения, над которой трудятся молодые ученые на химическом факультете МГУ им. М. В. Ломоносова, — медицинская биовизуализация. Задача исследователей — получить люминесценцию внутри живого организма путем воздействия на введенный люминесцентный маркер возбуждающего видимого или ультрафиолетового света. Главная проблема — подобрать ярко люминесцирующее нетоксичное вещество, излучающее в длинноволновой области. У синего света, например, короткие волны, у зеленого — средние, дальше идут желтый и оранжевый, а самые длинные — у красного, за которым следует инфракрасный (ИК) диапазон, не видимый человеческим глазом, но хорошо детектируемый спектрометром. Еще более важно, если люминесценция несет дополнительную информацию — например, если люминофор зацепится за какой-то конкретный орган или опухоль. При этом необходимо, чтобы все вводимые маркеры двигались по организму и детектировались одновременно. Для этого используется раствор наночастиц люминофора в воде или других бионертных растворителях.

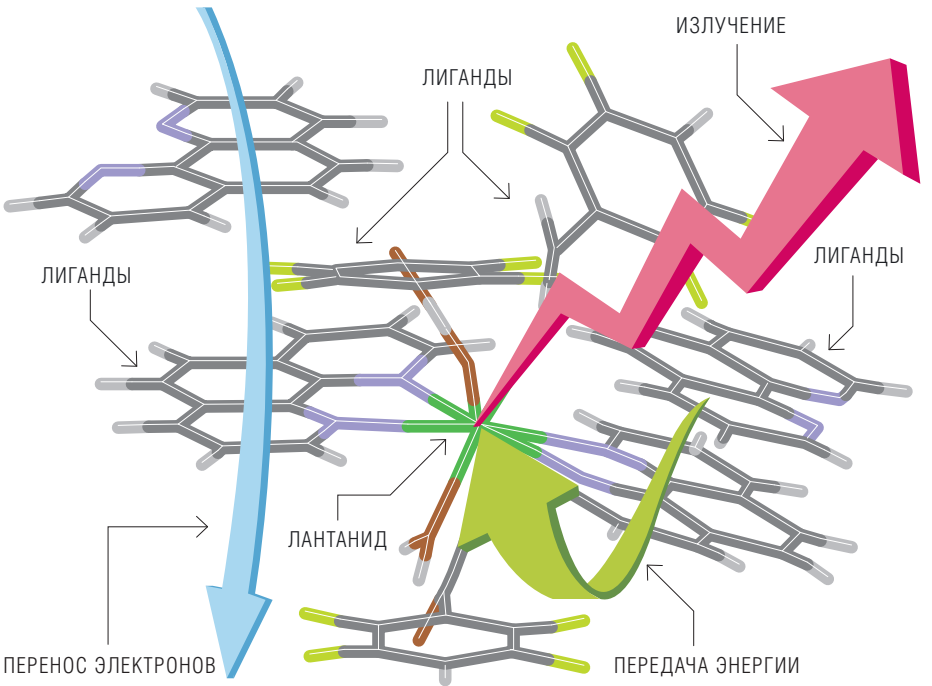
Конкуренция в сфере разработки и массового применения люминофоров очень высока, но ученые не сдаются. На химическом факультете МГУ им. М. В. Ломоносова создают люминофоры, которые меняют цвет свечения в зависимости от температуры. Поскольку этот эффект обратим, его можно применять разными способами, например для защиты ценных бумаг. Такая «двухцветная» степень защиты обеспечивает гораздо более высокий уровень безопасности, чем стандартные люминофоры, которые используются сегодня.

На химфаке разрабатывают и органические светодиоды (OLED), которые используются для создания экранов телефонов, телевизоров и компьютеров. Ученые сотрудничают с крупными производителями техники, заинтересованными в улучшении характеристик выпускаемой продукции.

Как рассказала научный сотрудник химического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова, руководитель группы люминесценции, кандидат химических наук Валентина Уточникова, ее команда работает в основном в двух направлениях: создает материалы для органических светодиодов и материалы для биовизуализации.

Органический светодиод — это устройство, которое светится под напряжением. Главным в OLED является люминесцентный материал, который светится при пропускании через

СХЕМА УСИЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДВИЖНОСТИ ОДНОГО ИЗ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В OLED



него электрического тока. «Сегодня самое распространенное применение этой технологии — OLED-дисплеи для мобильных телефонов, хотя возможностей у нее куда больше: OLED — это энергоэффективность, высокое разрешение, широкие углы обзора. Эти дисплеи могут быть гибкими, их можно даже в рулон свернуть. Сейчас все, кроме экранов телефонов, — дизайнерские продукты, потому что цена на них пока очень высока для массового производства, но, я думаю, уже скоро мы будем освещать квартиры с помощью люминесцирующих обоев, способных менять цвет», — рассказывает Валентина Уточникова.

По ее словам, к материалам для OLED есть ряд дополнительных требований. Например, электрический ток должен

переводить материал в возбужденное состояние. Поэтому материал должен быть в виде пленки — тонкой, гладкой и сплошной. Если в пленке будут разрывы, ток потечет мимо — электролюминесценции не будет. Большая шероховатость влечет неоднородность электрического поля: будет пробой. Если пленка толстая, то токи будут слишком высокие. Электроны в материале должны обладать подвижностью, иначе ток вообще не потечет. «Все эти требования мы пытаемся соблюсти, не потеряв эффективности люминесценции. Задача небанальная», — констатировала руководитель группы люминесценции.

Что касается биовизуализации, то ученые совсем недавно начали работать в этой высококонкурентной области, но уже дошли до клеточных тестирований. Они не только создают новые нетоксичные соединения, которые хорошо люминесцируют в клетках, но и развивают эту область диагностики. Например, пытаются совместить биовизуализацию с термометрией. Если при изменении температуры в физиологическом диапазоне (+35–42°C) изменяется спектр люминесценции, то, детектируя его, можно бесконтактно измерять температуру. Самая высокая чувствительность такого термометра в мире сейчас достигнута в группе Валентины Уточниковой. ■

СЛОВАРЬ

Люминесценция (от лат. «lumen» («luminis») — «свет» — и «escentia» — суффикс, обозначающий слабое действие) — свечение газа, жидкости или твердого тела, обусловленное не нагревом тела, а нетепловым возбуждением его атомов и молекул.

Органический светодиод (англ. «organic light-emitting diode» (OLED) — «органический светоизлучающий диод») — полупроводниковый прибор, изготовленный из органических соединений, который эффективно излучает свет, если пропустить через него электрический ток.



ВАЛЕНТИНА УТОЧНИКОВА: ЛЮМИНЕСЦЕНТНАЯ ТЕРМОМЕТРИЯ ВАЖНА ДЛЯ МЕДИЦИНЫ

BUSINESS GUIDE: Расскажите, пожалуйста, где могут применяться ваши разработки?

ВАЛЕНТИНА УТОЧНИКОВА: Люминесцентный термометр просто необходим при лечении рака. В последнее время набирает эффективность такой метод терапии, как гипертермия, то есть локальный перегрев больных тканей. Метод основан на том, что раковые клетки гибнут при более низкой температуре, чем здоровые. Чтобы создать такой перегрев, можно, например, ввести в больной орган магнитный материал в виде наночастиц и поместить пациента в магнитное поле, которым этот материал разогревается. Точным контролем можно добиться того, что именно опухоль разогревается до 42 градусов. И этот точный контроль очень важен: если перегреть — погибнут и здоровые клетки, если недогреть — будет еще хуже, потому что при температуре 40–41 градус раковые клетки ускоренно размножаются. Поэтому люминесцентная термометрия так важна для медицины. Если связать магнитную частицу химическим линкером с люминесцентным термометром — над этим мы работаем прямо сейчас — можно контролировать температуру именно в нужном органе.

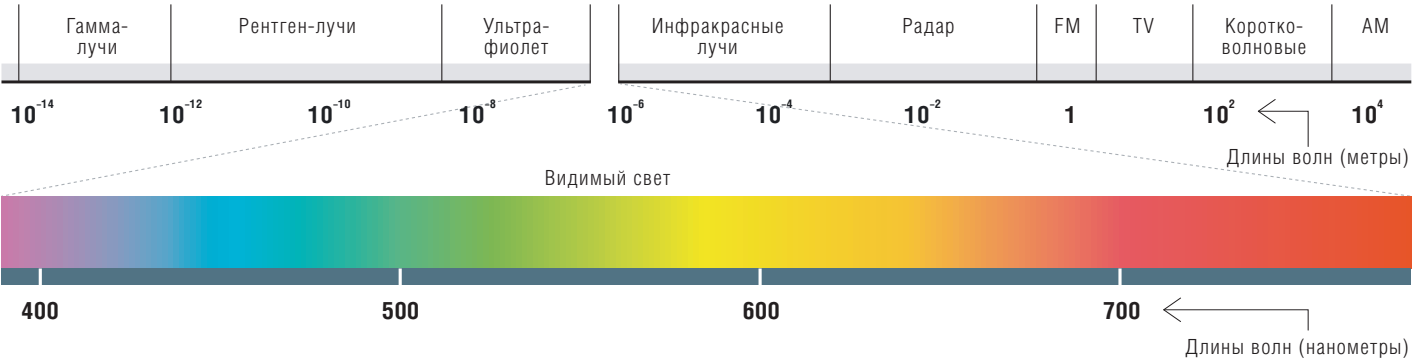
ВГ: Кстати, о высоком разрешении. Вспоминаются экраны гаджетов и борьба производителей за яркость, четкость и прочие характеристики...

В.У.: Здесь мы снова возвращаемся к OLED-дисплеям. Сейчас их в основном делают на основе металлоорганических соединений иридия, и хотя иридий — один из самых дорогих металлов, эти соединения пока просто незаменимы. Интересно, что на заре развития OLED соединения лантанидов шли с соединениями иридия бок о бок, но потом сильно отстали: если соединения иридия — практически масс-маркет, то соединениями лантанидов для OLED занимаются редкие исследовательские группы. При этом фундаментально комплексы лантанидов должны быть не менее эффективными, и снижение цены — меньшее из их достоинств. Например, с помощью комплексов лантанидов можно добиться большей чистоты цвета. Но проблема как раз в тех самых электронных свойствах. Соединения иридия обладают очень хорошей подвижностью электронов, а те комплексы лантанидов, которые обладают эффективной люминесценцией, — нет. Это основная проблема. Есть соединения, которые и ток проводят, и люминесцируют эффективно, но они нестабильны. Классические способы повышения электронных свойств здесь не применимы, так что мы в борьбе за права лантанидов создаем новые. И они работают! В видимой области нам уже удается добиваться заметных яркостей, в ИК-диапазоне и вовсе получены рекордные характеристики.

ВГ: В чем основная проблема внедрения вашей разработки?

В.У.: Основная проблема, что в сутках слишком мало часов... А если серьезно, то мы уже основали компанию, через которую ведем переговоры с главными игроками на рынке OLED. Это очень важно: они дают нам понять, какие параметры для них являются наиболее критичными, в чем они действительно заинтересованы. Я надеюсь, что сотрудничество окажется плодотворным и мне доведется испытать то, о чем мечтает каждый ученый, — как на моих глазах результаты фундаментальных исследований воплощаются в реальных устройствах.

ОБЛАСТЬ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО СПЕКТРА, СООТВЕТСТВУЮЩАЯ ВИДИМОМУ СВЕТУ



ТРЕНИРОВКА ДЛЯ ПОЧКИ

ВО ВСЕМ МИРЕ УЧЕНЫЕ РАЗРАБАТЫВАЮТ МЕХАНИЗМЫ ПРОФИЛАКТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ, КОТОРЫЕ ЯВЛЯЮТСЯ ОДНОЙ ИЗ ГЛАВНЫХ ПРИЧИН ИНВАЛИДИЗАЦИИ И СМЕРТНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ НАШЕЙ ПЛАНЕТЫ. РОССИЙСКИЕ УЧЕНЫЕ ВЕДУТ РАБОТУ В ЭТОЙ СФЕРЕ СРАЗУ ПО ТРЕМ НАПРАВЛЕНИЯМ: ОНИ «НАУЧИЛИ» ОРГАНИЗМ САМОСТОЯТЕЛЬНО БОРОТЬСЯ С ИНФАРКТОМ, РАЗРАБОТАЛИ МЕХАНИЗМЫ ЛЕЧЕНИЯ ЭТОГО ЗАБОЛЕВАНИЯ В ОСТРОЙ ФАЗЕ И ПРЕДЛОЖИЛИ ТЕХНОЛОГИЮ РЕАБИЛИТАЦИИ ПОРАЖЕННОГО ОРГАНА.

Каждый год в мире сосудистые заболевания уносят жизни десятков миллионов человек. Многие из них умирают от ишемии — заболевания, при котором существенно ослабляется или полностью прекращается кровоток в определенном органе. Дефицит кровообращения становится причиной нарушения метаболизма клеток из-за нарушения работы митохондрий — органелл клетки, ответственных за выработку энергии. В последние годы в мире отмечен рост случаев ишемии, что является прямым следствием увеличения продолжительности жизни населения. Но методы лечения этого заболевания пока недостаточно эффективны — например, смертность от почечной недостаточности, вызванной ишемией, у пациентов в палатах интенсивной терапии достигает 27%.

Новые варианты предотвращения и лечения ишемии почек и ее последствий предложила группа биологов из Научно-исследовательского института физико-химической биологии (НИИФХБ) им. А. Н. Белозерского МГУ им. М. В. Ломоносова. Как поясняет Егор Плотников, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории структуры и функции митохондрий отдела биоэнергетики института и один из разработчиков новых методов лечения, ученые провели научную работу в трех направлениях: попытались «научить» организм самому бороться с инфарктом, разработали механизмы лечения этого заболевания в острой фазе и предложили технологию реабилитации пораженного органа.

В первую очередь ученые искали способ предотвращения ишемии: им может стать тренировка клеток почек. Она основана на механизме «контроля качества», то есть удаления поврежденных компонентов клетки и постоянного самообновления системы, который есть у всех клеток. Митохондрия является «электростанцией» клетки, причем в прямом смысле, поскольку изначально энергия запасается в виде электрического потенциала на митохондриальной внутренней мембране, а уже потом переводится в АТФ — универсальную энергетическую «валюту» аденозинтрифосфат. Помимо этого у митохондрий есть множество функций: синтез некоторых гормонов и прочих веществ, детоксикация ядов и другие вплоть до определения судьбы клетки — жить или умереть. Причем большинство этих функций в той или иной степени связано с электрическим трансмембранным потенциалом. В молодой почке контроль осуществляется по величине трансмембранного потенциала в митохондриях: как только потенциал долгое время находится ниже критических величин, на митохондрию навешивается «черная метка» в виде белка PINK-1. Такая помеченная митохондрия подвергается процессу аутофагии (самопоедания): уничтожается в лизосоме (органелле, выполняющей в клетке роль «желудка»).

Если на определенный период закрыть клеткам доступ к кислороду, то у самых слабых митохондрий падает трансмембранный потенциал и они удаляются системой контроля качества. В результате происходит омоложение, или просто чистка популяции митохондрий: остаются только лучшие. Поэтому, когда наступает тяжелая ишемия почки, митохондрии с ней справляются и выживают.

Экспериментируя с крысами, ученые обнаружили, что у молодых животных этот механизм работал, а у старых наблюдался обратный эффект. Для них предложили использовать антиоксиданты, которые могут на-



ЭКСПЕРИМЕНТИРУЯ СО СВОБОДНЫМИ РАДИКАЛАМИ И СТВОЛОВЫМИ КЛЕТКАМИ, УЧЕНЫЕ МГУ СМОГЛИ ПРЕДЛОЖИТЬ НОВЫЕ МЕТОДЫ ПРОФИЛАКТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ ИШЕМИИ

капливаться в отдельных частях клетки и нейтрализовать последствия отсутствия кислорода.

Когда кислород перестает поступать в клетку, она может продолжать существовать какое-то время, но в работе митохондрий, которые используют кислород вместе с глюкозой для выработки энергии, наступает поломка. Даже если поступление кислорода впоследствии налаживается, митохондрии уже не могут использовать его по назначению — вместо этого в клетке образуются активные формы кислорода, или свободные радикалы. Это нестабильные молекулы кислорода (имеющие неспаренные электроны), стремящиеся забрать недостающий электрон у полноценных молекул, которые сами при этом становятся нестабильными. Механизм их действия — агрессивное окисление, которое сопровождается повреждением клеток организма, прежде всего клеточных мембран (разрывается передача клеточных импульсов, клетки теряют

СЛОВАРЬ

Стволовые клетки — недифференцированные (незрелые) клетки, имеющиеся у многих видов многоклеточных организмов. Стволовые клетки способны самообновляться, образуя новые стволовые клетки, делиться посредством митоза и дифференцироваться в специализированные клетки, то есть превращаться в клетки различных органов и тканей. В современной медицине ство-

ловые клетки человека пересаживают в лечебных целях. Например, трансплантация гемопоэтических стволовых клеток производится для восстановления процесса гемопоэза (кроветворения) при лечении лейкозов и лимфом.

Антиоксиданты, или противокислители (также антиокислители, консерванты), — вещества, которые ингибируют окисление; любое из многочисленных химических ве-

ществование «общаться» друг с другом), и нарушением течения нормальных биохимических процессов.

Нейтрализовать свободные радикалы могут антиоксиданты — это обширная группа соединений, в которую входят витамины, минералы, каротиноиды, способные ингибировать процесс окисления в клетках организма. Но в каких-то количествах активные формы кислорода необходимы клетке, поэтому ученые разработали специальные антиоксиданты, адресованные только митохондриям.

Наконец, стимулировать реабилитацию после инсульта и инфаркта помогут стволовые клетки. Их применение в регенеративной медицине — один из главных трендов современной науки, однако ученые предложили нетрадиционный способ их использования. Они обнаружили, что стволовые клетки способны передавать свои митохондрии поврежденным клеткам почки. То есть если ввести стволовые клетки в поврежденный орган, между ними и пострадавшими клетками образуются тоннельные нанотрубочки, по которым перемещаются митохондрии. Предварительно можно увеличить отдачу митохондрий у стволовых клеток с помощью методов генной инженерии. ■

ществ, в том числе естественные продукты деятельности организма и питательные вещества, поступающие с пищей, которые могут устранить окислительное действие свободных радикалов и других веществ. Рассматриваются преимущественно в контексте окисления органических соединений.

Органеллы (от «орган» и др. греч. «εἶδος» — «вид») — постоянные компоненты клетки, жизненно необходимые

для ее существования. В клетке располагаются в ее внутренней части — цитоплазме, в которой наряду с органеллами могут находиться различные включения. К одномембранным относятся: эндоплазматический ретикулум, аппарат Гольджи, лизосомы, другие органеллы, а также плазматическую мембрану. К двумембранным — митохондрии, пластиды, клеточное ядро. Немембранные включают в себя рибосомы и клеточный центр.

ЕГОР ПЛОТНИКОВ:
ЭТА РАБОТА ОТКРЫВАЕТ ОГРОМНЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ ПОЧЕЧНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ И ДРУГИХ ПОЧЕЧНЫХ ПАТОЛОГИЙ

BUSINESS GUIDE: Можно ли как-то проводить тренировки для клеток почки у людей?

ЕГОР ПЛОТНИКОВ: Да, другая научная группа уже доказала, что механизм ишемической или гипоксической тренировки работает и у людей. Поскольку у человека достаточно сложно ограничить кровоснабжение конкретного органа (для этого пришлось бы делать хирургическую операцию, чтобы пережать сосуды почки), то пока применяется так называемое удаленное preconditionирование (удаленная тренировка). При этом кровоснабжение прекращают, например, в мышце (это похоже на то, как измеряют артериальное давление при помощи манжеты, пережимая руку или ногу пациента на несколько минут). Для защиты почек описанная процедура пока невозможна, а вот для сердца она уже показала положительные эффекты.

ВГ: Будет ли такая тренировка эффективна для всех групп пациентов?

Е. П.: Нет, и это ее единственный недостаток. Ее можно начинать только в молодом возрасте — для пожилых пациентов эффект будет обратным. С возрастом процесс удаления митохондрий с низким трансмембранным потенциалом в клетках почек нарушается, и, когда мы делаем тренировку, митохондрии теряют потенциал, но практически не удаляются, а, наоборот, накапливаются в клетке. В итоге после такой тренировки, когда происходит ишемия почки, все становится только хуже. В целом же мы считаем, что наша работа открывает огромные перспективы для лечения почечной недостаточности. Причем поскольку механизмы, открытые нами, достаточно универсальны, то очевидно, что они будут работать не только при ишемии почки, но и при других почечных патологиях. Теперь становится понятно, с одной стороны, почему у пожилых людей столь часты случаи тяжелого повреждения почек, а с другой — почему большинство современных способов лечения оказывается бессильно для старых людей. Наши данные указывают, в каком направлении должны проводиться разработки лекарственных препаратов, которые смогут вернуть старой почке способность противостоять ишемии и увеличат ее адаптационные резервы.

ВГ: А когда вы планируете адаптировать для практических задач ваш метод лечения с применением антиоксидантов?

Е. П.: Это наше изобретение мы уже запатентовали и надеемся в ближайшее время вывести его на российский рынок лекарств.

ВГ: Как вы думаете, когда для пациентов станет доступной ваша технология реабилитации после ишемии или инсульта?

Е. П.: К сожалению, в ближайшее время об этом говорить не приходится. Индустрия регенеративной медицины с использованием стволовых клеток в России пока находится в зачаточном состоянии — только с этого года начал работать закон, регулирующий сферу обращения стволовых клеток. Пока в нем остается слишком много белых пятен, так как стволовые клетки принципиально отличаются от уже известных химических веществ и для них во многом необходима абсолютно другая законодательная база, на создание которой может уйти еще несколько лет.

НЕФТЯНЫЕ БАКТЕРИИ

ПРОБЛЕМА ИСЧЕРПАЕМОСТИ НЕФТЯНЫХ ЗАПАСОВ, ОСНОВНОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ В МИРЕ, В БУДУЩЕМ, ВОЗМОЖНО, РЕШИТСЯ С ПОМОЩЬЮ БАКТЕРИЙ. К ТАКОМУ ОТКРЫТИЮ ПРИШЛИ РОССИЙСКИЕ УЧЕНЫЕ, КОТОРЫЕ СМОГЛИ ПОДТВЕРДИТЬ ГИПОТЕЗУ ОБ ОРГАНИЧЕСКОМ ПРОИСХОЖДЕНИИ НЕФТИ. ЭТО ОЗНАЧАЕТ, ЧТО ЕЕ МОЖНО БУДЕТ СИНТЕЗИРОВАТЬ ИЗ ОСТАТКОВ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ.

Перспектива исчерпания нефтяных запасов на Земле — одна из важнейших проблем человечества. Именно нефть благодаря высокой энергоемкости и легкости транспортирования с середины XX века служит самым важным источником энергии в мире. На производство топлива сегодня идет до 84% объема мировой нефтедобычи.

Существуют две основные гипотезы образования нефти — органическая (осадочно-миграционная) и неорганическая (абиогенная). Сторонники неорганической теории считают, что нефть возникла в недрах при большом давлении и высоких температурах из углерода и водорода или из карбидов металлов. Действительно, таким образом могут образоваться, например, бензол или некоторые алканы. Однако нефть состоит из тысяч соединений, которые абиогенным путем образоваться не могли. Такими соединениями, например, являются так называемые углеводороды-биомаркеры, которые сохранили черты строения биологических молекул. Многочисленные попытки получить нефть неорганическим путем в лабораториях пока не принесли результата.

Сторонники органической гипотезы считают, что нефть сформировалась из остатков живых организмов: животных, растений, грибов, то есть эукариотических ор-

ганизмов. Из органических остатков в различных биохимических процессах формировался кероген, из которого в дальнейшем выделялись углеводороды, составляющие в настоящее время нефть.

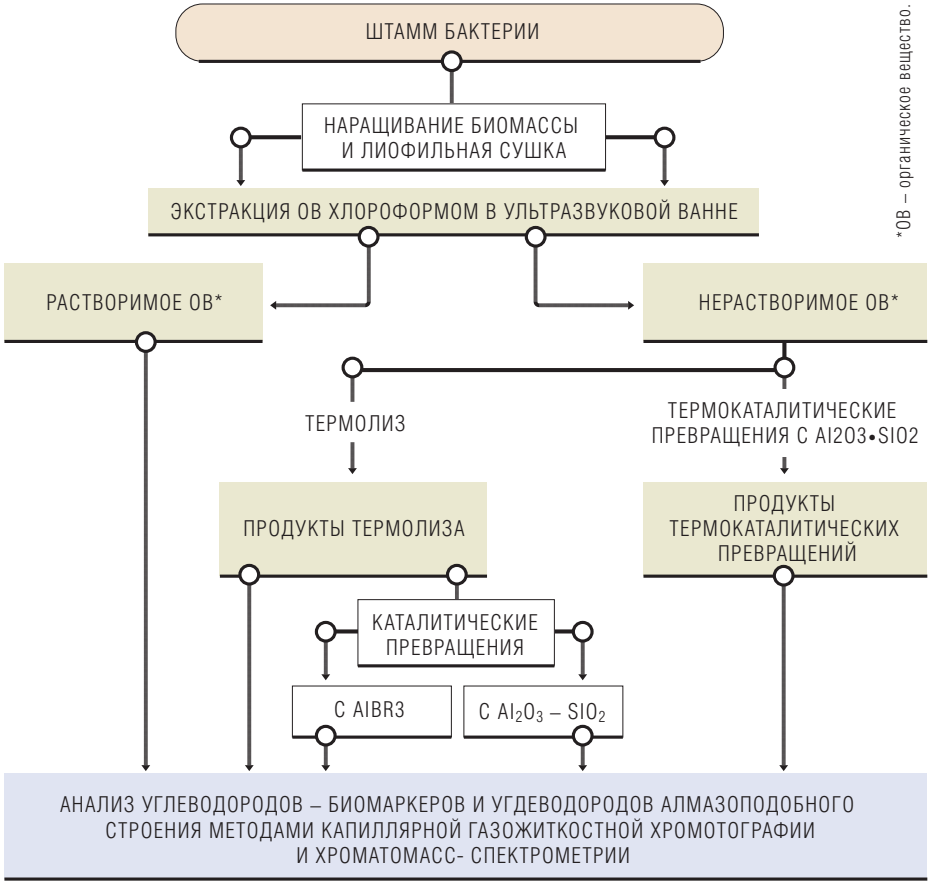
Вопрос происхождения нефти — это не только фундаментальная научная проблема. Он имеет и большое практическое значение, поскольку для того, чтобы вести обоснованные поиски нефти, необходимо знать, где и как она образовалась. Уже сейчас в мире наблюдается спад интенсивности разведки новых месторождений, а разведанные месторождения обладают все более худшими показателями рентабельности из-за их труднодоступности, геологических особенностей и т. д.). Они могут даже превышать предел энергорентабельности — когда для добычи нефти требуется затратить эквивалентное или большее количество энергии.

Согласно расчетам, при сохранении текущего уровня потребления и добычи нефти она закончится во второй половине этого столетия. Проблема предполагаемого дефицита нефти широко обсуждается и служит благодатной почвой для разного рода спекуляций и предположений.

Однако, как считает Александра Пошибаева, ассистент кафедры органической химии и химии нефти Российского

СХЕМА ИССЛЕДОВАНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ В НАТИВНОЙ БИОМАССЕ И В ПРОДУКТАХ ТЕРМОЛИЗА И ТЕРМОКАТАЛИТИЧЕСКОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ БИОМАССЫ БАКТЕРИЙ

АВТОР: АЛЕКСАНДРА ПОШИБАЕВА.



государственного университета нефти и газа (национального исследовательского университета) им. И. М. Губкина, человечеству, возможно, удастся решить проблему дефицита нефти. Уже на биологическом факультете МГУ она заинтересовалась вопросом роли бактерий в происхождении нефти. Руководитель ее дипломной работы микробиолог-доцент И. В. Ботвинко привела ее в Губкинский университет на кафедру органической химии и химии нефти, которой руководит профессор В. Н. Кошелев, в лабораторию доктора геолого-минералогических наук и кандидата химических наук профессора Гурама Николаевича Гордадзе,

ведущего специалиста в области происхождения нефти и нефтяной геохимии. Александра Пошибаева поступила в аспирантуру РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина и окончила ее, подготовив под руководством профессора Гордадзе работу, темой которой стала важная роль бактерий в процессе образования нефти. Впоследствии в лаборатории под руководством профессора Гордадзе, где работает Александра Пошибаева, было выяснено, что бактерии могут генерировать углеводороды, которые входят в состав нефти. Это значит, что в перспективе запасы нефти могут быть возобновимы. ■

АЛЕКСАНДРА ПОШИБАЕВА : МЫ ПОКАЗАЛИ, ЧТО БИОМАССА БАКТЕРИЙ — ИСТОЧНИК УГЛЕВОДОРОДОВ НЕФТИ

BUSINESS GUIDE: С какой гипотезы вы начали изучение роли бактерий в образовании нефти?

АЛЕКСАНДРА ПОШИБАЕВА: Происхождение нефти, как и происхождение жизни, является фундаментальной проблемой естествознания. При этом происхождение нефти — это и актуальная проблема нефтяной геологии, поскольку для того, чтобы вести обоснованные поиски нефти, необходимо знать, где и из каких источников она образовалась. В биогенной теории происхождения нефти считается, что углеводороды нефти образовались из органического вещества, представляющего собой остатки живых организмов, обитавших на Земле в прошлые геологические эпохи. Учитывая этапы эволюции живых организмов, можно предположить, что первичным источником нефти были прокариоты, а именно археи и бактерии. Из этого следует, что, по всей вероятности, процессы образования нефти из биомассы остатков прокариотических организмов продолжают и в настоящее время. А если учесть, что прокариоты широко распространены и быстро размножаются, то, значит, и сейчас происходит накопление огромных количеств органического вещества, которое может быть источником углеводородов.

ВГ: Как вы проводите исследование?

А. П.: Здесь, в лаборатории, сначала мы увеличиваем количество самих бактерий — создаем для них питательную среду, где они размножаются. Потом мы их с помощью центрифуги отделяем от питательной среды. А затем замораживаем и лиофилизируем. Таким образом, мы полу-



из личного архива

чаем исходную биомассу бактерий для наших экспериментов. После лиофильной сушки биомасса выглядит как порошок. Как показали наши исследования, этот порошок состоит из растворимой и нерастворимой частей. Для того чтобы выделить растворимую часть биомассы, мы проводим экстракцию — добавляем растворитель и ставим в ультразвуковую ванну. Мы исследуем и растворимую, и нерастворимую части биомассы. Последняя, по нашему

предположению, является частью керогена. Ранее профессор Гордадзе показал, что из керогена путем мягкого термического разложения (термолиза) образуются нефтяные углеводороды. Аналогичным превращениям мы подвергаем и нерастворимую часть биомассы бактерий: помещаем ее в ампулу, запаиваем и нагреваем при температуре 330 градусов в течение пяти-шести часов. При нагревании в пробирке выделяются различные органические соединения.

И растворимую часть, и продукты термолиза нерастворимой части биомассы бактерий мы исследуем методом хроматомасс-спектрометрии, который является наиболее информативным методом исследования углеводородов и других соединений на молекулярном уровне. В растворимой части биомассы бактерий мы обнаружили в основном н-алканы и жирные кислоты, но это лишь часть соединений, входящих в состав нефти. Значительно больше углеводородов нефти мы получили, когда стали исследовать продукты термолиза нерастворимой части биомассы. Мы обнаружили н-алканы, изопренаны, стераны, терпаны и другие углеводороды-биомаркеры, то есть соединения, которые отражают структуру исходной биомассы и являются прямым доказательством органической гипотезы происхождения нефти. Это свидетельствует о том, что из нерастворимой части бактерий образуются те же углеводороды, которые образуются из керогена осадочных пород.

Интересно отметить, что наряду с вышеуказанными углеводородами-биомаркерами образуются предшественники углеводородов алмазоподобного строения, в результате каталитических преобразований которых образуются все углеводороды алмазоподобного строения, присутствующие в нефтях. Этими интересными углеводо-

дами в нашей лаборатории занимается ученик профессора Гордадзе доктор химических наук Михаил Гируц, который показал, что эти углеводороды находятся во всех нефтях мира.

ВГ: Каково практическое значение вашего открытия?

А. П.: Мы показали, что биомасса бактерий может являться источником нефтяных углеводородов. Однако главный вывод нашей работы заключается в следующем: углеводороды нефти образуются и в настоящий момент. А это значит, что нефть, возможно, является неисчерпаемым ресурсом. Но наша работа еще в самом начале и нам еще многое предстоит узнать.

СЛОВАРЬ

Алканы — это углеводороды общей формулы C_nH_{2n+2} . Они принадлежат к числу важнейших и хорошо изученных углеводородов любой нефти. Алканы с неразветвленной углеродной цепочкой называются нормальными. Общее содержание нормальных алканов в нефтях колеблется в весьма широких пределах — от 1% до 20% и более. В настоящее время имеются достаточно надежные данные о содержании в нефтях различных алканов состава $C1-C120$.

Стераны (тетрациклические изопреноиды) — углеводороды, структура которых аналогична структуре стероидов, из которых они и образова-

лись, — биологически и физиологически активных веществ животного или растительного происхождения, например холестерина.

Изопренаны — углеводороды, чье происхождение связано с изопреноидным спиртом, входящим в состав природного пигмента хлорофилла, зеленого пигмента растений.

Терпаны (пентациклические изопреноиды) — углеводороды, которые наравне с тетрациклическими занимают одно из важнейших мест в химии углеводородов нефти. Структура их молекул также аналогична структуре природных тритерпеноидов животного и растительного происхождения.

BUSINESS GUIDE

Тематические приложения к газете
Коммерсантъ

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА
ПЕРЕДОВИКИ ПРОИЗВОДСТВА
СМЕЖНИКИ
ИНВЕСТОРЫ
КОНКУРЕНТЫ
АДМИНИСТРАТИВНЫЙ РЕСУРС